ISSN 2221-9927

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК БЕЛАРУСИ ПО БИОРЕСУРСАМ»

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ИНСТИТУТ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАН БЕЛАРУСИ»

ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «БЕЛОРУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ФИЗИОЛОГОВ РАСТЕНИЙ

БОТАНИКА

(ИССЛЕДОВАНИЯ)

Выпуск 40

Посвящается 80-летию
Института экспериментальной ботаники
им .В.Ф.Купревича НАН Беларуси

Минск
«Право и экономика»
2011

УДК 582

Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Выпуск 40 / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси – Минск: Право и экономика, 2011. - 641 с.
ISSN 2221 - 9927

Настоящий выпуск сборника посвящен 80-летнему юбилею старейшего в республике академического биологического учреждения – Института экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси. В сборник включены очерки руководителей крупнейших научных школ об истории становления и достижениях Института за период его существования, перспективах развития и деятельности в XXI веке, представлены оригинальные научные статьи белорусских ученых из ведущих научно-исследовательских учреждений Национальной академии наук и ВУЗов Беларуси, содержащие результаты экспериментальных исследований, теоретических и практических разработок в широком спектре направлений ботанической науки, физиологии и экологии растений.

Редакционная коллегия:

акад. НАН Беларуси, проф. Н.А.Ламан
акад. НАН Беларуси, проф. В.И.Парфенов
к.б.н. Д.Г.Груммо
д.б.н. А.И.Заболотный
к.б.н. Н.А.Копылова
д.б.н. В.Н.Прохоров
к.б.н. А.В.Пугачевский
д.б.н., проф. Л.М.Сапегин
член-корр. НАН Беларуси, проф. Е.А.Сидорович
д.б.н. В.В.Сарнацкий
д.б.н. Г.Ф.Рыковский
д.б.н., проф. А.Т.Федорук
к.б.н. Е.О.Юрченко

Научные редакторы:
акад. НАН Беларуси, проф. Н.А.Ламан
акад. НАН Беларуси, проф. В.И.Парфенов

Ответственный секретарь
к.б.н. Т.А.Будкевич

ISSN 2221 - 9927

© ГНУ «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф.Купревича», 2011
© Оформление. ИООО «Право и экономика», 2011

Адрес редакции: 220072, г.Минск, ул.Академическая, 27, Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси.
Факс +375 (17) 284-18-53, E-mail: exp-bot@biobel.bas-net.by

УДК 58 : 001

В.И. ПАРФЕНОВ

ДИХОТОМИЯ РАЗВИТИЯ
(К 80-летию Ордена Трудового Красного Знамени Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси)[1]

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Существование всего живого предопределяет необратимые процессы эволюции – черты и закономерности прогрессивного развития. Это касается не только эволюции в ее классическом понимании, но и характера роста и развития отдельных организмов и индивидуумов. Диалектическая составляющая в этих проявлениях (переход количества в качество) является основной в данном процессе. Отмеченное положение прослеживается в развитии не только мироздания, но и в современном социальном и социально-экономическом развитии, в том числе научно-технического прогресса вообще и отдельных научно-технических структур в частности (на примере конкретного научно-исследовательского учреждения – Института экспериментальной ботаники, в прошлом – НИИ биологических наук).

История создания и становления

Организация в марте 1931 года профильного научного учреждения – Института биологических наук в структуре Белорусской академии наук знаменовало собой значительное событие. Основной целью его создания являлось объединение отдельных разрозненных биологических исследований в единой структуре – «Научно-исследовательском Институте биологических наук». Достаточно сказать, что до образования Института Беларусь не имела научных биологических центров, что делало невозможным приложение научной мысли и проведение каких-либо исследований. Только отдельные подвижники, таланты-самородки, такие как В.В. Пашкевич и М.В. Рытов в кустарном одиночестве на нашей белорусской ниве зарождали истоки

[1] По материалам доклада на сессии общего собрания Отделения биологических наук, посвященной 80-летию НАН Беларуси, 20 января 2008 г.

биолого-аграрной науки, внося что-то новое не только в практику садоводства и огородничества, но и в начальное развитие биологической науки.

В истории становления и развития Института от первых лет до сегодняшних дней прослеживаются своеобразные временные этапы:

1) организационный и научно-поисковый (1931-1941 гг.);
2) послевоенный восстановительный (1946-1956 гг.);
3) реструктивно-ориентированных биологических исследований (1957-1962 гг.);
4) фундаментальных ботанических, физиолого-биохимических и высокоэффективных прикладных исследований (1963-2000 гг.);
5) ориентированных фундаментальных исследований биологического и биотехнологического инновационного развития (начало XXI столетия).

Основной научно-исследовательской и кадровой базой для создания Института, как и прообразом всей Белорусской академии наук, явился функционировавший в 1924-1929 гг. Институт белорусской культуры – заметное явление в истории Беларуси 20-х годов прошлого столетия.

В Институте белорусской культуры наряду с другими были представлены и первые биологические структурные подразделения: кафедры ботаники и зоологии, входившие в его природоведческую секцию. В первые годы образования Белорусской академии наук (1929 г.) в отделе природы и народного хозяйства уже действовали кафедра ботаники, кафедра зоологии с зоологическим музеем и кафедра экспериментальной биологии. На базе этих структур и был образован (точнее утвержден постановлением Совнаркома БССР «О реорганизации Белорусской академии наук» от 13 мая 1931 года) в числе действующих и вновь создаваемых «Научно-исследовательский Институт биологических наук», хотя решение о его организации в связи с намечавшейся перестройкой структуры Академии наук Президиумом БелАН было принято 29 марта этого же года. В структуре Института, в частности в секторе ботаники, были определены лаборатория физиологии растений, лаборатория фитопатологии и группа флоры и геоботаники. На этом начальном этапе деятельности Института были развернуты работы по изучению производительных сил, природы, растительности и флоры республики в целом и ее отдельных регионов. Фактически

продолжались научно-исследовательские работы, начатые в прежней организационной структуре – Институте белорусской культуры. Координатором этих научных исследований естественно являлось вновь созданное профильное научное учреждение, что было основным назначением и главной целью его создания. Большинство научных работников в дальнейшем трудились и публиковали результаты своих исследований, являясь научными сотрудниками Института биологических наук или в координации с ним.

Планомерные научные исследования были прерваны Великой Отечественной войной 1941-1945 гг. Институт практически прекратил свою коллективную научную деятельность; его сотрудники с оружием в руках сражались на фронте, участвовали в партизанском движении, многие из них не вернулись с войны. В годовом отчете Академии наук БССР за 1944 год отмечен ущерб, нанесенный немецко-фашистскими захватчиками, а также приведен перечень вывезенных научных экспонатов и коллекций, в том числе из ботанического музея (гербарий) и биологического кабинета.

Сразу же после окончания разрушительной войны решением Президиума АН БССР Институт биологических наук с 1 января 1946 года был восстановлен уже как Институт биологии АН БССР. На первых порах организации Института в 1947 году было 3 отдела: зоологии, физиологии растений, экспериментальной эволюции, в 1948 году в его составе уже было 7 отделов: микологии и фитопатологии, физиологии растений, генетики растений, флоры и гербария, дендрологии, помологии, декоративного садоводства и Ботанический сад; в 1957 году к ним добавился отдел экспериментальной полиплоидии, а в 1961 г. – отдел радиационной генетики. В 1956–1960 гг. в составе Института было образовано еще пять лабораторий: биохимии, геоботаники, экологии растений, стимуляторов роста и гербицидов, микробиологии. Внутренней реорганизацией (объединением) в 1957-1958 гг. отдельные структуры, как имеющие самостоятельную научную направленность (отдел зоологии и паразитологии, отдел генетики и цитологии, лаборатория биофизики и изотопов) были преобразованы в более крупные с целью организации на их основе в последующем самостоятельных научно-исследовательских институтов – зоологии, генетики и цитологии, фотобиологии.

После их отделения правопреемником Института биологии в 1963 году стал Институт экспериментальной ботаники и микробиологии, а затем после выделения в 1967 году в самостоятельную структуру отдела микробиологии – Институт экспериментальной ботаники АН БССР.

Такую большую и сложную научно-организационную историю претерпел Ордена Трудового Красного Знамени Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси.

Генеалогическая схема развития Ордена Трудового Красного Знамени Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича

Институт Белорусской культуры (1924-1929)
Кафедра ботаники
Кафедра зоологии

⇓

Отдел природы и народного хозяйства Белорусской академии наук (1929)
Кафедра ботаники
Кафедра зоологии с зоологическим музеем
Кафедра экспериментальной биологии

⇓

Научно-исследовательский институт биологических наук Белорусской академии наук (1931)
Сектор ботаники
Лаборатория физиологии растений
Лаборатория фитопатологии
Группа флоры и геоботаники
Лаборатория микробиологии (1934)
Лаборатория генетики и селекции (1934)

⇓

Институт биологии Академия наук БССР (1948)
Отдел экспериментальной эволюции (1947)
Отдел зоологии (1947)
Лаборатория биофизики и изотопов (1958)
Отдел Ботанический сад (1949)
Отдел декоративного садоводства (1949)
Отдел генетики растений (1949)
Отдел физиологии растений (1947)
Отдел микологии и фитопатологии (1949)
Отдел флоры и гербария (1949)
Отдел помологии (1949)
Отдел дендрологии (1949)
Отдел геоботаники (1957)
Отдел экспериментальной полиплоидии (1957)
Отдел радиационной генетики (1957)
Лаборатория экологии (1958)
Лаборатория стимуляторов роста и гербицидов (1958)
Лаборатория биохимии растений (1959)
Отдел микробиологии (1960)
Институт экспериментальной ботаники и микробиологии (1963)
Отдел зоологии и паразитологии (1957)
Институт зоологии (1980)
Институт фотобиологии (1973)
Ботанический сад (1956)
Отдел генетики и цитологии (1963)
Институт генетики и цитологии (1970)
Отдел микробиологии (1966)
Институт микробиологии (1975)

⇓

Институт экспериментальной ботаники (1966)

⇓

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича (1972)

Лаборатория флоры и систематики растений (1931)
Лаборатория геоботаники (1957)
Лаборатория древесных растений (1934)
Лаборатория физиологии питания растений (1951)
Лаборатория белковых веществ и азотистого обмена (1960-1980)
Лаборатория больного растения (1970)
Лаборатория почвенной энзимологии (1969-2004)
Лаборатория фотосинтеза (1962-2001)
Лаборатория химической регуляции роста и развития растений (1958-1970)
Лаборатория биохимии (1959)

Лаборатория биохимии и биотехнологии (1998) → Отдел в Центральном ботаническом саду

Лаборатория экологии (радиоэкологии) растений (1959)
Лаборатория водного обмена растений (1970-2008)
Лаборатория фитомониторинга (1972-2005)
Лаборатория микологии (1971)
Лаборатория оптимизации минерального питания и фотосинтеза (2001)

⇓

⇓

Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам» (2008)

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича

Отдел флоры и гербария

Лаборатория флоры и систематики растений

Лаборатория микологии

Отдел растительности и ресурсов растительного мира

Лаборатория продуктивности и устойчивости растительных сообществ

Лаборатория геоботаники и картографирования растительности

Сектор мониторинга растительного мира

Сектор кадастра растительного мира

Отдел экологической физиологии растений

Лаборатория роста и развития растений

Лаборатория экологии растений

Лаборатория оптимизации минерального питания и фотосинтеза

Лаборатория физиологии патогенеза и болезнеустойчивости растений

Лаборатория водного обмена растений

Сектор метаболизма и функций белков растений

Это научное учреждение, как мы часто подчеркиваем, является старейшим в Академии наук БССР (теперь в Национальной академии наук Беларуси); более того, Институт в числе немногих научных подразделений явился основой в то далекое время для создания самой академической структуры – нашей национальной

гордости и главного научного ведомства страны. Следует отдать должное первым ученым – организаторам науки за продуманную целесообразность и перспективы развития профиля первого биологического научного учреждения в стране. В последующем, как видно из вышеизложенного, Институт явился прародителем основных ныне функционирующих научных учреждений Отделения биологических наук НАН Беларуси – Центрального ботанического сада, Института генетики и цитологии, Института биофизики и клеточной инженерии, Института микробиологии и Института зоологии. Тем не менее, несмотря на то, что по мере определения собственных направлений и отделения самостоятельных научных структур, а это, как известно, сопровождается оттоком научных сил, знаний, опыта и традиций, Институт сохранил свое назначение и свой научный профиль.

В таком закономерном разделении научных направлений и научно-организационном определении самостоятельных научных структур биологической направленности прослеживается своего рода биологическая закономерность роста и развития живых организмов. Аналогия этого сравнения правомерна в том, что развитие особи, популяции, сообщества, экосистемы не всегда отторгает предыдущее последующим; поступательное развитие и рост сопровождается не только единообразием, но и дихотомическими ответвлениями форм и процессов.

Отпочковавшиеся от Института биологии (экспериментальной ботаники) научные учреждения подтверждают эту биологическую закономерность; в них получили интенсивное развитие современные научные направления. В отличие от классической схемы дихотомического развития, не потеряла при этом научного потенциала и собственной значимости исходная точка роста – их родительское начало – Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси.

Более того, Институт четко обозначил свою фундаментальную роль в развитии ботанических и физиолого-биохимических исследований в системе биологической науки. На протяжении всей истории он концентрировал интеллектуальные ресурсы на исследовании природных флоры и растительности (биологического разнообразия). Близкий, казалось бы, по профилю и взаимодействующий с ним (от первых лет создания и до сегодняшних дней) Центральный ботанических сад имеет свою

определенную сферу и направление научной и научно-практической деятельности. Главное в ней – создание и поддержание ботанических коллекций живых растений, теоретические основы интродукции и акклиматизации растений и широкое их внедрение в лесное хозяйство и зеленое строительство; все осуществляемые фундаментальные теоретические исследования в этой структуре призваны обеспечивать эти направления.

Вклад Института в развитие биологической науки

По направленности исследований и структуре белорусский Институт экспериментальной ботаники существенно отличается от родственных ему ботанических учреждений. В нем проводились и проводятся исследования в направлениях:

1) биологические основы воспроизводства, рационального использования и сохранения биологического разнообразия растительного мира Беларуси;
2) изучение физиолого-биохимических механизмов продукционного процесса;
3) повышение продуктивности, устойчивости и адаптации растений;
4) экология и радиоэкология растений и фитоценозов.

Конкретизируя эти научные направления, отметим, что в Институте на протяжении длительного времени осуществляются исследования в области изучения закономерностей формирования, динамики и охраны флоры и растительности, микологии и фитоиммунитета, экологии и радиоэкологии, физиологии и биохимии растений. Эти направления отражают исторически сложившуюся особенность данного ботанического учреждения – всестороннее комплексное изучение растений на уровне экосистемы, фитоценоза, популяции, вида, клетки и отдельной органеллы. Изучение процессов жизнедеятельности на этих уровнях – фундаментальная задача не только ботаники, но и биологии вообще.

Особенности современного состояния исследований и современной структуры Института безусловно в значительной мере объясняются тем, что отдельные сложившиеся в нем направления по мере роста и развития выделялись в самостоятельные научные учреждения Академии, в основном ядре Института оставались или присоединялись к нему структурные подразделения, которые были

образованы и возглавлялись выдающимися белорусскими учеными-создателями своих научных школ: В.Ф. Купревичем, Н.А. Дорожкиным, М.П. Томиным, Н.Д. Нестеровичем, А.С. Вечером, И.Д. Юркевичем, М.Н. Гончариком. Как известно, каждая школа имеет тенденцию расширять и углублять свое влияние: появились научные лидеры в новых направлениях, по которым достигнуты высокие научные результаты. Тем не менее, сохраняется определенная преемственность в направлениях исследований с учетом научного прогресса и социально-экономических условий устойчивого развития страны.

Институт как ведущее научное учреждение развивает и координирует ботанические и физиолого-биохимические исследования в республике. В последние десятилетия он выступал в качестве головного по республиканским программам фундаментальных исследований «Структурно-функциональное состояние и научные основы сохранения и использования биологического разнообразия растительного и животного мира на территории Беларуси (Биоразнообразие)» и «Структурно-функциональная организация, устойчивость и изменчивость генетических и метаболических систем как основа реализации биологического потенциала продуктивности растений (Биология продуктивности растений)»; являлся соисполнителем по фундаментальным программам «Функционирование биосистем» и «Малые дозы облучения» и Республиканским научно-техническим программам «Ресурсосбережение», «Экология», «Охрана природы», а также отдельным заданиям и инновационным проектам. Научные сотрудники Института участвовали в выполнении ряда международных проектов, число и широта охвата проблем которыми с каждым годом все возрастают.

В рамках основных направлений Института разрабатывались актуальные для науки и практики проблемы: структурно-функциональное состояние и научные основы сохранения и использования биологического разнообразия растительного мира, формационно-типологическая структура растительности и закономерности ее географического размещения, закономерности аккумуляции радионуклидов растениями лесных и луговых фитоценозов, физиология продукционного процесса у растений, теоретические основы регуляции роста, развития и устойчивости растений. Значительное внимание уделялось развитию

интегрирующих общебиологических и эволюционных подходов в исследованиях, которые позволили вскрыть фундаментальные закономерности функционирования биологических систем, обосновать необходимость перехода от затратного подхода в охране биоразнообразия и окружающей среды к биосферно-совместному природопользованию, биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства. В итоге только за последние годы получены результаты, оказавшие существенное влияние на развитие научно-технического потенциала страны.

В области ботаники проведена в основном полная инвентаризация флоры республики (сосудистых растений, мохообразных, лишайников), в том числе существующих и вновь создаваемых особо охраняемых природных территорий, исследовано изменение флоры Беларуси под влиянием основных антропогенных факторов с целью разработки основы создания единой территориальной системы охраны природных объектов и предложена ее картографическая модель. Продолжались исследования по инвентаризации царства грибов, уточнен видовой состав макромицетов, находящихся под угрозой снижения жизнеспособности, продуктивности, или прямого исчезновения.

Завершена разработка основных теоретических положений лесной типологии и создана региональная лесотипологическая классификация, на основе которой уже проведено четыре тура лесоустройства всех лесов Беларуси. Исследована современная формационно-типологическая структура растительности Беларуси, определены закономерности в географическом размещении и на этой основе впервые создана серия крупно- и среднемасштабных карт растительности Беларуси и отдельных регионов, которые широко применяются при разработке важных проектов-схем комплексного использования и охраны природных ресурсов бассейнов крупных рек, при определении природно-охранных объектов и т.д.

В Институте в свое время получила развитие и радиоэкологическая тематика в связи с аварией на Чернобыльской АЭС. Исследованы закономерности и видоспецифичность аккумуляции радионуклидов растениями лесных и луговых фитоценозов в различных условиях произрастания и в зависимости от уровней загрязнения почв радиоактивными выбросами.

Являясь головным научным учреждением в том числе и в

области физиологии и биохимии растений, Институт занимает лидирующие позиции в республике по разработке физиологии продукционного процесса у растений и его составляющих (рост, развитие, фотосинтез, водообмен), направленной регуляции метаболизма и повышения устойчивости растений. Значительное внимание уделяется развитию интегрирующих общебиологических и эволюционных подходов, позволяющих вскрывать фундаментальные закономерности функционирования биологических систем.

Сформулировано и успешно развивается представление о биологическом потенциале продуктивности. Исследованы особенности формирования высокопродуктивных смешанных агрофитоценозов путем изменения пространственной структуры и соотношения компонентов в посеве и на этой основе предложены для использования в производстве оптимальные варианты поликультуры.

Впервые показано, что степень интегрированности организмов растения-хозяина и патогена зависит от природы фактора патогенности (химического или структурного), изучена архитектоника распознавательного процесса. Доказана принадлежность эндогенных стероидных гликозидов к компонентам природного фитоиммунитета, способность природных и модифицированных брассиностероидов повышать устойчивость растений к грибной инфекции.

Разработаны теоретические основы регуляции роста и развития растений с помощью физиологически активных соединений. Созданы новые высокоэффективные препараты, повышающие устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды; методы ускоренного размножения картофеля путем получения миниклубней и рассады растений на ионит- и цеолитсодержащих субстратах, а также в условиях аэропоники.

Предложена гипотеза оперативной регуляции движущей силы верхнего концевого двигателя системы дальнего транспорта воды в растениях, разработана методика электронного мониторинга водного режима и морфоструктуры листьев растений.

Впервые обосновано функционирование протеиназо-ингибиторной системы у высших растений и выявлены регуляторные аспекты взаимодействия отдельных ее компонентов при прорастании и созревании семян бобовых и других растений.

Научно-прикладная и практическая деятельность Института

Поскольку разработка важнейших фундаментальных программ осуществляется Институтом в конкретной природной зоне с использованием объектов местной флоры и растительности, а также возделываемых в Беларуси сельскохозяйственных культур, результаты исследований наряду с общетеоретической значимостью обеспечивают решение многих конкретных практических задач сельского и лесного хозяйства, охраны природы и здравоохранения.

Для Института традиционно характерны тесная связь фундаментальных исследований с прикладными, внедрение их в практику народного хозяйства страны. Нет необходимости перечислять отдельные рекомендации – их множество. Следует только подчеркнуть, что по многим выполненным крупным проектам и обоснованиям принято свыше 20 правительственных постановлений. Институт участвовал в обосновании ряда крупных народнохозяйственных проектов – мелиорации Полесской низменности и Белорусского Поозерья, Продовольственной программы СССР; в разработке концепции и создании «Красной книги» редких и исчезающих видов растений, подготовке и издании «Национального атласа Беларуси» и др., сотрудничал с крупными организациями – Мурманским морским пароходством, со знаменитым конструкторским бюро «Рубин» – создателем первого поколения атомоходов, Продовольственная программа СССР и т.д. Плодотворны связи Института со многими ведомствами и министерствами республики, особенно с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерством лесного хозяйства, Управлением делами Президента РБ, Министерством по чрезвычайным ситуациям, Министерством сельского хозяйства и продовольствия.

По заданиям этих ведомств выполнен целый ряд важнейших проектов и программ: для Министерства лесного хозяйства разработаны основные положения в сфере экологии «Концепции развития лесного хозяйства на перспективу до 2005 и последующие годы», «Стратегического плана развития лесного хозяйства», «Оптимизации лесистости республики»; для Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды подготовлены материалы, которые в целях обеспечения эффективного участия

Беларуси в решении вопросов устойчивого социально-экономического и экологического развития на национальном и международном уровнях, включены в принятую «Концепцию национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь» и «Национальную стратегию устойчивого развития Республики Беларусь». В указанных документах предусмотрены комплексные меры по защите атмосферы, охране и рациональному использованию земельных, лесных, минерально-сырьевых, водных ресурсов, по содействию устойчивому ведению сельского хозяйства и развитию сельских регионов, по сохранению биологического разнообразия, экологически безопасному использованию биотехнологий и токсичных химических веществ, по экологически безопасному удалению опасных твердых и радиоактивных отходов.

В перестроечный период Институт выполнил 3 крупных задания Госпрограммы по ликвидации аварии на ЧАЭС, участвовал в выполнении заданий государственных научно-технических программ «Дистанционная диагностика», «Охрана природы», «Лес: экология и ресурсы», "Природопользование и охрана окружающей среды» и многих других. На основе договоров выполнено около 100 научно-технических разработок. В среднем, объем финансирования по договорам составляет около двух третей общего финансирования Института. Значительная работа проводится по отдельным договорам.

В соответствии с соглашением о научном сотрудничестве Институт в последние годы значительно расширил свою роль в выполнении международных проектов; в частности, он участвовал и участвует в таких проектах как «Мониторинг состояния лесов» (Беларусь, США, Украина, Литва, Латвия, Эстония), «Влияние воздушного загрязнения и климата на структуру и функционирование растительных экосистем» (Беларусь, Польша), «Биоразнообразие природных экосистем «Беловежской пущи» (Беларусь, Польша), «Безвирусный картофель» (совместно с Россией), «Изучение долины Буга» (с Польшей и Украиной); «Создание трансграничных охраняемых объектов» – с Украиной. Научная деятельность осуществляется в сотрудничестве с близкими по профилю научными учреждениями СНГ и, в первую очередь, с Ботаническим институтом им. В.Л. Комарова РАН (Россия).

Резюмируя фундаментальную и научно-прикладную

деятельность Института в послеперестроечный период, необходимо отметить как положительное:

1) сохранен высокий научный уровень ориентированных фундаментальных исследовании;

2) значительно расширено регионально-прикладное влияние своими разработками на устойчивое развитие различных отраслей народного хозяйства страны;

3) расширены масштабы и спектр научных и научно-технических разработок по международным проектам.

В дальнейшем, на ближайшую перспективу значение и роль фундаментальных и фундаментально-ориентированных исследований, проводимых в Институте, существенно возрастет и они должны стать обоснованием для перехода от затратного подхода к охране биоразнообразия и природы в целом к биосферно-совместимому использованию биологических ресурсов и включению природоохранных функций непосредственно в экономику производства. Среди проблем, стоящих перед Институтом в новом столетии, особого внимания заслуживают:

- накопление данных о состоянии и тенденциях изменения биоразнообразия на той или иной территории;
- обоснование оптимизированной сети особо охраняемых территорий и сохранения генетического потенциала в них;
- организация широкомасштабного мониторинга состояния природных экосистем, анализ получаемой информации и составление прогнозов их развития;
- создание национального банка генов дикорастущих и культурных растений;
- мобилизация биоразнообразия растительного мира для поиска новых источников лекарственных, пищевых и технических средств;
- разработка концепции эффективного использования природно-ресурсного потенциала Республики Беларусь;
- биологизация и экологизация сельскохозяйственного производства и лесного хозяйства на основе углубленных исследований механизмов функционирования растений и их сообществ как автотрофных систем и устойчивости их к неблагоприятным факторам внешней среды.

При благоприятном сочетании условий Институт внесет свой полновесный вклад в развитие теории эволюции видов растений, грибов и растительного мира в целом с использованием физиолого-

биохимических и молекулярно-биологических методов изучения, исследование онтогенеза у растений на физиологическом уровне, физиолого-биохимических аспектов адаптации видов и популяций растений, механизмов функционирования и устойчивости биогеоценозов и экосистем, физиологических механизмов регуляции водообмена, исследование особенностей высокоактивного фотосинтетического аппарата растений и его реализации в продуктивности, в теорию и природу действия регуляторов роста и развития растений, создание физиолого-биохимических и молекулярно-биологических основ иммунитета растений.

Наряду с учеными, способными к глубоким научным обобщениям, в Институте работают уникальные специалисты по углубленному познанию различных групп растений – грибов, лишайников, мохообразных, сосудистых растений, а также ученые, подготовленные в области молекулярно-биологических основ исследований, информации и моделирования природных процессов.

Роль ученых Института в развитии культуры, образования и устойчивого народного хозяйства страны

Институт на протяжении всей своей долгой истории являлся не только центром биологической науки в стране, но и очагом народного образования и белорусской культуры. В его коллективе трудились высокообразованные ученые и специалисты. Среди них первые директоры Петр Аристархович Мавродиади и академик Николай Михайлович Кулагин, академики Василий Феофилович Купревич, Тихон Николаевич Годнев, Александр Степанович Вечер, Николай Афанасьевич Дорожкин, Антон Романович Жебрак, Николай Дмитриевич Нестерович, Михаил Петрович Томин, Николай Васильевич Турбин, Иван Данилович Юркевич, члены-корреспонденты Михаил Николаевич Гончарик, Мария Тихоновна Чайка, Александр Аркадьевич Шлык, Семен Андреевич Самцевич.

Своей деятельностью и всей жизнью они не только развивали ботаническую и биологическую науку, но и вносили огромный вклад в повышение образованности и культурного уровня страны. Они являли собой примеры высокой личной культуры, образованности и интеллигентности. Заложенные ими культурные

и патриотические традиции по отношению к науке, людям, Родине получили свое развитие и находят свое место в Институте и теперь. Многие из этих ученых – достойный пример беззаветного отношения к науке, долгу и служению Родине.

Михаил Николаевич Гончарик – ученый великого мужества, убежденный коммунист, благородный истинный патриот своей страны испытал в полной мере сталинские репрессии, в ссылке занимался любимой им наукой и будучи еще репрессированным защитил докторскую диссертацию. Его благородство проявилось и в науке, и отношении к своим ученикам, и к Советской власти.

Василий Феофилович Купревич – выдающийся ученый, признанный организатор науки, борец за чистоту биологической науки. Человек высокого гражданского долга. Он воплотил в себе лучшие черты белорусского народа, из глубин которого вышел и которому так преданно служил всю жизнь, матрос Октябрьской революции, Президент Академии наук, корифей биологической науки.

Николай Дмитриевич Нестерович – национальный герой в моем понимании, ученый-патриот, известный белорусский ученый и крупный организатор науки, во время Великой Отечественной войны служил в полковой разведке (доставил для командования 17 «языков» из-за линии фронта), дошел до Берлина и расписался на Рейхстаге.

Антон Романович Жебрак – Прометей 20 века. Его поведение на Президиуме АН БССР 17 октября 1948 года заслуживает не только уважения, но и восхищения. На прямой вопрос, уточняющий его отношение к мичуринскому учению, он ответил: «Относительно школы Лысенко я дал правильную оценку в печати, эту школу я оцениваю как не внесшую ничего положительного в нашу науку, и считаю ее теорию абсолютно ошибочной». И далее: «…я в корне не согласен с Лысенко, хотя он наносил удары по той области науки, в которой я работаю, что прямо противоположно моим убеждениям...» Представьте, пожалуйста, себе то время. И вы поймете, насколько честен и мужественен был этот ученый. Один против Президиума, против своих двуличных коллег…

Особенно важна была роль этих ученых и научных сотрудников в первые годы создания и послевоенного восстановления Института. Многие из них олицетворяли собой национальную белорусскую интеллигенцию того времени.

Окрыленные Октябрьскими событиями, они всю свою энергию и интеллект направили на самоутверждение и борьбу за светлое будущее белорусского народа. Находясь в кругу своих единомышленников – деятелей искусства и литературы способствовали утверждению социалистического образа жизни. Некоторые из них, такие как М.Н. Гончарик, А.С. Вечер сами писали стихи и входили в литературное объединение «Маладняк»; другие активно участвовали в научно-общественной и культурной жизни. Заложенные традиции поддерживаются и современными учеными. Помимо многочисленных публицистических статей и выступлений изданы высокохудожественные поэтические сборники Г.Ф. Рыковского, В.С. Гельтмана, научно-популярные книги Л.Г. Емельянова, сборники стихов члена белорусского союза писателей А.С. Вечера и др.

Отдельные ученые Института занимали высокие государственные и академические должности, избирались депутатами Верховного Совета СССР, союзных и республиканских партийных и комсомольских органов. Академики А.Р. Жебрак и В.Ф. Купревич в разные годы возглавляли Белорусскую академию наук, академик Н.Д. Нестерович работал вице-президентом АН БССР, Жебрак А.Р. возглавлял правительственную делегацию на учредительной конференции ООН, поставил свою подпись под уставом Организации объединенных наций; Купревич В.Ф. – делегацию на международной конференции МАГАТЭ, Парфенов В.И. – на конференции ООН по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях и т.д. Участвуя в международных и союзных научных форумах (конгрессах, съездах, конференциях) сотрудники Института пропагандировали и прославляли не только достижения белорусской биологической ботанической науки, но и свою страну Беларусь, Академию, Институт.

На протяжении всей истории Институт постоянно был обеспечен собственно подготовленными национальными кадрами высшей квалификации, успешно сохранял возрастную кадровую преемственность. И в этой структурной кадровой обеспеченности в соответствии с этапами развития также прослеживаются, по крайней мере, четыре поколения ученых и научных сотрудников. Уже с первого довоенного этапа развития была начата подготовка собственных кадров исследователей. По договоренности с

Российской академией наук было направлено 15 аспирантов для Белорусской академии наук, среди которых 8 для института биологических наук. В их числе был первый аспирант В.Ф. Купревич. Представителями второго поколения были А.В. Мироненко, И.Н. Рахтеенко, А.Ф. Иванов, С.М. Маштаков, В.М. Терентьев, В.П. Деева, Л.А. Юрченко, Н.В. Козловская, Н.В. Горбач, В.А. Михайловская и другие. В дополнение к ним в 50-70-х годах пришли ученые (в будущем доктора наук) М.А.Бардышев, А.П. Волынец, С.Г. Галактионов, Д.С. Голод, В.И. Домаш, С.А. Дмитриева, Л.Г. Емельянов, А.И. Заболотный, В.Л.Калер, Н.А. Ламан, Н.Ф. Ловчий, В.М. Иванченко, В.И. Парфенов, Е.Г. Петров, В.Н. Решетников, В.Г. Реуцкий, А.И. Русаленко, Г.Ф. Рыковский, З.Я. Серова, Л.П. Смоляк, В.М. Юрин, Б.И. Якушев; кандидаты биологических наук В.С. Адерихо, С.И.Бельская, Н.А. Буртыс, О.П.Булко, Л.И.Бережная, Р.Ю. Блажевич, Т.А. Будкевич, К.В.Бахнова, Г.В. Вынаев, О.С. Гапиенко, Н.Б. Головнева, А.И.Головко, В.В. Голубков, В.Д. Гуцевич, Т.Ф. Дерюгина, О.О.Ермакова, И.А. Кауров, Л.Л. Кошелева, Е.А. Круганова, Г.А. Ким, Л.И. Кравченко, И.М. Качановский, А.П.Кудряшов, А.И. Лучков, И.Ф. Мазан, И.Ф. Минько, М.П. Млынарчик, И.Ф. Моисеенко, А.А. Моложавский, А.А. Новикова, В.И.Нитиевская, В.Ф. Побирушко, Р.А. Прохорчик, Л.И.Рахтеенко, Л.В. Семеренко, Г.И. Сержанина, Н.Н. Стасенко, Т.Ф. Сосновская, В.В.Савельев, П.А.Родионов, Д.И. Третьяков, А.З. Тютюнов, Т.А. Урбанович, С.Ю. Шустова, В.Н. Федоров, Д.В. Федюнькин, Т.А. Щербакова, С.Р. Щербач, Р.И. Царева, Э.П. Ярошевич, Т.Г. Янчевская и другие.

Перечисленные выше и многие другие научные сотрудники приумножили научную славу и известность Института в «золотой век» белорусской науки. Многие из них за свою научную деятельность получили высокую правительственную оценку – стали лауреатами Государственной премии СССР и БССР. Благодаря всем им за большие достижения в развитии биологической науки и подготовку научных кадров Институт удостоен высокой награды – Ордена Трудового Красного Знамени. В настоящее время основную потенциальную научную силу составляют пришедшие в 70-90-е годы молодые научные кадры, доктора и кандидаты наук А.В. Пугачевский, В.Н. Прохоров, И.М. Степанович, Ж.М. Анисова, Д.Б. Беломесяцева, Д.В. Дубовик,

И.П. Вознячук, Д.Г. Груммо, М.В. Ермохин, О.М. Масловский, Ю.В.Задворнова, Ж.Н.Калацкая, Н.Г. Кордияко, Л.В. Обуховская, А.В.Пучило, М.Л. Романова, А.В. Судник, А.Ф. Судник, Т.Г. Шабашова, Я.А. Шапорова, Е.О. Юрченко. Основу будущего Института составляет молодежь - магистранты и аспиранты 2000-х годов О.В.Борискевич, Т.В. Вавилова, Е.С.Зубей, О.А. Иванов, Е.Я. Куликова, О.В.Лемеза, И.П.Мастибротская, Д.С.Мороз, С.С. Савчук, Т.А.Скуратович, А.П. Углянец, Р.В. Цвирко, А.П. Яцына, М.С. Шабета, А.В. Шевкунова и другие.

В разные годы исследования Института и его научные направления в высоких государственных и партийных инстанциях подвергались обсуждению с целью повышения теоретического уровня, практической результативности и удовлетворения запросов различных отраслей народного хозяйства. В частности он явился предметом рассмотрения на заседаниях бюро ЦК КПБ в 1948, 1952, 1953 годах, на которых отмечались успехи и недостатки в организации и проведении научных исследований, определялись конкретные задачи в улучшении и эффективности научной и организационной работы. Более того, Институт в 50-е годы прошлого столетия был объектом широкой научной (в большей степени политической!) дискуссии по многим положениям биологической науки; участвовал в отстаивании ее чистоты от лженаучных доводов. Вообще Институт неоднократно находился в поле зрения партийных и государственных органов страны, высших руководителей государства. Институтом и учеными, работающими в нем, неоднократно интересовался П.М. Машеров. В свое время ему уделил внимание даже Первый секретарь ЦК КПСС Н.С. Хрущев, как не выполнившему установку партии по «кукурузофикации» и свертыванию исследований по травопольной системе земледелия. В связи с представлением к Правительственной награде и подготовкой Указа Президиума Верховного Совета СССР (23 апреля 1981г.) Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича АН БССР обсуждался на бюро ЦК КПБ и ЦК КПСС.

С начала образования Института его ученые-энтузиасты инициировали собственные научные исследования, из которых постепенно вырисовались определенные научные направления. Первоначально они носили прагматичный характер, определяли главным образом флористико-геоботанические и физиолого-

растениеводческие проблемы. В дальнейшем, совершенствуя кадровую структуру и глубину познания, эти исследования дали основу широкому комплексу проблем собственно ботанического и физиолого-биохимического направлений. Более того, на протяжении всей истории развития Института были созданы белорусские научные школы, известные в бывшем СССР и в мире. В числе их в первую очередь следует назвать физиологическую (фотосинтетическую) школу академика Т.Н. Годнева. Она положила начало физиолого-биологических исследованиям растений не только в Институте, но и во всей Беларуси. В частности, под ее влиянием определились школы члена-корреспондента М.Н. Гончарика (фотосинтез), профессора В.М. Терентьева (физиология питания), профессора А.В. Мироненко (белковые вещества растений), профессоров С.М. Маштакова и В.П. Деевой (регуляторы роста и развития растений), профессора Л.П. Смоляка и В.Г. Реуцкого (водный режим и водообмен растений). Школа Т.Н. Годнева дала развитие совершенно новым научным направлениям - фотобиологии (А.А. Шлык), биофизике (С.В.Конев, И.Д. Волотовский) и др.

По другим направлениям, разрабатываемым в институте в разные периоды, также были сформированы физиолого-биохимическая школа академика В.Ф. Купревича и профессора З.Я. Серовой, миколого-фитопатологическая школа академика Н.А. Дорожкина, биохимическая и биотехнологическая школа академиков А.С. Вечера и В.Н. Решетникова, геоботаническая школа академика И.Д. Юркевича и В.С. Гельтмана, физиолого-дендрологическая школа академика Н.Д. Нестеровича, флористическая школа (высших растений и лишайников) академика М.П. Томина. С удовлетворением следует отметить, что названные направления и научные школы в Институте в настоящее время, несмотря на новые, ориентированные на потребности экономики требования к научным исследованиям, развиваются и совершенствуются. Они продолжаются в исследованиях современного поколения ученых В.П. Шуканова, О.С. Гапиенко, Л.Г. Емельянова, В.И. Домаш, В.Г. Реуцкого, А.И. Заболотного, Н.Ф. Ловчего, В.Н. Решетникова, А.В. Пугачевского и других. В развитие названных, определились также собственные школы академиков В.И. Парфенова (флористико-ботаническая), Н.А. Ламана (физиология продукционного процесса), В.М. Юрина

(физиология и биохимия клетки), А.П. Волынца (фенольные соединения и устойчивость растений). Собственные научные направления развивают Б.И. Якушев (экспериментальная фитоценология, аллелопатия и радиоэкология), Г.Ф. Рыковский (бриология и эволюция мохообразных) и т.д.

Своей деятельностью названные школы оказывали влияние на развитие различных научных исследований (биологических, лесоводственных, растениеводческих). Представители их своими научными трудами и личным участием способствовали прогрессу высшего образования. Практически во всех крупных высших учебных заведениях представители этих школ участвовали и участвуют в учебном процессе по подготовке высокообразованных специалистов для народного хозяйства. Действующий при Институте Совет по защите докторских и кандидатских диссертаций за всю историю своей деятельности подготовил более 30-ти докторов и 300 кандидатов биологических наук по специальностям «Ботаника», «Физиология и биохимия растений», «Микология», «Экология растений». Основное их большинство подготовлено для работы в высших учебных заведениях (Белорусский государственный университет, Брестский, Витебский, Гомельский, Гродненский государственные университеты, Витебский медицинский университет, Горецкая сельскохозяйственная академия, Белорусский государственный технологический университет, Гродненский государственный аграрный университет и др.).

На протяжении всей своей длительной истории Институт постоянно участвовал в важнейших масштабных государственных проектах и мероприятиях, направленных на устойчивое развитие страны, сначала в составе Советского Союза, затем в Беларуси как стране самостоятельной государственности. Он был востребован, в частности, в работах «Осушение и освоение болот и заболоченных земель Полесской низменности» (1940, 1946 год), «Проблема комплексного освоения осушенных земель Белорусской и Украинской ССР» (1966-70 гг.), «Государственная программа социально-экономического развития и комплексного использования природных ресурсов Припятского Полесья на 2009-2015 годы» (2009 год), программы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС (1986 г.), по обоснованию выбора строительной площадки для первой Белорусской АЭС (2008 г.) и

др.

Научные школы, функционирующие в Институте, и отдельные ученые оказали влияние не только на развитие биологической науки в Академии наук и республике, но и в различных научных центрах Советского Союза и СНГ – в России (Москва, Владивосток), Таджикистане (Душанбе), Украине (Черновцы), Литве (Вильнюс) и др.

Перспективы Института в новых (инновационных) условиях развития

В период бурного научно-технического прогресса, когда наука являлась одной из основных составляющих его производительных сил (70-80-е годы прошлого столетия), Институт активно участвовал в выполнении крупных народнохозяйственных задач. В перестроечные годы он, в основном, сохранил свой научный потенциал и способствовал решению

- фундаментальных и фундаментально-ориентированных ботанических, физиолого-биохимических и экологических проблем на высоком теоретическом уровне;
- прикладных научно-практических разработок и мероприятий;
- основных региональных проблем, направленных на рациональное использование и охрану биоразнообразия растительного мира – важнейшего компонента биосферы, возобновимых биологических ресурсов.

Как головное научное учреждение последние 25 лет Институт координировал Государственные программы ориентированных фундаментальных исследований (1986-1990, 1991-2005, 2006-2010 годы) соответственно по биоразнообразию растительного и животного мира, динамике биоразнообразия и биологическим ресурсам.

С этими проблемами Институт включился в полосу реформационных преобразований Национальной академии наук Беларуси. Вместе с Центральным ботаническим садом и Институтом леса он вошел в состав ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биологическим ресурсам», образованном в 2008 году на базе Института зоологии. Создание научно-практических центров в Национальной академии наук – новая современная форма организации ее структуры. И, безусловно, там, где подобное реформирование выполнено на научно-

функциональном уровне, заметно повышение эффективности исследований и практических результатов (научно-практические центры при отделениях аграрных, физико-технических, физико-математических наук). Объединение же успешно работающих научных учреждений Отделения биологических наук в Научно-практический центр по биологическим ресурсам осуществлено сугубо на организационном уровне с организационными целями. Возможно, в будущем будут найдены формы организации, повышающие уровень и результативность научных исследований; сейчас же это формальная структурная надстройка с узкоспециализированным руководством. Другие субъекты Центра выполняют свою же определенную им научными направлениями деятельность практически по ранее действующей Государственной программе. Более того, заметно снизилась научная составляющая входящих в нее научных подразделений (Институтов). А эти научные учреждения в республике единственные, можно сказать, базовые: ботаника и зоология – основные дисциплины в учебных программах биологических факультетов всех высших учебных заведений.

Тем не менее, Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича активно вступил на инновационный путь развития био- и эколого-технологических исследований. Это в первую очередь относится к эколого-технологическим вопросам методологии изучения, рационального использования и сохранения биологического разнообразия растительного мира и биосферно-совместимым приемам управления особоохраняемыми объектами, лесоуправления и эколого-технологическими приемами ресурсопотребления отдельных компонентов биоразнообразия растительного мира (флора и растительность).

В системе современной Национальной академии наук Беларуси Институт по-прежнему занимает значимые позиции. Выполняя проекты ориентированных фундаментальных исследований, Институт уделяет большое внимание реальному сектору экономики, устойчивому социально-экономическому развитию страны. Только в последние годы разработаны: программа адаптации лесного хозяйства к изменяющимся климатическим условиям; новые препараты для защиты и регуляции роста сельхозрастений из отходов переработки картофеля; прорывные технологии выращивания овощей под светодиодными источниками

освещения и получения оздоровленных миниклубней картофеля в условиях аэропоники; отечественные препаративные формы взамен закупаемых по импорту пестицидов и т.д. Значительные усилия Институтом направлены на привлечение валютных ресурсов в страну; намечаются перспективы взаимодействия с фармацевтической промышленностью в направлении вовлечения ресурсов природной флоры для производства отечественных лекарственных средств.

Но основная роль исследований Института по-прежнему заключается в дальнейшем изучении биологического разнообразия всех групп (водорослей, грибов, лишайников, мохообразных и сосудистых растений) растительного мира, его рационального использования и сохранения. Следует подчеркнуть, что для нашей страны квалифицированно это могут осуществить только специалисты и ученые-ботаники именно Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси и некоторых кафедр высших учебных заведений. Они обладают достаточными знаниями, владеют современными методами и успешными делами обеспечивают выполнение и развитие указанного направления. Никто другой, даже высокообразованный специалист-иностранец, не может их заменить!

Коллектив современных ученых-ботаников Института с использованием материалов, накопленных предыдущими поколениями исследователей, и, что самое главное, обладающих богатым Гербарием, уже приступил к обобщению результатов и подготовке 18-томного фундаментального издания «Флора Беларуси». Это издание будет способствовать научно-обоснованному вовлечению в экономику биологических ресурсов растительного мира, расширению возможности более глубокого изучения и биотехнологического его использования. Уже опубликовано три тома данного издания, готовятся к изданию еще три; продолжаются исследования и работа по другим томам этого важного и основополагающего научного труда крайне необходимого для устойчивого развития страны в будущем.

Ботаника – наука древняя. На пути своей истории она претерпела периоды спада и бурного развития. До недавнего времени (особенно в середине прошлого столетия) шло интенсивное вычленение и становление ее крупных разделов и, в первую очередь, экологии растений, физиологии растений,

биохимии растений, генетики растений, молекулярной биологии, которые сами по себе развились в самостоятельные научные области. В настоящее время многими неспециалистами, да и узкими специалистами в своих областях биологической науки ботаника отождествляется исключительно с флористикой, систематикой растений, в лучшем случае с теорией эволюции растительного мира, происхождением растений, геоботаникой. Однако практическая жизнь нашей науки указывает на более широкую роль современной ботаники.

Несмотря на значительные частные и общие успехи ботанической науки, в будущем проблемы изучения, а, следовательно, и сохранения биоразнообразия растительного мира, сводятся к таким междисциплинарным направлениям как:

- инвентаризация и классификация биоразнообразия – оценка современного состояния биоразнообразия для проведения инвентаризации отдельных видов и их таксономических групп; анализ и синтез полученной информации для разработки прогнозов дальнейших исследований и подготовки узкоспециализированных научных сотрудников-систематиков;

- функционирование экосистем и поддержание биоразнообразия – получение ответов о стабильности экосистем и их способности к восстановлению в зависимости от разнообразия видов, о влиянии глобальных изменений климата, землепользования и техногенеза на функционирование экосистем, о роли биоразнообразия (от генетического и видового до ландшафтного уровней) в экосистемных процессах (изменение продуктивности, обеспечение круговорота питательных веществ и т. д.);

- эволюция, происхождение и сохранение биоразнообразия – изучение реакции видов и хозяйственных групп растений и животных на изменение среды обитания с учетом различных научных подходов, включая генетические, физиолого-биохимические и молекулярно-биологические свойства видов, межвидовые отношения и популяционные уровни в процессе эволюции; выяснение физиологических и генетических процессов, обеспечивающих механизмы формо- и видообразования или видовой деградации, ведущие соответственно к увеличению или утрате регионального, континентального и мирового биотического богатства;

- мониторинг биоразнообразия – предполагает разработку эффективных и стандартных методов наблюдения за состоянием биоразнообразия (видов, популяций, фитоценозов) с целью выработки критериев для подготовки и принятия обоснованных решений на любом уровне управления, нацеленных на смягчение этих изменений;

- охрана, восстановление и устойчивое (рациональное) использование биоразнообразия – изучение факторов (природных и антропогенных), влияющих на биоразнообразие, его динамику и рациональное использование, системы охраны биоразнообразия, разработка стратегий по восстановлению нарушенных экосистем, генетическим изменениям популяций в процессе их восстановления.

Точнее сказать, именно биологические дисциплины, вычлененные из ботаники в разное время, взаимосвязанные между собой, с их новейшими методами и новыми направлениями должны представлять ботаническую науку в современном обобщенном понимании. Это не исключает дальнейшее прогрессивное развитие каждого из указанных направлений, но их комплекс, базирующийся на единой природной основе (растении, растительном мире), будет способствовать развитию важной современной отрасли биологической науки – ботаники. Эти общие рассуждения направлены на то, чтобы подчеркнуть важность интеграции в будущем различных ботанико-биологических дисциплин для изучения растения как базового компонента биологического разнообразия и биосферы в целом.

Литература

1. Парфёнаў В.І. Інстытуту эксперыментальнай батанікі імя В.Ф. Купрэвіча АН БССР – 50 гадоў // Весці АН БССР. Серыя біял. навук. 1981. №2. С. 5-12.

2. Парфенов В.И. Достойный вклад в развитие ботанической науки: к 50-летию Института экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича АН БССР // Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Минск: Наука и техника, 1981. Вып. 23. С. 3-16.

3. Парфенов В.И. Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Академии наук Белорусской ССР. К 50-летию со дня образования // Ботанический журнал. 1983. Т. 68. №5. С. 708-716.

4. Парфёнаў В.І. Дастойны ўклад у развіццё батанічнай навукі: да 60-годдзя Інстытута эксперыментальнай батанікі АН БССР // Весці АН БССР.

Серыя біял. навук. 1991. №3. С. 3-10.
5. Ламан Н.А. Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси: история, современное состояние и перспективы развития // Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Минск: Право и экономика, 2005. Выпуск 33. С. 5-16.
6. Парфенов В.И. Роль Института экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси в развитии биологической науки, культуры и народного хозяйства страны // Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Минск: Право и экономика, 2005. Выпуск 33. С. 16-25.
7. Ганчарык М.М. Шлях ад пачатку стагоддзя: Успаміны. Мінск: ННАЦ імя Ф. Скарыны, 2003. 290 с.
8. Парфенов В.И. Современные проблемы состояния биологического разнообразия животного и растительного мира // Первый съезд ученых Республики Беларусь (Минск, 1-2 ноября 2007 г.): Сб. материалов. Минск: Белорус. наука, 2007. С. 386-390.

УДК 58 : 001

А.В. ПУГАЧЕВСКИЙ, Н.А. ЛАМАН

ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМ. В.Ф.КУПРЕВИЧА НАН БЕЛАРУСИ В XXI СТОЛЕТИИ – ПЕРВЫЕ ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси

В 2011 году Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича (далее – Институт) отмечает свой 80-летний юбилей. В этом же году завершилось и первое десятилетие «нового курса» в белорусской науке, который был намечен и в значительной степени реализован с приходом к руководству Национальной академией наук Беларуси в 2001 году М.В.Мясниковича. Это десятилетие почти непрерывных реформ было отмечено переходом от преимущественно фундаментальной к фундаментальной ориентированной и прикладной науке, поиском оптимальной структуры академии, изменениями в способах и источниках финансирования науки. Провозглашен тезис о трансформации НАН Беларуси в научно-производственную корпорацию, производящую не только новые знания, но и значительные объемы продукции, главным образом инновационного характера. Взят курс на постепенное сокращение прямого бюджетного финансирования научной деятельности.

Процесс реформирования не прошел и мимо Института. Научно-исследовательский процесс стал более прагматичным, ориентированным на нужды отраслей экономики, жестко зависимым от целевого финансирования, а также от управленческих способностей руководителей структурных подразделений. Во многих научных подразделениях резко возросла производительность исследовательского процесса, обусловленная широким использованием современной вычислительной техники и новых методов. При этом не обошлось без потерь: существенно сократилась численность работников (со 189 в 2001 до 130 в 2011 г.), были свернуты работы по ряду направлений (почвенная энзимология, исследования в области фотосинтеза, мембранологии, химической регуляции роста и развития растений).

В настоящее время в Институте функционирует 12 научных подразделений, объединенных в три крупных отдела. Это: отдел флоры и гербария (рук. – акад. В.И.Парфенов), объединяющий лабораторию флоры и систематики растений и лабораторию микологии; отдел растительности и растительных ресурсов (рук. – к.б.н. А.В.Пугачевский), в состав которого входят лаборатория геоботаники и картографирования растительности, лаборатория продуктивности и устойчивости растительных сообществ, сектор мониторинга растительного мира и сектор кадастра растительного мира; отдел экологической физиологии растений (рук. – акад. Н.А.Ламан), который включает лаборатории роста и развития растений, водного обмена и фотосинтеза растений, оптимизации минерального питания растений, экологии растений, физиологии патогенеза и болезнеустойчивости растений и сектор метаболизма и функций белков.

В 2001-2010 гг. Институт участвовал в выполнении более 300 проектов и заданий ряда крупных государственных программ.

Выполнявшиеся в тот период работы соответствовали перечням приоритетов в области науки Республики Беларусь на 2006–2010 годы:

– *по приоритетным направлениям научно-технической деятельности* –

5. «Технологии производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции»:

- разработка адаптивных методов ведения земледелия;

7. «Экология и рациональное природопользование»:

- охрана и эффективное использование биологических ресурсов;

- технологии рационального природопользования, обеспечивающие воспроизводство растительных ресурсов;

- технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды;

– *по приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований* –

3. «Физические, химические, биологические и генетические методы и технологии получения новых веществ, материалов, модифицированных форм, наноматериалы и нанотехнологии»:

- исследование физиологических и биохимических механизмов формирования продуктивности и устойчивости растений;

8. «Экологическая безопасность, охрана окружающей среды, полезные ископаемые и недра Беларуси, эффективное использование и возобновление природных ресурсов, предупреждение и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций»:

- научные основы воспроизводства, рационального использования и охраны растительного мира;

- методы мониторинга окружающей среды, прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера.

В предшествующее десятилетие существенное развитие получили новые направления исследований и разработок:

– ботаническое ресурсоведение, научное обеспечение ведения Государственного кадастра растительного мира;

– изучение реакции растительного покрова на изменение климата и научное обоснование адаптации отраслей народного хозяйства, связанных с эксплуатацией растительных ресурсов (лесное и сельское хозяйство) к прогнозируемому изменению климата, дендроклиматохронология;

– научные основы биологизации и экологизации сельского и лесного хозяйства с целью сохранения биологического разнообразия, защитных и средообразующих функций природного растительного покрова;

– прикладное картографирование растительности с использованием ГИС-технологий и дистанционного зондирования;

– развитие технологий оценки и прогнозирования состояния растительного покрова с использованием аэрокосмической информации;

– создание искусственных субстратов и сред, осветительных устройств на новой энергосберегающей элементной основе (светодиодах) и технологий культивирования и размножения растений в тепличных хозяйствах и малогабаритных биотехнических комплексах.

Эти новые направления нашли отражение в сформированной в Институте новой концепции исследований в соответствии с перечнем приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 годы. Это:

– новая энергетическая политика, механизмы ее реализации;

– искусственная микоризация растений;

– научные основы инновационных космических технологий и систем;

– методы и средства обработки данных ДЗЗ для решения прикладных задач в интересах широкого круга потребителей космической информации;

– методы микробиологической индикации плодородия почв, повышения биологической активности почв, способов повышения конверсии различных форм макро- и микроудобрений;

– естественные и антропогенные факторы изменения климата;

– проблемы миграции и накопления загрязняющих веществ в ландшафтах;

– природные ресурсные потенциалы водных и наземных экосистем.

Анализ тематики и программ исследований за 2001–2011 гг. показывает, что они актуальны, в значительной степени развивают достигнутые в прошлом результаты Института, нацелены на решение важнейших народнохозяйственных задач и удовлетворение потребностей отраслей народного хозяйства и природоохранной деятельности. Не случайно по итогам научной, научно-технической и инновационной деятельности в 2006–2010 гг. Институт аккредитован в качестве научной организации на 2011–2015 гг.

Важно отметить, что в Институте сложился близкий к оптимуму баланс между различными источниками

финансирования, что позволяет рассматривать текущую финансовую ситуацию как достаточно устойчивую.

В динамике финансирования имеет место тенденция снижения доли бюджетного (базового) финансирования по государственным программам научных исследований (ГПФИ, ГПОФИ, ГППИ, ГКПНИ) с 67,3% в 2001 году до 22.2% в 2011, и, напротив, увеличения доли работ по отдельным научно-техническим и инновационным проектам (с 13.4% в 2008 г. до 27.8% в 2011 г.), которые в основной своей доле имеют внебюджетное (прямые договора, зарубежные гранты) финансирование. Это соответствует тенденции государственной политики – минимизации бюджетного финансирования и постепенного перехода научных организаций на самоокупаемость.

В среднем в последние годы (2008–2011 гг.) задания государственных программ научных исследований в общем объеме финансирования Института составили 25.8%; государственных президентских и народно-хозяйственных – 21.1%, государственных научно-технических – 12.3%, отраслевых научно-технических – 2.8%.

Доля проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований составила в среднем – 5.9%, разработок, направленных на научно-техническое обеспечение деятельности министерств – 0.5%, отдельных научно-технических и инновационных проектов (включая прямые договора и международные гранты) – 22.2%. Заметную долю в последние годы (в среднем 9.4%) составило финансирование гербария Института – научного объекта, составляющего национальное достояние.

За 2001-2011 гг. сотрудниками Института защищено 28 кандидатских и 4 докторские диссертации. Издано 34 монографии, 24 сборника научных трудов, 38 брошюр, 3 учебных пособия, 23 научно-популярные издания, 6 буклетов и 12 плакатов. Институт издает сборник научных трудов «Ботаника (исследования)», включенный в перечень рецензируемых научных изданий, утвержденный Высшей аттестационной комиссией для публикации работ соискателей ученых степеней.

Только в 2006–2010 гг. в Институте реализовано 28 международных проектов. Объем экспорта за 2001–2011 гг. составит 658,6 тыс. USD. В структуре экспорта основными заказчиками разработок ИЭБ НАН Беларуси являются

международные организации – Программа развития и Представительство ООН (44.9% экспорта), природоохранные фонды Великобритании (37,4%) и Голландии (9,6%), а также научные и производственные структуры НАТО (2,8%), США (2,5%), России (2,0%), Китая (0,7%). Преобладание в структуре импортеров разработок Института мировых экономических лидеров и авторитетных международных организаций свидетельствует о его экспортном потенциале и высоком качестве проводимых им исследований.

Подтверждением эффективной работы коллектива Института является и тот факт, что Постановлением Бюро Президиума НАН Беларуси № 35 от 31 мая 2011 года Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси занесен на Доску почета Национальной академии наук Беларуси за достижение в 2010 году наилучших результатов в научной, научно-технической и инновационной деятельности.

Институт в рамках своей компетенции обеспечивает научно-техническое сопровождение деятельности профильных министерств и других государственных органов. Результаты исследований и разработок Института широко используются в сферах охраны природы и отраслях экономики Беларуси. Только в 2008–2011 гг. освоено и подтверждено соответствующими актами внедрения 157 результатов НИР и разработок Института. Вследствие специфики профиля Института основная доля разработок 96,4 % (138 разработок) внедрена в производство с экологическим и социальным эффектом.

Главными потребителями научной продукции Института являются организации Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды (64,2%); Министерства лесного хозяйства (14,2%), Министерства сельского хозяйства и продовольствия (3,7%), учебные заведения Министерства образования (6,7%), природоохранные учреждения Управления делами Президента Республики Беларусь (6,7%), прочие организации (2,3%). В основном такая структура потребителей научной продукции сохранится и в ближайшей перспективе, однако будет расти доля «прочих» организаций, прежде всего в связи с развитием системы оценки воздействия на окружающую среду объектов нового строительства (энергетики, транспорта, промышленности).

В частности, в интересах охраны природы и оптимизации использования ресурсов растительного мира Институт осуществляет научное обеспечение государственного регулирования и управления в области обращения с объектами растительного мира, возложенное на НАН Беларуси в соответствии с Законом Республики Беларусь «О растительном мире».

Институтом (совместно с НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам) разработана и в 2008 году принята Государственная программа развития системы особо охраняемых природных территорий на 2008–2014 гг., утвержденная Указом Президента Республики Беларусь от 06.03.2008 № 146; совместно с заинтересованными ведомствами обоснованы и подготовлены положения и планы управления национальными парками и Березинским биосферным заповедником.

Институт – головная организация НАН Беларуси по реализации государственных программ развития национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь в 2001-2005, 2006–2010 и 2011–2015 гг. В ходе выполнения заданий этих программ сформирована и функционирует система мониторинга растительного мира в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды. В Институте создан информационно-аналитический центр, в задачу которого входит накопление, хранение, обобщение, представление заинтересованным результатов мониторинга растительного мира, организация работ по заданиям НСМОС учреждениями НАН Беларуси, популяризация этого направления деятельности. Разработаны программа и методика проведения мониторинга растительного мира. Методика утверждена и введена в действие постановлением Бюро Президиума НАН Беларуси от 27.07.2009 г. № 405.

Развернуты мониторинговые сети и организованы наблюдения за состоянием водной (совместно с БГУ) и луговой растительности, основными ресурсообразующими (совместно с Институтом леса НАН Беларуси) и охраняемыми растениями, зелеными насаждениями городов Минска, Гродно, Могилева, Бреста и Борисова, защитными насаждениями на землях сельскохозяйственного назначения. Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды ежегодно передается прогноз плодоношения дикорастущих ягодников и грибоносных угодий. Показана динамика зарастания древесно-кустарниковой

растительностью (с увеличением на 5–10% за цикл наблюдений) и снижение продуктивности суходольных лугов и травянистых угодий в поймах из-за прекращения сенокошения и выпаса скота, что ведет к угрозе существованию редких и уникальных травяных сообществ в долинах рек Ясельда, Припять, Неман и др. Заложена сеть пунктов наблюдений за видами растений, включенными в Красную книгу Республики Беларусь, дана оценка состояния популяций охраняемых видов, выявлены угрозы их существованию, предложены меры по их снижению.

В соответствии со статьями 12 и 66 Закона «О растительном мире» от 14.06.2003 г. и постановлением Совета Министров РБ от 13.12.2004 г. № 1580 «Об утверждении Положения о порядке ведения государственного кадастра растительного мира» специалистами Института с 2006 года обеспечивается ведение государственного кадастра растительного мира, с их участием созданы нормативная правовая, техническая и информационная базы. Проведено обследование территории страны и создан Государственный кадастр растительного мира всех районов Беларуси. Базы данных, кадастровые книги и другая документация переданы районным инспекциям природных ресурсов и охраны окружающей среды для использования.

Разработаны научные и технико-экономические обоснования, проекты положений, описания границ, площади и состава земель, карты земель, списки флоры, карты ценных участков и мест произрастания редких растений 11 заказников республиканского значения: «Ельня», «Запольский», «Заболотье», «Лонно», «Корытинский мох», «Омговичский» и др., что послужило основанием принятия постановления Совета Министров Республики Беларусь от 27.12.2008 № 1833 по их созданию или преобразованию.

Учеными Института разработан (совместно с Институтом зоологии) и принят правительством «План мероприятий по предотвращению и минимизации вреда от инвазии агрессивных чужеродных видов диких животных и дикорастущих растений на 2006–2010 гг.». Во исполнение плана развернуты работы по созданию системы мониторинга инвазионных процессов. В отношении наиболее опасных представителей этой группы растений – гигантских борщевиков – разработан и реализуется План действий по предотвращению и минимизации ущерба от

распространения вредоносного чужеродного вида растения – борщевика Сосновского (утв. заместителем Премьер-Министра Республики Беларусь А.Н.Косинцем 04.10.2008 № 06/214-383), изданы брошюра «Гигантские борщевики – опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси» и буклет «Гигантские борщевики – злостные инвазивные виды растений» с комплексом рекомендаций по мерам борьбы. Проведена серия обучающих семинаров для специалистов районов Беларуси по предотвращению распространения и мерам борьбы с этим опасным растением. Для принятия решений по ограничению распространения борщевика Сосновского переданы материалы о его распространении в 35 районах Витебской, Минской, Гродненской областей.

В рамках ГНТП «Экологическая безопасность» разработаны (совместно с НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам и Институтом природопользования): «Методические рекомендации по экологической реабилитации нарушенных болот и по предотвращению нарушений гидрологического режима болотных экосистем при осушительных работах»; проект ТКП 17.12-02-2008 XXXX (02120) «Охрана окружающей среды. Природопользование. Территории. Экологические требования и правила оценки воздействия разработки торфяных месторождений на окружающую среду». Это позволит проводить проектные изыскания и работы по торфодобыче в соответствии с международными стандартами в области охраны природы.

С использованием современных международных критериев подготовлено 3-е издание Красной книги Республики Беларусь и списки редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений как официальные документы для информирования и активизации усилий государственных и общественных учреждений и организаций по охране растительного мира.

Разработаны и утверждены Минприроды «Порядок разработки планов действий по сохранению редких и находящихся под угрозой исчезновения видов диких животных и дикорастущих растений (методические указания)», «Перечень видов дикорастущих растений и диких животных, для которых в первоочередном порядке разрабатываются планы действий по их сохранению», «Меры охраны дикорастущих растений, включенных в Красную Книгу Республики Беларусь». Приняты к практической

реализации 8 планов действий по сохранению редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений (меч-трава обыкновенная, козелец голый и др.).

В интересах лесного хозяйства разработан комплекс мероприятий по адаптации лесного хозяйства Беларуси до 2050 г. к изменению климата. Разработка одобрена научно-техническим советом Министерства лесного хозяйства и реализуется в качестве Стратегии развития отрасли с 2011 года. Программа направлена на формирование устойчивых лесных насаждений с одновременным сохранением и восстановлением биологического разнообразия экосистем. Разработанные мероприятия по оптимизации состава лесов, адаптации системы охраны и защиты леса позволят снизить ущерб, наносимый засухами, болезнями и вредителями леса не менее, чем на 20%. В перспективе реализация программы позволит снизить потери лесного хозяйства от неблагоприятных погодно-климатических условий не менее, чем на 40%.

Разработаны и утверждены к использованию Министерством лесного хозяйства «Методические рекомендации по ранней диагностике ухудшения состояния сосны, ели и ольхи черной» и «Рекомендации по проведению лесозащитных, санитарно-оздоровительных и других лесохозяйственных мероприятий по профилактике, преодолению и минимизации ущерба от периодического аномального усыхания деревьев, восстановлению, повышению продуктивности и устойчивости хвойных, черноольховых лесов». Принята к применению «Методика оценки потерь прироста древесины на основе дендрохронологических материалов».

Разработанные в Институте рекомендации по выращиванию карельской березы в лесах Беларуси вошли в Технический кодекс установившейся практики «Правила рубок леса в Республике Беларусь» (введен с 01.01.2009).

Составлен и внедрен в системе Минлесхоза «Перечень болезней леса, их возбудителей и указания по ведению надзора» для организации фитопатологического скрининга, надзора и профилактики, разработан и издан «Атлас болезней лесных пород Беларуси» (2011 г.).

В рамках ряда международных проектов выполнены работы по научному обеспечению процесса сертификации лесного хозяйства в ее экологических и социальных аспектах с целью повышения

устойчивости отрасли в условиях экологизации рынка лесной продукции. Разработка позволила удовлетворить требования сертификации по схеме Лесного попечительского совета (FSC) и, соответственно, сохранить для продукции белорусских лесохозяйственных учреждений выход на рынки Европейского Союза. В целях расширения практики внедрения в отрасль систем лесной сертификации специалистами Института организована и проведена серия семинаров для практиков лесного хозяйства. Издана научно-методическая брошюра «Экологически ориентированное лесное хозяйство – основа устойчивого лесоуправления и лесопользования» (авторы А.В. Пугачевский, А.В.Судник, И.Н. Вершицкая, 2010 г.), в которой охарактеризованы аспекты экологически ориентированного подхода к планированию и ведению лесохозяйственной деятельности, направленного на сохранение биоразнообразия и усиления экологических функций лесов.

Для 17 проектных территорий – выработанных или осушенных в прошлом и возвращенных в состав лесного фонда торфяных болот – подготовлены (совместно с НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам) научные обоснования необходимости их повторного заболачивания, организованы локальные системы мониторинга за состоянием экосистем ренатурализуемых болот. Работы по восстановлению болот проведены на площади 27 тысяч гектаров.

В интересах Управления делами Президента Республики Беларусь разработаны концепция, методика, регламенты наблюдений, проекты и созданы сети комплексного мониторинга экосистем природоохранных учреждений: Березинского биосферного заповедника, национальных парков «Браславские озера», «Нарочанский», «Припятский», «Беловежская пуща», а также 19 заказников республиканского значения («Освейский», «Красный бор», «Мозырские овраги», «Ельня» и др.). Проведен комплекс наблюдений за их состоянием, выявлены и описаны факторы, представляющие угрозы для функционирования ООПТ и сохранения их биоразнообразия.

В рамках компетенции специалистами Института разработаны разделы планов управления национальными парками «Припятский», «Нарочанский», «Браславские озера» и «Беловежская пуща».

Проведена инвентаризация природных комплексов национальных парков «Припятский» и «Браславские озера». По результатам исследований изданы 3 монографии: «Мохообразные Национального парка «Припятский» (эволюционный аспект, таксономия, экология, география, жизненные стратегии)» / Г.Ф.Рыковский [и др.], 2010; «Сосудистые растения Национального парка «Припятский» / В.И.Парфёнов [и др.], 2009; «Сосудистые растения Национального парка «Браславские озера» / В.И.Парфёнов [и др.], 2011.

В ходе выполнения госпрограммы развития курортной зоны Нарочанского региона на 2011–2015 гг. дана картографическая оценка состояния природно-растительных комплексов национального парка «Нарочанский», определены предельно допустимые рекреационные нагрузки на его природные экосистемы и охарактеризована эффективность мероприятий программы экологического оздоровления озера Нарочь на 2005–2008 гг. Разработан план управления ключевой ботанической территорией «Голубые озера» (входящей в состав НП «Нарочанский»).

Проведена паспортизация объектов растительного мира, дана оценка степени антропогенного воздействия и рекреационной нагрузки, а также разработан плана управления ключевой ботанической территорией «Национальный парк «Браславские озера». Создана карта лесной растительности Березинского биосферного заповедника (М 1:25000–50000).

Проведена паспортизация уникальных объектов растительного мира: высоковозрастных хвойных и широколиственных лесов, - Березинского биосферного заповедника и национальных парков. Разработан прогноз их развития и даны рекомендации по использованию этих насаждений.

В интересах агропромышленного комплекса разработан и защищен патентом оригинальный пленкообразующий состав для инкрустации семян. Подготовлен отраслевой регламент «Инкрустация семян с использованием поливинилацетатного пленкообразователя. Типовые технологические процессы». Экспериментально показана возможность использования пленкообразующего раствора в качестве основы для создания эффективных отечественных препаративных форм протравителей из закупаемых по импорту действующих веществ. Для практической реализации этой задачи в ГП «Пестициды-2»

выполняется задание по разработке и освоению в 2008-2011 гг. технологии производства отечественных аналогов фунгицидов фоликур и раксил. Планируемый объем выпуска вновь освоенной продукции в 2012–2014 гг. составит 156,8 т (аналога фунгицида-протравителя раксил Т и фунгицида фоликур БТ). Ожидаемый объем импортозамещения от выполнения задания за три первых года освоения производства составляет 1974,4 тыс. у.е. Кроме того, создание новых химических средств защиты растений тесно связано с внедрением эффективных ресурсо- и энергосберегающих технологий, комплекса природоохранных мероприятий.

Институтом совместно с РУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси» разработана технология выращивания растениеводческой продукции в закрытом грунте с применением энергосберегающих отечественных светодиодных светильников, которая будет реализована в 2011–2015 гг. не менее, чем в 12 тепличных хозяйствах Беларуси. Показано, что использование светодиодных светильников при выращивании растений в закрытом грунте в 1,5–2 раза снижает потребление электроэнергии; при этом урожайность томатов увеличивается на 15–20 % по сравнению с показателями лучших хозяйств.

В Институте организовано производство опытных партий ионообменного субстрата (зарегистрированные торговые марки «Триона» и «Трионит») для выращивания растений. Общий объем реализации опытной продукции превысил 130 млн. рублей, при потенциальном годовом объеме продаж 200–250 млн. рублей. Активно прорабатываются возможности экспорта этой продукции в Китай. В рамках Программы белорусско-китайского сотрудничества выполнено 2 контракта на поставку опытных партий в Институт овощеводства и цветоводства провинции Цзилинь и Аграрный исследовательский институт г. Хулумбер (автономный район Внутренняя Монголия). Заключен лицензионный договор с Аграрным исследовательским институтом г.Хулумбер для организации опытного производства ионообменного субстрата «Триона» на территории КНР.

Разработанная Институтом технология и биотехнические комплексы для круглогодичного производства оздоровленных миниклубней картофеля с использованием искусственных ионообменных субстратов внедрены в базовых элитно-

семеноводческих хозяйствах: СПК «Кухчицы» Клецкого района и СПК «Дзержинский Агро» Речицкого района. Институт аккредитован и включен в Государственный реестр Республики Беларусь производителей с правом реализации семенного материала картофеля высших репродукций на 2009–2014 гг.

Совместно с ИФОХ НАН Беларуси и ЦБС НАН Беларуси разработаны и утверждены технические условия на производство экологически безопасных высоко эффективных препаратов: стимулятора роста растений «Тубелак» и средства защиты растений «Туберит» из картофельного сока, получаемого при переработке картофеля. С 2012 года предприятие-изготовитель НТО «АКТЕХ» и ИФОХ НАН Беларуси организуют выпуск новых препаратов, обладающих экспортным потенциалом, для реализации потребителям. К 2013 году объем импортозамещения достигнет 350 тыс. у.е. в год.

Разработаны (совместно с Гомельским КСУП «Семена трав» и Полесским филиалом НПЦ НАН Беларуси по земледелию) отраслевые регламенты и рекомендации по возделыванию новой высокобелковой кормовой культуры галеги восточной. За 2006–2008 гг. плантации этой культуры в Гомельской и Могилевской областях заложены на общей площади 1564 га. Подтвержденный актами экономический эффект от внедрения галеги восточной в 15 хозяйствах Гомельской области только в 2007 году составил 127,5 тыс. долларов США. На опытном поле НПЦ НАН Беларуси по земледелию создана коллекция из 43 сортов и сортообразцов галеги восточной, наиболее перспективные из которых предложены для включения в селекционный процесс. Коллекция передана в Белорусский генетический банк при НПЦ НАН Беларуси по земледелию. Изданы практические рекомендации «Галега восточная – многолетняя высокобелковая кормовая культура: биологические особенности, технология возделывания, хозяйственное использование» и брошюра «Коллекция галеги восточной – как исходный материал для селекции».

Разработана технология формирования высокопродуктивных и устойчивых смешанных посевов. На основе разработки изданы (совместно со специалистами БСХА) научно-практические рекомендации «Технология формирования высокопродуктивных и устойчивых смешанных посевов на основе оптимизации минерального питания: рекомендации для сельскохозяйственных предприятий и фермерских хозяйств» – Горки, 2010. Разработан и

утвержден Минсельхозпродом отраслевой регламент «Возделывание смеси ярового ячменя с горохом (пелюшкой) на зернофураж».

При участии специалистов Института разработан метод термообработки семян зернобобовых культур для получения нового кормового продукта, обладающего высокой биологической ценностью, для применения в животноводстве. В 2008–2010 гг. метод внедрен более чем в 20 сельскохозяйственных учреждениях страны.

Разработан и подготовлен к опубликованию каталог генетического фонда хозяйственно-полезных растений природной флоры Беларуси.

В интересах Министерства транспорта и коммуникаций дана оценка воздействия дорожно-транспортного комплекса на растительный мир и разработаны мероприятия по его снижению. В адрес Минприроды, Минлесхоза и департамента «Белавтодор» направлены аналитические материалы «Воздействие автомобильных дорог на придорожные насаждения».

В интересах Министерства энергетики выполнены проектно-изыскательские работы по блоку «Растительный мир» для Кукшиновской, Краснопольской и Островецкой площадок предполагаемого размещения Белорусской АЭС. Созданный картографический материал приоритетного места строительства АЭС (Островецкая площадка) с пояснительной запиской по оценке современного состояния и прогнозным сценариям динамики растительности использованы РУП «БелНИПИЭНЕРГОПРОМ» для разработки проекта оценки воздействия на окружающую среду.

В интересах МВД, КГБ, Государственной инспекции охраны растительного и животного мира при Президенте Республики Беларусь, таможенного комитета, органов суда и следствия сотрудники Института оказывают постоянную помощь, основанную на специальных знаниях, по вопросам: 1) оценки влияния субъектов хозяйствования на природно-растительные комплексы; 2) фитотаксономической идентификации; 3) определения видового состава съедобных и ядовитых грибов; 4) диагностики плесневых грибов в жилых, коммунальных и промышленных помещениях; 5) других видов специальных экспертиз.

В сфере развития туризма Институтом в рамках международного проекта «Верховые болота Беларуси»

предоставлены услуги по экологическому научному туризму волонтерам из 35 стран мира (страны СНГ, США, Канада, Австралия, Бразилия, Гонконг, Малайзия, Новая Зеландия, Сингапур, ЮАР, Япония и др.). Разработаны проекты трех экологических троп для ГЛХУ «Столинский лесхоз» и ГПУ «Ельня». Результаты работ показали перспективность развития экологического и научного туризма на базе уникальных природных экосистем Беларуси.

В 2001–2010 гг. получены крупные фундаментальные результаты. Завершен многолетний цикл исследований по инвентаризации, уточнению систематической принадлежности, видовому составу, экологической и географической структуре флоры отдельных регионов и республики в целом. Анализ и обобщение полученных результатов легли в основу фундаментального издания «Флора Беларуси», три тома которого (под общей редакцией акад. В.И.Парфенова) вышли из печати. В эту же серию можно включить изданную в 2010 г. англоязычную монографию «The genus Peniophora (Basidiomycota) of Eastern Europe» (автор – к.б.н. Е.О.Юрченко).

Эти исследования базируются на материалах функционирующего при Институте крупнейшего в Беларуси гербария, включающего около 250000 образцов более 10000 видов сосудистых растений, мохообразных, водорослей, лишайников, грибов, палеоботаническую и карпологическую коллекции. Постановлением Совета Министров от 11.06.2002 г. № 758 ему присвоен статус научного объекта, составляющего национальное достояние Республики Беларусь.

В Институте завершен многолетний цикл исследований физиолого-биохимических основ устойчивости семян к различным абиотическим стрессорам. Эти работы проведены при поддержке зарубежных научных центров (Корнельский университет, США; Международный центр по исследованию растений, Нидерланды).

Впервые дана оценка роли лесной растительности в круговороте природных изотопов урана, дополнившая ранее завершенный цикл исследований по изучению динамики техногенных изотопов радиоактивных выбросов Чернобыльской АЭС в природно-растительных комплексах и почвах Беларуси.

Изучена динамика и состояние природной растительности в зонах воздействия крупнейших источников антропогенного

воздействия на окружающую среду – городских агломераций и промышленных центров гг. Минска, Могилева, Новополоцка, а также крупнейших автомобильных дорог.

В Институте заметно активизировалась работа по защите интеллектуальной собственности. За период 2001–2010 гг. подано 46 заявок и получено 26 патентов на изобретения и полезные модели, 2 свидетельства на товарные знаки, заключено 3 лицензионных договора, зарегистрировано 3 средства защиты растений и 14 баз данных.

Из числа полученных в последние годы патентов Республики Беларусь на объекты промышленной собственности хотелось бы упомянуть «Пленкообразующий состав для обработки семян и способ его получения», авторы Ламан Н.А., Калацкая Ж.Н., Алексейчук Г.Н.; «Способ обеззараживания почвы», авторы Янчевская Т.Г., Бобров В.А.; «Способ снижения накопления радионуклидов в растениях люпина желтого при выращивании на загрязненных почвах», авторы Будкевич Т.А., Матусов Г.Д.; «Способ оценки устойчивости люпина узколистного к тяжелым металлам», авторы Домаш В.И., Шарпио Т.П., Забрейко С.А.

В 2005 г. с Бобруйским РУП «Гидролизный завод» заключен неисключительный лицензионный договор на производство биологического препарата «Миколин», внесенного в реестр препаратов, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь.

В рамках программы белорусско-китайского сотрудничества в 2010 г. заключен лицензионный договор с Аграрным исследовательским институтом г. Хулумбер (автономный район Внутренняя Монголия) на сумму 20,0 тыс. USD на право опытного производства ионообменного субстрата «Триона».

Только в 2007–2010 гг. разработки института демонстрировались на 30 выставках, в т.ч. 17 - международных. Разработки удостоены 1 серебряной медали и 9 дипломов различных выставок. По результатам выставочной деятельности заключено 3 контракта на общую сумму 24.6 тыс. USD. Наиболее крупные выставки последних лет, на которых были представлены разработки Института, это:

– VII Московский международный салон инноваций и инвестиций (5-8 февраля 2007 г.), г. Москва, ВВЦ. За участие в выставке Институт награжден серебряной медалью и дипломом;

– Национальная выставка Республики Беларусь на Харбинской торгово-экономической ярмарке (15-19 июня 2007 г.), г. Харбин, КНР;

– III торгово-инвестиционная ярмарка стран Северо-восточной Азии, 2-6 сентября 2007 г., г. Чанчунь, КНР;

– 12-я международная выставка-конгресс «HI-TECH. Высокие технологии. Инновации. Инвестиции», 2-5 октября 2007, Санкт-Петербург, Институт награжден дипломом в номинации «Лучший инновационный проект в области технологии живых систем»;

– специализированная выставка «Закрытый грунт России», 20 мая 2008 г., г. Москва;

– VII Национальная выставка Республики Беларусь в Латвийской Республике, 12 – 15 ноября 2008 г., г.Рига;

– XIV Белорусский энергетический и экологический форум ENERGY EXPO, 13–16 октября 2009 г., г.Минск;

– международная выставка «Инфраструктура дорог», проходила в конгресс–центре «МТ–Польша», 15–17 октября 2009 г., г.Варшава;

– национальная выставка Республики Беларусь, 19–26 ноября 2009 г., г. Москва.

Прогресс науки немыслим без взаимодействия исследовательских организаций разных стран. В 2001–2010 Институт сотрудничал более чем с 30 иностранными и международными научными и некоммерческими экологическими организациями. *Среди них:* Европейское отделение Earthwatch Institute (Великобритания), Международный центр по исследованию растений и Королевское общество охраны природы (Нидерланды), Фонд Центрально-Европейской инициативы, Глобальный экологический фонд и природоохранные учреждения ООН (UNDP), NATO, Planta Europe, Аграрный университет и Институт овощеводства провинции Цзилинь (КНР), Корнельский университет, штат Нью-Йорк (США), Монгольский национальный университет, Институт географии и пространственной организации ПАН, Краковский университет и Университет технологии и наук о жизни (Польша), Всероссийский институт сельскохозяйственной микробиологии РАСХН, Институт географии РАН, Ботанический институт им. В.Л.Комарова РАН, Институт экологии Карпат НАН Украины, Институт ботаники им. Н.В.Холодного НАН Украины, Национальный институт виноградарства и вина «Магарач» УААН и др. В настоящее время в Институте действуют договора о научно-

техническом содружестве с 16 зарубежными учреждениями из Российской Федерации, Украины, Франции, США, КНР.

С целью расширения международных контактов при поддержке ГКНТ Республики Беларусь в 2008 г. при ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси» начал работу филиал Республиканского центра трансфера технологий, который представляет интересы Беларуси в Китайско-Российском технопарке (г. Чаньчунь, КНР).

Деятельность Института (совместно с Минприроды, Минлесхозом, НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, ООО «Ахова птушак Бацькаўшчыны») способствовала привлечению в страну значительных валютных поступлений на реализацию ряда проектов, среди которых:

грант ГЭФ-ПРООН № 48429 «Создание условий для устойчивого функционирования системы охраняемых водно-болотных угодий в Белорусском Полесье (повышение эффективности их управления и совершенствование практики землепользования)» - 2,192 млн. долларов США;

грант ГЭФ-ПРООН № 43201 "Ренатурализация и устойчивое управление торфяными болотами для предотвращения деградации земель, изменений климата и обеспечения сохранения глобально значимого биологического разнообразия» - 1,431 млн. долларов США;

грант «Картирование лесов особой биологической ценности» - 127 тыс. евро;

пакет грантов Европейского отделения Earthwatch Institute «Верховые болота Беларуси» - 110 тыс. долларов США.

Успехи коллектива Института значительны и бесспорны. Он был и остается единственным в Беларуси учреждением, профессионально работающим в сфере научного обеспечения обращения с объектами растительного мира. Однако вызовы современности, потребности страны и прогресс науки буквально во всех ее областях ставят перед учеными-ботаниками новые актуальные и весьма непростые задачи.

Изменения природных условий (климата, почв, миграционных потоков растений и животных) определяют необходимость оценки реакции природной и рукотворно созданной растительности на эти изменения. Современная динамика землепользования и образа жизни людей все более отличаются от традиционных и также влекут за собой изменения в растительном покрове, способствуют

экспансии в природные экосистемы новых, порой весьма активных, участников фитоценогенеза. Потребности экономики заставляют все активнее вовлекать в хозяйственный оборот природные растительные ресурсы. Но при этом требования природоохранных конвенций, стороной-участницей которых является Республика Беларусь, как и национальное законодательство, ограничивают в ряде случаев их использование. Все эти, как и многие другие вопросы, требуют постоянного внимания ученых.

Миссия белорусских ботаников на ближайшее будущее – это научное обеспечение охраны и использования ресурсов растительного мира, экологизация отраслей сельского и лесного хозяйства, сохранение и приумножение знаний и подготовка кадров высшей квалификации по классическим научным дисциплинам: ботанике, микологии, экологии фитоценозов, физиологии и биохимии растений, – а также по их новым направлениям.

Крайне важно знать и контролировать то, что происходит на 68% территории страны, занятой естественным растительным покровом, разрабатывать и внедрять технологии природопользования, обеспечивающие сохранность и важные для природы и человека функции растительного мира.

Основными задачами Института в ближайшие 10-15 лет являются:

проведение фундаментальных научных исследований по биологическим основам воспроизводства, рационального использования и охраны биоразнообразия растительного мира Беларуси; физиолого-биохимическим основам повышения продуктивности и устойчивости растений; экологии растений;

научное обеспечение ведения государственного кадастра и мониторинга растительного мира;

разработка рекомендаций по использованию результатов научных исследований Института на практике, их сопровождение при освоении в производстве;

проведение научных экспертиз важнейших научных, научно-технических и народнохозяйственных программ, инновационных проектов, а также проектов нормативных правовых актов по профилю Института;

изучение и обобщение достижений мировой науки по профилю деятельности Института и содействие их практическому использованию;

подготовка научных кадров высшей квалификации через соискательство, аспирантуру и докторантуру, повышение квалификации научных работников, в том числе в зарубежных научных центрах;

оказание услуг по профилю деятельности Института физическим и юридическим лицам;

развитие собственного научно-технического потенциала, создание и распространение новых методов и средств исследования закономерностей, явлений и процессов в растительном мире;

социальная защита, охрана прав и законных интересов работников Института.

Институту необходимо сохранить традиционные направления исследования (охрана и эффективное использование биологических ресурсов; технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды; технологии реабилитации нарушенных природно-растительных комплексов; разработка адаптивных методов ведения земледелия) при этом сосредоточив внимание на следующих актуальных проблемах:

в сфере фундаментальных исследований:

- описание, рациональное использование и сохранение природного генофонда растений и грибов;
- выявление и изучение хозяйственно полезных растений и инвазивных видов естественной флоры;
- развитие системной лесной типологии в отношении трансформированных и созданных на бывших нелесных землях лесов;
- обоснование и создание системы карт современной растительности Беларуси и ее отдельных регионов на основе новых подходов и методов, включая методы дистанционного зондирования;
- высокоэффективные биохимические и биофизические методы оценки устойчивости и повышения продуктивности растений;
- эколого-ориентированная оптимизация хозяйственного воздействия на природную растительность.

в области прикладных работ:

- создание Государственного кадастра растительного мира;
- развитие Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь;

- разработка и внедрение регуляторов роста и средств защиты растений (совместно с учреждениями Отделения химии и наук о Земле и Отделения аграрных наук);

- совершенствование и организация производства искусственных субстратов для адаптации микроклонов и выращивания растений в закрытом грунте;

- разработка и испытание оптимизированных энергосберегающих облучателей для тепличных комплексов на основе светодиодной техники;

- научное обеспечение процесса сертификации лесного хозяйства в ее экологических и социальных аспектах с целью повышения устойчивости отрасли в условиях экологизации рынка лесной продукции;

- разработка экологически безопасных технологий и техники в растениеводстве (совместно с учреждениями Отделения аграрных наук);

- приемы размножения ценных ресурсных и декоративных видов растений in vitro (микроклонирование, черенкование и др.) (совместно с ЦБС НАН Беларуси).

Исходя из этого, и с учетом инновационного курса развития Беларуси, определены основные направления ботанических исследований, важных для:

– интенсификации вовлечения природных растительных ресурсов в экономический оборот, в том числе для развития фармацевтической промышленности на основе местного сырья;

– экологической безопасности, прогнозирования и мониторинга состояния растительности, экологических катастроф природного и техногенного характера;

– дистанционного зондирования поверхности Земли;

– создания импортозамещающих средств защиты и регуляторов роста растений;

- формирования международного имиджа Беларуси, как страны с уникальными природными комплексами и высоким потенциалом развития экологического туризма.

Одним из путей повышения доходности работы Института из внебюджетных источников является создание системы организации инновационной деятельности и коммерческих услуг путем:

а) создания и аккредитации центра в области экологического аудита, фитотаксономических, фитосанитарных и других специальных экспертиз;

б) организации подразделения (Институтского технопарка), ответственного за внешний имидж Института, внедрение, рекламу, маркетинг результатов исследований, юридическое сопровождение внедрения результатов в производство;

в) внедрения систем управления персоналом и качеством продукции.

Сегодня услуги Института востребованы по таким специфическим вопросам, как: 1) оценка состояния зеленых насаждений; 2) влияния субъектов хозяйствования на природно-растительные комплексы; 3) фитотаксономическая экспертиза для таможенных и судебных органов; 4) судебно-медицинская экспертиза по фактам отравления ядовитыми грибами; 5) определение видовой принадлежности съедобных и ядовитых грибов; 6) диагностика плесневых грибов в жилых, коммунальных и промышленных помещениях (квартиры, бани, архивы, библиотеки и т.п.); 7) паспортизация объектов растительного мира и др.

В перспективе за счет платных консалтинговых и экспертных услуг юридическим и физическим лицам Институт сможет обеспечивать до 10–15% своего бюджета. С другой стороны, такого рода услуги, направленные на удовлетворение реальных потребностей населения и организаций, подымают авторитет Института и подтверждают востребованность результатов его деятельности.

В 2011 году Институт набрал хороший темп выполнения объемов экспорта, бюджетных и хозяйственных договоров (рис. 1). Это, как и интенсивная работа коллектива по поиску новых направлений исследований и источников их финансирования, позволяют с уверенностью утверждать, что в новом пятилетии годовые плановые ориентиры будут достигнуты. Основными стратегическими задачами в области финансирования НИР являются:

– достижение к 2015 году доли прямых договоров в общей структуре финансирования – 25–30%, в том числе доли экспорта – 15–25%;

– сохранение доли бюджетных договоров на уровне 50-55% от общего объема работ;

– снижение прямого бюджетного финансирования до уровня 15-20%.

При этом средняя заработная плата сотрудников Института должна достигнуть 120–140% к средней по бюджетной сфере в стране.

В целях повышения результативности деятельности Института и других учреждений Государственного научно-производственного объединения «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» целесообразно:

- создать на базе Центрального ботанического сада биотехнологический центр по выращиванию посадочного материала декоративных, плодово-ягодных (включая голубику высокую) и редких (в т.ч. охраняемых) растений с применением технологий, разрабатываемых в Институте, основанных на использовании энергосберегающих источников освещения (светодиодов отечественного производства), ионито- и аэропоники;

- создать на базе Института леса и одной из его экспериментальных лесных баз биотехнологический центр по

выращиванию посадочного материала лесных и декоративных древесно-кустарниковых пород с применением технологий, разрабатываемых в Институте экспериментальной ботаники, основанных на использовании энергосберегающих источников освещения (светодиодов отечественного производства), новых субстратов, ионитопоники;

- совместно с НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам и Государственным природоохранным учреждением «Национальный парк «Беловежская пуща» организовать на территории парка международный центр изучения заповедного леса.

Накопленный Институтом опыт, научные достижения, наличие высококвалифицированных кадров ученых, примеры успешного решения Институтом многих научных и научно-практических проблем уже в новых социально-экономических условиях позволяют заключить, что в наступившем столетии это научное учреждение будет играть все возрастающую роль в решении актуальных проблем эффективного функционирования природоохранной отрасли, лесного и сельского хозяйства республики в условиях дефицита продовольствия, материальных и энергетических ресурсов, глобального изменения климата. Не менее важным представляется задача создания научной базы сохранения и рационального использования природных растительных ресурсов, выполнению Республикой Беларусь обязательств по ряду международных конвенций природоохранного характера.

Флора и систематика

УДК 582. 542.1 (470)

И.А. БЕДНАРСКАЯ

О НЕКОТОРЫХ УЗКОЛИСТНЫХ ВИДАХ ОВСЯНИЦ (*FESTUCA* L., POACEAE) БЕЛАРУСИ.

Институт экологии Карпат НАН Украины

Введение. Род овсяница (*Festuca* L.) является одним из крупнейших и самых сложных родов подтрибы Festucinae C. Presl семейства злаков (Poaceae). Согласно последней общей сводке (Flora Europaea) для флоры Европы приводится 170 видов овсяниц, однако вопрос объема рода и таксономического ранга многочисленных его представителей, особенно среди так называемых «узколистных» овсяниц, до сих пор остается дискуссионным. Основной причиной этого является нехватка материалов из многих районов Европы, в том числе и из Беларуси.

Фундаментальная инвентаризация рода во флоре Восточной Европы принадлежат Н.Н. Цвелеву [14, 15, 16, 17] и Е.Б. Алексееву [1]. Значительный вклад в изучение этого рода в сопредельной Украине внесла В.В. Тверетинова [12]. Что же касается Беларуси, то основные сведения о видовом составе овсяниц содержатся исключительно в общих сводках [10; 13; 11], тогда как специальных исследований рода *Festuca* в республике до последнего времени не было. В связи с этим, в ходе подготовки к очередному изданию «Флоры Беларуси», нами была поставлена цель провести критико-таксономическую ревизию рода *Festuca* в республике.

Согласно современным трактовкам [17], широколиственные овсяницы рассматриваются в ранге самостоятельных родов *Schedonorus* Beauv. и *Drymochloa* Holub, тогда как род *Festuca* L. в узком понимании содержит по большей части узколистные овсяницы. Именно в таком объеме и принят обсуждаемый нами в статье род *Festuca* L. В данной работе проанализированы все узколистные овсяницы Беларуси за исключением *Festuca* aggr. *rubra* L., а также виды интродуценты, требующие дополнительного исследования.

Материалы и методика исследования. Основой выяснения видового состава рода и изучения хорологии видов были

результаты критической обработки гербарных фондов гербариев Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси (MSK), Гомельского государственного университета (GMU), Гродненского государственного университета (GRSU), национальных парков «Припятский» (TWR) и «Беловежская пуща» (KMR). Всего проанализировано более 2000 гербарных листов.

Материалом для изучения морфологической дифференциации видов рода *Festuca* были собственные гербарные материалы, собранные в течение 2009-2010 гг. в ходе специально проведенных экспедиционных исследований на территории Беларуси. Для анализа критических таксономических групп собрано 39 популяционных выборок по 20-25 образцов в каждой. Хранятся сборы в специализированной гербарной коллекции рода *Festuca* в Институте экологии Карпат НАН Украины, г. Львов (LWKS).

Идентификацию критических таксонов и исследования в их пределах внутри- и межпопуляционной изменчивости диагностических признаков, а также изучение дискретности самих таксонов проводили сравнительным анатомо-морфологическим методом. Для изучения особенностей анатомического строения листовых пластинок узколистных овсяниц использовали 2-3 листовые пластинки каждого образца. Анатомические препараты изготавливали вручную опасным лезвием, выполняя срезы листовой пластинки на расстоянии 1/3-1/2 от ее основания (влагалища). Изготовляли временные препараты в водной среде без красителей и фиксаторов. Всего выполнено и зарисовано около 1500 срезов.

Для схематической зарисовки анатомии листьев использовали рисовальный аппарат РА-4. Все рисунки выполнены в едином масштабе, шкала мерной масштабной линейки была определена объект-микрометром.

Длину колоска измеряли вместе с недоразвитым верхушечным цветком. Длину нижней цветковой чешуи без ости и саму ость, измеряли на втором цветке от основания колоска (рис. 1).

Для всех видов рода были выполнены измерения следующих морфологических признаков: высота побега, длина листьев, длина метелки, длина колоса, количество цветков в колоске, длина нижней цветковой чешуи, длина ости, длина верхней колосковой чешуи и длина нижней колосковой чешуи (рис. 1).

Рис. 1. Схема измерений основных морфометрических показателей: а – длина колоска; б – длина нижней колосковой чешуи; в – длина верхней колосковой чешуи; г – длина нижней цветковой чешуи; д – длина ости (рисунок автора).

Также фиксировали наличие и степень опушения стебля под соцветием и нижней цветоковой чешуи. При необходимости для отдельных видов выполняли дополнительные измерения, о чем указано в описании видов. Среди признаков анатомического строения листовых пластинок учитывали: диаметр листовых пластинок, количество ребер, количество жилок, количество тяжей склеренхимы, форму среза, степень развития центрального тяжа склеренхимы, угловых (левого, правого) тяжей склеренхимы, дополнительных (левого, правого) тяжей склеренхимы, выразительность кольца склеренхимы, выразительность ребер (левого, правого), длину волосков на внутренней поверхности и степень опушения снаружи.

Результаты и их обсуждение. В предлагаемом конспекте дается краткая синонимика видов, систематический обзор критических таксонов, характеризуются их местообитания и распространение по Беларуси. Полные морфологические описания видов будут приведены во II томе «Флоры Беларуси», здесь же мы остановимся на сравнительном анализе анатомо-морфологических

особенностей видов с комментариями, не вошедшими в формат «Флоры». Сведенный список локалитетов всех проанализированных нами видов рода согласно результатам обработки гербарных фондов будет опубликован в отдельной, специально посвященной хорологии видов рода статье.

Festuca valesiaca Schleich. ex Gaud. 1811, Agrost. Helv. 1: 242; Szafer, Kulcz., Pawł. 1924, Rośl. Pol.: 126; 133, в Злаки Укр.: 304; Mark.-Dann. 1980, Fl. Europ. 5: 152; Вынаев 1993, Кр. книга Республики Беларусь: 455; Сауткина 1999, Опред. высш. раст. Беларуси: 405. – *F. valesiaca* subsp. *valesiaca* Цвелев, 1976, в Злаки СССР.: 409. – *F. valesiaca* subsp. *valesiaca* var. *valesiaca* Алексеев, 1975, Нов. сист. высш. раст. 12: 20. –*F. ovina* subsp. *sulcata* var. *valesiaca* Koch., Hack. 1882, Monogr. Fest. Europ.: 101; Raciborski, Szafer, 1919, Fl. Polska 1: 334. – **Овсяница валлисская, типчак**.

Ксерофит, в основной части ареала характерный вид степей и остепненных лугов. Типичный вид сбитых пастбищ. В Беларуси *F. valesiaca* является заносным видом и приурочена, в основном, к нарушенным травяным сообществам вдоль железнодорожных путей: откосы, прилежащие сухие луга и т.п. Растет на сухих, уплотненных, сравнительно бедных грунтах, на травяных склонах.

Спорадически встречается в Брестской, Витебской и Могилевской областях. Требуют подтверждения локалитеты в Гродненской области, где известно произрастание другого «сулькатного» вида - *F. arietina.* В угнетенном состоянии образцы последней имеют укороченные листья и во многом внешне становятся похожи на *F. valesiaca* (анатомически оба вида могут иметь 3 основных грубых и два дополнительных тяжа склеренхимы). Поскольку по сухим растениям трудно определить цвет листьев (сизые или зеленые), имеющиеся гербарные образцы не дают возможности дать однозначный ответ.

В местах совместного произрастания *F. brevipila* с *F. valesiaca* (в окрестностях ж. д. ст. Владава) наблюдались многочисленные нетипичные для последней образцы. Габитуально растения не отличаются от *F. valesiaca*, однако в их листьях появляются дополнительные жилки, а тяжи склеренхимы имеют тенденцию к слиянию между собой, что для *F. valesiaca* совершенно не характерно. Мы склонны предполагать, что такие образцы могут быть межвидовыми гибридами.

В целом же *F. valesiaca* в Беларуси представлена типичными для вида образцами с характерным анатомическим строением листьев (рис. 2).

Рис. 2. Схема анатомических срезов листовых пластинок *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaud.

F. arietina Klok. 1950, Бот. мат. Герб. (Ленинград), XII: 57; 1950, Визн. росл. УРСР: 888; Прокудін, 1965, Визн. росл. Укр.: 96; Тверетинова, 1977, Злаки Укр.: 313. – *F. wolgensis* Smirn. subsp. *arietina* (Klok.) Tzvel. 1971, Бот. журн., LVI, 9: 1255; Цвелев, 1974, Фл. европ. ч. СССР, I: 266; Цвелев, 1976, Злаки СССР: 413. – **О. баранья.**

Новый вид для флоры Беларуси. Основной ареал вида находится в Северо-восточной Украине (Черкасская, Киевская, Харьковская области). В Беларуси *F. arietina* четко приурочена к долинам рек Припять и Сож: спорадически встречается по всей Гомельской области, а севернее доходит до Могилевской. Как заносной вид встречается по железнодорожным путям в Минской и Брестской областях.

Ксеромезофит. Растет на легких лесовидных суглинках и супесках, реже на незадернованных песках (в Украине *F. arietina* является типичным псаммофитом и гораздо реже растет на других типах грунта). Приурочена к песчаным гривам и заливным лугам в пойме рек Припять и Сож, где на открытых пространствах часто образует монодоминантные сообщества. Также встречается в составе злаково-разнотравных лугов по оврагам и склонам коренного берега реки, меньше в светлых дубравах, березняках и

сосняках. Иногда ее можно встретить в явно деградированных сообществах (откосы дорог, пустыри), где вид, тем не менее, вполне «хорошо» себя чувствует.

Надо сказать, что до последнего времени *F. arietina* оставалась очень слабо изученным видом. Так, в гербарных фондах Украины вид представлен единичными образцами, а вся информация о нем, по сути, ограничена описанием в «Злаках Украины». Сейчас нами ведется активное изучение *F. arietina*: на сегодняшний день собрано 24 популяции – из них 7 из Беларуси, что в комплексе позволит нам существенно уточнить характеристики вида.

Внешне *F. arietina* больше всего похожа на *F. rupicola* Heuff. или *F. macutrensis* Zapał. – обычно у нее такие же длинные, сравнительно тонкие ((0,5-) 0,64-0,7 (-0,85) мм), зеленые листья, высокие стебли 53-60 см высотой, а также похожие размеры метелки и колосков. Основное отличие *F. arietina* – это анатомическое строение листьев: склеренхима из 3 основных умеренно утолщенных и всегда двух дополнительных тяжей, которые часто сливаются между собой до образования сплошного или с разрывами кольца склеренхимы, утолщенного под центральной жилкой (рис. 3). Последнее во многом сближает ее с кальцефильной *F. macutrensis*, однако, в отличие от нее, у псамофильной *F. arietina* толще склеренхима и часто можно увидеть на внутренней поверхности плоские ребра, чем она отдаленно начинает быть похожа на *F. polesica* Zapał. Следует отметить, что когда преобладают листья с кольцом склеренхимы, то *F. arietina* с такими цилиндрическими листьями вообще можно легко перепутать с *F. polesica*. Экологические оптимумы обоих видов, а также их ареалы существенно перекрываются между собой. Можно найти еще много похожих/общих черт у этих видов, однако мы, пока что, воздержимся от каких либо предположений относительно происхождения вида и его родственных связей. Ведь внешнее сходство может иметь двойную природу и быть как результатом, например, гибридизации, так и результатом адаптаций к аналогичным условиям произрастания (конвергенция). Тем не менее, мы не исключаем, что вид имеет гибридогенное происхождение. Хромосомное число, на сегодняшний день, не установлено.

Festuca arietina и *F. macutrensis* далеко не единственные «сулькатные» виды, которые могут иметь кольцо склеренхимы. В частности в Крыму и в восточной части Украины таких видов несколько, однако, пока что они не идентифицированы. Также нельзя не вспомнить целый ряд «похожих» видов, описанных из России [8, 9]. Несмотря на пристальный интерес к отдельным «сулькатным» таксонам, в целом эта группа пока что изучена очень неравномерно, как географически, так и по видовому составу. Безусловно, вопросы систематики и филогении в критических таксономических группах, невозможно решить на локальном уровне. «Сулькатные» виды представляют

большой научный интерес и требуют широкого географического подхода. На сегодня синтез данных с Украины и Беларуси уже дает хорошие результаты.

Рис. 3. Схема анатомических срезов листовых пластинок *Festuca arietina* Klok.

F. brevipila Tracey, 1977 Pl. Syst. Evol. 128: 287; Mark.-Dann. 1980, Fl. Europ. 5: 153; Цвелев, 2000, Опр. сосуд. раст. с.-з. Рос.: 254. – *F. trachyphylla* (Hack.) Krajina, 1930, Acta Bot. Bohem., 9: 191; Цвелев, 1974, Фл. европ. ч. СССР.: 263; Алексеев, 1975, Нов. сист. высш. раст, 12: 27; Mark.-Dann., 1980, Fl. Europ. 5: 153; Сауткина 1999, Опред. высш. раст. Беларуси: 405. – *F. ovina* subsp. *eu-ovina* var. *duriuscula* subvar. *trachyphylla* Hack. 1882, Monogr. Fest. Europ.: 152. – *F. longifolia* auct. non Thuill.: А.Скворцов, 1960, Бюл. Моск. общ. испыт. прир., отд. биол., LXV, 5: 75. – *F. duriuscula* L., 1753, Sp. Pl.: 74, nom. ambig.; Szafer, Kulcz., Pawł. 1924, Rośl. Pol.: 125; Кречетович и Бобров, 1934, Фл. СССР, 2: 507; Станков и Талиев, 1957, Опред. высш. раст. европ. ч. СССР: 532.

Общее распространение вида - Северо-Западная, Центральная и частично Восточная Европа (Прибалтика, Северо-Западная Россия, Западная Украина). На протяжении последнего столетия вид интродуцирован в Великобритании, Франции, Скандинавии [32] и в Канаде [18]. В восточной Австрии вид считается заносным и встречается как адвент (Pils, 1984). В Беларуси спорадически встречается по всей республике.

Олиготроф, псаммофит. Широко распространен на антропогенно нарушенных участках: железнодорожных насыпях, обочинах дорог, часто растет непосредственно в населенных пунктах. Может расти как небольшими локусами, так и выступать в качестве доминанта сообществ на больших площадях. Растет на

песчаных и супесчаных грунтах по большей части в светлых сосняках или на опушках сосновых или мешаных лесов, также часто выступает в качестве доминанта пустошных лугов.

Наши наблюдения подтверждают, что, в связи с повсеместным увеличением антропогенно нарушенных территорий (имеется в виду не только Беларусь), в последние десятилетия *F. brevipila* все активнее проникает в природные сообщества, вытесняя часто коренные виды. Весьма похожую стратегию имеет также близкородственная *F. duvalii*, которая замещает *F. brevipila* в западной части Беларуси.

Следует отметить, что между *F. duvalii* і *F. brevipila* часто встречаются образцы промежуточного типа. Учитывая схожесть обоих видов, считаем целесообразным обсуждать их анатомо-морфологические особенности при сравнении их друг с другом что и будет детальнее рассмотрено в обсуждении *F. duvalii*.

Рис. 4. Схема анатомических срезов листовых пластинок *Festuca brevipila* Tracey.

F. duvalii (St.-Yves) Stohr 1955, Wiss. Zeitsch. Martin-Luter-Univ. Halle-Wittenberg, Math.-Nat. Reihe, 4: 732; Auquier 1969, Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. 39: 97-118; Mark.-Dann. 1980, Fl. Europ. 5: 153. – **О. Дювала**.

Новый вид для флоры Беларуси. Основной ареал вида - Северо-западная и Центральная Европа (Франция, Бельгия, Германия, Чехия, Словакия, Венгрия (?), Польша, Литва). В Беларуси достоверно установлено произрастание вида в ее западной части, в частности по всей Брестской и Гродненской областях, где вид находится на восточном пределе своего ареала. Местонахождения в Минской, Витебской, Могилевской и Гомельской областях требуют дополнительного подтверждения.

Ксеромезофит. Растет на сравнительно бедных, преимущественно супесчаных грунтах. Часто образует монодоминантные луга, в том числе с участием *Agrostis tenuis* и *Poa angustifolia*. Спорадически встречается на открытых пологих песчаных террасах по долинам рек (Вилия, Двина, Неман, Мухавец). Часто приурочена к нарушенным травяным сообществам: растет на закустаренных пустошных лугах, светлых мшистых сосняках, светлых лесопарковых насаждениях, вдоль железной дороги, на мезоксерофитных лугах вдоль автотрасс.

По нашему мнению, есть основания предполагать сравнительно недавнее проникновение вида на территорию Беларуси (неосинантроп) и его активную экспансию в природные сообщества, в особенности, по долинам рек. Так, например, в гербариях можно найти многочисленные сборы середины-конца прошлого века *F. psammophila* с Гродно, тогда как в 2009 году уже было довольно-таки сложно найти типичную *F. psammophila* среди доминирующей в окрестностях *F. duvalii* и *F. ovina* (более детально см. ниже в обсуждение *F. psammophila*).

Слабо изученный в Европе вид. Некоторые европейские авторы настаивают на исключительно гладких листьях у этого вида [25], тогда как другие описывают *F. duvalii* как с гладкими так и со слабо шершавыми (в верхней части) листьями [29, 19]. В белорусских популяциях часто встречаются образцы с шершавыми в разной степени листьями: от абсолютно гладких по всей поверхности (таких образцов, к сожалению, меньшенство) или только на 1/2-2/3 от основания, до слабо шершавых по всей длине, что усложняет возможность достоверно отличить ее гербарные образцы от *F. brevipila*, с которой *F. duvalii* очень похожа. В целом, у *F. brevipila* листья гораздо более интенсивно шершавые (трудно провести пальцами по листу «против шерсти»), однако, на территории Беларуси оба вида образуют очень сложную смесь со всем спектром переходных форм между ними. Фактически, достоверно говорить о распространении *F. duvalii* мы можем лишь на основании анализа популяций, с которыми мы непосредственно работали, а также образцов из гербарных фондов с практически полностью гладкими листьями. При этом определение существенной части гербарных образцов остается под знаком вопроса.

В природе *F. duvalii* хорошо заметна по наличию в популяции одновременно как сизых, так и зеленых образцов. При этом чаще преобладают сизые растения, тогда как зеленые могут быть единичными, реже составляют половину популяции. Анализ сизых и зеленых образцов по-отдельности не выявил между ними никаких существенных анатомических или морфологических различий. В тоже время *F. brevipila* всегда сизая (по крайней мере все те образцы, которые мы изучали на территории Украины и Беларуси).

Другой отличительной чертой *F. duvalii* является очень короткое опушение на внутренней поверхности листьев: длина волосков на ребрах составляет (10-) 20-30 (-40) нанометров против 60 нм у *F. brevipila*. Несмотря на то, что по анатомии листьев виды очень похожи, у *F. duvalii*, все-таки, несколько меньшая ребристость и не намного, но более тонкие листья (0,6-0,95 мм против 0,8-1,2 мм у *F. brevipila*).

Учитывая, что экологический оптимум и ареалы *F. brevipila* и *F. duvalii* перекрываются, мы не исключаем возможность образования в природе гибридов между ними, что и приводит к частой встречаемости в популяциях образцов промежуточного типа с, например, зелеными и шершавыми листьями, что в типе не характерно ни для одного из видов.

Рис. 5. Схема анатомических срезов листовых пластинок *Festuca duvalii* (St.-Yves) Stohr.

F. psammophila (Hack. ex Čelak.) Fritsch, 1897, Excursionsfl. Oesterr.: 64; Szafer, Kulcz., Pawł. 1924, Rośl. Pol.: 125; Mark.-Dann. 1980, Fl. Europ. 5: 147; Кралль и др., 2003, во Фл. Балт. респ. 3: 301;

Цвел. 2010, Ботаника, 39:119. – *F. pallens* subsp. *psammophia* (Hack. ex Čelak.) Tzvel. 1974, Фл. европ. ч. СССР, 1: 266; 145, Злаки СССР: 414. – *F. ovina* subsp. *eu-ovina* var. *glauca* subvar. *psammophila* Hack. 1882, Monogr. Fest. Europ.: 96; Raciborski, Szafer, 1919, Fl. Polska 1: 332. – *F. ovina* ssp. *glauca* var. *psammophila* (Hack.) Kozłowska, 1926, Spraw. Kom. Fiz. 60: 71. - *F. sabulosa* auct. non (Anderss.) Lindb. fil. Вынаев 1993, Кр. книга Республики Беларусь, 1993: 453; Сауткина 1999, Опред. высш. раст. Беларуси: 404. – **О. песколюбивая**.

Festuca psammophila – Центрально-Европейский вид, ареал которого занимает сравнительно небольшую территорию от Восточной Германии (провинция Бранденбург, долина р. Одер) [26] и северной части Чехии [31; 27] через центральную Польшу [24] до южной Литвы (долина р. Мяркис) и Западной Украины (5 местонахождений вида на Расточье и Западном Полесье) [4]. В Беларуси ареал вида сосредоточен в 2-х основных локалитетах - это окрестности г. Гродно (Гродненский р-н) и д. Томашевка (Брестский р-н).

В Гродненском районе вид приурочен к долине реки Неман. Это в основном небольшие локальные популяции либо в самом городе Гродно (овраг по ул. Фомичева; ул. Неманская; вблизи комбината хлебопродуктов) и на северо-западной его окраине (правобережье реки, лесопарковая зона Пышки), либо в ближайших его окрестностях (левобережье реки, дд. Лососна, Островок, Пригодичи, Польница, Погораны).

В Брестском районе растет в окрестностях деревни Томашевка (8 км к ЮВ, 0,5 км к Ю от деревни Рытец, у северной окраины деревни Кошары) по склонам выкопанного рва по границе между Украиной и Беларусью. Местный локус является фрагментом полесской популяции *F. psammophila* основная часть которой находится на украинской стороне (Волынская обл., Любомльский р-н).

Заселяет преимущественно открытые ксеротермные участки: дюнные пески, пустошные или ксеротермные луга, крутые склоны (особенно южные) на террасах рек. Как правило, это небольшие участки на опушках либо среди сосняков (сосняк грабово-лещиново-разнотравный, сосняк зеленомошный (мшистый), сосняк с грабом и лещиной разнотравный). Часто это нарушенные экотопы с вторичной растительностью (деградированные сосняки, эродированные склоны, сосново-тополевые посадки, вдоль дорог, на железнодорожных путях).

Оптимальны для вида песчаные грунты с нейтральной реакцией, гораздо реже встречается на карбонатных грубоскелетных грунтах (д. Лососна, Пышки; тортонские карбонатные песчаники на Украинском Расточье).

В результате экспансии *F. duvalii* вдоль всей западной части Беларуси, в том числе и в г. Гродно, популяция *F. psammophila* в лесопарковой зоне Пышки на сегодняшний день находится под угрозой. *Festuca duvalii* образует с песколюбивой овсяницей смешанную популяцию, активно вытесняя последнюю из оптимальных для вида экотопов. Фактически, одной из немногих полноценных, остается популяция вида на левобережье реки Неман в д. Лососна, где рекреационная нагрузка и нарушенность местообитания существенно меньше и *F. duvalii* не проникла.

В местах совместного произрастания с *F. ovina*, очень редко, можно обнаружить гибриды между видами. От *F. ovina* гибриды отличаются более грубыми листьями с большим количеством жилок и наличием ребер на внутренней поверхности, тогда как от *F. psammophila* гибириды отличаются, прежде всего, шершавыми снаружи листьями, а также их меньшим диаметром.

До последнего времени, в гербарных фондах и в литературе *F. psammophila* приводилась как синоним *F. pallens* Host или *F. sabulosa* (Anderss.) Lindb. fil. Причиной этого стало в первую очередь существенное морфологическое сходство всех трех видов между собой. С *Festuca sabulosa* путали из-за гладких листьев последней, однако, на внутренних поверхностях срезов листовых пластинок *F. sabulosa* и *F. polesica* всегда имеются плоские ребра, тогда как у *F. psammophila* они в основном отсутствуют. От *F. pallens* данный вид отличается более короткой остью, более длинными соцветиями и приуроченностью к пескам, тогда как *F. pallens* является видом петрофитных сообществ.

Другой причиной стала слабая изученность популяций вида, которые находятся на крайнем восточном пределе ареала вида и в тоже время на крайнем западе бывшего СССР (вдоль западной границы Литва – Беларусь – Украина). До недавнего времени, в работах Е.Б. Алексеева и Н.Н. Цвелева (в частности в «Злаках СССР»), *F. psammophila* в качестве самостоятельного вида не признавалась, и относилась в синонимы к *F. pallens*. Однако, в одной из последних работ, Н.Н. Цвелев пересмотрел свою позицию и самостоятельность каждого из видов не подвергается сомнению [17].

Рис. 6. Схема анатомических срезов листовых пластинок *Festuca psammophila* (Hack. ex Čelak.) Fritsch.

F. polesica Zapał. 1904, Bull. Intern. Acad. Sci. Cracovie, 2: 303; Zapał. 1906, Krytyczny przegl. rośl. Galicyi: 62; Szafer, Kulcz., Pawł. 1924, Rośl. Pol.: 125; Креч. и Бобр. 1934, Фл. СССР, 2: 508; Кречетович, 1940, Фл. УРСР, 2: 285; Проскоряков, 1949, Фл. БССР, 1: 217; Тверетинова, 1977, Злаки Укр.: 312; Mark.-Dann. 1980, Fl. Europ. 5: 147; Сауткина 1999, Опред. высш. раст. Беларуси: 405. – *F. beckeri* subsp. *polesica* (Zapał.) Tzvel. 1976, Злаки СССР: 415; Raciborski, Szafer, 1919, Fl. Polska 1: 331. – **О. полесская**.

Основной ареал *F. polesica* s. str. находится в лесной и лесостепной зонах Средней и Восточной Европы, на восточном пределе ареала вид доходит до юга Западной Сибири, на южной границе достигает Молдовы и северного Казахстана [Алексеев, 1990], а на западе – северо-восточной Германии. Северо-западная граница ареала вида до конца не выяснена, поскольку в Европе вид трактуют в широком понимании, не различая *F. sabulosa*, соответственно, ареал *F. polesica* s. l. вместе с континентальной частью включает все Балтийское побережье (Эстония Латвия, Литва, Польша, Германия, Дания, Скандинавский п-в, Нидерланды, Бельгия, Северо-Западная Россия).

В Беларуси основная часть ареала вида расположена вдоль западной границы (Брестская и Гродненская области) и на юге республики (Гомельская область). Известны также единичные местонахождения вида в Минской и Могилевской областях; требует подтверждения локалитет на Витебщине.

Псаммофит. Вид нетребовательный, растет на чистом песке или бедных дерново-оподзоленых грунтах. Встречается как в

сообществах со стабильной растительностью, например, на речных террасах, опушках сосняков, так и в инициальных, например, в карьерах, вдоль дорог, линий электропередач. Часто является доминантом или содоминантом сообществ.

Согласно традициям восточно-европейской школы, *F. polesica* относится к видам сборной группы *F.* aggr. *beckeri* (Hack.) Trautv. (вместе с *F. beckeri* s.str. и *F. sabulosa* (Anderss.) Lindb.). По мнению российских авторов [1, 3; 15] к *F. polesica* в узком понимании, относятся образцы, с шершавыми снаружи листьями. По их данным, вид приурочен к приречным пескам лесной и лесостепной зон Европы. В отличии от нее, *F. sabulosa* имеет гладкие снаружи листья и распространена на дюнных песках морского побережья Балтики. Распространение *F. polesica* в узком смысле приводилось только в пределах бывшего СССР и известно в следующих регионах: Прибалтика (кроме морского побережья), на северо-востоке Европы доходит до бассейнов Луги, Камы и Вятки [14]; юг Заподной Сибири [15; 3]; Северный Казахстан [3]; Украина (Полесье, северные районы правобережной лесостепи [12]; Молдова [15] (данные гербарных фондов LE).

Что касается гербарных образцов флоры Беларуси, которые ранее были определены как *F. sabulosa*, то большенство из них относится либо к *F. psammophila* (Гродненская область) у которой также гладкие листья, либо были неправильно определены и касаются видов других групп. Таким образом, ошибочно приводившаяся ранее в литературе *F. sabulosa* в Беларуси не растет.

В местах совместного произрастания *F. polesica* с *F. ovina*, особенно в нарушенных экотонных сообществах, встречаются гибриды между видами (см. *F.* x *polovina* Bednarska).

Рис. 7. Схема анатомических срезов листовых пластинок *Festuca polesica* Zapał.

Festuca x ***polovina*** Bednarska, 2007, Вісник Львів. ун-ту, сер. біол. – вип. 43: 134-144; Укр. ботан. журн., 2009, т. 66, № 1: 29-34. – *F. querceto-pinetorum* Klok. 1950, Визн. росл. УРСР: 890.

F. x *polovina* является гибридом между *F. polesica* Zapał. x *F. ovina* L. Описан из Западного Полесья (Рокитное, Ровенской области), в locus classicus *F. polesica* [5, 6]. Российские авторы [1, 15, 17] полагают, что местом первоописания обоих таксонов является Рокитное Киевской области. Однака, это ошибочная трактовка, поскольку Г. Запалович, описавший *F. polesica*, в протологе четко пишет про Рокитное на Полесье Волынськом [31], которое в тот момент было в составе Речи Посполитой, т.е. речь идет о Рокитном в Ровенской области.

Festuca x *polovina* спорадически встречается по всему ареалу *F. polesica*. В Беларуси наиболее массово ее можно обнаружить в Брестской и Гомельской областях.

Псаммофит. Растет чаще всего в экотонных сообществах на опушках сосняков, а также в песчаных поймах и на террасах рек, на дюнах, в светлых сосновых борах, часто на нарушенных участках. Растет вместе с родительскими видами.

Листовая пластинка на срезе овальная или несколько сплюснутая, иногда выражен киль; внутрення поверхность листа от умеренно до интенсивно длинно опушенной; около центрального ребра размещены 1-2 треугольных ребра, остальная поверхность слабо волнистая или невыразительно ребристая; проводящих пучков (7-) 9-11 (-13); склеренхима в виде сплошного кольца из 1-3 слоев клеток. Анатомические признаки листа очень изменчивы и колеблются между *F. ovina* и *F. polesica* с большим уклоном в сторону последней (рис.8).

F. ovina L. 1753, Sp. Pl.: 73; Креч. и Бобр. 1934, Фл. СССР, 2: 503; Проскоряков, 1949, Фл. БССР, 1: 216; Цвелев, 1976, Злаки СССР: 415; Тверетинова, 1977, Злаки Укр.: 315; Mark.-Dann. 1980, Fl. Europ. 5: 145; Сауткина 1999, Опред. высш. раст. Беларуси: 405. – *F. ovina* subsp. *eu-ovina* var. *vulgaris* Koch.: Hack. 1882, Monogr. Fest. Europ.: 86; Raciborski, Szafer, 1919, Fl. Polska 1: 331. – **О. овечья**.

Рис. 8. Схемы анатомических срезов листовых пластинок *Festuca* x *polovina* Bednarska (= *F. polesica* x *F. ovina*).

Вид широко распространен в умеренной зоне северного полушария и горных районах субтропиков (Центральная, Восточная и Северная Европа, Кавказ, Сибирь, Дальний Восток; Монголия, Китай, Япония). В Беларуси встречается часто по всей территории республики.

Ксерофит, ксеромезофит, олиготроф, умеренный сциофит. Растет на песчаных и супесчаных слабооподзоленных и дерново-подзолистых грунтах с хорошей аэрацией. Часто выступает доминантом или содоминантом травяного яруса в светлых сосновых лесах, в лишайниковых сосняках и березняках. Также растет в экотонних сообществах, реже на полянах, на сухих пустошных и заливных лугах, часто массово встречается во вторичных и нарушенных сообществах (вдоль дорог, в лесополосах и др.).

Наибольший интерес представляют жестколистые формы этого вида, которые отличаются от типичной *F. ovina* более мощным габитусом и более грубыми листьями. Листовые пластинки 0,45-0,65 мм в диаметре, проводящих пучков 7 (-9), внутренняя поверхность слабо волнистая, иногда в наличии треугольные ребра возле центральной жилки; склеренхимное кольцо преимущественно грубое из 2-3-х слоев клеток, иногда неравномерно утолщенное.

Рис. 9. Схема анатомических срезов листовых пластинок *Festuca ovina* L.

В Европе описан целый ряд таксонов, отличающихся от *F. ovina* s. str. большими размерами всех частей растения и более грубыми, твердыми листьями (среди них, например, *F. ovina* L. var. *firmula* (Hack.) Hegi, *F. ovina* L. var. *firmulacea* (Mgf.-Dbg.) Stohr и *F. guestphalica* Boenn. ex Reichenb. (= *F. ovina* L. var. *guestphalica* (Boenn. ex Reichenb.) Hack.), при этом параметры таксонов существенно перекрываются между собой. Поскольку понимание объема таксонов и их происхождения весьма неоднозначно у различных авторов, синонимика в этой группе очень запутана.

Традиционно, крупные жестколистые формы *F. ovina* описывали как var. *firmula* [15; 16; 20; 21; 23; 25; 28, 29; 30; 34]. В 1930 году была описана var. *firmulacea* [22], для которой характерны не просто большие размеры растений, но и наличие ребер на внутренней поверхности листа. Западноевропейские авторы трактуют ее как промежуточную форму между var. *firmula* и *F. brevipila*. При этом, если var. *firmula* встречается по всей южной границе ареала *F. ovina*, то var. *firmulacea* растет исключительно в Германии.

В то же время, по данным российских авторов, var. *firmulacea* растет в странах северной Европы, Балтики, и в северных областях Росии [1; 7; 15]. Согласно детальным описаниям латвийских авторов, [7], для var. *firmulacea* характерна многореберная внутрення поверхность листа, интенсивное опушение и много проводящих пучков (7-11). При этом четкой границы между *F. ovina* и var. *firmulacea* нет. Н.Н. Цвелев приходит к выводу, что этот таксон приближается к *F. beckeri* agg. (*F. beckeri* (Hack.) Trautv., *F. polesica* Zapał., *F. sabulosa* Anderss.) и имеет, скорее всего, гибридогенное происхождение [15].

Поскольку, согласно последним данным, нами достоверно установлено существование гибридов между *F. ovina* и *F. polesica*, с целью избежания путаницы и некорректного использования эпитета *firmulacea*, крупные жестколистые формы *F. ovina* с ребрами на внутренней поверхности и многочисленными жилками, в пределах ареала *F. polesica* мы определяем как гибриды (*F.*x *polovina* Bednarska). Тогда как просто крупные растения *F. ovina* (особи с большими морфометрическими показателями, ребер нет или они невыразительны, дополнительные жилки отсутствуют), а также формы, происхождение которых нам неизвестно, мы определяем как var. *firmula*. При этом четко прослеживается закономерность: образцы *F. ovina* с ребрами в листъях встречаются практически всегда по соседству с *F. polesica*, тогда как жестколистая var. *firmula* спорадически встречается по всему ареалу *F. ovina*.

F. filiformis Pourr. 1788, Mém. Acad. Roy. Sci. Toulouse, Ser. 1, 3: 319; Цвел. 1993, Бот. журн. 78, 10: 94; Цвел. 2010, Ботаника, 39: 128. – *F. tenuifolia* Sibth. 1794, Fl. Oxon.:44; Цвелев, 1970, Список раст. Герб. Фл. СССР, XVIII: 16; Алексеев, 1975, Новости сист. высш. раст., 12: 41; Цвелев, 1976, Злаки СССР: 417; Тверетинова, 1977, Злаки Укр.: 317; Mark.-Dann. 1980, Fl. Europ. 5: 145; Вынаев 1993, Кр. книга Республики Беларусь: 454; Сауткина 1999, Опред. высш. раст. Беларуси: 405. – *F. capillata* Lam. 1778, Fl. Fr., III: 597, nom. illeg.; Szafer, Kulcz., Pawł. 1924, Rośl. Pol.: 125. – *F. ovina* subsp. *eu-ovina* var. *capillata* (Lam.) Hack. 1882, Monogr. Fest. Europ.: 85; Raciborski, Szafer, 1919, Fl. Polska 1: 331. – **О. нитевидная.**

Общий ареал *F. filiformis* охватывает Западную и Центральную Европу (за исключением самых северных и юго-восточных регионов). Немногочисленные точки в России детально описаны в работах Е.Б. Алексеева [1] и Н.Н. Цвелева (в Списке раст. Герб. Фл. СССР, 1970). Во флоре Беларуси является редким видом. Основная популяция *F. filiformis* находится в Гомельской области (окр. г. Турова, Житковичский р-н). Известны также несколько местонахождений в Минской области, куда вид попал, скорее всего, как заносный (вдоль железной дороги).

Мезофит. Растет на кислых бедных супесчаных и суглинистых грунтах по опушкам широколиственных лесов, на разнотравно-злаковых пойменных лугах.

Заключение. В результате обработки материалов гербарных фондов Беларуси, а также анализа собственных популяционных сборов, для Беларуси приведены 9 видов овсяниц (*Festuca* L.). Обсуждаются данные по всем этим видам. Впервые для флоры Беларуси приводятся 3 вида: *Festuca arietina* Klok., *F. duvalii* (St.-Yves) Stohr, *F.* x *polovina* Bednarska и одна разновидность - *F. ovina* var. *firmula* (Hack.) Krajina; подтверждено произрастание *F. psammophila* (Hack. ex Čelak.) Fritsch.

Благодарности. Автор высказывает искреннюю благодарность Д.Третьякову, а также Д.Дубовику и А.Скуратовичу за организацию и проведение экспедиционных исследований на территории Беларуси, а также за поддержку и содействие в работе.

Литература

1. Алексеев Е.Б. // Новости систематики высш. растений. 1975. 12. С. 11-43.

2. Алексеев Е.Б., Соколовская А.П., Пробатова Н.С. // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 1990. 95, № 4. С. 71-78.

3. Алексеев Е.Б. Род Festuca L. // Флора Сибири. Т. 2 / Под ред. Л.И. Малышева., Г.А. Пешковой. Новосибирск: Наука, 1990. С. 130-162.

4. Беднарська І.О. // Вісник Львівського університету. Сер. біологічна. 2003. Вип. 33. С. 27-41.

5. Беднарська І.О. // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2007. Вип. 43. С. 134-144.

6. Беднарська І.О. // Укр. ботан.журн., 2009, Т. 66, № 1. С. 29-34.

7. Клявиня Г.В., Плотниекс М.Р. // Флора и растительность Латвийской ССР. Рига: Зинатне, 1977. С. 135-139.

8. Куликов П.В. // Бот. журн. 2000. Т. 85, № 3. С. 124-127.

9. Куликов П.В. // Бот. журн. 2001, Т. 86, № 2. С. 58-63.

10. Проскоряков Е.И. Род Овсяница – Festuca L.// Флора БССР/ под ред. М.П. Томина [гл. ред. Б.К. Шишкин]. Москва: Издательство Сельскохозяйственной литературы. 1949. С. 21-222.

11. Сауткина Т. А. Овсяница – Festuca L. //Определитель высших растений Беларуси/ под ред. В.И.Парфенова. Мн: Дизайн ПРО. 1999. С. 404-405.

12. Тверетинова В.В. Род Festuca L. // Злаки Украины. Киев: Наук. думка, 1977. С. 265-320.

13. Томин М.П. Род Овсяница – Festuca L. //Определитель растений Белоруссии/ под ред. Б.К.Шишкина, М.П.Томина, М.Г.Гончарика. Мінск: Вышэйшая школа. 1967. С. 753-756.

14. Цвелев Н. Н. Сем. Poaceae – Злаки. // Флора европейской части СССР, т. 1. Коллектив авторов. Отв. ред. Ан. А. Федоров. Ленинград: Наука, 1974. С. 117-368.

15. Цвелев Н.Н. Род Festuca L. // Злаки СССР. Л. : Наука, 1976. С. 382-417.

16. Цвелев Н.Н. Род Festuca L. // Определитель сосудистых растений северо-западной России. С.-Пб: Изд-во С.-Пб гос. химико-фармацевтической академии, 2000. С. 252-256.

17. Цвелев Н.Н. // Ботаника (исследования): Сб. науч. трудов. 2010. Вып. 39. С. 114-130.

18. Aiken S.G., Darbyshire S.J. Fescue grasses of Canada // Agric. Can. Res. Branch. Publ. 1992, № 1844/E. 113 p.

19. Auquier P. Festuca duvalii (Saint-Yves) Stohr (Gramineae) en Belgique // Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. 1969. V. 39. P. 97-118.

20. Hackel E. Monographia Festucarum Europaeum. Kassel-Berlin, 1882.216 s.

21. Krajina V. // Acta Bot. Bohem. 1930. V. 9. S. 186-220.

22. Markgraf-Dannenberg I. Festuca trachyphylla var. firmulacea // Ber. Geobot. Inst. Rubel. 1938. S. 59.

23. Nyarady E.I., Nyarady A. // Studii şi cercetări biol. Acad. RPR Ser. bot. – 1964. V. 16, № 2. P. 105-142.

24. Pawlus M. // Fragm. flor. et geobot. 1983 (1985). V. 29, № 2. S. 219-295.

25. Rauschert S. // Feddes Repert. Spec. nov. Regnum Veg. 1960. V. 63. S. 251-283.

26. Schwarzova T. // Acta fac. Rer. Nat. Univ. Comen. Botanica. 1967. V. 14. S. 381-414.

27. Šmarda P., Šmerda J., Knoll A., Bureš P. & Danihelka J. // Plant Systematics and Evolution. 2007, V. 266. P. 197-232.

28. Soó R. // Acta Bot. Acad. Sci. Hung. 1973. V. 18, № 3-4. S. 363-377.

29. Stohr G. // Wiss. Z. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenb. 1955. T. 4. S. 729-746.

30. Stohr G. // Wiss. Z. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenb. 1960. T. 9. S. 393-414.

31. Toman M. // Feddes repert. 1974. V. 85, № 8. S. 533-574.

32. Wilkinson M.J., Stace C.A. The taxonomic relationships and typification jf Festuca brevipila Tracej and F. lemanii Bastard (Poaceae) // Watsonia. 1988. 17. P. 289-299.

33. Zapałowicz H. Conspectus Florae Galiciae Criticus// Rozpr. Wydz. Mat.-Pryr. Akad. Umiejętności. 1904. 3. T. 4. S. 175.

34. Zapałowicz H. Krytyczny przegląd roślinności Galicyi // Rozpr. Wydz. Mat.-Pryr. Akad. Umiejętności. 1906. 1. S. 58-72.

И. А. БЕДНАРСКАЯ

О НЕКОТОРЫХ ВИДАХ ОВСЯНИЦ (*FESTUCA* L., POACEAE) БЕЛАРУСИ

Резюме

В результате критической обработки материалов по узколистным овсяницам для Беларуси отмечены 9 видов рода *Festuca* L. (без *F*. aggr. *rubra*

L.). Приводятся данные по этим видам. Впервые для флоры Беларуси приводятся 3 вида: *Festuca arietina* Klok., *F. duvalii* (St.-Yves) Stohr, *F.* x *polovina* Bednarska и одна разновидность - *F. ovina* var. *firmula* (Hack.) Krajina.

I.A. BEDNARSKAYA

ON THE SOME SPECIES OF THE GENUS *FESTUCA* L. (POACEAE) OF BELARUS

Summary

Critical revision of the narrow leaved species of the genus *Festuca* L. (*Poaceae*) in Belarus was carried out (without *F.* aggr. *rubra* L.). This region represented 9 species. The more detailed information about it and some indistinct or critical taxons is given. New 3 species and 1 variety in flora Belarus is reported: *Festuca arietina* Klok., *F. duvalii* (St.-Yves) Stohr, *F.* x *polovina* Bednarska and *F. ovina* var. *firmula* (Hack.) Krajina.

Поступила в редакцию 25.03.2011 г.

УДК 582(476)

О.М. МАСЛОВСКИЙ

СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ФЛОРИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси

Введение. В книге "Самоорганизация и саморегуляция географических систем» А.Д. Арманд [1] отмечает, что "основное свойство всех реально существующих предметов и идей - то, что они существуют. Если при этом материальный или идеальный объект существует хотя бы короткий отрезок времени после того, как исчезла породившая его причина, - этого достаточно, чтобы заинтересоваться некоторыми особыми его качествами, называемыми стабильность, устойчивость, живучесть или как-нибудь иначе". Это утверждение справедливо и для флористических объектов. Анализ истории исследований в этой области показывает, что развитие методов изучения флоры напрямую связано с познанием объектов как систем.

Следствием этого явилась трансформация взглядов на сущность базового понятия данной науки - флоры. И если раньше флора в

большинстве случаев понималась как совокупность видов растений на определенной территории, то в последние годы многие исследователи уже определяли флору как систему. Например, Ю.Р. Шеляг-Сосонько [2] понимает флору как "живую" структурно-функциональную иерархическую систему популяций растений, в основе которой лежит элементарная естественная флора". Б.А. Юрцев [3] характеризует ее как «материальную систему местных географических популяций видов с учетом эколого-географической обстановки и геологической истории данной территории, а также происхождения обитающих на ней флористических комплексов». Г.В. Вынаев [4] определял флору как "... целостную открытую структурно-функциональную самопроизвольно и закономерно развивающуюся в пространстве и во времени систему популяций растений, образующую конкретные экологически обусловленные и географически локализованные флоротопологические комплексы". К системному пониманию флоры и необходимости изучения ее с этих позиций подходили Р.В. Камелин [5] и другие. Системное определение флоры принято на совещании по сравнительной флористике в 1987 году. Такое понимание флоры требует от флориста не только широкого, но и целенаправленного применения системного подхода ее изучения.

1. Системное понимание флоры

Многие конкретные аспекты взаимоотношений растения и среды изучает экология растений. Поведению популяций и их взаимовлиянию на уровне конкретного сообщества в условиях более-менее гомогенной среды много внимания уделяется в фитоценологии. Однако, как только необходимо оценить ситуацию на гетерогенном ландшафтном или региональном флористическом уровне, данные методические подходы уже не работают. В связи с этим развиваются специфические методы исследований. Прежде всего они направлены на изучение структуры и системных свойств флористических объектов.

В целом, системное познание предполагает [6]:

1. Рассмотрение объекта как системы, т.е. как ограниченного множества взаимодействующих элементов.

2. Определение состава, структуры и организации элементов и частей системы, обнаружение ведущих взаимодействий между ними.

3. Выявление внешних связей системы, выделение из них главных.

4. Определение функции системы и ее роли среди других систем.

5. Анализ диалектики структуры и функции системы.

6. Обнаружение на этой основе закономерностей и тенденций развития системы.

Существуют самые разнообразные определения понятия "система", учитывающие те или иные свойства систем, определенные методические подходы к их изучению. По мнению В.И. Николаева и В.М. Брука [7] имеется по крайней мере четыре свойства, которыми должен обладать объект, чтобы его можно было считать системой:

1. Целостность и членимость.

2. Наличие существенных связей между элементами, превосходящими связи этих элементов с другими объектами, не входящими в данную систему.

3. Наличие определенной организации, структуры.

4. Существование интегративных качеств системы.

Рассмотрим более подробно эти свойства, применительно к флористическим объектам.

1.1. Целостность и членимость

Система, прежде всего, целостная совокупность элементов. Это означает, что, с одной стороны, система - целостное, единое образование, а с другой - в ее составе могут быть отчетливо выделены целостные объекты (элементы и подсистемы). Элементом системы обычно обозначают такой объект, выполняющий определенные функции, который в условиях данной задачи не подлежит расчленению на части [8]. Во всех выше приведенных определениях флоры в качестве элементарной единицы принимаются популяции видов растений. При этом следует иметь в виду, что с точки зрения системного изучения объекта элементы существуют лишь в системе. Вне системы это в лучшем случае объекты, обладающие системозначимыми свойствами. При вхождении в систему элемент приобретает системоопределенное свойство взамен системозначимого. Виды растений обладают многообразием свойств, среди которых для нас важнейшими (при данном угле рассмотрения объекта) являются те, которые значимы с точки зрения функционирования флоры как единого целого.

Существование видов растений на определенной территории реализуется в виде взаимосвязанных популяций различного ранга: микропопуляций, ценотических (экотопических или популяций на уровне флоротопологического комплекса), метапопуляций и региональных популяций, которые в целом образуют значимый и неделимый с системной точки зрения элемент – вид растения в данной флоре, взаимодействующий специфически со средой, образующий определенные взаимоотношения (связи) с другими элементами (другими видами) и влияющий таким образом на структуру и свойства системы (флоры) в целом. Важной особенностью для системного изучения региональной флоры является также понимание многими авторами многоуровневости данных объектов, наличия у флоры подсистем - флористических объектов более низкого ранга, которые подробнее будут рассмотрены ниже.

Целостность флоры обеспечивается пространственной определенностью, общностью и уникальностью условий внешней среды, в которых формировалась, существует и развивается флора, являясь в значительной степени отображением этих условий (прошлого и настоящего). Целостность флоры хорошо отражает ее определение, данное В.И. Толмачевым [9]: "Флора - историческая совокупность видов растений, приуроченная к определенному географическому пространству, связанная с его современными природными условиями, геологическим прошлым и находящаяся в более или менее устойчивых отношениях с флорами других, в частности смежных, частей земной поверхности" (с. 495). Не случайно, исследуя генетические последствия естественного отбора, Р. Левинс [10] отмечает, что "оптимальный уровень обмена генами между популяциями будет наибольший там, где пространственный градиент среды незначителен по сравнению с временной дисперсией для отдельной местности, и оптимальный уровень миграции минимальным, когда пространственные градиенты круты, а временные дисперсии невелики".

1.2. Связи

Наличие устойчивых связей (отношений) между элементами - следующий атрибут системы. В любой системе формируются те или иные связи между элементами. У растений наблюдаются взаимоотношения между собой как внутри популяций и внутри

вида, так и межвидовые взаимоотношения в конкретных сообществах и на более обширных пространствах в пределах их ареалов. Эти связи могут быть вещественные, энергетические и информационные. Однако для нас имеют значения не любые, а лишь существенные связи, формирующие интегративные (системные) качества флоры. Особое значение при этом приобретают мощность и направленность этих связей.

По направленности различают связи прямые и обратные, причем последние являются важным базисом биологической саморегуляции и механизмом управления сложными функциональными процессами в системе. Для флористических (как и вообще для биологических) систем особое значение имеют отрицательные и положительные обратные связи. Если отрицательная обратная связь способствует восстановлению исходного состояния, то положительная обратная связь уводит систему все дальше от исходного состояния, до тех пор пока оно не будет ограничено внутренними либо внешними факторами. Так, например, небольшие колебания климатических параметров способствует повышению устойчивости слагающих флору популяций растений. В то же время значительные изменения климата вызывают исчезновение одних видов и появление новых, а также изменение их численности, распространения и доли в сложении структуры флоры. Одновременное действие положительной и отрицательной обратных связей может оказать сильное формализующее влияние на процессы для поддержания их уровня при случайных внешних воздействиях, причем при малых возмущениях эти связи действуют стабилизирующе, при более сильных возмущениях могут вызвать неустойчивость, а при очень значительных - действуют гомеостатически [11].

Раскрытие механизма действия обратных связей во флористических системах открывает возможности для эффективного управления этими системами, позволяющего в вопросах охраны растительного мира перейти на более высокий уровень: от охраны отдельных популяций видов растений к охране целостных гетерогенных объектов (флор). Регуляция процессов в последних скажется и на состоянии отдельных составляющих ее элементов. Здесь важно выявить значимость конкретных воздействий внешней среды (как внешних связей системы) на взаимоотношения растений и флористических подсистем; вызывает

ли это стабилизацию, дестабилизацию (вплоть до полной дезинтеграции системы) или же развитие системы пойдет по иному пути. Решение этих вопросов органически связано с организацией и структурой флористических систем.

1.3. Организация

Организация отражает процесс, связанный с определенным этапом развития системы, и предполагает не любую связь между элементами, а прежде всего такую, которая подчиняет их движение определенной закономерности [6].

В процессе совместного исторического развития, детерминированного природной средой, при самоорганизации популяций различных видов растений (как элементов) во флористические системы происходит объединение некоторых их свойств, причем результат совместного проявления этих свойств не адекватен сумме проявления этих свойств отдельных элементов (в данном случае популяций различных видов растений). При определенном уровне усиления одних и ослабления, подавления других проявляются в результате взаимодействия популяций растений новые общесистемные (интегративные) свойства. Таким образом возникает определенная структура, свойства элементов трансформируются; существенные связи между элементами внутри системы доминируют над внешними (с другими системами и в некоторой степени со средой); изменения в одном элементе так или иначе ведут к изменениям во всей системе. Именно в структуре скрыта тайна отличия части от целого, отличие суммы свойств, качеств отдельно взятых элементов (частей) от свойств и качеств системы, в которую они входят. Это чрезвычайно важный момент в понимании сущности системы, ее характеристики. Поскольку элементы, входящие в систему, взаимодействуют лишь определенными свойствами, функциями, система качественно отличается от суммы качеств, составляющих ее элементов, и структура в определенном смысле независима от элемента [6]. Таким образом, возможна замена одних элементов на другие с подобными свойствами без особых нарушений структуры всей системы. Это положение справедливо и для флористических систем, где наблюдается большое количество однотипных элементов (популяций и видов растений) и для поддержания стабильности и качественных особенностей данной флоры имеет

значение не столько сохранение определенного набора слагающих ее растений, а в большей степени - структуры этой системы.

Вышеизложенное особенно важно в методическом отношении, поскольку показывает необходимость структурных, системных исследований флористических объектов, открывает широкие возможности для моделирования и прогноза развития, что имеет большую значимость в настоящее время, когда антропогенное влияние на природные системы как никогда велико.

Взаимосвязь, внутреннее взаимодействие, единство и борьба противоположных сторон системы являются внутренним источником ее движения и развития [12]. Так элиминация некоторых элементов (например, древесных пород) может значительно изменить всю структуру, видовой состав и взаимоотношения между популяциями растений флористической системы, причем свойства этой системы могут кардинально измениться (реакция на одинаковое воздействие внешней среды, взаимоотношения с другими флористическими системами, продуктивность и т.д.). При резком нарушении структурных взаимоотношений, сопровождаемых качественными изменениями внешней среды, возникают противоречия между флористической системой и организацией, с одной стороны, и слагающих эту систему элементов и подсистем с другой.

Существует бесконечное количество способов членения системы. Цели и задачи исследователя, влияющие на выбор способа декомпозиции, а также уровень исследуемой системы, ее особенности, определяют построение исследователем определенного типа структуры системы, которая может носить сетевой, скелетный, иерархический или смешанный характер.

Обычно при флористических исследованиях выделяют следующие структуры: таксономическая, географическая, экологическая, субстратная, биологическая и т.д. Однако, при всем многообразии способов членения системы, базовой, основополагающей является структура, учитывающая пространственное распределение элементов и подсистем. Это особенно важно во флористических исследованиях, где растительный компонент тесно связан с особенностями территории и условий среды, в которых произрастают растения. В качестве критерия членения системы принимается определенная степень гомогенности этих условий и историческая общность развития.

Данным критериям в большей степени удовлетворяют категории физико-географического, природного или биогеографического районирований, и общая структура такой системы будет носить явно многоуровневый иерархический характер, где в качестве элементов принимаются популяции растений, подсистемами различного ранга выступают флоры категорий физико-географического (природного) районирования, а элементарной флорой является флора ландшафта.

Связь иерархии флористических систем с категориями физико-географического и природного районирований нашло отражение в работах В.И. Толмачева [13], Б.А. Юрцева [3], Г.В. Вынаева [4] и других, которые, правда, обращали внимание на необходимость флористического обоснования границ. В этом отношении возникают определенные проблемы, сходные при изучении географических объектов. В связи с этим необходимо отметить, что размытость границ, наличие континуума и экотонных эффектов не означает отсутствия реальности самого объекта. Подобных взглядов придерживается В.Б. Сочава [14], отмечая, что "в представлениях о дискретности и непрерывности природной среды и отдельных ее компонентов много спекулятивного, основанного на признаках, не характеризующих географическую или биотическую систему в целом" (с. 52). Он предлагает для изучения границ применять структурно-динамический подход, с учетом состояния, а также на основе изучения всего комплекса признаков.

Рассматривая соотношение роли фитоценотических и флористических закономерностей в жизни фитостромы нам представляется уместной аналогия с классификацией геосистем, построенной В.Б. Сочавой на основе двурядного принципа по гомогенным (геомеры) и гетерогенным (геохоры) образованиям. Хотя этот вопрос требует специального обоснования, проведенные нами и рядом других ботаников исследования показали, что именно флора ландшафта является той низшей "флорохорной" гетерогенной единицей, ниже которой определяющими являются уже фитоценотические закономерности (изучение которых целесообразнее проводить методами фитоценологии). В качестве элементарной флоры выбрана флора ландшафта и на совещании по сравнительной флористике в 1987 г.

Подсистемы более низкого уровня - флоротопологические комплексы, понимаемые как экологически обусловленные и пространственно локализованные сочетания локальных популяций различных видов растений, связаны с конкретными экотопами и экотонами [15, 16, 4]. Они рассматриваются нами как фитомеры и хорошо поддаются типизации.

Нельзя не отметить сходства иерархической системной структурой флоры с классификацией геосистем, построенной В.Б. Сочавой [14]. Уровню сообщества, экотопа вполне соответствуют флоротопологические комплексы. Основной опорной единицей в обеих классификациях выступает флора ландшафта (рис. 1).

Рис. 1. Иерархическая структура региональной флористической системы [19].

Ландшафты - это кирпичики, из которых складывается конкретная региональная геосистема [17]. Точно также флоры ландшафтов являются основными структурными элементами флоры. На уровне ландшафта еще можно выявить флористические

закономерности и свойства, которые можно экстраполировать на другие регионы (к чему настойчиво призывал В.И. Толмачев [18]).

В связи с вышеизложенным в развитие представлений о флоре Б.А. Юрцева [20], Г.В. Вынаева [4] и других можно предложить следующее определение. **Флора – целостная открытая иерархическая структурно-функциональная самопроизвольно и закономерно развивающееся в пространстве и во времени система популяций видов растений и флоротопологических комплексов (фитомеров), образующая экологически обусловленные и географически локализованные подсистемы различного уровня (фитохоры).** Элементарной гетерогенной флорой является флора ландшафта**.**

Такое определение отражает состав элементов флоры, ее структуру, специфические черты, особенности формирования и функционирования и основные отличия от других природных объектов. Оно направлено на определенные методологические подходы ее изучение, которые являются специфическими для флорологии (как и для каждого научного направления) и дает возможность сосредоточить усилия на изучение целостных, интегративных качеств данных объектов, которые рассмотрены ниже.

1.4. Интегративные качества

Четвертое основное свойство системы - это наличие интегративных (целостных, эмерджентных, системных) качеств (или свойств), которые присущи системе в целом, но не свойственны ни одному из ее элементов в отдельности, либо они есть и у элементов, и у системы в целом, но у последней она не сводится к сумме соответствующих характеристик элементов. В противном случае данную характеристику системы называют простой.

Таким образом, свойства системы хотя и зависят от свойств элементов, но не определяются ими полностью [7 и др.]. Отсюда два важных вывода:

1. Система не сводится к простой совокупности элементов.

2. Расчленяя систему на отдельные части, изучая каждую из них в отдельности, нельзя познать все свойства системы в целом.

Несмотря на простоту и очевидность данных выводов, их важность для понимания и управления биологическими объектами, исследования в этой области еще недостаточно развиты. Это объясняется как закономерной необходимостью первоочередного

изучения состава и свойств элементов и простых характеристик флористических систем, так и трудностями выбора адекватного подхода к пониманию интегративных свойств и отсутствием четких и проверенных методик, сложностью проведения конкретных исследований в данной области.

Интегративные качества для флористических объектов прежде всего связаны с понятиями чувствительности, устойчивости (раздражимости) и реакции системы на внешнее воздействие. Нет необходимости доказывать важность этих характеристик для понимания, прогнозирования и управления природными процессами.

Общая устойчивость системы зависит от устойчивости отдельных (слагающих систему) элементов, от структуры и организации системы в целом. Для каждой конкретной флоры своя пороговая величина значений определенного фактора (например - степени антропогенной нагрузки), при меньших значений фактора система может восстанавливаться в исходное состояние, а при превышении пороговой величины - происходит переход системы в новое состояние и далее начинаются уже необратимые дезинтеграционные процессы.

Базируясь на перечне интегративных качеств в экологии [21] можно дополнительно также выделить и для флористических систем следующие показатели:

- степень автономности системы (с одной стороны автономность от других аналогичных систем данного ранга, так и включенность в систему высшего ранга)
- целостность (автономность элементов системы)
- сложность
- стабильность, устойчивость, живучесть, надежность
- чувствительность
- степень вещественной, энергетической и информационной открытости
- временные характеристики - период и амплитуда колебаний, время возвращения в исходное состояние, скорость и ускорение сукцессии, быстродействие
- лабильность (соотношение устойчивости структуры и подвижности функций)
- управляемость
- прогнозируемость

- степень оптимальности (эффективности) функционирования,
- степень адаптированности системы
- степень “нормальности” или “патологичности”
- продуктивность как вещественная, так и энергетическая и информационная и т. д.

Для познания закономерностей функционирования природных комплексов представляется также перспективным анализ последствий элиминации и вхождения в систему новых элементов.

Кроме вышеприведенных 4-х групп качеств флористических систем, существует целый ряд вопросов, порождаемых последовательным применением системного подхода в этой области. Это - выявление и изучение системоформирующих и системоразрушающих факторов, целей и особенностей функционирования, предельных характеристик флор; информационных, генетических и эволюционных аспектов во флорах и т.д. Необходима разработка и применение этих понятий и методов на конкретных флористических объектах.

Системные исследования невозможны без моделирования. Набор методов этого направления достаточно широк, хотя применение их в отношении флористических систем требует, прежде всего, формализации понятий и математической интерпретации получаемых результатов исследований. Конечной целью анализа таких моделей должно явиться эффективное прогнозирование, а следовательно, и возможность управления этими сложными природными образованиями.

Рассмотрев основные положения системной организации флористических объектов, целесообразно соотнести их с уровнями биоразнообразия.

2. Флористические объекты и уровни биоразнообразия

Биологическое разнообразие (Biological diversity) определяется [22] как разнообразие живых организмов из всех источников, включая, среди прочего, наземные, морские и иные водные экосистемы и экологические комплексы, частью которых они являются, это понятие включает в себя разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем.

Принципиальное отличие парадигмы биоразнообразия от предыдущих – это ее направленность на информационную

составляющую. Как известно, объекты могут обмениваться между собой и описываться тремя способами: вещественным, энергетическим и информационным. И если раньше существование экосистем, закономерности поведения биологических объектов пытались описать через продуктивность и биомассу, круговорот веществ, энергетический баланс (продуценты, консументы и т.п.), то в последнее время приходит понимание важности и необходимости информационного подхода к описанию сложных процессов в этих объектах. Учитывая информационную природу генетического кода, системную организацию биоты, некоторые процессы просто невозможно адекватно описывать без информационных критериев.

В настоящее время спектр объектов, слагающих биологическое разнообразие, весьма широк, имеется несколько классификаций его уровней, иногда взаимоисключающих. Базируясь на классическом определении и классификации Б.А. Юрцева [20] с учетом результатов наших предыдущих исследований [19], попытаемся предложить обобщенную схему биоразнообразия, соотнеся уровни биохорологического разнообразия с иерархической структурой флоры (рис. 2).

В отношении биохорологического разнообразия мы, во многом, солидарны с Б.А. Юрцевым [20], который пишет: «Разнообразие природных территориальных (обычно территориально-функциональных) сочетаний организмов (обозначим его как биохорологическое разнообразие: разнообразие сочетаний организмов тех или иных территориальных выделов, частей биосферы), в свою очередь, подразделяются по территориальным уровням…» (с. 10). Тем более, уровни биохорологического разнообразия (рис. 2.) достаточно хорошо согласуются с системной организацией флористических объектов [19], как и с классификацией геосистем, построенной В.Б. Сочавой [14].

Рис. 2. Уровни биоразнообразия.

Часто выделяемое генетическое разнообразие является, на наш взгляд, частным случаем типологического разнообразия растений (поскольку носителями различных геномов являются особи, популяции, виды). На современном уровне развития исследований в этой области очень много неясностей в практической реализации и изучения, и мониторинга, и охраны этого компонента биоразнообразия, даже на уровне определения состава единиц данного вида разнообразия. Кроме того, смена наших представлений о способах передачи генетической информации (горизонтальный перенос, внехромосомная наследственность и т.д.), которая наблюдается в настоящее время, требует большой осторожности в этом вопросе.

2.1. Взаимосвязность и различие флористических и фитоценотических объектов

Растительный покров может рассматриваться как совокупность особей зеленых автотрофных растений, населяющих сушу и акваторию нашей планеты [23]. Он подразделяется на флору - таксономический аспект растительного покрова, когда в качестве элементов выступают виды растений и растительность – его функциональный аспект, когда основными элементами выступают фитоценозы (сообщества растений). При рассмотрении фитоценоза в качестве элемента часто выделяются экоморфы (функционально сходные виды) [23]. Флористический и фитоценотический подходы – это два угла зрения на одно и тоже природное явление. В то же время флорология и фитоценология - две хотя и взаимосвязанные, но самостоятельные науки, имеющие свои специфические объекты, методы, системы понятий и т.д. В каждой их этих наук выстроена своя система типизации объектов – таксонов и синтаксонов различного уровня.

На уровне конкретного экотопа (как однородной совокупности факторов среды топологической размерности) происходит функциональная организация популяций растений. В то же время на этом же уровне, как отмечает Г.В, Вынаев [4] «пространственно-экологической структурной единицей элементарной флоры служит флоротопологический комплекс (ФТК)... Понятие ФТК является близким по смыслу к «парциальной флоре» или «флоре фаций» Б.А. Юрцева [24, 20] и общепринятому понятию «фитоценоз», однако шире последнего, поскольку в каждом конкретном случае ФТК может быть представлен как фитоценозом – конкретным, обусловленным экологическими и фитоценотическими конкурентными взаимоотношениями, сочетанием локальных популяций, так и фитосинозом – от (греческого phyton – растение, syn – вместе) – случайным сочетанием неассоциатированных популяций в конкретных экотопах, что соответствует применяемым в фитоценологии терминам «первичная группировка», «проценоз» [25]. Фитосинозы являются объединениями видовых популяций, по своим экологическим потребностям комплиментарных данному экотопу, но не связанных в сообществе (фитоценоз) фитоценотическими связями [15].

В последние годы в связи с усилением антропогенного воздействия мы все чаще наблюдаем деградацию естественных

фитоценозов и увеличение количества первичных группировок, которые все труднее изучать с фитоценотических позиций, но которые оказывают все большее воздействие на флору и растительный покров данной территории.

Кроме того, ряд групп растений (и в первую очередь, мохообразные и лишайники) поселяясь на различных субстратах, образуют как бы четыре относительно независимых сообщества эпифитов, эпиксилов, эпилитов и эпигеидов. Каждая из этих групп имеет свой специфический состав, структуру и свойства, отличные от свойства растительного сообщества в целом [26]. Как показали наши исследования, схожие специфические закономерности проявляются и во флористических объектах более высокого, регионального уровня и эти группы могут рассматриваться в качестве одного из способов членения флористических систем.

Еще одним отличительным понятием двух наук, на наш взгляд, являются специфические понятия «метапопуляции» и «региональные популяции». Их состав, структура, свойства – предмет исследований флорологии. Важной особенностью данных объектов является признание определенных закономерностей существования вида не только внутри конкретного сообщества (ценопопуляции), но и в пределах более крупного и, главное, гетерогенного территориального образования.

В последнее время пространственные миграции видов растений, особенно инвазивных, вызывают повышенное внимание не только ученых, но и органов управления, общественности, поскольку они часто наносят ощутимый ущерб не только биоразнообразию и природным комплексам, но и экономике. Поскольку данные виды в большей степени связаны не с конкретными сообществами, а поселяются чаще в условиях ослабленной конкуренции и на нарушенных участках, то и выявление закономерностей их пространственной экспансии и прогнозирование развития во многом связано с системной организацией флористических объектов и спецификой их внутривидовой организации.

2.2. Флористические системы и уровни популяционной организации вида

Термин «популяция» предложен В. Иоганзеном в 1903 году. Согласно [27], он обозначает совокупность особей одного вида,

обладающих общим генофондом и занимающих определённую территорию. Одна из отличительных особенностей популяции - возможность свободного скрещивания (т.е. обмена генетической информацией). Популяция является основной единицей структурной организации вида и одним из основных понятий в экологии. Позже с развитием биологических и экологических исследований назрела необходимость дифференциации данного понятия. Во многих случаях популяция может быть структурирована на более мелкие единицы (субпопуляции, демы, леки, семьи и т.п.). Широко применяется термин «ценопопуляция», предложенный В.В. Петровским в 1961 году [28] и обозначающий совокупность особей одного вида в пределах фитоценоза.

По классификации Н.П. Наумова [29], основанной на ландшафтно-биотопическом принципе, различают следующие популяции:

1. Локальные, или элементарные - это совокупность особей одного вида, занимающих небольшой участок однородной площади. Между ними постоянно идет обмен генетической информацией. Граница между элементарными популяциями невыразительна, размыта.

2. Экологические - занимают территории с более или менее однородными экологическими условиями, формируются как совокупность элементарных популяций. Они существуют в рамках экотопа или сообщества. Они слабо изолированы одна от другой, и обмен генетической информацией между ними происходит довольно часто, но реже, чем между элементарными популяциями.

3. Географические - занимающие в пределах ареала крупные ландшафтно-географические регионы, слагаются из экологических популяций. Географические популяции существуют автономно, ареалы их относительно изолированы, обмен генами происходит редко – у животных и птиц – во время миграций, у растений – при разносе пыльцы, семян и плодов. На этом уровне происходит формирование географических рас, разновидностей, выделяются подвиды.

Существуют также понятия "региональный комплекс популяций", «региональные популяции».

В последнее время широко стал применяться термин «метапопуляция», предложенный Р. Левинсом [30] и обозначающий совокупность локальных популяций, дискретных (или относительно

дискретных) в пространстве, взаимодействующих друг с другом путем расселения особей или генетического потока [31]. Обычно в качестве метапопуляции выступают совокупности локальных популяций одного вида в рамках ландшафта, крупного лесного массива и т.п. Начиная с середины восьмидесятых годов прошлого столетия, ученые столкнулись с проблемой, что большинство применяемых методов учитывают изменения параметров отдельных популяций, а не всего их комплекса на определенной территории. Кроме того, целый ряд ботанических объектов не может быть адекватно описан с помощью понятий классической популяционной теории. В первую очередь это относится к видам, поселяющимся на дискретных и специфических субстратах, а также занимающих экотонные участки с определенной степенью нарушенности напочвенного покрова и ослабленными конкурентными взаимоотношениями. Данное направление активно развивается, поскольку дает возможность разработать понятийный аппарат и специфические методы, позволяющее адекватно описать и что немало важно предсказывать развитие данных объектов.

Популяции и метапопуляции одного и того же вида объединяются в региональные популяции (в силу большей подвижности животных данное понятие более широко используются в зоологии). Существуют также специфические закономерности их организации. В целом можно предположить, что каждому уровню организации флористических систем соответствует свой уровень популяционной организации внутри каждого отдельного вида и наоборот (рис. 3).

Нельзя не отметить сходство этих уровней. В рамках флор крупных регионов формируются географические популяции. Для флор природных районов наиболее адекватным объектом являются региональные популяции. Уровню флоры ландшафта соответствуют метапопуляции. Ценопопуляции (по определению) соответствуют уровню сообщества или флоротопологического комплекса. Внутри сообщества (экотопа) могут быть выделены отдельные локальные и элементарные популяции.

Рис. 3. Уровни популяционной организации вида и организации флористических систем

Таким образом, элементарной флоре соответствуют не отдельные популяции видов, а их система в рамках ландшафта, т.е. метапопуляции. Такое понимание соотношения уровней популяционной организации вида и организации флористических систем налагает определенные требования и на методологию исследований и анализа полученных результатов.

1.2. Потенциальная флора

Существование растений и формирование флоры на определенной территории, безусловно, в первую очередь зависит от конкретных значений набора абиотических факторов среды этой территории. Диапазон этих факторов, их пространственное распределение и временная динамика определяют в принципе тот набор эконишь (точнее их абиотическую составляющую), которые могут быть заселены видами. Поэтому изучение флоры определенной территории должно начинаться не с инвентаризации конкретных видов растений, а с оценки условий среды. Диапазон этих условий определяет первичную потенциальную флору данной территории, которая может быть реализована при тех или иных остальных условиях. Исследованию этих факторов уделяется много внимания в фитоценологии и геоботанике. Факторов среды очень много, они различны и критериев их интегральной оценки не существуют.

Однако имеется более менее ограниченный набор важнейших абиотических факторов, определяющих основные условия существования видов растений. Это, по терминологии Цыганова [32]: терморежим климата, континентальность климата, влажность климата, морозность климата, увлажнение почв, обобщенный солевой режим почв (включающий богатство почв необходимыми элементами питания и степень избыточного засоления), кислотность почв, богатство почв азотом, переменность увлажнения почв и режим затенения. Они и формируют основную систему экотопов.

В связи с этим Цыганов [32] делает примечательный вывод: "... в каждом флористическом регионе для каждого охарактеризованного сочетанием определенных режимов основных прямодействующих факторов экотопа можно чисто теоретически определить состав его потенциальной флоры. Более того, на основании таких соображений можно утверждать, что **флора региона** [выделено мной - О.М.] = сумме флор его климатопов, флора климатопа = сумме флор его эдафотопов, флора эдафотопа = сумме флор его ценотопов, а флора ценотопа = сумме видовых составов фитоценозов". Соглашаясь в целом с этим утверждением, можно предположить ряд перспективных направлений: изучение потенциальных флор климатопов, эдафотопов и т.д. Зная о том, какие виды могут теоретически произрастать в данном регионе, можно уже будет судить о том, почему те или иные виды не произрастают здесь, и, наоборот, почему определенные виды широко распространены на данной территории, хотя условия среды для них не самые оптимальные.

Заключение. Таким образом можно сделать вывод, что организация флористических объектов носит системный иерархических характер, где в качестве элементов принимаются популяции растений, подсистемами различного ранга выступают флоры категорий физико-географического (природного) районирования, а элементарной флорой является флора ландшафта. Обосновано определение понятия флоры как целостной открытой иерархической структурно-функциональной самопроизвольно и закономерно развивающейся в пространстве и во времени системы популяций видов растений и флоротопологических комплексов (фитомеров), образующей экологически обусловленные и географически локализованные подсистемы различного уровня (фитохоры). Одним из основных направлений в изучении

флористических объектов является познание целостных (интегративных) качеств самой флоры, не сводимых к сумме свойств совокупности слагающих ее элементов.

Литература

1. Арманд А.Д. Самоорганизация и саморегулирование географических систем. М., 1988.
2. Шеляг-Сосонко Ю. Р. // Бот. журн. 1980. Т. 65. N 6. С. 761-774.
3. Юрцев Б.А. // Бюлл. МОИП, отд. биол. 1982. Т. 87. N 4. С. 3-22.
4. Вынаев Г.В. О понятии "флора" и задачах науки о флоре // Теоретич. и методич. проблемы сравнительной флористики: Матер. II рабочего совещания по сравн. флористике. Л., 1987. С. 28-30.
5. Камелин Р.В. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. Л., 1973.
6. Аверьянов А.И. Системное познание мира. М., 1985.
7. Николаев В.И., Брук В.М. Системотехника: методы и приложения. Л., 1985.
8. Николаев В. И. Информационная теория контроля и управления. Л., 1973.
9. Толмачев В.И. Флора // Большая советская энциклопедия. М., 1977.
10. Левинс Р. Генетические последствия естественного отбора // Теоретическая и математическая биология. М., 1968. С. 401-419.
11. Дружинин В.Н., Конторов Д.С. Проблемы системологии (проблемы сложных систем). М., 1976.
12. Жуков Н.И. Философские основы кибернетики. Минск, 1976.
13. Толмачёв А. И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск, 1986.
14. Сочава В.Б. Проблемы физической географии и геоботаники. Новосибирск, 1986.
15. Вынаев Г.В., Кожаринов А.В. Экотопологичский и флорогенетический аспекты изучения и охраны реликтовых видов растений и флоротопологических комплексов. Минск, 1981.
16. Парфенов В.И., Вынаев Г.В., Рыковский Г.Ф. // Тез. докл. VII съезда ВБО. Л., 1983. С. 302.
17. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск, 1978.
18. Толмачев А.И. Введение географию растений. Л., 1974.
19. Масловский О.М. Системный анализ бриофлоры и оценка современного состояния биогеографического разнообразия мохообразных Белорусского Поозерья. Автор. дисс. ... канд. биол. наук. Минск, 1997. 16 с.
20. Юрцев Б.А. Эколого-географическая структура биологического разнообразия и стратегия его учета и охраны // Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению. СПб., 1992. С.7-21.
21. Баканов А. И. // Биол. внутр. вод. 2000. № 2. С. 5-18.
22. Convention on biological diversity. Rio de. Janeiro, 1992.

23. Галанин А.В. Флора и ландшафтно-экологическая структура растительного покрова. Владивосток, 2005.
24. Юрцев Б.А. // Бот. журн. 1975. Т. 60. № 1. С. 69-83.
25. Быков Б.А. Экологический словарь. Алма-Ата, 1983.
26. Масловский О.М. // Ботаника (исследования) : Сборник научн.трудов. Минск : Право и экономика, 2009. Вып. 37. С. 84-95.
27. Биологический энциклопедический словарь. М., 1986.
28. Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Толковый словарь современной фитоценологии. М., 1983.
29. Наумов Н.П. Экология животных. М., 1963.
30. Levins R. // Bulletin of the Entomological Society of America. 1969. № 15. P. 237-240.
31. Hanski I, Gaggiotti O. Ecology, Genetics and Evolution of Metapopulations. London, 2004.
32. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М., 1983.

О.М. МАСЛОВСКИЙ

СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ФЛОРИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Резюме

В статье освещаются вопросы организации флористических объектов, которая носит системный иерархический характер, где в качестве элементов принимаются популяции растений, подсистемами различного ранга выступают флоры категорий физико-географического (природного) районирования, а элементарной флорой является флора ландшафта. Обосновано определение понятия флоры как целостной открытой иерархической структурно-функциональной самопроизвольно и закономерно развивающейся в пространстве и во времени системы популяций видов растений и флоротопологических комплексов (фитомеров), образующей экологически обусловленные и географически локализованные подсистемы различного уровня (фитохоры).

O.M. MASLOVSKY

SYSTEM ORGANIZATION OF FLORISTIC OBJECTS

Summary

Article is dedicated the questions of system organization of floristic objects and methodology of system approach in floristic investigations. Elements, subsystems, connections of floristic objects are discussed. Organization of floristic objects has system character, where elements are plant populations and subsystems are floras of different level nature regions. Nature flora is defined as open hierarchic historical and geographical, structural-functional system of plant

populations and floristic topological complexes with floristic subsystems on different levels. Elemental is a landscape flora.

Поступила в редакцию 1.07.2011 г.

УДК:582.3/.99-19:502.3(476)

В.И. ПАРФЕНОВ, Л.В. СЕМЕРЕНКО, Д.В. ДУБОВИК,
А.Н. СКУРАТОВИЧ, Д.И. ТРЕТЬЯКОВ

РОЛЬ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В СОХРАНЕНИИ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ

Институт экспериментальной ботаники
им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Введение. Охрана генофонда растительного мира, прежде всего аборигенного компонента, неразрывно связана с охраной местообитаний растений, т.е. с сохранением различных природных комплексов. В значительной мере эта стратегическая задача решается путем создания репрезентативной системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ), к которым относятся заповедники, национальные парки (НП), заказники и памятники природы.

К настоящему времени в Беларуси уже сложилась определённая, довольно развитая структура ООПТ. Дальнейшая работа по развитию природоохранной сети направлена на её совершенствование и оптимизацию с целью создания территориально единой системы ООПТ. Одним из основных концептуальных положений при проведении этой работы является комплексная оценка природоохранной сети на её репрезентативность, которая базируется на оценке репрезентативности всех входящих в функционирующую сеть заповедных территорий [1].

Утверждённая в последнее время «Схема рационального размещения особо охраняемых природных территорий республиканского значения до 1 января 2015 года» (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 19.12.2007 № 1919) предусматривает некоторое количественное развитие и качественное совершенствование республиканской системы ООПТ. Вместе с тем, актуальна современная общая оценка

репрезентативности сети территорий природно-заповедного фонда республики относительно флористического разнообразия и, прежде всего, с акцентом на видовое разнообразие сосудистых растений. Такая работа была осуществлена научными сотрудниками лаборатории флоры и систематики растений ИЭБ НАН Беларуси ещё в 80 – 90-е годы прошлого века при выполнении НИР по плановым темам: «Флора заповедных территорий (современное состояние, динамика и охрана редких видов») (1983-1987 гг.) и «Биосистематическое изучение флоры охраняемых природных территорий Беларуси» (1988-1991 гг.) (научный руководитель тем – В.И. Парфёнов). За прошедшее с тех пор время на территории республики выявлен ряд новых видов растений, дважды (1993 г., 2005 г.) переиздана Красная книга Республики Беларусь (КК РБ), сеть ООПТ претерпела значительные изменения: часть заказников ликвидирована, организовано много новых природоохранных территорий, в том числе национальные парки «Браславские озёра» и «Нарочанский», в связи с чем были проведены многочисленные флористические обследования существующих и создаваемых ООПТ.

В данном сообщении представлены результаты анализа и обобщения информации, касающейся флоры заповедных территорий республики, в соответствии с действующей сетью ООПТ и последним изданием КК РБ (2005 г.). Анализируемый материал включает также результаты значительных флористико-инвентаризационных исследований, проведенных авторами данной публикации. Работа выполнена в качестве одного из заданий ГНТП «Ресурсы животного и растительного мира» в 2006 – 2010 гг.

Цель работы: определить современную репрезентативность флоры природоохранных территорий и дать оценку флоросозологической значимости природно-заповедного фонда республики.

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектом исследования являлись сосудистые растения особо охраняемых природных территорий Беларуси.

Показателями репрезентативности флоры заповедных территорий служили: общее количество видов растений, отмеченных на данных территориях, и количество охраняемых видов, что свидетельствует о биотическом разнообразии территории и ее природоохранной значимости.

Анализу репрезентативности флоры природоохранных территорий предшествовала работа по формированию списка сосудистых растений, отмеченных на всей территории республики. Список включает аборигенные и адвентивные (заносные и дичающие из культуры) растения; в нём более полно представлена аборигенная фракция. В этот список не вошли виды, по-видимому, исчезнувшие с территории республики (виды «Чёрного списка», приведенного в КК РБ), спонтанные гибриды и многочисленные культивируемые растения (не дичающие, встречающиеся только в культуре). Основу данного списка составляет «Определитель высших растений Беларуси» [2]. Он дополнен сведениями о находках новых видов, в нём несколько иначе рассматривается объём отдельных родов, например, *Lotus* L. и *Anthyllis* L., уточнены и расширены списки видов родов *Pilosella* Hill, *Polygala* L. и др.

Как следует из анализа собранной информации по флоре заповедных территорий, степень флористической изученности ООПТ различна: для одних из них имеются достаточно полные сведения (в основном это касается национальных парков и заповедников), для других – фрагментарные. В связи с этим для определения репрезентативности флоры заповедных территорий республики относительно общего количества видов сосудистых растений флоры Беларуси взяты в первую очередь все национальные парки и Березинский биосферный заповедник. Кроме того, для получения данной характеристики флоры ООПТ отобраны 25 наиболее полно флористически изученных заказников, расположенных в разных административных областях и физико-географических районах Беларуси, и в которых представлены лесные, луговые, болотные и водные экосистемы. В числе этих ООПТ 8 ландшафтных («Бугский», «Гродненская пуща», «Котра», «Липичанская пуща», «Мозыркие овраги», «Прибужское Полесье», «Простырь», «Тресковщин»), 11 биологических («Волмянский», «Днепро-Сожский», «Замковый лес», «Званец», «Лунинский», «Октябрьский», «Омговичский», «Споровский», «Стиклево», «Сурмино», «Юхновский») и 6 гидрологических («Выгонощанское», «Долгое», «Ельня», «Заозерье», «Подвеликий Мох», «Ричи») заказников. Дополнительно рассматривается Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (ПГРЭЗ), не относящийся к ООПТ республики, но имеющий большое значение для сохранения её биоразнообразия.

В проведенном анализе на репрезентативность флоры ООПТ относительно охраняемых видов растений использованы сведения об их встречаемости на территориях всех национальных парков и Березинского заповедника, 92 заказников республиканского (существующих и запланированных к созданию) и 45 заказников местного значения; дополнительно рассматривается ПГРЭЗ. Среди заказников республиканского значения 30 ландшафтных, 40 биологических, 18 гидрологических и 4 водно-болотных. Заказники местного значения представлены 5 ландшафтными («Бугский», «Ворохово», «Голубые озёра», «Мартишки», «Медвежий лук»), 34 биологическими («Альба», «Большой Яминец», «Бортники», «Брестский», «Брище», «Витебский», «Вселюбский», «Выдренка», «Гожский», «Графская пуща», «Свислочь», «Гусак», «Дивин-Великий лес», «Долбнёво», «Дымовщина», «Завишье», «Ивенчик», «Изин», «Клища», «Козырский», «Кончицы», «Непокойчицы», «Оброво», «Паненкова гора», «Придвинье», «Сопоцкинский», «Ступское», «Сурмино», «Теребежово-Колоднянский», «Тростяница», «Туловский», «Хмелевка», «Черемша», «Черлёна») и 6 гидрологическими («Голубицкая пуща», «Дубовский каскад озёр», «Липск», «Морочанкий», «Стречно», «Щиток»).

При составлении флористических списков ООПТ источниками информации служили все доступные материалы - гербарные коллекции, хранящиеся в Гербариях ИЭБ НАН Беларуси (MSK), кафедры ботаники Белорусского государственного университета (MSKU), Березинского биосферного заповедника, НП «Беловежская пуща», НП «Припятский», Брестского, Витебского, Гомельского и Гродненского государственных университетов, Ботанического института Российской АН (г. Санкт-Петербург, LE), С.-Петербургского университета (LECB), Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН (Москва, MHA), Института ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины (г. Киев, KW), Государственного природоведческого музея НАН Украины (Львов, LWS), Института ботаники им. В.М. Шафера АН Польши (г. Краков, KRAM), Вильнюсского и Львовского университетов, а также публикации и ведомственные научные отчёты.

При оценке степени синантропизации (антропофитизации) флоры заповедных территорий использована классификация синантропных видов, разработанная Д.И. Третьяковым [3]. Вычисление индекса антропофитизации (IA_n) флоры проводили по

методике Б.Яцковяка [4]. Индексы определены для природоохранных территорий, отобранных для анализа на репрезентативность флоры заповедных территорий относительно общего числа видов сосудистых растений во флоре Беларуси.

Понятия «особо охраняемые природные территории», «природоохранные территории» и «заповедные территории» употребляются в качестве синонимов. Синонимами являются также понятия «категории природоохранной значимости», «категории охраны» и «созологические категории». По тексту русское название вида приводится только при его первом упоминании.

Результаты и их обсуждение. Материал по каждому выбранному показателю репрезентативности флоры ООПТ рассматривается отдельно.

Репрезентативность флоры природоохранных территорий относительно общего количества видов сосудистых растений

Сформированный сводный список сосудистых растений, выявленных на ООПТ, насчитывает 1703 вида, что составляет не менее 86,3% от общего количества видов сосудистых растений, отмеченных на территории республики (таблица 1). Это число, отражающее степень репрезентативности видового состава флоры заповедных территорий, довольно высокое. Отметим, что 30 лет назад данный показатель был равен 66% [5]. Наиболее ценная фракция флоры – аборигенные виды. Репрезентативность видового состава этой части флоры ООПТ республики составляет не менее 94,2% (1201 вид на территории республики, 1131 – на исследованных ООПТ).

В сети ООПТ наиболее значимы заповедники и национальные парки. Заповедники относятся к природоохранным территориям с наиболее строгим режимом охраны. Они являются традиционными центрами научных исследований и были одной из первой формой ООПТ в стране. Национальные парки – одна из новых в Беларуси форм организации ООПТ. На их территории сочетаются функции охраны природы, рекреационно-флористического использования ландшафтов и хозяйственная деятельность (сельское хозяйство, лесопользование и др.). На долю Березинского заповедника и национальных парков приходится 30,5% общей площади природоохранных территорий республики [6].

По нашим данным, во флоре Березинского заповедника и национальных парков известно 1477 видов сосудистых растений, что составляет 86,7% от их общего количества на ООПТ и 74,8% от числа видов сосудистых растений во флоре Беларуси (табл.1). Аборигенная фракция этих территорий включает 1031 вид (85,8% от числа видов этой группы в Беларуси и 91,1% от числа аборигенных видов флоры ООПТ). Антропофиты представлены 446 заносными видами и дичающими из культуры.

В сравнительном аспекте наибольшую флоросозологическую значимость относительно видов сосудистых растений имеет Беловежская пуща (включает 62,4% от числа видов флоры ООПТ и 54,0% от числа видов флоры республики). Несколько меньшая флоросозологическая значимость с почти равными количественными показателями установлена для НП «Припятский» (соответственно 58,1% и 50,1%) и НП «Нарочанский» (57,5% и 49,6%), замыкают этот ряд НП «Браславские озёра» (54,9% и 47,4%) и Березинский заповедник (47,0% и 40,6%). Относительно аборигенной фракции флоры отметим следующее: наибольшее и практически одинаковое количество видов охраняется в Беловежской пуще (67,4% от числа аборигенных видов заповедных территорий и 63,4% от числа аборигенных видов республики) и НП «Припятский» (соответственно 67,0% и 63,1%), несколько меньше видов отмечено в НП «Нарочанский» (65,0% и 61,2%) и НП «Браславские озёра» (62,0% и 58,4%), менее всего – в Березинском заповеднике (57,9% и 54,5%). В ПГРЭЗ рассматриваемые показатели несколько выше, чем в Березинском заповеднике: на его территории выявлено 860 видов, что составляет 50,5% от числа видов флоры ООПТ и 43,5% от числа видов флоры республики. Аборигенных видов 665, или 58,8% от числа аборигенных видов заповедных территорий и 55,4% от числа аборигенных видов республики.

Заказники республиканского значения. По имеющимся сведениям [6], общая площадь заказников 1085,0 тыс. га, что составляет 68,8% площади всех ООПТ республики. При этом заказники республиканского значения занимают 4,0% территории страны и 52,9% общей площади природоохранных территорий.

Таблица 1. Основные показатели репрезентативности флоры природоохранных территорий Беларуси

Показатели	Объекты	Число видов	Репрезентативность	
Общее количество видов	Флора ООПТ	1703	86,3 % от общего числа видов во флоре Беларуси	
	Флора Березинского заповедника и национальных парков	1477	74,8 %	86,7 % от общего числа видов во флоре ООПТ
	Флора Березинского заповедника	801	40,6 %	44,0 %
	Флора НП «Беловежская пуща»	1063	54,0 %	62,4 %
	Флора НП «Браславские озера»	935	47,4 %	54,9 %
	Флора НП «Нарочанский»	979	49,6 %	57,5 %
	Флора НП «Припятский»	989	50,1 %	58,1 %
	Флора заказников республиканского значения	1464	74,2 %	86,0 %
Количество аборигенных видов	Флора ООПТ	1131	94,2 % от числа аборигенных видов во флоре Беларуси	
	Флора Березинского заповедника и национальных парков	1031	85,8 %	91,1 % от числа аборигенных видов во флоре ООПТ
	Флора Березинского заповедника	655	54,5 %	57,9 %

Окончание таблицы 1.

	Флора НП «Беловежская пуща»	762	63,4 %	67,4 %
	Флора НП «Браславские озера»	701	58,4 %	62,0 %
	Флора НП «Нарочанский»	735	61,2 %	65,0 %
	Флора НП «Припятский»	758	63,1 %	67,0 %
	Флора заказников республиканского значения	1019	84,8 %	90,1 %
Количество охраняемых видов	Флора ООПТ	154	89,0 % от числа видов, включенных в КК РБ	
	Флора Березинского заповедника и национальных парков	118	68,2 %	76,6 % от числа охраняемых видов во флоре ООПТ
	Флора Березинского заповедника	47	27,2 %	30,5 %
	Флора НП «Беловежская пуща»	65	37,6 %	42,2 %
	Флора НП «Браславские озера»	37	21,4 %	24,0 %
	Флора НП «Нарочанский»	57	32,9 %	37,0 %
	Флора НП «Припятский»	48	27,7 %	31,2 %
	Флора заказников республиканского значения	136	78,6 %	88,3 %

Нами выяснено, что на долю исследованных ООПТ данного ранга приходится 74,2% от общего числа видов сосудистых растений Беларуси и не менее 86,0% от числа видов этой группы растений на ООПТ, т.е. по данному показателю флора заказников

схожа с таковой национальных парков и Березинского заповедника (табл.1). Близкое сходство сравниваемых флор наблюдается и относительно количества аборигенных и адвентивных видов: в рассматриваемых заказниках отмечено 1019 аборигенных и 445 адвентивных видов, в НП и Березинском заповеднике – 1031 и 446 соответственно.

Антропофитизация флоры ООПТ. Выделяя аборигенную фракцию флоры заповедных территорий как наиболее ценную часть флоры, которая подлежит охране в первую очередь, нельзя обойти вниманием адвентивную фракцию, по доле участия которой в составе флоры (индексу антропофитизации) можно судить о степени антропогенной трансформации этой флоры [4]. Адвентивная фракция флоры заповедных территорий, как и флоры всей республики, разнообразна по своему происхождению, времени вхождения в состав флоры, способу заноса и степени натурализации видов**.** В её составе в настоящее время около 120 археофитов (практически все, отмеченные на территории республики), значительную группу составляют виды, натурализовавшиеся в синантропных местообитаниях – ксено-эпекофиты и эргазио-эпекофиты (по числу видов они схожи с археофитами), менее представительны группы агриофитов и эргазиофитов, натурализовавшихся не только в синантропных, но и естественных экотопах. Преобладают ненатурализовавшиеся группы – эфемерофиты и эргазио-эфемерофиты. Вопросу синантропизации флоры заповедных территорий Беларуси посвящена отдельная работа [7]. Нами в данной публикации дополнительно приводятся количественные показатели степени антропогенной трансформации флоры природоохранных территорий, вычисленные с единым подходом выделения адвентивной и аборигенной фракций (табл. 2).

Установлено, что индекс антропофитизации флоры исследованных ООПТ – 33,6%**.** Для флоры Беларуси при наличии в её составе более 800 видов антропофитов [3] этот показатель составляет около 40%. Для сравнения: 30 лет назад для флоры республики приводилось 1550 видов, включая дикорастущие и культивируемые растения, способные в условиях республики к натурализации [8]; антропофиты составляли около 25% от общей численности видов, отмеченных на территории республики [9].

Таблица 2. Индексы антропофитизации природоохранных территорий Беларуси

Природоохранные территории	$IA_{n,\ \%}$	Природоохранные территории	$IA_{n,\ \%}$
Национальные парки:		Котра	17,7
НП «Беловежская пуща»	28,3	Тресковщина	17,1
НП «Браславские озёра»	25,0	Званец	16,7
НП «Нарочанский»	24,9	Гродненская пуща	16,1
НП «Припятский»	23,3	Долгое	15,9
Березинский заповедник	18,0	Юхновский	15,7
Заказники:		Омговичский	15,2
Прибужское Полесье	34,0	Споровский	15,0
Мозырские овраги	32,6	Заозерье	14,5
Липичанская пуща	23,2	Сурмино	14,5
Стиклево	22,4	Выгонощанское	14,0
Ричи	19,3	Лунинский	13,6
Простырь	19,2	Октябрьский	13,5
Замковый лес	19,0	Волмянский	11,9
Бугский	18,6	Подвеликий Мох	10,4
Днепро-Сожский	18,4	Ельня	6,0

Среди национальных парков и заповедников наибольшая степень антропофитизации флоры выявлена в Беловежской пуще (IA_n=28,3%), наименьшая – в Березинском биосферном заповеднике (IA_n=18,0%). Степень антропогенной нарушенности естественных фитоценозов национальных парков «Браславские озёра» и «Нарочанский» практически одинакова – IA_n=25,0% и IA_n=24,9% соответственно. Несколько меньшие значения этого показателя установлены для флоры НП «Припятский» (23,3%) и ПГРЭЗ (22,7%). Индекс антропофитизации флоры национальных парков и Березинского заповедника равен 30,2%, а таковой республиканских заказников – 30,4%.

Из числа всех проанализированных флор ООПТ наиболее антропофитизированы флоры ландшафтных заказников

республиканского значения «Прибужское Полесье» (IA_n=34,0%) и «Мозырские овраги» (IA_n=32,6%), наименее – гидрологических заказников «Ельня» (IA_n=6,0%) и «Подвеликий мох» (IA_n=10,4%), что, вероятно, связано с территориальным доминированием здесь болотных массивов и слабой доступностью территории для населения. В целом флоры гидрологических заказников отличаются относительно невысоким уровнем антропофитизации – от IA_n=6,0% («Ельня») до IA_n=19,3% («Ричи»), ландшафтные же заказники имеют более высокие значения этого показателя – от IA_n=17,1% («Тресковщина») до IA_n=34,0% («Прибужское Полесье»), среди биологических заказников наиболее антропофитизирована флора заказника «Стиклево» (IA_n=22,4%), расположенного в пригородной зоне Минска, наименее – «Волмянского» (IA_n=11,9%).

Репрезентативность флоры природоохранных территорий относительно количества охраняемых видов сосудистых растений

В Беларуси нуждаются в охране в той или иной мере 173 вида сосудистых растений [10]. Согласно Положению о республиканской Красной книге и Закону о растительном мире каждое выявленное местонахождение вида требует охраны. Проведенный анализ показал, что в целом сеть ООПТ обеспечивает разной степени охрану 154 редких и исчезающих видов сосудистых растений, что составляет 89,0% от общего числа видов этой группы растений, включённых в Красную книгу республики (табл.1). В период действия первой КК РБ [11] из 85 охраняемых видов на заповедных территориях было отмечено 53 (62,3%) [12], а в период действия второго издания КК РБ [13] – 143 из 156 видов (91,7%) [14].

Национальные парки и заповедники. Во флоре национальных парков и Березинского биосферного заповедника выявлено 118 охраняемых видов сосудистых растений (76,6% от общего числа охраняемых видов на заповедных территориях и 68,2% от общего числа видов, включённых в КК РБ) (табл. 1, 3).

Из таблицы 3 следует, что в НП «Беловежская пуща» известно 65 охраняемых видов, Березинском заповеднике – 46, НП «Браславские озёра» – 37, НП «Нарочанский» – 57, НП «Припятский» – 48, ПГРЭЗ – 38. При этом в обобщённые списки охраняемых растений включены все виды, которые в разное время

и разными авторами (публикаций и гербарных сборов) указывались для данных территорий. В связи с этим ниже приводится краткая интерпретация материала таблицы с критическими замечаниями относительно возможной ошибочной информации и уточнениями, учитывающими вероятность сохранения в настоящее время известных местонахождений, что немаловажно при планировании и организации природоохранных мероприятий.

Таблица 3. Представленность сосудистых растений, включённых в Красную книгу Республики Беларусь (2005 г.), в национальных парках и заповедниках

Латинское название вида	Национальные парки и заповедники					
	I	II	III	IV	V	VI
1. Abies alba Mill.	+					
2. Aconitum lasiostomum Reichenb.						
3. Aconitum lycoctonum L.						
4. Adenophora lilifolia L.	+					
5. Ajuga pyramidalis L.				+		
6. Aldrovanda vesiculosa L.		+			+(x)	
7. Allium schoenoprasum L.						
8. Allium ursinum L.	+	+	+			
9. Anemone sylvestris L.			+	+		+
10. Angelica palustris (Bess.) Hoffm.						
11. Arctium nemorosum Lej.	+					
12. Aruncus vulgaris Rafin.	+					
13. Aster amellus L.	+(x)					+
14. Astrantia major L.	+					
15. Baeothryon alpinum (L.) Egor.		+	+	+		
16. Berula erecta (Huds.) Cov.	+					
17. Betula nana L.		+		+		
18.Botrychium matricariifolium A.Br. ex Koch	+	+	+	+(x)		
19. Botrychium multifidum (S.G. Gmel.) Rupr.	+	+	+	+	+	
20. Botrychium virginianum (L.) Sw.		+				+
21. Bromopsis benekenii (Lange) Holub	+	+	+			
22. Campanula latifolia L.			+	+(x)		
23. Campanula sibirica L.						
24. Carex buxbaumii Wahlenb.	+					
25. Carex capillaris L.				+		
26. Carex davalliana Smith	+(x)					
27. Carex heleonastes Ehrh.	+			+		
28. Carex hostiana DC.						
29. Carex ornithopoda Willd.				+		

Продолжение таблицы 3.

30. Carex pauciflora Lightf.			+		+	
31. Carex paupercula Michx.		+	+	+		
32. Carex rhizina Blytt ex Lindbl.		+				
33. Carex supina Willd. ex Wahlenb.						
34. Carex tomentosa L.					+	
35. Carex umbrosa Host	+				+	+
36. Caulinia flexilis Willd.			+(x)			
37. Caulinia minor (All.) Coss. et Germ.		+	+(x)		+	
38. Cenolophium denudatum (Hornem.) Tutin						
39. Cephalanthera longifolia (L.) Fritsch						+
40. Cephalanthera rubra (L.) Rich.	+	+		+	+	+
41. Cimicifuga europaea Schipcz.	+(x)					
42. Cinna latifolia (Trev.) Griseb.		+				
43. Cirsium canum (L.) All.						
44. Cirsium heterophyllum (L.) Hill						
45. Cirsium pannonicum (L. fil.) Link						+
46. Cladium mariscus (L.) Pohl				+		
47. Clematis recta L.						
48. Coeloglossum viride (L.) C. Hartm.	+(x)	+	+	+		
49. Conioselinum tataricum Hoffm.						
50. Corallorhiza trifida Chatel.	+	+	+	+		
51. Corydalis intermedia (L.) Mérat					+	
52. Cotoneaster melanocarpus Fisch. ex Blytt			+	+		
53. Crepis mollis (Jacq.) Aschers.	+					
54. Cucubalus baccifer L.						
55. Cypripedium calceolus L.	+	+		+(x)		+
56. Cystopteris sudetica A. Br. et Milde		+(x)				
57. Dactylorhiza majalis (Reichenb.) P.F. Hunt et Summerhayes	+			+		
58. Daphne cneorum L.					+	
59. Delphinium elatum L.						+
60. Dentaria bulbifera L.	+	+	+	+	+	+
61. Dianthus armeria L.					+	+
62. Dracocephalum ruyschiana L.	+	+		+	+(x)	
63. Drosera intermedia Hayne		(?)			+	+
64. Elatine hydropiper L.					+	
65. Epipactis atrorubens (Hoffm.) Schult.	+	+	+	+	+	+
66. Equisetum telmateia Ehrh.						
67. Eriophorum gracile Koch	+		+	+		
68. Euphorbia villosa Waldst. et Kit.					+	
69. Festuca altissima All.	+	+	+	+	+	
70. Gagea spathacea (Hayne) Salisb.						
71. Galatella rossica Novopokr.						
72. Galium tinctorium (L.) Scop.	+					

Продолжение таблицы 3.

73. Galium triflorum Michx.						
74. Genista germanica L.	+				+	+
75. Gentiana cruciata L.			+	+		+
76. Gentianella amarella (L.) Boern. s.l.				+		
77. Gladiolus imbricatus L.	+	+	+	+	+	+
78. Gymnadenia conopsea (L.) Br.	+	+		+		
79. Hammarbya paludosa (L.) O. Kuntze	+(x)	+		+	+	
80. Hedera helix L.	+					
81. Herminium monorchis (L.) R. Br.	+	+				
82. Hordelymus europaeus (L.) Harz.	+					
83. Huperzia selago (L.) Bernh. ex Schrank et C. Mart.	+	+	+	+	+	(?)
84. Hydrilla verticillata (L. fil.) Royle		+	+			
85. Hydrocotyle vulgaris L.						
86. Hypericum hirsutum L.						
87. Hypericum montanum L.	+				+	+
88. Hypericum tetrapterum Fries.						
89. Iris aphylla L.					+	
90. Iris sibirica L.	+	+	+	+	+	+
91. Isoëtes lacustris L.				+		
92. Isopyrum thalictroides L.	+					
93. Lathyrus linifolius (Reichard) Bässler						
94. Lathyrus pisiformis L.						
95. Lilium martagon L.	+	+			+	+
96. Lindernia procumbens (Krock.) Borb.					+	
97. Linnaea borealis L.	+	+	+	+		
98. Liparis loeselii (L.) Rich.		+	+	+		
99. Listera cordata (L.) R. Br.	+	+	+	+		
100. Listera ovata (L.) R. Br.	+	+	+	+	+	+
101. Lithospermum officinale L.						+
102. Littorella uniflora (L.) Aschers.						
103. Lobelia dortmanna L.						
104. Lunaria rediviva L.				+		
105. Lycopodiella inundata (L.) Holub	+	+	+		+	+
106. Malaxis monophyllos (L.) Sw.	+	+	+	+		
107. Melittis sarmatica Klok.	+					
108. Moehringia lateriflora (L.) Fenzl						
109. Moneses uniflora (L.) A. Gray	+	+	+	+	+	
110. Najas major All.					+	+
111. Najas marina L.						
112. Neottianthe cucullata (L.) Schlechter	+		+(x)			
113. Nuphar pumila (Timm) DC.						
114. Nymphaea alba L.	+				+	+
115. Nymphoides peltata (S.G. Gmel.) O.Kuntze						
116. Orchis coriophora L.					+	

Продолжение таблицы 3.

117. Orchis mascula (L.) L.				+		
118. Orchis militaris L.						+
119. Orchis morio L.				+		
120. Orchis ustulata L.						
121. Orobanche elatior Sutt.						
122. Orobanche pallidiflora Wimm. et Grab.			+			
123. Osmunda regalis L.						
124. Oxycoccus microcarpus Turcz. ex Rupr.	+(?)	+		+	+	
125. Oxytropis pilosa (L.) DC.						
126. Pedicularis kaufmannii Pinzg.						
127. Pedicularis sceptrum-carolinum L.	+	+		+	+	
128. Pedicularis sylvatica L.		+		+		
129. Peucedanum cervaria (L.) Lapeyr.	+				+	+
130. Phyteuma nigrum F.W. Schmidt						
131. Pinguicula vulgaris L.				+(x)		
132. Platanthera chlorantha (Cust.) Reichenb.	+			+(x)	+	+
133. Pleurospermum austriacum (L.) Hoffm.						
134.Polypodium vulgare L.	+	+		+		
135. Potentilla alba L.	+				+	+
136. Potentilla rupestris L.						
137. Primula elatior (L.) Hill						
138. Prunus spinosa L.	+				+	
139. Pulmonaria mollis Wulf. ex Hornem.	+					
140. Pulsatilla pratensis (L.) Mill. s.l.	+			+	+	+
141. Pyrethrum corymbosum (L.) Scop.						+
142. Quercus petraea (Mattuschka) Liebl.	+					
143. Rhododendron luteum Sweet					+	
144. Rubus chamaemorus L.			+	+		
145. Salix myrtilloides L.	+	+	+	+	+	(?)
146. Salvia pratensis L.					+	+
147. Salvinia natans (L.) All.					+	+
148. Saxifraga granulata L.			+(x)			
149. Saxifraga hirculus L.	+	+		+(x)		
150. Scabiosa columbaria L.						
151. Scorzonera glabra Rupr.				+		
152. Scorzonera purpurea L.						
153. Sempervivum ruthenicum Schnittsp. et C. B. Lehm.						+
154. Senecio aquaticus Hill				+(x)		
155. Senecio fluviatilis Wallr.						
156. Senecio rivularis (Waldst. et Kit.) DC.						
157. Sesleria caerulea (L.) Ard.						
158. Sparganium glomeratum (Laest.) L. Neum.						

Окончание таблицы 3.

159. Sparganium gramineum Georgi				+		
160. Stellaria crassifolia Ehrh.	+	+	+	+		
161. Swertia perennis L.						
162. Tofieldia calyculata (L.) Wahlenb.						
163. Trapa natans L. s.l.					+	+
164. Trifolium rubens L.						
165. Trifolium spryginii Belaëva et Sipl.				+		
166. Trisetum sibiricum Rupr.	+	+				
167. Trollius europaeus L.	+	+	+	+	+	+
168. Urtica kioviensis Rogov.					+	
169. Valeriana dioica L.	+(x)					
170. Vicia pisiformis L.						
171. Viola montana L.						
172. Viola uliginosa Bess.				+	+	+
173. Viscum austriacum Wiesb.					+	
Всего	65	46	37	57	48	38

Обозначения: I – НП «Беловежская пуща», II – Березинский заповедник, III – НП «Браславские озёра», IV – НП «Нарочанский», V – НП «Припятский», VI – Полесский государственный радиационно-экологический заповедник; К – вид в культуре; (х)– вид, по-видимому, исчез; (?) – необходимы уточнения.

НП «Б е л о в е ж с к а я п у щ а». Список охраняемых растений парка, содержащий 65 видов, составлен согласно новому изданию КК РБ [10], т.е. из приводимых ранее в литературе списков охраняемых растений часть видов исключена, а некоторые добавлены в связи с изменением перечня растений, подлежащих охране.

Из рассматриваемого списка, по-видимому, исчезнувшими с белорусской части «традиционной» территории Пущи можно считать 4 вида, указывавшиеся ранее и известные по гербарным сборам или литературным источникам, это: *Aster amellus* – астра степная [15], *Carex davalliana* – осока Дэвелла [15], *Coeloglossum viride* – пололепестник зелёный [15], *Hammarbya paludosa*– хаммарбия болотная [16]. По данным инвентаризации, проводимой в последние годы в Пуще, не обнаружен *Cimicifuga europaea* – клопогон европейский (ранее было известно 5 местонахождений). Кроме того, по имеющейся у нас информации, уже ряд лет здесь не выявляется в ранее известном местонахождении *Valeriana dioica* – валериана двудомная [17 – 19]. В 1981 – 1987 гг. обследованиями не были подтверждены местонахождения *Gymnadenia conopsea* – кокушника длиннорогого и *Herminium monorchis* – бровника

одноклубневого [20]. Для ряда видов подтверждена лишь часть из ранее известных местонахождений: *Pulsatilla pratensis* (прострел луговой) – 1 из 2, *Hypericum montanum* (зверобой горный) - 1 из 3, *Aruncus vulgaris* (волжанка обыкновенная) - 3 из 18, *Hedera helix* (плющ обыкновенный) - 8 из 21, *Astrantia major* (астранция большая) - 1 из 4, *Arctium nemorosum* (репейник дубравный) - 5 из 9, *Crepis mollis* (скерда мягкая) - 1 из 2, *Platanthera chlorantha* (любка зеленоцветковая) - 3 из 6, *Listera cordata* (тайник сердцевидный) - 1 из 5, *Festuca altissima* (овсяница высокая) - 4 из 10, *Hordelymus europaeus* (ячменеволоснец европейский) - 4 из 9. Последние сведения приводятся из отчёта о проведенной в 2006 г. НИР научного сотрудника НП «Беловежская пуща» В.В. Худяковой. По результатам наблюдений, среди изученных ею охраняемых видов в наиболее угрожаемом состоянии находятся *Astrantia major, Aruncus vulgaris, Listera cordata* и *Peucedanum cervaria* (горичник олений) [21]. В общем, из указываемых 65 охраняемых видов в составе флоры Пущи, 8, по-видимому, исчезли с этой территории и не менее 10 видов находятся под угрозой исчезновения.

С присоединением к Беловежской пуще гидрологического заказника «Дикое» (2004 г.) число охраняемых видов сосудистых растений данной территории возросло: добавились *Carex umbrosa* – осока теневая и *Eriophorum gracile* – пушица изящная (MSK). Ошибочно для Пущи указаны *Sparganium glomeratum* – ежеголовник скученный и *Urtica kioviensis* – крапива киевская [22]. Только на её территории охраняется *Carex buxbaumii* (осока Буксбаума), лишь здесь произрастает *Hordelymus europaeus* и встречаются естественные популяции *Abies alba* (пихта белая) и *Quercus petraea* (дуб скальный).

Березинский биосферный заповедник**.** В последние годы для заповедника указывается 47 охраняемых видов сосудистых растений [23]. В составленном нами списке 46 видов. Из первоначального варианта списка исключён *Sparganium gramineum* – ежеголовник злаковидный, указываемый для заповедника по неправильно определённым образцам [24], но полагаем, что следует довнести *Drosera intermedia* – росянку промежуточную (для достоверности сведений нужны некоторые уточнения). Современное состояние популяций большинства охраняемых видов заповедника не вызывает опасений [25].

Относительно недавно (2004 г.) обнаружена первая популяция *Aldrovanda vesiculosa* – альдрованды пузырчатой [26], в 2008 году найдена *Cinna latifolia* – цинна широколистная [27], в 2009 г. выявлен новый для республики вид – *Ophris insectifera* L. – офрис насекомоносная (семейство Orchidaceae) [28, 29], рекомендованный для дополнительного включения в КК РБ. Вместе с тем уже ряд лет целенаправленными поисками не удаётся выявить *Cystopteris sudetica* – пузырник судетский, для которого Березинский заповедник – единственное известное в республике место произрастания. Только здесь под охранным режимом находится *Botrychium virginianum* – гроздовник виргинский.

НП «Браславские озёра». К настоящему времени на территории данного парка в естественных местообитаниях зарегистрировано 37 охраняемых видов сосудистых растений приблизительно в 100 местонахождениях. Проведенной в 2005 – 2010 гг. инвентаризацией не подтверждены местонахождения некоторых ранее отмечаемых здесь видов растений. Это относится к найденным в 1964 г. в оз. Дривяты *Caulinia flexilis* (каулиния гибкая) и *Caulinia minor* (каулиния малая) (MSK), а также к выявленной в 1956 г. на северо-восточном побережье оз. Дривяты *Neottianthe cucullata* (неоттианта клобучковая) (MSK). Не исключено, что эти растения уже выпали из состава естественных фитоценозов данного парка. Кроме того, установлено, что большинство существующих популяций охраняемых видов немногочисленно (особенно это касается орхидных), преимущественно низкого уровня жизненности. Не вызывает серьёзных опасений лишь состояние крупной популяции *Festuca altissima*, большинства популяций *Baeotryon alpinum* (пухоноса альпийского), отдельных популяций *Anemone sylvestris* (ветреницы лесной), *Gladiolus imbricatus* (шпажника черепитчатого), *Linnaea borealis* (линнеи северной), *Moneses uniflora* (одоцветки одноцветковой), *Listera ovata* (тайника яйцевидного) и *Cotoneaster melanocarpus* (кизильника черноплодного). Только в этом парке охраняется очень редкий вид – *Orobanche pallidiflora* (заразиха бледноцветковая).

В культуре и одичавшем состоянии отмечены ещё несколько охраняемых видов: в д. Ахремовцы (парк Бельмонт) среди старых насаждений широколиственных пород выявлены, вероятно, одичавшие из культуры *Clematis recta* – ломонос прямой и *Lilium*

martagon – лилия кудреватая (Морозов И.М., 11.07.2003, MSK); в д. Большое Обабье на приусадебных участках выращивается *Aruncus vulgaris* (сообщение Дубовика Д.В., июль 2009 г.).

Вблизи границы национального парка (окр. д. Жвирбли) выявлена популяция *Carex capillaris* – осоки волосовидной [30], что позволяет предположить о её возможном нахождении на территории самого парка. В экспедиционный период 2009 года на рассматриваемой ООПТ научным сотрудником ЦБС НАН Беларуси О.Н. Козловой было выявлено растение, считавшееся исчезнувшим с территории республики: *Epipogium aphyllum* (F.W. Schmidt) Sw. – надбородник безлистный (семейство Orchidaceae). Этот вид рекомендован для дополнительного включения в КК РБ.

НП «Н а р о ч а н с к и й». Общее число подлежащих охране видов сосудистых растений, зарегистрированных в этом парке, к настоящему времени составляет 57. Из них 7 видов следует считать, по-видимому, здесь исчезнувшими: *Botrychium matricariifolium* (гроздовник ромашколистный), *Campanula latifolia* (колокольчик широколитный) и *Saxifraga hirculus* (камнеломка болотная) приводились М. Твардовской в конце 19-го века [31], *Cypripedium calceolus* (венерин башмачок настоящий) указывался по послевоенным сборам в окр. д. Ольшево [32], *Pinguicula vulgaris* (жирянка обыкновенная) и *Platanthera chlorantha* отмечались в парке более 30 лет назад (MSKU) [32], *Senecio aquaticus* (крестовник водный) в 1955 г. был обнаружен В.А. Михайловской в окр. д. Садовщина (MSK). Это единственные сведения по каждому из приведенных видов. В более поздних сборах они отсутствуют. Ошибочно для заказника «Голубые озёра» (ныне территория НП) указывалась *Drosera intermedia* [33]. Только на территории «Голубых озёр» в настоящее время встречаются *Cladium mariscus* (меч-трава обыкновенная) и *Scorzonera glabra* (козелец голый), лишь в этом парке охраняется *Carex capillaris*, только здесь отмечены *Carex ornithopoda* (осока птиценожковая) и негибридные образцы *Sparganium gramineum*.

НП «П р и п я т с к и й». В последнее издание КК РБ из числа выявленных в пределах парка видов включено 48 [34], но, вероятно, два из них – *Aldrovanda vesiculosa* и *Dracocephalum ruyschiana* (змееголовник Руйша) – уже выпали из состава фитоценозов данной ООПТ. Первый вид отмечался лишь в 1931 г. О.С. Полянской [35], а второй – в 1907 г. В.С. Доктуровским [36].

Требуется проведение инвентаризации и выяснение современного состояния популяций ряда других охраняемых видов: *Corydalis intermedia* (хохлатка промежуточная), *Genista germanica* (дрок германский), *Najas major* (наяда большая) и др. Исключительно на этой заповедной территории под охранным режимом находятся очень редкие виды – *Carex tomentosa* (осока войлочная), *Euphorbia villosa* (молочай мохнатый), *Lindernia procumbens* (линдерния лежачая) и, возможно, *Iris aphylla* (касатик безлистный).

ПГРЭЗ. Ранее в заповеднике (согласно предыдущему изданию КК РБ) было зарегистрировано 29 охраняемых видов растений [37]. В более поздней публикации [38] приведен обновлённый список из 31 вида, составленный в соответствии с ныне действующей Красной книгой (4 вида исключено: *Dactylorhiza baltica* – пальчатокоренник балтийский, *Festuca valesiaca* – овсяница валисская, *Pimpinella major* – бедренец большой, *Senecio erucifolius* – крестовник эруколистный; 6 видов довнесено: *Cirsium pannonicum* – бодяк паннонский, *Hypericum montanum, Lithospermum officinale* – воробейник лекарственный, *Salix myrtilloides* – ива черничная, *Sempervivum ruthenicum* – молодило русское, *Viola montana* – фиалка горная). В одной из последних публикаций для территории этого резервата указано 38 охраняемых видов [39], в другой – 37 [40]. Ошибочно приводятся для данного региона *Corydalis intermedia, Nuphar pumila* (кубышка мала), *Orchis mascula* и *Viola montana.* Требуют проверки сведения о местонахождениях здесь *Huperzia selago* – баранца обыкновенного и *Salix myrtilloides* – ивы черничной.

Примечательно, что 5 подлежащих охране видов (C*ephalanthera longifolia* – пыльцеголовник длиннолистный, *Cirsium pannonicum, Lithospermum officinale, Orchis militaris* – ятрышник шлемоносный и *Sempervivum ruthenicum*), неизвестные в национальных парках и Березинском биосферном заповеднике, отмечены на территории ПГРЭЗ, причем последний из указанных видов выявлен только здесь.

Заказники республиканского значения. На территории данных заказников (существующих и запланированных к созданию) зарегистрировано 136 охраняемых видов сосудистых растений, что составляет 78,6% от числа видов, включенных в КК РБ, и 88,3% от числа охраняемых видов этой группы растений на ООПТ. Количество охраняемых видов в отдельных заказниках колеблется

от 0 («Бабинец», «Запольский», «Лебяжий»), 1 («Еловский», «Мацевичское», «Мошно», «Споры», «Чирковичский»), 2 («Болото Мох», «Борский», «Букчанский», «Денисовичский», «Жада», «Копыш», «Корытенский Мох», «Лонно», «Подвеликий Мох», «Старица»), 3 («Докудовский», «Заозерье», «Омговичский», «Подсады», «Тресковщина», «Тырвовичи», «Черневичский») до 30 – 33 («Красный Бор», «Мозырские овраги», «Прибужское Полесье»). Достаточно высокий созологический статус имеют также заказники «Буда-Кошелёвский», «Гродненская пуща», «Днепро-Сожский», «Званец», «Налибокский», «Освейский», «Свитязянский», «Споровский», «Стрельский», в которых зарегистрировано 20 и более охраняемых видов. В ряде заказников («Бабиновичский», «Бусловка», «Выгонощанское», «Выдрица», «Глебковка», «Ельня», «Замковый лес», «Котра», «Липичанская пуща», «Луково», «Лунинский», «Медухово», «Новогрудский», «Ольманские болота», «Острова Дулебы», «Пекалинский», «Свислочско-Березинский», «Синьша», «Слонимский», «Сорочанские озёра», «Средняя Припять», «Стронга») выявлено от 10 до 20 подлежащих охране видов. Эти заказники можно отнести к ООПТ довольно высокой природоохранной значимости.

Анализ пространственного распределения охраняемых видов на территории заказников республиканского значения выявил следующее: в Брестской области под охранным режимом данных ООПТ находится 74,7% от 95 охраняемых видов, отмеченных в этой области, в Витебской области – 61,8% от 102, Гомельской области – 85,3% от 75, Гродненской области – 80,7% от 88, Минской области – 39,6 % от 106, Могилёвской области – 36,7% от 60. Из этого следует, что наименьшую значимость в сохранении редких и исчезающих видов растений имеют заказники данного ранга в Минской и Могилёвской областях, наибольшую – в Гомельской и Гродненской. С одной стороны, эти числа отражают в какой-то мере количество охраняемых видов растений, выявленных на территории данных областей, что отчасти зависит от степени их флористической изученности, но, вероятно, в большей мере объясняется степенью нарушенности естественных фитоценозов в этих областях, а с другой – различной насыщенностью (обеспеченностью) областей заказниками республиканского значения, особенно имеющими высокий созологический статус.

Только в заказнике «Бабиновичский» охраняется *Aconitum lasiostomum* (борец шерстистоустый), в заказниках «Буда-Кошелёвский» – *Scorzonera purpurea* (козелец пурпуровый), «Днепро-Сожский» – *Moehringia lateriflora* (мерингия бокоцветковая), «Мозырские овраги» – *Campanula sibirica* (колокольчик сибирский), «Налибокский» – *Hypericum hirsutum* (зверобой волосистый), «Прибужское Полесье» – *Osmunda regalis* (чистоуст величавый), «Прилепский» – *Galium triflorum* (подмаренник трехцветковый), «Свитязянский» – *Littorella uniflora* (прибрежница одноцветковая). Из немногочисленных местонахождений *Orchis ustulata* (ятрышник обожжёный) под охранным режимом находятся два: в заказниках «Глебковка» и «Пекалинский». То же самое касается *Hypericum tetrapterum (*зверобой четырёхкрылый), охраняемого только в заказниках «Званец» и «Средняя Припять», *Hydrocotyle vulgaris* (щитолистник обыкновенный) – в заказниках «Гродненская пуща» и «Прибужское Полесье», *Galatella rossica* – в заказниках «Днепро-Сожский» и «Смычок», *Nuphar pumila* – в заказниках «Красный Бор» и «Освейский», *Conioselinum tataricum* (гирчовник татарский) – в заказниках «Бабиновичский» и «Налибокский».

Заказники местного значения и памятники природы. Во флоре 45 проанализированных заказников этого ранга подлежит охране 79 видов. Для сохранения некоторых растений данные заказники имеют весьма большое значение. Например, *Corydalis intermedia* в настоящее время охраняется, вероятно, только в заказнике «Бортники» (Воложинский район Минской области) [41], так как ранее известные местонахождения этого вида в НП «Припятский» [42] и заказнике «Ивенчик» (Воложинский район) (MSK) давно не подтверждаются. Единственное реальное охраняемое место произрастания (из 10 известных местонахождений) *Primula elatior* – примулы высокой находится в заказнике «Ворохово» (Каменецкий район Брестской области) [43]. На территории республики единственное известное место произрастания *Viola montana* – заказник «Придвинье» (Витебский район) [10].

По имеющимся сведениям, в статусе памятников природы республиканского значения охраняются три местонахождения *Trapa natans* – водяного ореха, которые находятся в Городокском районе (д. Мостище, р. Овсянка; д. Озерки, оз. Озерское; д. Село, оз. Тиосто), а также два местонахождения *Rhododendron luteum* –

рододендрона жёлтого: Житковичский район, Ветчинское л-во, кв. 125; Ляховичский район, Медведичское лесничество, кв. 68.

Общий анализ. Как показал анализ обобщённого материала по представленности охраняемых видов на заповедных территориях, 12 видов отмечены только на ООПТ разного ранга. Кроме *Quercus petraea,* который имеет 2-ю категорию охраны, это виды I-й созологической категории с единичными местонахождениями: *Abies alba* (дикорастущая), *Astrantia major, Carex heleonastes* (осока болотолюбивая), *C. ornithopoda, Cladium mariscus, Cystopteris sudetica, Hordelymus europaeus, Littorella uniflora, Osmunda regalis, Scorzonera glabra, Viola montana.* Вероятно, к этому перечню следует добавить и *Euphorbia villosa***,** произрастающий в НП «Припятский» (по «старым» гербарным сборам отмечен в окр. г. Горки, где в настоящее время не выявляется). К сожалению, в последнее время, как уже было указано выше, не подтверждается местонахождение *Cystopteris sudetica* в Березинском заповеднике, а некоторые из вышеназванных видов сократили свою численность: *Astrantia major*, *Hordelymus europaeus* и *Quercus petraea* – в НП «Беловежская пуща», *Scorzonera glabra* – в НП «Нарочанский».

Большинство охраняемых видов выявлены как на существующих заповедных территориях, так и вне их. Более или менее благоприятна ситуация (значительная охваченность сетью ООПТ) относительно некоторых видов IV категории охраны: *Dentaria bulbifera* – зубянки клубненосной, *Festuca altissima*, *Gladiolus imbricatus*, *Huperzia selago*, *Iris sibirica* – касатика сибирского, *Lilium martagon*, *Listera ovata*. Слабо охвачены сетью ООПТ (охраняется лишь 10–25% от количества достоверно известных популяций) из этой группы растений *Carex rhizina, Cucubalus baccifer* (волдырник ягодный), *Lunaria rediviva, Lycopodiella inundata* (ликоподиелла заливаемая). Увеличение количества охраняемых популяций необходимо и для ряда видов III созологической категории: *Angelica palustris* (дудник болотный), *Aruncus vulgaris, Aster amellus*, *Botrychium multifidum* (гроздовник многораздельный), *Campanula sibirica*, *Coeloglossum viride, Conioselinum tataricum*, *Corydalis intermedia, Dianthus armeria* (гвоздика армериевидная), *Gentianella amarella* (горечавочка горьковатая). В настоящее время у этих видов на ООПТ находится лишь 20–37% от количества популяций, для которых возможна организация охраны. Особую тревогу вызывает состояние вопроса

охраны относительно некоторых видов I-й и II-й категорий. Например, из трёх известных местонахождений *Gagea spathacea* (гусиный лук покрывальцевый), *Iris aphylla* и *Moehringia lateriflora* в пределах ООПТ находится только одно, у *Hypericum hirsutum* – из пяти одно, у *Lathyrus pisiformis* (чина гороховидная) – из шести одно, у *Scorzonera purpurea* – из четырёх одно.

Не известны на ООПТ 19 подлежащих охране видов (11,0 % от числа видов, включённых в КК РБ), из которых 6 (*Aconitum lycoctonum* – борец обыкновенный, *Cirsium canum* – бодяк серый, *Phyteuma nigrum* – кольник черный, *Potentilla rupestris* – лапчатка скальная, *Senecio rivularis* – крестовник приручейный, *Swertia perennis* – сверция многолетняя) имеют только по одному местонахождению, а остальные – немногочисленные места произрастания (табл. 4). У видов из данного списка высока степень риска исчезновения с территории республики, что предопределяется I-й и II-й категориями национального природоохранного статуса.

Этот список с большой вероятностью можно дополнить *Hypericum hirsutum*, выявленным в 1976 г. в Налибокской пуще [44], *Oxytropis pilosa* – остролодочником волосистым, ранее отмечаемым в заказниках «Сопоцкинский» и «Кривое» [10, 13], *Pinguicula vulgaris,* прежде указываемой для заказника «Свитязянский» [45] и НП «Нарочанский» [32] и сохранившейся, скорее всего, только в Новогрудском районе вблизи границы заказника «Новогрудский» [46], а также *Valeriana dioica,* приводившейся для Беловежской пущи [17] и отмечаемой в последние годы в незначительном количестве только в Пуховичском районе. Перечисленные местонахождения в вышеупомянутых ООПТ никем в последние десятилетия не подтверждались. Ещё один вид является кандидатом для включения в данный список – это *Tofieldia calyculata* (тофильдия чашечковая), ошибочно, как выяснилось, указывавшаяся для Беловежской пущи [47].

Для данной группы охраняемых видов необходима подготовка срочных планов действий по их сохранению, включающих проведение инвентаризации с оценкой современного состояния всех известных популяций этих видов, разработку конкретных мероприятий по их поддержанию и, при необходимости, восстановлению.

Таблица 4. Список видов сосудистых растений, включённых в Красную книгу Республики Беларусь (2005 г.), не выявленных на природоохранных территориях

№ п/п	Латинское название вида	Категория охраны	Местонахождения
1.	Aconitum lycoctonum	I	Окрестности г. Витебска
2.	Allium schoenoprasum	II	Бешенковичский, Витебский, Волковысский, Полоцкий и Шумилинский районы
3.	Carex hostiana	II	Новогрудский район (окр. дд. Вселюб и Ждановичи)
4.	Cirsium canum	I	Климовичский район (окр. д. Селец)
5.	Equisetum telmateia	I	Петриковский и Лоевский районы
6.	Nymphoides peltata	I	Граница Столбцовского и Кореличского районов (окр. дд. Жуков Борок и Криничное)
7.	Orchis militaris	I	ПГРЭЗ, Витебский, Гродненский Мстиславский и Шумилинский районы
8.	Orobanche elatior	II	Волковысский (окр. д. Карповцы), Минский (окр. д. Новый Двор) и Миорский (окр. д. Олищенцы) районы
9.	Pedicularis kaufmannii	I	Городокский и Дрибинский районы
10.	Phyteuma nigrum	I	Пуховичский район (окр. ж.-д. о.п. «Веленский»)
11.	Pleurospermum austriacum	I	Ошмянский (окр. д. Огородники) и Волжинский (окр. д. Лужаны) районы
12.	Potentilla rupestris	I	Слонимский район (окр. д. Поречье)
13.	Scabiosa columbaria	II	Логойский (окр. д. Прилепцы) и Воложинский (окр. д. Володьки) районы
14.	Sempervivum ruthenicum	I	ПГРЭЗ: Хойникский район (окр. дд. Уласы и Масаны)
15.	Senecio rivularis	I	Пуховичский район (окр. ж.-д. о.п. «Веленский»)
16.	Sesleria caerulea	II	Витебский, Глубокский, Городокский и Полоцкий районы
17.	Sparganium glomeratum	II	Докшицкий (окр. д. Поляне) и Краснопольский (окр. д. Малые Хутора) районы
18.	Swertia perennis	I	Логойский район (окр. г.п. Плещеницы)
19.	Vicia pisiformis	I	Быховский (окр. д. Обидовичи) и Мозырский (окр. д. Барбаров) районы

Заключение. Таким образом, проведенными исследованиями в основном выявлен видовой состав и определена репрезентативность флоры ООПТ Беларуси, её важнейшего компонента – сосудистых растений. Установлено, что репрезентативность флоры природоохранных территорий относительно общего числа видов сосудистых растений Беларуси довольно высока (не менее 86,3 %), ещё выше репрезентативность флоры ООПТ относительно числа видов аборигенной фракции флоры республики (не менее 94,2 %), значительна представленность на заповедных территориях охраняемых видов растений (89,0%). Это свидетельствует о довольно высокой флоросозологической значимости имеющегося природно-заповедного фонда республики. Вместе с тем, более детальное рассмотрение данных вопросов на популяционном уровне выявило, что ряд видов ограничен в сети ООПТ территорией единичных или немногих заказников, а для многих видов доля находящихся под охранным режимом популяций незначительна. Поэтому необходимо принятие дополнительных мер по их охране, в том числе и рационального расширения сети ООПТ.

Установленная степень антропогенной нарушенности флоры природоохранных территорий Беларуси, определённая по величине индекса антропофитизации, несколько ниже таковой флоры республики (33,6% и 40,0% соответственно). К тому же это число свидетельствует о некотором расширении и усилении процесса синантропизации флоры ООПТ, как и флоры республики в целом, приводящего к дестабилизации естественного растительного покрова, замещению представителей аборигенного ядра флоры видами, прежде не свойственными для данной природной территории.

Литература

1. Лиштван И.И., Парфёнов В.И., Голод Д.С. // Природные ресурсы. 1997. № 3. С. 5 – 11.

2. Определитель высших растений Беларуси / Под ред. В.И. Парфёнова. Минск: Дизайн ПРО, 1999. 472 с.

3. Третьяков Д.И. / Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики: Материалы IV рабочего совещания по сравнительной флористике, Березинский биосферный заповедник, 1993. Санкт-Петербург: СПб. Гос. ун-т (НИИХ), 1998. С. 250 – 259.

4. Jackowiak B. Antropogeniczne przemiany flory roślin naczyniowych

Poznania. Poznan: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, 1990. 232 pp.

5. Казлоўская Н.В., Булат В.С. // Весці Акад. навук БССР. Сер. біял. навук. 1980. № 5. С. 5 – 9.

6. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2008 г. / Под ред. В.Ф. Логинова. Минск, 2009. 406 с.

7. Парфёнов В.И., Третьяков Д.И. // Эколого-экономический механизм сохранения биоразнообразия особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь: Материалы межд. научн.-практ. конф., Беловежская пуща, 27-28 апреля 2006 г. Брест, 2006. С. 183 – 186.

8. Козловская Н.В. Флора Белоруссии, закономерности её формирования, научные основы использования и охраны. Минск: Наука и техника, 1978. 128 с.

9. Парфёнаў В. І., Казлоўская Н.В., Вынаеў Г.У., Траццякоў Д. І. // Весці Акад. навук БССР. Сер. біял. навук. 1981. № 2. С. 35 – 43.

10. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / Гл. редколлегия: Л.И. Хоружик (предс.), Л.М. Сущеня, В.И. Парфёнов и др. Минск: БелЭн, 2005. 456 с.

11. Чырвоная кніга Беларускай ССР: Рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення віды жывёл і раслін / Гал. рэдкал.: Казлоў В.А. і інш. Мінск: БелСЭ, 1981. 288 с.

12. Козловская Н.В., Булат В.С., Леонович Т.А. // Ботаника (исследования): Сборник научн.тр. Минск: Наука и техника, 1983. Вып. 25. С. 49 – 55.

13. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь: Рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення віды жывёл і раслін / Гал. рэд.: А.М. Дарафееў (старш.), Л.М. Сущэня, В.І. Парфенаў і інш. Мінск: БелЭн., 1993. 560 с.

14. Кочановский С.Б. // Беловежская пуща на рубеже третьего тысячелетия: Материлы научн.-практ. конф., п. Каменюки Брест. обл., 22-24 декабря 1999 г. Минск, 1999. С. 121 – 122.

15. Paczoski J. Lasy Bialowiezy. Monogr. Nauk. Poznan, 1930. 575 s.

16. Bloński F., Drymmer K., Ejsmond A. // Pam. Fizjogr. 1888. T. 8. Dzial 3. Str. 59 – 155.

17. Николаева В.М., Зефиров Б.М. Флора Беловежской пущи. Минск: Ураджай, 1971. 184 с.

18. Денгубенко А.В. // Беловежская пуща на рубеже третьего тысячелетия: Материалы научн.-практ. конф., п. Каменюки Брест. обл., 22-24 декабря 1999 г. Минск, 1999. С. 205 – 208.

19. Денгубенко А.В. // Прыроднае асяроддзе Палесся: сучасны стан і яго змены: Матэр. міжнар. канф. у II ч, Люблін-Шацк-Брэст, 17-21 чэрвеня 2002 г. Брэст, 2002. Ч. II. С. 505 – 507.

20. Шалак А.И., Дворак Л.Е. // Заповедники Белоруссии. Исследования. Минск: Ураджай, 1989. Вып. 13. С. 48 – 56.

21. Худякова В.В., Кравчук В.Г. // Эколого-экономический механизм

сохранения биоразнообразия особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь: Материалы межд. научн.-практ. конф., Беловежская пуща, 27-28 апреля 2006 г. Брест, 2006. С. 226 – 235.

22. Гигиняк Ю.Г., Байчоров В.М., Вежновец В.В., Лаенко Т.М., Гигиняк И.Ю., Горелышева З.И., Тищиков И.Г. // Беловежская пуща. Исследования. Брест: Альтернатива, 2009. Вып. 13. С. 161 – 229.

23. Ивкович Е.Н. // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. Минск: Белорусский Дом печати, 2010. Вып. 5. С. 121 – 127.

24. Парфенов В.И., Ставровская Л.А., Игнатенко В.И. Флора Березинского биосферного заповедника. Минск: Наука и техника, 1992. 191 с.

25. Ивкович Е.Н., Автушко С.А. // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. Минск: Белорусский Дом печати, 2010. Вып. 5. С. 153 – 158.

26. Автушко С.А. // Актуальные проблемы изучения фито-и микобиоты: Материалы межд. научн.-практ. конф. (Минск, 25-27 окт. 2004 г.). Минск, 2004. С. 12 – 13.

27. Ивкович Е.Н., Автушко С.А. // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. Минск: Белорусский Дом печати, 2008. Вып. 3. С. 88 – 92.

28. Ивкович Е.Н., Автушко С.А // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. Минск: Белорусский Дом печати, 2009. Вып. 4. С. 45 – 51.

29. Созинов О. В. // Ботаника (исследования) : Сборник научн.тр. Минск: Право и экономика, 2009. Вып. 38. С. 428 – 431.

30. Дубовик Д.В., Третьяков Д.И., Скуратович А.Н., Савчук С.С. // Ботаника (исследования): Сборник научн.тр. Минск: Право и экономика, 2009. Вып. 37. С. 56 – 76.

31. Twardowska M. Spis roslin znalezionych w ocolicy Schemetowszczysny. Pam.Fizjograf., III, 1883, str. 274 – 291.

32. Бібікаў Ю.А., Зубкевич Г.І, Сауткина Т.А. // Весці АН Беларускай ССР. Сер.біял.навук. 1980. № 6. С. 20 – 24.

33. Вынаев Г.В., Третьяков Д.И. / Закономерности развития органического мира и научные основы его использования: Материалы научн. конф. молодых ученых АН БССР. Минск: Наука и техника, 1978. С. 8.

34. Сосудистые растения Национального парка «Припятский» / В.И. Парфёнов и др. Минск: Белорусский Дом печати, 2009. 208 с.

35. Палянская В.С. Склад флёры Беларусі і геаграфічнае пашырэнне паасобных раслінных відаў. Менск: Изд-во БАН, 1931. 172 с.

36. Доктуровскій В.С. // Тр. студ. кружка для изслъд. Русской природы, состоящаго при Моск. Имп. Ун-те. 1907. Кн. 3. С. 42 – 82.

37. Флора и растительность Полесского радиационно-экологического заповедника. / В.И. Парфенов, О.М. Масловский, В.В. Валетов и др. Мозырь: ООО ИД «Белый ветер», 2002. 112 с.

38. Вынаев Г.В., Матусов Г.Д., Шамро А.В. / 20 лет после

чернобыльской катастрофы. Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2006. С. 151 – 155.

39. Редкие и исчезающие виды растений на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / Г.Д. Матусов и др. Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2008. 45 с.

40. Дедышко А.А., Матусов Г.Д., Китиков В.И., Малёнок Л.В. / Природные ресурсы Национального парка «Припятский» и других особо охраняемых природных территорий Беларуси: изучение, сохранение, устойчивое использование. Минск: Изд-во «Белорусский Дом печати», 2009. С. 121 – 124.

41. Скуратович А.Н. // Маніторынг і аценка стану расліннага пакрова: Матэр. міжн. нав.-практ. канф., г. Мінск, 28-31 кастр. 2003 г. Мінск, 2003. С. 94 – 96.

42. Клакоцкая Т.Н., Парфенов В.И., Козловская Н.В. // Припятский заповедник. Минск: Ураджай, 1976. С. 29 – 54.

43. Особо охраняемые природные территории Брестской области / под ред. Михальчука Н.В., Демянчика В.Т., Грибко А.В. - Брест: Брестоблтипография, 1997. С. 86 – 87.

44. Флора Налибокской пущи / Бибиков Ю. А., Зубкевич Г.И., Сауткина Т.А. и др. Минск.: Изд-во БГУ, 1980. 184 с.

45. Джус М.А. // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. Минск: Белорусский Дом печати, 2010. Вып. 5. С. 139 – 152.

46. Вознячук И.П., Созинов О.В., Семеренко Л.В. // Мониторинг и оценка состояния растительного мира: Материалы межд. научн. конф. Минск-Нарочь, 22 – 26 сентября 2008 г. Минск, 2008. С. 392 – 394.

47. Третьяков Д.И. // Ботаника (исследования) : Сборник научн.тр. Минск: Право и экономика, 2010. Вып. 39. С. 56 – 114.

В.И. ПАРФЕНОВ, Л.В. СЕМЕРЕНКО, Д.В. ДУБОВИК,
А.Н. СКУРАТОВИЧ, Д.И. ТРЕТЬЯКОВ

РОЛЬ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В СОХРАНЕНИИ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ

Резюме

Представлены результаты анализа и обобщения информации, касающейся распространения сосудистых растений на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) Республики Беларусь. Определена репрезентативность флоры заповедных территорий относительно как общего числа видов сосудистых растений, так и числа охраняемых видов этой группы растений. Установлена степень антропогенной трансформации флоры ООПТ. Показана роль природоохранных территорий разного ранга (заповедников, национальных парков, заказников республиканского и местного значения) в сохранении видового флористического разнообразия.

Дана оценка флоросозологической значимости природно-заповедного фонда республики.

V.I. PARFENOV, L.V. SEMERENKO, D.V. DUBOVIK,
A.N. SKURATOVICH, D.I. TRETJAKOV

THE ROLE OF PARTICULARLY PROTECTED NATURAL AREAS IN THE REPUBLIC OF BELARUS IN PRESERVATION OF SPECIES DIVERSITY OF VASCULAR PLANTS

Summary

The authors present the results of analysis and generalization of information concerning spread of vascular plants in particularly protected natural areas (PPNA) of the Republic of Belarus. Representativity of flora in areas was determined with respect to the total number of vascular plant species and relative to the number of the protected species in this group of plants. The degree of anthropogenic transformation of the PPNA flora was revealed. The role of nature-protected areas of a diverse rank (nature reserves, national parks, republican and local wildlife reserves) in preservation of species floristic diversity was shown, with flora-protected importance of nature reserves in the Republic being assessed.

Поступила в редакцию 11.04.2011 г.

УДК 582.32 (476)

Г.Ф. РЫКОВСКИЙ

БИОМОРФЫ БРИЕВЫХ МХОВ ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Введение. В предшествующей публикации [1] нами представлены результаты изучения жизненных стратегий бриевых мхов во флоре Беларуси. При этом были затронуты и формы роста. Для мхов формы роста - одно из проявлений жизненных стратегий. Биоморфа (форма роста, жизненная форма) у мхов имеет особо важное значение в связи с особенностями их организации – фактически отсутствием у основного их большинства специализированных проводящих и покровных тканей, а, возможно, эволюционно ранней дегенерацией этих структур. В такой связи биоморфы мхов заслуживают отдельного рассмотрения.

Материалы и методы исследования. Согласно К.О. Улычной [2], у мохообразных форма роста обусловливается, прежде всего,

способом нарастания и ветвления стебля, что определено наследственно и различается у представителей разных систематических групп. Она отмечает, что форма роста моховой дерновинки в целом в большой мере зависит также от ориентации стеблей относительно субстрата и плотности смыкающихся стеблей дерновинки – особенностей строения, которые часто формируются под непосредственным влиянием условий места произрастания.

М.Ф. Бойко [3] отмечает, что жизненная форма это ответ растений на общие условия среды. Распределение биоморф определяется, прежде всего, условиями влажности, субстрата и освещенности.

Специальное изучение форм роста мхов провел H. Meusel [4]. Однако разработанная им классификация форм роста мхов не нашла широкого применения, прежде всего, потому, что не отражала преобладание у них коллективной формы существования [3].

Бойко М.Ф. [3] справедливо обращает внимание на то, что первые классификации жизненных форм мохообразных, основанные на анализе строения целой моховой дерновины, были предложены одновременно в двух публикациях [5, 6]. М.П. Слободян [5] выделял у мхов следующие формы роста: ковры, дерновины, подушки, паутины, общинки, протонематическую, плавающую и висячую формы. Он подчеркивает, что формы роста верно отражают зависимость строения коллективов мелких растительных организмов от условий среды. Однако при значительном сходстве классификации форм роста М.П. Слободяна [5] и классификации Гаймингама и Робертсона [6], последняя выигрывает от того, что она более четкая и охватывает почти все разнообразие жизненных форм. В ней выделено 5 основных типов форм роста мхов: подушки, дерновины, «миниатюрные леса», ковры и сплетения. Эта классификация с некоторыми ее последующими усовершенствованиями широко используется при проведении экологических и ценологических исследований.

М.Ф. Бойко [3] на основе проведенного анализа мохообразных степной зоны Европы выделил следующие их жизненные формы: ковры (плоский, паутинистый), дерновины (подушковидная, плотная, рыхлая, древовидная), подушки (большая, малая), сплетения (рыхлое, плотное).

Как подчеркивает К.О. Улычна [2], все большое внимание уделяется изучению взаимосвязей форм роста мохообразных с определенным экотопом. Считают, что виды бриофитов с определенной формой роста могут существовать только в ограниченных условиях среды, поэтому каждую форму роста можно рассматривать как показатель определенных экологических условий. В связи с этим отмечается, что приобретает особый интерес изучение распределения их в растительных сообществах [7, 8]. Нельзя не согласится с К.О. Улычной и в том, что на основе анализа форм роста мохообразных можно дать определенную оценку растительного сообщества.

В основу классификации биоморф мхов положена классификация, предложенная Гаймингамом и Робертсоном с учетом последующих изменений и дополнений, внесенных в нее К.О. Улычной и основывающихся на морфологических исследованиях Мейзеля [125] и ее личных наблюдениях за ростом и возобновлением как отдельных листостебельных побегов, так и целых дерновинок в условиях Карпатского высокогорья.

Дернистая форма роста характерна для акрокарпных мхов. Как отмечает К.О. Улычна, стебли в дерновине расположены параллельно, вертикально вверх, не разветвлены или с редким дихотомическим ветвлением. Нарастание стебля верхушечное, ограниченное или не ограниченное. Ризоиды развиваются в основании стебля, часто в виде войлока. Дерновинки образуются из почек на протонеме или при регенерации лежащих побегов. Возобновление и уплотнение происходит путем закладки базитонных и акротонных инноваций. Среди дернистых форм выделяют открытые дерновинки с долгоживущей протонемой, настоящие дерновины, возобновление побегов в которых происходит путем образования базитонных инноваций, подушковидные дерновины с акротонными инновациями.

Подушковидная биоморфа присуща акрокарпным мхам. Она характеризуется радиальным расположением побегов, в центральной части прикрепленных к субстрату ризоидами и с пышным симподиальным ветвлением. К этой биоморфе относятся настоящие подушки – полукруглые в очертании и с радиальным размещением всех ветвей, а также дернистые подушки, которые внешне напоминают дерновины и имеют параллельно расположенные ортотропно направленные концевые ветви.

Ковровая форма роста свойственна плеврокарпным (бокоплодным) видам мхов с плагиотропным характером роста главных побегов. Побеги образуют относительно плоский, переплетенный ковер, прикрепленный к субстрату ризоидами. Главные побеги с неограниченным верхушечным нарастанием ветвятся дихотомически или моноподиально, часто образуются боковые ветви с ограниченным ростом, ризоиды образуются по всей длине главных побегов, а иногда и боковых. Ковры бывают плоскими, в которых главные и боковые побеги расположены более – менее в одной плоскости, вертикально ветвистыми, у которых главные побеги прикреплены к субстрату ризоидами, а боковые ветви с ограниченным ростом поднимаются вертикально вверх, иногда еще раз ветвясь. Сюда же относится шагающая форма, у которой растущая верхушка главного побега то поднимается над субстратом, то опускается к нему, прикрепляясь ризоидами. Образуется она у многих плеврокарпных мхов, особенно если мох произрастает отдельными побегами среди других растений. Ковер бывает нитчатый или грубый, рыхлый или плотный.

Сплетение присуще многим плеврокарпным мхам. У них – ортотропная ориентация главных побегов и пышное боковое ветвление, ризоиды отсутствуют, верхушечный рост главных побегов не ограниченный или ограниченный и тогда моноподиальное боковое ветвление комбинируется с симподиальным для главных побегов. В целом такие биоморфы выглядят как системы рыхлых сплетений различным образом и пышно разветвленных побегов, вертикальных, лежащих или восходящих, без ризоидов или с немногочисленными ризоидами. Различаются слабоветвистые сплетения с отсутствием боковых веток; разветвленно-ветвистые сплетения, у которых верхушечная почка долгое время сохраняет способность к росту, а боковые ветви с ограниченным ростом закладываются неравномерно и в разных плоскостях; перисто-ветвистые сплетения, которые имеют регулярное боковое ветвление. Главный побег у последних часто имеет ограниченный рост и при возобновлении почка закладывается симподиально. Сплетения могут быть лежачими, если побеги ложатся, и тогда напоминают плоский ковер, или поднятый, если побеги ориентированы под определенным углом к субстрату. Сплетения могут быть плотные и рыхлые.

Дендроидная форма роста может образовываться у некоторых как акрокарпных, так и плеврокарпных мхов. Для них характерно то, что вертикально вверх направленный стебель вверху ветвится, напоминая миниатюрное деревце. Подземные побеги покрыты ризоидами, ветвятся и дают начало новым надземным побегам.

Результаты и их обсуждение. Флора бриевых мхов в Беларуси слагается из их двух основных групп по характеру расположения на стеблях генеративных органов – акрокарпных и плеврокарпных мхов. Эволюционно более древними являются акрокарпные мхи, первоначально произраставшие в напочвенном покрове при слабой выраженности конкурентных отношений в сообществе. Вообще же следует учитывать, что бриевые мхи как производные областей с умеренным климатом, долго не сталкивались с жесткой конкуренцией со стороны сосудистых растений, произрастая зачастую в полуоткрытых местообитаниях. При определенном усилении конкурентного давления, особенно со стороны неотенических форм покрытосеменных, многие из них должны были, уклоняясь от конкуренции, освоить недоступные для поселения цветковых субстраты, созданные самими же цветковыми – кору деревьев и кустарников, а также гниющий колодник. Уклоняясь от конкуренции, они вынуждены были осваивать и скально-каменистый субстрат.

Другой аспект взаимоотношений бриевых мхов с экзогенной средой – реакция на прямое воздействие стрессовых абиотических факторов, связанных с процессами аридизации климата. Тогда, сохраняя форму роста дерновинами, они приобретали структурно-функциональный ксероморфизм или же переходили в разряд эфемеров, характеризующихся сокращенным жизненным циклом и перенесением засушливого периода в виде устойчивых к низкой влажности среды спор. При произрастании на почве (эпигеиды) у бриевых мхов в основном сохранялась такая форма роста, как настоящая дерновина, хотя у некоторой части видов (около 30) сформировались подушковидные дерновины, а у отдельных видов – открытые дерновины. Настоящие и открытые дерновины характерны для пионерных видов, колонизирующих не занятые или освободившиеся субстраты. Однако некоторые виды бриевых мхов, прежде всего, эфемеры, происходящие из аридных областей, не образуют часто или вовсе дерновин, а произрастают группами или же отдельными побегами.

Акрокарпные мхи, освоившие такие неблагоприятные по своим физико-химическим характеристикам субстраты, как кора древесных растений и скально-каменистые образования, выработали в большей или меньшей мере ксероморфную организацию и чаще всего соответствующие этим экстремальным экологическим условиям биоморфы. Они способствуют сохранению мхов в состоянии более или менее длительного обезвоживания и вместе с тем содействуют энергичному поглощению и некоторому удержанию поглощенной влаги. К таким формам роста бриевых мхов относятся подушки, дерновинные подушки и подушковидные дерновины. Подушковидные дерновины формируются и у некоторых видов, поселяющихся на гниющей древесине, а также у отдельных видов бриевых мхов в условиях болот и на почвенных обнажениях.

Далее рассмотрим формы роста у представителей отдельных семейств бриевых мхов как эволюционно сформировавшихся таксономических подразделений. У Политриховых (сем. Polytrichaceae) формируются настоящие дерновины, а у некоторых их видов - открытые дерновины. У Фунариевых (сем. Funariaceae) – настоящие дерновины, но *Physcomitrella patens* произрастает группами особей или единично. У Энкалиптовых (сем. Encalyptaceae) – только настоящие дерновины. В таком крупном семействе, как Поттиевые (сем. Pottiaceae), являющемся дериватом аридного климата, наиболее представлены виды, образующие настоящие дерновины (22 вида), хотя 4 вида формируют подушковидные дерновины, а у 10 – отмечено произрастание группами особей или единичными особями. Только группами или единичными особями произрастают: *Aloina rigida, A. ambigua, Acaulon triquetrum*. У Дитриховых (сем. Ditrichaceae) представлена биоморфа настоящие дерновины и только у *Ceratodon purpureus* встречается произрастание подушковидной дерновиной. У Фиссиденсовых (сем. Fissidentaceae) представлены настоящие дерновины, а также подушковидные дерновины – *Fissidens osmundoides*.

Такое крупное семейство как Дикрановые (сем. Dicranaceae) характеризуется двумя биоморфами: настоящая дерновина (13 видов) и подушковидная дерновина (14 видов). В наиболее крупном в составе флоры бриевых мхов сем. Bryaceae, в котором широко представлены пионерные виды, наиболее распространена

биоморфа настоящая дерновина (32 вида), хотя часть этих видов (4) встречается иногда группами особей или единично, а *Bryum caespiticeum* способен формировать подушковидные дерновины. Последней формой роста характеризуются еще три вида – космополиты *Bryum argenteum, B. creberrimum, B. longisetum*. У Мниевых (сем. Mniaceae) за редким исключением (подушковидные дерновины у *Mnium hornum, Cinclidium stygium*) представлены настоящие дерновины. Однако у представителей родов *Plagiomnium, Mnium* вегетативные побеги формируют подобие ковров.

У Аулакомниевых (сем. Aulacomniaceae) – подушковидные дерновины и настоящие дерновины. Меезиевые (сем. Meeseaceae) формируют настоящие и подушковидные дерновины, а Бартрамиевые (сем. Bartramiaceae) – подушковидные дерновины. Монотипные во флоре Беларуси семейства характеризуются: Эфемеровые (Ephemeraceae) – формой роста открытая дерновина, Тетрафисовые (Tetraphidaceae), Схистостеговые (Schistostegaceae), Сплахновые (Splachnaceae), Тиммиевые (Timmaceae) – настоящая дерновина, Леукобриевые (*Leucobryaceae*) – подушка, Буксбаумиевые (Buxbaumiaceae) произрастают группами или единичными особями.

Существенно выделяются по типам биоморф эпифитные и эпилитные по своему происхождению семейства – соответственно Ортотриховые (Orthotrichaceae) и Гриммиевые (Grimmiaceae). У Ортотриховых биоморфой подушка характеризуется 13 видов, дерновинная подушка – 3 вида, обеими этими формами роста – 2 вида. У Гриммиевых биоморфа – дерновинная подушка, присущая 4 видам, подушковидная дерновина - 4 видам, подушка – одному виду (*Grimmia pulvinata*) и эти биоморфы (кроме последней) известны у широко распространенного вида *Schistidium apocarpum*.

Всего среди акрокарпных бриевых мхов у 117 видов форма роста - настоящая дерновина, у 4 видов – открытая дерновина, у 37 – подушковидная дерновина, у 9 – дерновинная подушка, у 21 – подушка, а у 16 видов отмечено произрастание группами особей. В действительности, группами особей или единичными особями может произрастать значительно большее число видов – эпигеидов, особенно с пионерной экологической ориентацией.

Плеврокарпные мхи – эволюционно производные от акрокарпных и возникли, начиная в основном с пермского периода

палеозоя, характеризовавшегося чертами умеренного климата. Эти мхи сформировались главным образом в составе растительных сообществ как реакция на некоторый дефицит светового режима, а также более влажный микроклимат под кронами древесных растений (в условиях умеренного климата). Соответственно биоморфы плеврокарпных мхов иные, чем у акрокарпных. Здесь представлены почти исключительно сплетения (у 49 видов) и ковры (у 54 видов), а как редкие исключения – дерновинные подушки (*Hedwigia ciliata*) и настоящие дерновины (*Calliergon stramineum, C. cordifolium*), а также древовидная биоморфа (у 2-х видов). Несмотря на такое своеобразие форм роста плеврокарпных мхов, их первоначальную адаптированность к произрастанию в составе живого напочвенного покрова лесных сообществ, часть из них успешно освоила более экстремальные местообитания. Таковы кора древесных растений и скально-каменистый субстрат, но в значительно меньшей степени, чем акрокарпные мхи (для этого требуется повышенная влажность, наличие на скально-каменистом субстрате слоя гумуса или хотя бы тонкого наносного слоя почвы).

Истинным эпилитом среди плеврокарпных мхов является только *Hedwigia ciliata*. Остальные плеврокарпные мхи сменяют эпифитный или эпигеидный образ жизни на эпилитный лишь при определенных условиях (климатические экстремумы). Если среди акрокарпных мхов широко представлены ксероморфные и редки гидроморфные формы, то среди плеврокарпных резко преобладают мезоморфные и гидроморфные, т.е. более сохраняется их инициальная эколого-ценотическая определенность, а пионерная тенденция выражена слабо. Относительно более выраженные аридные свойства проявляют только *Abietinella abietina* и *Camptothecium lutescens*. Среди плеврокарпных мхов больше всего лесных, болотных и водных представителей. Наиболее богат и разнообразен их состав в лесных сообществах, где они представлены эпигеидами, эпифитами и эпиксилами.

По своей значимости в лесных сообществах (прежде всего, в напочвенном покрове хвойных лесов) Беларуси выделяется сем. Hylocomiaceae, представители которого образуют разветвленно-ветвистое сплетение (*Pleurozium schreberi*) или перисто-ветвистое сплетение (*Hylocomium splendens, Rhytidiadelphus triquetrus*), которое также присуще представителю сем. Hypnaceae – *Ptilium crista-castrensis*.

Эпифитными семействами во флоре Беларуси являются Леукодонтовые (Leucodontaceae), Анамодонтовые (Anomodontaceae), Неккеровые (Neckeraceae), Лескеевые (Leskeaceae), биоморфами представителей которых являются преимущественно вертикально-ветвистые и плоские ковры. Однако наиболее распространенные обитатели коры живых деревьев относятся к сем Гипновых (Hypnaceae), хотя это и политопные бриевые мхи, прежде всего, *Hypnum cupressiforme*, затем *Pylaisia polyantha.* Большинство представителей Гипновых образуют плоские ковры (12 видов), ветвистые сплетения формируют 4 вида. В основном лесными обитателями представлено сем. Брахитециевых (Brachytheciaeae). За редким исключением это мхи, произрастающие на почве, гниющей древесина и основаниях стволов деревьев, формирующие плоские ковры (19 видов) или реже вертикально-ветвистые ковры (5 видов). Только *Pseudoscleropodium purum* образует разветвленно-ветвистое, как у *Pleurozium schreberi*, сплетение. Сплетение также образует единственный гидрофит в составе семейства Брахитециевых – *Rhynchostegium riparioides.* Древовидно-разветвленные формы известны у *Brachythecium rivulare, Eurhynchium angustirete, E. striatum*.

В лесном по экологии семействе Плагиотециевых (Plagoitheciaceae) представлены плоские ковры (4 вида) и вертикально-ветвистые ковры (3 вида). В лугово-лесном семействе Туидиевых (Thuidiaceae) его представители образуют перистоветвистое сплетение (6 видов), тогда как эпиксил *Bryohaplocladium microphyllum* – плоский ковер.

Семейства Гелодиевых (Helodiaceae) и Амблистегиевых (Amblystegiaceae) обогащены гидроморфными видами. Для Гелодиевых характерно перисто-ветвистое сплетение, а у амблистегиевых в связи с более разнообразной их экологией и биоморфы разнообразней: разветвленно-ветвистое сплетение (у 20 видов), перисто-ветвистое сплетение (у 3 видов) и плоский ковер (у 2 видов). В этом семействе представлены виды, преимущественно характерные для болотных и водных местообитаний, хотя в нем есть и лесные мхи, произрастающие на коре деревьев (при основании стволов) и на гниющей древесине, но это экологически производные формы от более гидрофильных. Семейство

Фонтиналисовых (Fontinalaceae) – водные мхи, представленные биоморфой разветвленные сплетения.

Мономорфные семейства из плеврокарпных мхов во флоре Беларуси имеют различные формы роста относящихся к ним видов. У Гедвигиевых (Hedwigiaceae) это – дерновинная подушка, **у** Тамнобриевых (Thamnobryaceae) и Климациевых (Climaciaceae) – дендроидная форма роста, у Птеригинандровых (Pterigynandreaceae) – разветвленное сплетение, у Кратонеуровых (Cratoneuraceae) – перисто-ветвистое сплетение, у Энтодонтовых (Entodontaceae) – плоский ковер.

Предполагаем, что оба родственных семейства – Amblystegiaceae и Brachytheciaceae исторически разошлись вследствие различной экологической ориентации: представители первого уклонились в сторону гидрофильности, второго – в основном сохранили мезофильность. Амблистегиевые приспособились к открытым, более освещенным местообитаниям, а такие местообитания связаны в данном случае с повышенным гидрологическим обеспечением.

Для собственно лесных местообитаний характерна мезофильность, к чему и адаптированы основные представители сем Брахитециевых. По биоморфам виды этих двух семейств также достаточно контрастны: если у брахитециевых образуются почти исключительно ковры, то у амблистегиевых – в основном сплетения и только у видов наиболее экологически уклонившихся от исходной экологической стратегии семейства (*Amblystegium serpens, A. varium*) – ковры.

Анализ жизненных форм бриевых мхов с достаточной четкостью проявляет экологический облик естественных структурно-функциональных составляющих флоры – семейств, их место и роль в сложении растительного покрова. М.Ф. Бойко (1999а) также отмечает, что прослеживается определенная корреляция между ведущими семействами мхов и ведущими жизненными формами.

Основные биоморфы по видам во флоре бриевых мхов Беларуси распределяются следующим образом: дерновины – 53,3%, ковры – 19,0%, сплетения – 15,7%, подушки – 10,3%, а древовидная форма представлена лишь 1,5%. Следовательно, преобладает жизненная форма дерновина, а ей значительно уступают более специализированные формы – ковер, сплетение и подушка. Такое

распределение биоморф характерно для умеренных широт и отражает реэвакуационно-миграционное происхождение флоры бриевых мхов Беларуси, последействия стрессовых климатических процессов четвертичного периода. Преобладание в составе флоры бриевых мхов видов, формирующих дерновины, является по существу своего рода возвратом к далекому историческому прошлому, поскольку такая форма роста характерна именно для напочвенных мхов, произрастающих в относительно открытых местообитаниях, где многие виды ведут пионерный образ жизни.

Заключение. В общем проведенный нами анализ биоморф бриевых мхов во флоре Беларуси показывает, что их распространение и распределение зависят от условий влажности и свойств субстрата, через которые преломляются такие факторы, как степень освещенности и тепловой режим. В более богатых (по степени трофности) местообитаниях на почве формируются такие формы роста, как ковры, сплетения и настоящие дерновины, дендроидная форма. В более бедных (олигомезотрофных и олиготрофных) местообитаниях также на почве образуются сплетения, настоящие дерновины. На таких обедненных элементами питания и не обеспеченных влагой субстратах, как камни и кора деревьев, формируются плотные объединения побегов мхов: подушки, дерновинные подушки, подушковидные дерновины и плоские ковры.

Ксерические напочвенные местообитания заселяют мхи, характеризующиеся формой роста настоящая дерновина, подушковидная дерновина, реже сплетения и редко ковры. Более влагообеспеченные местообитания заселяют мхи, характеризующиеся биоморфами: настоящая дерновина, сплетение, ковер, реже подушковидная дерновина.

Учет специфики биоморф как одного из следствий реализации жизненных стратегий бриевых мхов позволяет не только пролить свет на роль и место соответствующих видов в экосистемах, но и в определенной мере прогнозировать дальнейшее функционирование мохового компонента экосистем на фоне возможного последующего изменения общей экологической обстановки. При этом следует исходить из оценки современного состояния флоры бриевых мхов, которое является итогом предшествующего развития флоры под детерминирующим воздействием комплекса антропогенных факторов непосредственно на растительный покров

и эдафическую составляющую экосистем и, прежде всего, на гидрологический режим.

Литература

1. Рыковский Г.Ф. // Ботаника (исследования): Сборник научн. трудов. Минск: Право и экономика, 2008. Вып. 36. С. 14-26.

2. Улична К.О. // Укр. бот. журнал. 1970. Т. 27, №2. С. 189-196.

3. Бойко М.Ф. Анализ бриофлоры степной зоны Европы. Киев: Фитосоциоцентр, 1999. С. 79-84.

4. Meusel H. // Nova Acta Leopoldina. 1935. 3. P. 123-277.

5. Слободян М.П. Лиственные мхи Советских Карпат: Автореф. дисс. … канд. биол. наук. Львов, 1950. 12 с.

6. Gimingham C.H. and W.M. Robertson. // Transaction of the British Bryol. Soc. 1950. 1. №4. P. 330-344.

7. Gimingham C.H. // Philos. Trans. Roy. Soc. London, 1967. 252. №777. P. 289-294.

8. Bunce R.G. // Bot. notiser. 1967. 120. №3. P. 334-344.

Г.Ф. РЫКОВСКИЙ

БИОМОРФЫ БРИЕВЫХ МХОВ ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

Резюме

Развитие бриевых мхов зависит от условий влажности и свойств субстрата, а вторично – от степени освещенности и теплового режима. В составе флоры Беларуси акрокарпные мхи характеризуются главным образом биоморфой настоящая дерновина, тогда как плеврокарпные – биоморфами ковер и ткань.

F.RYKOVSKY

BIOMORPHS OF THE BRYIDAE IN FLORA OF BELARUS

Summary

The development of the Bryidae biomorphs depends on the humidity conditions and the substratum characteristics and secondary, on the habitat light and temperature regime. In the flora of Belarus acrocarpic mosses are characterized mostly by true tussock biomorph, and pleurocarpic mosses – by carpet and tissue biomorph.

Поступила в редакцию 25.02.2011 г.

УДК 582. 998 -19 (476 + 477)

Д.И. ТРЕТЬЯКОВ[1], Д.В. ДУБОВИК[1], А. А. ОРЛОВ[2], Д.Н. ЯКУШЕНКО[3, 4]

ERECHTITES HIERACIIFOLIUS (L.) RAF. EX DC. (ASTERACEAE) В ПОЛЕСЬЕ БЕЛАРУСИ И УКРАИНЫ

[1] *Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси*
[2] *Полесский филиал УкрНИИЛХА им. Г.Н. Высоцкого, Украина*
[3] *Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины*
[4] *University of Zielona Góra, Zielona Góra, Poland*

Введение. Для флор любых стран важно выявить и проследить первое появление на их территориях адвентивных видов. Особенно это актуально, если это большие по площади регионы, такие как Центральная или Восточная Европа. К одним из адвентивных видов, который занесен в Южную и Центральную Европу более 130 лет назад является *Erechtites hieraciifolius*. В Восточной Европе (Западная Украина) этот вид отмечен ровно 100 лет назад. Для Беларуси и восточных районов Украины до недавнего времени этот вид не указывался. Что касается указанного вида, то его распространение в Европе, по данным EPPO (2006), требует особого контроля.

Erechtites hieraciifolius (L.) Raf. ex DC. – адвентивный вид американского происхождения. Природный ареал *E. hieraciifolius* охватывает умеренную и тропическую зоны Северной, Центральной и северной части Южной Америки. Как адвентивный, хорошо натурализовавшийся вид, известен в Южной и Центральной Европе, Юго-Восточной Азии, Малайзии, Японии, Индонезии, Гавайских о-вах, Новой Зеландии и Австралии [12, 13, 16].

В Европе *Erechtites hieraciifolius* впервые был собран в 1876 вблизи г. Загреб (Хорватия) и описан Ф. Вукотиновичем (Vukotinović) как *Senecio sonchoides* Vukot. (название является незаконным). В странах Центральной Европы *E. hieraciifolius* затем указывался для Венгрии (1877), Австрии (1885), Чехословакии (1901), Румынии (1903), Германии (1974), Польши (1902) [6; 7; 14, 11, 15].

По данным European and Mediterranean Plant Protection Organization [10] распространение *Erechtites hieraciifolius* требует в Европе особого контроля.

В Восточной Европе *E. hieraciifolius* впервые отмечен для Украины – в Закарпатье в 1911 г., а позднее – в Прикарпатье как редкий лесной сорняк [4; 8; 3], однако в последнее десятилетие вид начал быстро распространяться в Белорусском и Украинском Полесье. В частности для Белорусского Полесья известно 7 локалитетов вида [1, 2].

Материалы и методы исследования. В период с 2002 по 2010 гг. в Беларуси и Украине отмечено 37 локалитетов *E. hieraciifolius,* в том числе в Брестском и Гомельском Полесье 7 локалитетов, в Правобережном Полесье Украины 32 локалитета (в 17-и – собран гербарий).

Гербарные образцы *E. hieraciifolius,* цитированные в статье, хранятся в Гербариях ИЭБ им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси (MSK), Института ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины (KW) и Института экологии Карпат (LWKS).

Список основных сокращений:

г. - город; г. п. – городской поселок; д. – деревня; ж.-д. ст. – железнодорожная станция; З – запад, западный; кв. – квартал; л-во – лесничество; окр. – окрестности; о. п. – остановочный пункт; пос. – поселок; с. – село; СВ – северо-восток, северо-восточный; СЗ – северо-запад, северо-западный; Ю – юг, южный; ЮЗ – юго-запад, юго-западный; №104768 – MSK – номер по базе данных MSK –V.

Результаты и их обсуждение. *Erechtites hieraciifolius* (L.) Raf. ex DC. 1837 [1838], Prodr. 6 : 294; Szaf., Kulcz., Pawł., Rośl. polsk., 1924 : 696. – *Senecio hieracifolius* L. 1753, Sp. Pl. ed 2 : 866, non Michx. 1803. – *Neoceis hieracifolia* (L.) Cass. 1820, Bull. Sci. Soc. Philom. Paris : 91. – *Senecio vukotinovici* Schloss. 1881, Oesterr. Bot. Zeitschr., 31 (1) : 5. – *S. sonchoides* Vuk. 1881, Rad Jugos. Akad. Zagreb: 145, nom. illeg. – Описан из Северной Америки . «In America septentrionalis» (LINN 996.1 [IDC microfiche 177.582. III.6!].

Однолетнее растения с тонким веретеновидным корнем. Стебель прямостоячий, 50-120 (180) см дл., простой или разветвленный в верхней части, голый или опушенный. Нижние листья короткочерешковые, часто почти сидячие, продолговатые или продолговато-ланцетные, по краю неравнозубчатые, сверху голые, снизу опушенные по жилкам. Средние и верхние стеблевые

листья стеблеобъемлющие. Корзинки 12-17 мм дл., 5-7 мм ширины, собраны в кистевидные соцветия. Обертка однорядная, иногда у основания ее листочков развиваются зачаточные, укороченные листочки внешнего ряда. Листочки обертки до 15 мм дл. и 1.5 мм ширины, двурядные, наружные листочки значительно короче внутренних. Цветки трубчатые, беловато-желтоватые, 11-15 мм дл. Семянки продолговатые, 2-3 мм дл., коричневые, короткоопушенные. Хохолок из белых волосков, в 4-5 раз превышает семянку (рис. 1). Цветет в июле-сентябре.

Род *Erechtites* Raf. включает 5 видов, распространенных в Северной и Южной Америке.

Анемохор. Кенофит американского происхождения. Эпекофит. Агриофит.

Распространение в Беларуси: по югу республики, редко (рис. 2).

Брестская область:

Пинский р–н: окр. д. Изин, 3 км к Ю, кв. 33, на вырубке в дубраве с грабом снытевой, 16.08.2004, Третьяков Д.И., Жуковский А.Т., №17072-17075 – MSK; опр. Д. Третьяков.

Столинский р-н: окр. д. Кошара Ольманская, 3 км к ЮЮЗ, левобережье реки Льва, Кошаро-Ольманское л-во, кв. 44, на вырубке среди сосняка чернично-мшистого, довольно часто, 4.08.2009, Дубовик Д.В., №162863–MSK;

Гомельская область:

Житковичский р-н: окр. д. Хлупинская Буда, 1 км к СЗ, в зарастающем песчано-гравийном карьере, 11.09.2002, Дубовик Д.В., нередко, №76489 – 76490 – MSK; окр. д. Хвоенск, 2 км к З, правобережье реки Ствига у ее устья, по речной отмели, единично, 15.09.2002, Дубовик Д.В., №76487 – MSK;

Калинковичский р-н: окр. д. Гряда, 2,5 км к ЮЗ, левобережная часть долины реки Припять, в сосняке мшистом у дороги по гриве в пойме, единично, 27.08.2008, Дубовик Д.В., №127590 – MSK;

Лельчицкий р-н: окр. г. Лельчицы, вырубка в ельнике кисличном, 4.08.2010, М. Колесникова (образец в коллекции М.П. Колесниковой); опр. Дубовик Д.В.;

Петриковский р-н: окр. д. Дорошевичи, 6 км к СВ, Лясковичское л-во, кв. 94, вырубка в ельнике, на площади 20 х 10 м, 23.09.2007, Дмитриева С.А., Давидчик Т.О., №100218 – MSK; преобладающая высота растений 50-60 см, отдельные экземпляры достигают около 1 м;

Распространение в Украине: в Закарпатье, Прикарпатье, Житомирском Полесье и Правобережной Лесостепи, редко (рис 2.).

Рис. 1. Гербарный образец *Erechtites hieraciifolius.*

Рис. 2. Распространение *Erechtites hieraciifolius* в Беларуси и Украине.

Житомирская область*:*

Барановский р-н: Зеремлянское л-во, кв. 62, на вырубке дубово-грабового леса, 18.09.2008, А.Орлов, № 091954 – KW;

Житомирский р-н: г. Житомир, ул. Бориса Тена, на клумбе под забором, 3.09.2006, А.Орлов, № 091942 – KW; с. Барашевка, в сосняке, 14.08.2010, А.Орлов, № 091944 – KW; окр. с. Бондарцы, 2. 4 км к югу, Корабельное л-во, кв. 52, на квартальной просеке в грабняке C_3, 8.08.2007, А.Орлов, № 091945 – KW;

Емильчинский р-н: окр. с. Жужель, 5 км к З, Жужельское л-во, заказник «Юзиховка», на вырубке старого дубняка, C_3, 18.08.2007, А.Орлов, № 091950 – KW; Емильчинское л-во, кв. 39, выдел 5, в 1-летних лесных культурах сосны в ТЛУ – B_3, 15.07.2008, Орлов, № 091993 – KW;

Коростенский р-н: Бехивское л-во, кв. 117, выдел 4, гидрологический заказник «Лозанове», по краю болота, 28.08.2008, А.Орлов, № 091953 – KW;

Коростышевский р-н: Кропивнянское л-во, кв. 19, выдел 12, в молодых культурах сосны, 13.08.2010, А.Орлов, Д.Якушенко, № 091952 – KW;

Лугинский р-н: зап. окр. с. Бучманы, Дивлинское л-во, кв. 3, выдел 1, на свежей вырубке старого дубняка C_2, 11.07.2010, А.Орлов, № 024560 – LWKS.

Малинский р-н: Иршанское л-во, на вырубке сосняка, B_2, 28.09.2005, А.Орлов, № 091948 – KW; 2. Чоповичское л-во, кв. 27, выдел 5, на вырубке березняка, 4.08.2008, А.Орлов, № 091949 – KW)

Новоград-Волынский р-н: окр. с. Перелисок, Дзержинское л-во, на вырубке грабняка, 17.07.2004, А.Орлов, № 091951 – KW;

Овручский р-н: окр. с. Городец, 3 км к С, Городецкое л-во, кв. 24, в разреженном старом дубняке, 17.08.2003, А. Орлов, Д. Якушенко, № 091955 – KW; окр. с. Тхорин, 2 км к западу, на вырубке после лесного пожара, много, 17.08.2003, А. Орлов, Д. Якушенко, № 091956 – KW;

Олевский р-н: окр. с. Белокоровичи, 3 км к С, Белокоровичское л-во, кв. 40, выдел 33, на вырубке, C_2, 6.08.2008, А.Орлов, № 091946 – KW; окр. с. Жовтневое, 3 км к западу, отработанные участки Озерянского торфяника, очень много, 3.09.2003, А.Орлов, № 091947 – KW;

Радомышльский р-н: ж.-д. ст. Макалевичи, на опушке сосняка, B_2 – к железной дороге, 20.09.2010, А.Орлов, № 091943 – KW.

Ровенская область:

Сарненский р-н: ГП «Сарненское лесное хозяйство», Страшевское л-во, кв. 97, выдел 17, в молодых культурах сосны в ТЛУ – B_3, 16.06.2005, Орлов.

В период с 2003 по 2010 гг. в Правобережном Полесье Украины украинскими авторами найдено 32 локалитета данного вида, в т.ч. в 17-и – собран гербарий (рис. 2; учитывая масштаб картосхемы, близко расположенные локалитеты объединены). Кроме того, *E. hieraciifolius* отмечен в геоботанических описаниях, выполненных в 2007-2009 гг. А. Орловым и Ю. Сируком на вырубках в лесных массивах Житомирской обл.: Дубовецком, Коростышевском лесничествах ГП «Коростышевское лесное хозяйство» (Коростышевский р-н); Барановском лесничестве ГП «Барановское лесоохотничье хозяйство» (Барановский р-н).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что после медленного первичного проникновения в Украинское Полесье, вероятно, уже началась стадия экспансии *E. hieraciifolius*.

Таким образом, в Житомирской области выявлено 16 локалитетов *Erechtites hieraciifolius*, из них 15 в Житомирском Полесье и 1 (Барановский р-н) – в Правобережной Лесостепи Украины, однако недалеко от южной границы Полесья.

По мнению украинских коллег, наиболее вероятным источником заноса данного вида в Украинское Полесье является юг Польши. Здесь известно 93 локалитета *E. hieraciifolius* [9; 11], хотя в полесских районах Польши, примыкающих непосредственно к территориям Беларуси и Украины, вид не обнаружен. Вероятно, одним из путей заноса *E. hieraciifolius* является железнодорожная магистраль Ковель-Киев с многочисленными ответвлениями; на

местном уровне, по-видимому, также важен разнос диаспор автотранспортом.

По мнению белорусских ботаников, вероятнее всего, источником заноса *E. hieraciifolius* являются страны Центральной Европы, откуда вид мог быть занесен перелетными птицами, миграционные пути которых пролегают через территорию Украинского и Белорусского Полесья.

В умеренной зоне Северной Америки и Европе вид отмечен преимущественно на вырубках и в лесных культурах молодого возраста, особенно обильно – после пожаров, оправдывая английское название «fireweed» – «пожарный сорняк». *E. hieraciifolius* хорошо развивается в достаточно увлажненных биотопах с нарушенным почвенным покровом [5]. В Польше вид встречается преимущественно в группировках порядка *Atropetalia* Tüxen 1947 класса *Epilobietea angustifolii* Tüxen et Preising ex von Rochow 1951, реже – в группировках класса *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951 [17]. Аналогичную ценотическую приуроченность вид имеет в Украине: его ценотический оптимум – в группировках класса *Epilobietea angustifolii*.

Подавляющее большинство местонахождений *E. hieraciifolius* в Украинском и Белорусском Полесье связано с вырубками приходящимися на разные типы лесорастительных условий (ТЛУ). Оптимальные условия для вида складываются на вырубках и в молодых культурах сосны на месте сосновых лесов чернично-зеленомошных – ассоциации *Molinio-Pinetum* W. Matuszkiewicz et J. Matuszkiewicz 1973 союза *Dicrano-Pinion* (Libbert 1933) Matuszkiewicz 1962 в ТЛУ влажная суборь (B_3), а также на месте дубово-грабовых лесов ассоциации *Tilio cordatae-Carpinetum betuli* Traczyk 1962 союза Carpinion betuli Issler 1931 в ТЛУ влажная судубрава (C_3). Кроме того вид отмечен на вырубках сосновых лесов долгомошных (ТЛУ – сырая суборь (B_4), ассоциации *Vaccinio uliginosi-Pinetum* Kleist 1929 союза *Dicrano-Pinion*). На вырубках после лесных пожаров его проективное покрытие достигает 30 % и более, на вырубках сосновых, дубово-сосновых и дубово-грабовых лесов – обычно 10-15 %, здесь экземпляры могут достигать высоты 0,6-0,8 м.

E. hieraciifolius отмечен также в разреженных рубками дубовых, сосновых и еловых лесах, в которых частично нарушен

почвенно-растительный покров; на квартальных просеках, вдоль лесных дорог и на опушках; в зарастающих песчано-гравийных карьерах, однако в значительно меньшем количестве, чем на вырубках; в экотонах по периметру открытых эвтрофных и мезотрофных болот. В отдельных случаях он встречался как сорняк на клумбах. Кроме того, данный вид образует густые заросли на осушенных и выработанных торфяниках. В частности, на Озерянском торфяном месторождении (Олевский р-н, Житомирская обл.) общая площадь зарослей *E. hieraciifolius* превышает 4 га, проективное покрытие его составляет 40-50 %, а высота – 1,2-1,7 м.

По отношению к ведущим эдафо-гидрологическим факторам в Украинском Полесье *E. hieraciifolius* является гигромезофитом, ацидофилом, мезотрофом, геминитрофилом, гемикарбонатофобом.

Известно, что *E. hieraciifolius* способен продуцировать до 30 тысяч семян на особь [8], причем семена сохраняют всхожесть более 8 лет [5]. Это свидетельствует о его больших потенциальных возможностях. Таким образом, исследуемый вид проявляет способность к быстрому распространению в биотопах Украинского и Белорусского Полесья и может наносить вред аборигенному биоразнообразию лесных биогеоценозов, что, без сомнения, требует контроля.

Заключение. Таким образом, в Восточной Европе в настоящее время имеется два очага заноса *Erechtites hieraciifolius* – Закарпатско-Прикарпатский и Полесский. В период с 2002 по 2010 гг. в Полесье Беларуси и Украины найдено 37 локалитетов *E. hieraciifolius,* в том числе в Брестском и Гомельском Полесье – 7, в Правобережном Полесье Украины – 32.

Учитывая находки *E. hieraciifolius* в Брестском, Гомельском и Житомирском Полесье и характер его экотопов, с большой долей вероятности можно предположить, что данный вид достаточно широко распространен и в соседних регионах: Западном и Киевском Полесье Украины, Предполесье Беларуси.

Относительно быстро распространяясь в Украине и Беларуси, *E. hieraciifolius* может негативно повлиять на естественное биологическое разнообразие соответствующих лесных сообществ. По всей вероятности, распространение этого сорного растения происходит путем переноса диаспор водой во время весенних паводков, ветром, перелетными птицами, а также автотранспортом.

Литература

1.Дубовик Д.В., Скуратович А.Н. // Ботаника (исследования): Сб.научн.тр. Минск : Право и экономика, 2010. Вып. 39. С. 3-14.

2.Дубовик Д.В., Третьяков Д.И., Скуратович А.Н., Савчук С.С. // Ботаника (исследования): Сб.научн.тр. Минск : Право и экономика, 2009. Вып. 37. С. 5-76.

3.Кузярін О.Т. // Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку. Матеріали наукової конференції (10 – 13 вересня 2009 р., смт. Шацьк). Львів: СПОЛОМ, 2009. С. 57-59.

4.Миндерова Е. В. Род Ерехтитес – Erechtites Rafin // Флора УРСР. Т. XI / Під ред. О.Д. Вісюліної. Київ.: Вид-во АН УРСР, 1962. С. 359-360.

5.Baskin C.C., Baskin J.M. // Can. J. Bot. 1996. V. 74. P. 2002-2005.

6.Chater A.O., Walters S.M. Erechtites Rafin. In: Tutin T.G. & al. Flora Europaea. Vol. 4. Cambridge, London, New York, Melbourne: Cambridge University Press, 1965. P. 194.

7.Csiszár Á. A kisvirágú nebáncsvirág (Impatiens parviflora DC.) és a keresztlapu (Erechtites hieracifolia Raf. ex DC.) terjedési stratégiáinak vizsgálata. Doktori (Ph.D.) értekezés. Sopron, 2004. 137 p.

8.Csiszár Á. Study of the generative reproduction of the fireweed (Erechtites hieracifolia Raf. ex DC.) In: Neobiota. From Ecology to Conservation. 4th European Conference on Biological Invasions. Vienna (Austria), 2006. 09-27/29, BfN-Skripten 184. P. 101.

9.Czarna A., Górski P., Tokarska-Guzik B. Erechtites hieracifolia (L.) Raf. ex DC. – W.: A. Zając & M. Zając (red.), Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce. Kraków, 2001. S. 218.

10.Erechtites hieracifolia Raf. ex DC. reproduction biology //EPPO Reporting Service. 2006. 199. P. 19.

11.Górski P., Czarna A., Tokarska-Guzik B. Erechtites hieracifolia (L.) Raf. ex DC. (Asteraceae) in Poland. In: Phytogeographical Problems of Synanthropic Plants. Zając A., Zając M., Zemanek B. (eds). Institute of Botany, Jagiellonian University, Kraków, 2003. P. 147-153.

12.Meusel H., Jäger E.J., Bräutigam S., Knapp H.D., Rauschert S. & Weinert E. Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. 3. G. Fischer Verl. Jena, 1992.

13.Mito T., Uesugi T. // Global Environmental Research. 2004. V. 8 (2). P. 171-191.

14.Pyšek P., Sádlo J., // Preslia. 2002. V. 74. P. 97–186.

15.Rothmaler W. (Begr.). Excursionsflora von Deutschland. Band 2, Gefäßpflanzen: Grundband. – 19, bearbeitete Auflage. Elsevier GmbH, München, 2005. 640 s.

16.Wu S.-H., Sun H.-T., Teng Y.-C., Rejmánek M., Chaw S.-M., Yang T.Y. A., Hsieh C.-F. // Biol. Invasions. 2010. V. 12. P. 2179-2206.

17.Zarzycki, K., Trzcińska-Tacik, H., Różański, W., Szeląg, Z., Wołek, J., Korzeniak, U. Ecological indicator values of vascular plants of Poland

(Ekologiczne liczby wskażnikowe roślin naczyniowych Polski). Seria: Biodiversity of Poland, Vol. 2. Pod redakcją Z. Mirka. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences. Kraków, 2002. 183 p.

Д.И. ТРЕТЬЯКОВ, Д.В. ДУБОВИК, А. А. ОРЛОВ, Д.Н. ЯКУШЕНКО

ERECHTITES HIERACIIFOLIUS (L.) RAF. EX DC. (ASTERACEAE) В ПОЛЕСЬЕ БЕЛАРУСИ И УКРАИНЫ.

Резюме

Приводится морфологическое описание, номенклатура, общее географическое распространение, характеризуются местообитания, представлена картосхема распространения в Полесье Беларуси и Украины заносного вида американской флоры *Erechtites hieraciifolius* (Asteraceae). Приводятся краткие сведения гербарных образцов с нумерацией по базе данных коллекционных фондов сосудистых растений Национального Гербария Беларуси (MSK –V) и Гербариев Украины (KW, LWKS).

D.I.TRETJAKOV, D.I.DUBOVIK, A.A.ORLOV, D.N.JAKUSHENKO

ERECHTITES HIERACIIFOLIUS (L.) RAF. EX DC. (ASTERACEAE) IN THE BELARUS ET THE UKRAINE.

Summary

Nomenclature and general geographical distribution of *Erechtites hieraciifolius*, habitats were characterized in the paper. Skeleton map of distribution of invasive American species *Erechtites hieraciifolius* were made for Polessye of Belarus and Ukraine. Brief information from herbarium samples with numeration according with database of collection funds of vascular plants of National Herbarium of Belarus (MSK-V) and herbariums of Ukraine (KW, LWKS) was given.

Поступила в редакцию 23.03.2011 г.

УДК 582. 542.1 (47+479)

Н.Н. ЦВЕЛЕВ.

О РОДЕ БЕСКИЛЬНИЦА (PUCCINELLIA PARL., POACEAE) В ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ И НА КАВКАЗЕ

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН

Введение. Род *Puccinellia* Parl. долго был одним из наименее изученных родов *Poeae* – крупнейшей и преимущественно внетропической трибы семейства злаков (*Poaceae*). Немногие известные в 19 веке виды этого рода относились разными авторами к родам *Poa* L., *Festuca* L., *Glyceria* R. Br. и даже к *Molinia* Schrank. Выдающийся агростолог того времени – К. Б. Триниус считал их принадлежащими к роду *Poa* в качестве особой группы *Atropis* Trin., виды которой, в отличие от типичных *Poa*, не имели киля на нижних цветковых чешуях. Ф. Рупрехт впервые отнес бескильницы к самостоятельному роду. Он в 1946 году написал, что группы *Atropis, Dupontia, Arctophila* и *Catabrosa* рода *Poa*, установленные Триниусом, заслуживают ранга самостоятельных родов. Однако диагноз рода *Atropis* и новые комбинации для входящих в него видов дал только А.А. Гризебах в 1853 г. во « Flora Rossica» К.Ф. Ледебура уже после того, как в 1848 г. был описан род *Puccinellia* Parl. «Международный кодекс ботанической номенклатуры» позволяет принять название Рупрехта, но название *Puccinellia* Parl. было утверждено как «nomen genericum conservandum» и теперь не может быть изменено.

Автор обработки бескильниц для тома 2 «Флоры СССР» В.И. Кречетович [1] принял в рукописи название *Puccinellia* Parl., но под давлением редакции этого издания во главе с В.Л. Комаровым ему пришлось принять род *Atropis* Rupr. Однако названия своих, довольно многочисленных новых видов в роде *Puccinellia* он оставил в синонимике к видам Atropis, что привело к разногласию у последующих авторов: одни приняли их за «nomen alternativum», считая их действительно опубликованными, а другие не признали их и стали считать авторами комбинаций в роде *Puccinellia* тех авторов, которые впервые после «Флоры СССР» приняли виды в этом роде, что не всегда легко установить. К сожалению, последняя точка зрения стала общепринятой. А видов бескильниц в СССР оказалось так много, что редакция этой сводки заставила

Кречетовича отказаться от части видов, которые в настоящее время все признаны, но под другими названиями.

Обработка бескильниц была, несомненно, выполнена на очень высоком научном уровне, особенно, если учитывать очень слабую изученность этого рода, как в бывшем СССР, так и за его пределами. При обработке Кречетович последовательно следовал морфолого-географическому методу, который был разработан для «Флоры СССР» В. Л. Комаровым, хотя он сам далеко не всегда следовал ему в своих обработках. И теперь, несмотря на значительный прогресс науки, только этот метод позволяет разобраться в наиболее сложных группах с большим количеством гербарного материала.

В сводке «Злаки СССР» [2] нами были приняты 44 вида бескильниц с несколькими подвидами и гибридами. В настоящее время в результате критической обработки накопившегося материала с учетом сводок Н. С. Пробатовой [3] по Российскому Дальнему Востоку, С.В. Бубновой [4] по Сибири и Н.Н. Цвелева по Кавказу [5] нами приводятся только для России 62 вида этого рода. Присоединение других государств Восточной Европы и Закавказья увеличивает это число лишь на 6 видов: 3 – из Украины и Молдавии и 3 – из Армении. Для Восточной Европы и Кавказа в целом нами отмечено 34 ниже приведенных видов. Мы оказались от использования категории подвида, так как в таких сложных группах злаков, как роды бескильница и тонконог (*Koeleria* Pers.), как и в секциях *Stenopoa* Dumort. и *Poa* рода *Poa* L., оно ведет к дополнительным трудностям и неудобствам. Для нас очевидно, что природа не создавала специально для нас равновеликие и всегда хорошо отличающиеся друг от друга виды. Для групп очень близких видов приняты так называемые «виды-агрегаты», которые не являются таксонами и приняты для удобства обозрения. В качестве названия для них используется приоритетное название из входящих в агрегат видов. Этим названием можно пользоваться в случаях трудностей при более точном определении видов.

Общий ареал рода *Puccinellia*, подобно ареалам таких родов, как *Poa* и *Festuca,* включает все внетропические страны обоих полушарий и заходит в пределы тропиков только в Андах Южной Америки. Основная экологическая особенность рода – обычная приуроченность входящих в него видов к более или менее засоленным местообитаниям, как приморским, так и

внутриконтинентальным. Менее галофильны такие полусорные виды, как *P. distans* и *P. hauptiana,* а также некоторые арктические *(P. vahliana*) и высокогорные (например, среднеазиатский *P. subspicata* (Krecz.) Pavl.) виды. Род относится к типичным северным, «фестукоидным» злакам, характеризующимся «фестукоидной» анатомией листьев с C_3 фотосинтезом, крупными хромосомами с основным числом x = 7, перепончатыми язычками и нижними цветковыми чешуями с 5 слабыми жилками.

Обработки бескильниц для других стран, на наш взгляд, еще далеки от совершенства. Это особенно относится к обработке во «Flora Europaea» [6], но и в других странах бескильницы нуждаются в более глубоком дополнительном изучении. В Северной Америке лучше изучены бескильницы Аляски благодаря J. R, Swallen [7] и Гренландии благодаря T. J. Sorensen [8]. В новой «Flora of North America» [9] приведено 20 видов бескильниц, в новой «Flora of China [10] – 50. По-видимому, общее число видов этого рода со временем превысит 200. Интересно отметить большое внешнее сходство «антарктических» видов бескильниц (*P. angusta* (Nees) Smith et Hubb. из Южной Африки, *P. stricta* (Hook. f.) Blom из Южной Австралии и *P. glaucescens* (Phil.) Parodi из Южной Америки) не только между собой, но и с такими видами Центральной Азии, как *P. schischkinii* Tzvel. и *P. przevalskii* Tzvel. Еще более удивительным кажется большое сходство высокогорного вида Гималаев – *P. himalaica* Tzvel. с высокогорным видом Анд из пустыни Атакама – *P. frigida* (Phil.)Johnst. Впрочем, подобные случаи необычайной конвергенции известны и в других родах «фестукоидных» злаков.

Почти все виды бескильниц многолетники, реже малолетники, но имеются и однолетники. К последним относятся такие оригинальные виды, как недавно описанный из северного Прикаспия *P. vitalii* , имеющий далеко расставленные цветки на оси колосков, и калифорнийский вид *P. simplex* Scribn. с почти колосовидной метелкой и коротковолосистыми острыми нижними цветковыми чешуями. Оба вида принадлежат к монотипным секциям: первый – к секции *Vitalia* J. Alexeev, Laktionov et Tzvel., второй – к новой секции *Puccinellia* sect. *Simplices* Tzvel. sect. nova (Plantae annuae. Paniculae subspicatae. Lemmata breviter pubescentes, acuta. Typus: *P. simplex* Scribn.). Другие однолетние виды: *P. parischii* Hitchc. из Калифорнии, *P. syvaschica* из Северного

Причерноморья и *P. choresmica* (Krecz.) Drobov из Прикаспия значительно менее обособлены.

Биполярное распространение бескильниц, как и ряда других «фестукоидных» родов злаков, трудно поддается объяснению, если принимать их строго монофилетическое просхождение. Часто используемая гипотеза о миграции первичных бескильниц вдоль тихоокеанского побережья Америки от Аляски до Огненной Земли и затем через Антарктиду на южные окраины других материков становится маловероятной из-за отсутствия бескильниц в районах от северо-западной Мексики до Перу. Мы [11,12] склоняемся к признанию длительного параллельного развития и политопного происхождения многих родов фестукоидных злаков.

Более вероятно, что первичные виды бескильниц обитали на солончаках морских побережий, откуда их потомки перешли на внутриконтинентальные солончаки, что вполне согласуется с известной гипотезой М.М. Ильина [13]. Менее галофильные, обычно мелкопыльниковые таксоны бескильниц, по-видимому, вторичны, и с учетом этого построена принятая нами ниже система рода. Очень важным признаком у бескильниц оказались размеры пыльников, которые обычно удается найти даже у плодоносящих особей. В приведенном ниже кратком конспекте видов бескильниц Восточной Европы и Кавказа кратко указаны их экология и ареалы, даются краткие комментарии о них. Приведена только самая необходимая синонимика, но при всех видах имеется краткая ссылка на нашу сводку «Злаки СССР» [2], например, «Цвел. 1976: 502».

Материалы и методика исследования. Основным методом исследования был морфолого-географический метод, только используя который можно разобраться в обильном гербарном материале, накопившимся в Гербарии Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН. Другие методы, несмотря на их новизну, могут внести лишь некоторые коррективы в выяснение взаимоотношений между таксонами. Конечно, использованы многочисленные литературные источники, в том числе сводки по отдельным государствам, республикам и областям. Использованы и материалы нашей кандидатской диссертации «Монография рода бескильница *Puccinellia* Parl.», выполнявшейся в 1951-1954 годах и оставшейся, к сожалению, неопубликованной. В природе бескильницы

изучались нами во многих районах Восточной Европы, на Кавказе, в Средней Азии и на юге Российского Дальнего Востока.

Результаты и обсуждение. Приводим краткий конспект видов бескильницы в Восточной Европе (в пределах бывшего СССР) и на Кавказе, и ключ для их определения.

Род **Puccinellia** Parl. 1848, Fl. Ital. 1: 366, nom. conserv. – **Бескильница**.

Секция 1. **Xeratropis** (Krecz.) Bor, 1970, in Rech. f., Fl. Iran. 70: 66; Цвел. 1976: 501.

Облигатно галофильные виды, приуроченные к побережьям южных морей и внутриконтинентальным солончакам Евразии, Северной Африки и Северной Америки. Дерновинные растения с довольно жесткими листьями и пыльниками более 1 мм дл. – Лектотип: *P. gigantea* Grossh.

1. ***P. poecilantha*** (C. Koch) Grossh. 1949, Опред. Раст. Кавк.: 706; Цвел. 1976: 501, s. str.; Цвел. 2006, в Консп. фл. Кавк. 2: 331. – **Б. пестроцветковая**.

На приморских песчаных и каменистых солончаках Восточного Кавказа. Указывался для Маныча и как заносное растение для окр. Киева и Ижевска. Очень близок к средиземноморскому виду *P. festuciformis* (Host) Parl., отличаясь от него шероховатыми от шипиков сверху листьями. Наблюдался нами на Апшеронском п-ове, откуда был описан. – 2n = 28.

2-4. ***P***. *aggr.* ***gigantea*** Grossh.

2**. *P. chilochloa*** (Krecz.) Czer.1973, Свод дополн. и изм. к «Фл. СССР»: 431. – *P. poecilantha* auct. non (C. Koch) Grossh.: Цвел. 1976: 501, p.p. – **Б. крупноколосковая**.

На влажных солончаках Северного Прикаспия, также в Средней Азии. Из-за крупных нижних цветковых чешуй присоединялся нами к предыдущему виду, но по другим признакам в строении колосков более близок к *P. gigantea* s.l. и связан с ним «переходами». Возможно, он имеет гибридное происхождение, так как у его типа пыльники недоразвиты. Описан из Южного Казахстана (окр. г. Кзыл-Орда).

3. ***P. sclerodes*** (Krecz.) Czer. 1973, l. c.: 433; Нагалевский, 1975, Вестн. Сев.-Кавк. научн. центра высш. школы, 3: 85; он же, 2001, Галофиты Сев. Кавк.: 136. – *Puccinellia gigantea* auct. non (Grossh.) Grossh.: Цвел.1976: 501, p.p. – **Б. жесткая**.

На влажных солончаках, по берегам солоноватых водоемов юго-востока Европейской России и Восточного Предкавказья, также на юге Западной Сибири и в Средней Азии. Описан из Северного Казахстана). Прежде объединялся нами со следующим видом, к которому очень близок, но В.Я. Нагалевский [14] считает, что их можно различить по анатомии листьев, в чем мы все же не вполне уверены. Однако листья у *P. sclerodes* кажутся более жесткими.

4. ***P. gigantea*** (Grossh.) Grossh. 1928, Фл. Кавк. 1: 114; Нагалевский, 1975, цит. соч.: 86; Цвел. 1976:501, p.p., excl. subsp.; Цвел. 2006, цит. соч.: 331, p. max. p. – *Puccinellia brachylepis* Klok. 1950, Бот. мат. (Ленинград) 12: 45. – **Б. гигантская**.

На влажных солончаках, солончаковых лугах, по берегам морей и соленых озер; на юге Европейской России и на Кавказе, также в Юго-Западной Азии, иногда заносное у дорог и в населенных пунктах (в С.-Петербурге, Твери и Ижевске, в окр. Владивостока). Описан из Азербайджана (окр. Ленкорани). В С.-Петербурге указан здесь впервые по экземпляру: «С.-Петербург, между ж.-д. ст. Обухово и Рыбацкое, 19 VIII 1979, N 253, Н. Цвелев». М.В. Клоков выделял причерноморские и приазовские популяции в особый вид – *P. brachylepis*), но мы не смогли отличить его от *P. gigantea*. – 2n=14.

5. ***P. bulbosa*** (Grossh.) Grossh. 1928, Фл. Кавк. 1: 114; Цвел. 2006, цит. соч.: 331. – *P. gigantea* subsp. *bulbosa* (Grossh.) Tzvel. 1976: 502. – **Б. клубневая**.

На солончаковых лугах и солончаках Восточного и Южного Кавказа (заходит в Дагестан), также в Юго-Западной Азии. Описан из Грузии (с горы Махата в Тбилиси). По-видимому, более ксерофильный низкогорный дериват предыдущего вида, к которому очень близок.

6. ***P. limosa*** (Schur) Holmb. 1920, Bot. Not. (Lund) 1920: 110; Цвел.1976: 501. – *Atropis distans* var. *limosa* Schur, 1866, Enum. Pl. Transs.: 779. – *Festuca limosa* (Schur) Simonk. 1886, Enum. Fl. Transs.: 586. – *Puccinellia distans* subsp. *limosa* (Schur) Jav. 1951, in Soo et Jav. Magyar Nov. Kezik.: 983; Hughes, Halliday, 1980, in Fl. Europ. 5: 168. - **Б. болотная**.

На влажных солончаках, по берегам соленых озер Западной Украины и Молдавии, также в Средней Европе и на Балканском п-ове. Описан из Румынии (Трансильвания). Вид очень похож на *P. gigantea*, но нижние цветковые чешуи с полосками волосков, почти

доходящими от основания чешуй до их половины, а листья сверху без шипиков. Конечно этот вид далек от *P. distans*, подвидом которой его считают цитированные выше авторы. – 2n = 28.

7. ***P. intermedia*** (Schur) Janch. 1944, Wien. Bot. Zeitschr.93: 84, in obs.; ?Kit Tan, 1985, in Fl. of Turkey, 9: 503 – *Atropis intermedia* Schur, 1866, l.c.: 779. – *Glyceria transsilvanica* Schur, 1866, l. c.: 780. – *Festuca salinaria* Simonk. 1886, l. c.: 586. – *Puccinellia salinaria* (Simonk.) Holmb. 1920, l.c.: 108. – *P. transsilvanica* (Schur) Jav. 1924, Magyar Fl. 1, 1: 96. – *P. festuciformis* (Host) Parl. subsp. *intermedia* (Schur) Hughes, 1978, Bot. Journ. Linn. Soc. London, 76: 363. – **Б. промежуточная**.

На солончаках в Молдавии (Кодры), а также юго - востока Средней Европы и Балканского п-ова; указывается для Турции. Описан из Австрии (окр. Зальцбурга). В Молдавии нам известна только по образцу: «Молдавская ССР, Кодры, Бравичский р-н, долина р. Кулы, болотистая долина, 27 IX 1949, N 295, А. Борисова и др.» – LE. Более крупными, чем у предыдущего вида, чешуями колосков приближается к *P. festuciformis* (отсюда ее название), но еще больше сходна с *P. chylochloa*.

8. ***P. gabrieljanae*** Tzvel. sp. nova. – ?*P. intermedia* auct. non (Schur.) Janch.: Kit Tan, 1985, in P.H. Davis, Fl. Turkey, 9: 503, p.p. – **Б. Габриэлян**.

Planta laxe caespitosa 50-100 cm alta. Folia laxe convoluta vel plana, 1-3 mm lt., canescenti-viridia, supra costata, secus costas minute scabra vel papillata; ligulae 2-4.5 mm lg., dorso scabriusculae. Paniculae 10-25 cm lg., elongate-pyramidales, plus minusve effusae, ramis scabris, in nodo infimo 5-7. Spiculae 3-6-florae, roseo-violascentes, paulo nitentes. Glumae 0.8-1 et 1.5-1.7 mm lg. Lemmata 2.3-2.7 mm lg., prope basin brevissime pilosa. Paleae secus carinas in 2/3 superiore scabrae, infra ciliatae. Antherae 1.2-1.4 mm lg. – Рыхлодерновинное растение 50-100 см выс. – Листья рыхло вдоль свернутые или плоские, 1-3 мм шир., серовато-зеленые, сверху ребристые, по ребрам с очень мелкими шипиками или сосочками; язычки 2-4.5 мм дл., на спинке шероховатые. Метелки 10-25 см дл., продолговато-пирамидальные, более или менее раскидистые, с шероховатыми веточками по 5-7 в нижних узлах. Колоски с 3-6 цветками, розовато-фиолетовые, немного блестящие. Колосковые чешуи 0.8-1 и 1.5-1.7 мм дл. Нижние цветковые чешуи 2.3-2.7 мм дл., близ основания очень коротко волосистые. Верхние цветковые чешуи по килям на 2/3

сверху с тонкими шипиками, переходящими ниже в реснички. Пыльники 1.2-1.4 мм дл.

Typus (тип): «Flora Sevanensis, prope Sordja, ad rip. lac. minor, 22 VI 1928, A. Schelkovnikov» (LE).

Affinitas (родство): Hic species a specie proxima – *P. intermedia* (Schur) Janch. – lemmatis roseo-violascentibus, paulo nitentibus et minus pubescentibus differt. – От наиболее близкого вида – *P. intermedia* отличается розовато-фиолетовыми, немного блестящими и менее волосистыми нижними цветковыми чешуями.

Этот вид принимался нами прежде за гибрид *P. sevangensis* x *P. grossheimiana*, поскольку он, подобно первому из этих видов, имеет ярко окрашенные, немного блестящие нижние цветковые чешуи и крупные пыльники, но, подобно второму, довольно крупные общие размеры и близкую анатомию листьев. Однако против гибридного происхождения свидетельствуют хорошо развитые пыльники. От еще одного закавказского вида – *P. gigantea* он отличается более крупными и яркоокрашенными чешуями колосков. По-видимому, он наиболее близок к среднеевропейскому виду *P. intermedia*, который приводится во «Флоре Турции» для западной и центральной Турции. Мы считаем его особым, новым видом, который называем в честь известного армянского ботаника, знатока флоры Кавказа – Э.Ц. Габриэлян.

9-14. ***P***. *aggr*. ***tenuissima*** (Litv. ex Krecz.) Pavl.

9. ***P. bilykiana*** Klok.1950, l. c.: 46; Цвел. 1976: 501; Цвел. 2006, цит. соч.: 331. – *P. distans* auct. non (Jacq.) Parl.: Soreng, 2003, Catal. New World Grasss.IV. Subfam. Pooid.: 592, p.p. – **Б. Билыка**.

На солончаковых лугах и солонцах юга Восточной Европы (на севере до Воронежской области включительно и без юго-восточных областей) и Предкавказья. Описан из Украины (Харьковская обл.). Несколько приближается к видам предыдущих агрегатов, часто имея во время цветения одиночные вегетативные побеги, но стебли многочисленные, тонкие с более узкими метелками, что сближает этот вид с видами агрегата *P. tenissima*. Стебли часто у основания немного утолщенные.

10. ***P. tenuissima*** (Litv. ex Krecz.) Pavl. 1956, во Фл. Казахст. 1: 242; Цвел. 1976: 502; Скрипчинский и др. 1979, Дикораст. раст. Ставроп. края, 11: 88; Пробат. 1985, в Сосуд. раст. сов. Дальн. Вост. 1: 314; Туганаев, Пузырев, 1988, Гемерофиты Вятско-Кам. междур.: 111; Бубнова, 1990, во Фл. Сиб.; Александрова и др. 1996, во Фл.

Липецк. обл.: 49; Ильминских и др. 1998, в Прир. Ижевска: 167 – *P. dolicholepis* auct. non (Krecz.) Pavl.: Пазий, 1968, цит. соч.: 143, p.p. – **Б. тончайшая**.

На солончаковых лугах и солонцах, в степях юго-востока Восточной Европы, также в Сибири, Средней и Центральной Азии. Заносится севернее и восточнее, указывается для Маныча, вероятно, вместо предыдущего вида. Описан из Павлодарской области Казахстана. – 2n = 14.

11. ***P. macropus*** (Krecz.) Pavl. 1956, l.c.: 243; Цвел. 1976: 502. – **Б. большеногая**.

На засоленных песках Заволжья, а также в Средней Азии. – Описан из Казахстана, тип («низовья Каратала, Такыр-Изгар, пески у озера, 30 VI 1928, N 292, В. Смирнов») в С.-Петербурге (LE).

Еще недостаточно известный и потому сомнительный вид. Из Восточной Европы имеется только образец: «Флора песков Заволжья, уроч. Улькен-кум, по дну сора, 6 IX.1939, Т. Якубов» (LE).

12. ***P. sereginii*** Tzvel. sp. nova. – *P. gigantea* auct. non (Grossh.) Grossh.: Цвел. 1957, Список раст. Герб. фл. СССР, 14: 80, N 4105a. – **Б. Серегина**.

Planta 25-50 cm alta, dense caespitosa, sub anthesi cum innovationibus vegetativis solitariis et vaginis foliorum emortuorum nitidis multis. Folia convoluta, 0.5-2 mm in diam., partim subplana, subtus laevia, supra secus costas papillata. Ligulae 1/5-3 mm lg., laeves. Paniculae vix diffusa, 8-15 cm lg., ramis scaberrimis. Spiculae 5-9-florae, vix tinctae. Glumae 1.5-2 et 1.8-2.3 mm lg. Lemmata 2.2-2.7 mm lg., in parte inferiore copiose pilosa (secus nervis ad lemmatis dimidium); paleae secus carinas in 1/2-2/3 scabrae, infra vix pilosae. Antherae 1.2-1.4 mm lg. – Растение 25-50 см выс., плотнодерновинное, во время цветения с одиночными вегетативными побегами и многочисленными блестящими влагалищами отмерших листьев. Листья вдоль свернутые, 0.5-2 мм в диам., отчасти почти плоские, снизу гладкие, сверху по ребрам с очень мелкими сосочками. Язычки 1/5-3 мм дл., гладкие. Метелки слабо раскидистые, 8-15 см дл., с сильно шероховатыми веточками. Колоски с 5-9 цветками, едва окрашенные. Колосковые чешуи 1.5-2 и 1.8-2.3 мм дл. Нижние цветковые чешуи 2.2-2.7 мм дл., в нижней части обильно волосистые (вдоль жилок до середины чешуй);

верхние цветковые чешуи вдоль килей на 1/2-2/3 шероховатые, ниже с немногими волосками. Пыльники 1.2-1.4 мм дл.

Тип (typus): «Краснодарский край, Анапский р-н, пос. Витязево, приморские дюны, 21 VI 2006, N C-500, А. Серегин» (« Prov. Krasnodar, distr. Anapa, pag. Vitjazevo, in collibus arenosis maritimis, 21 VI 2006, N C-500, A. Seregin») – LE.

Паратипы (paratypi): «Крым, близ г. Евпатория, у берега Майнокского соленого оз., 22 VII 1914, Герб. фл. СССР N 4105а, И. Шираевский»; «Крым, р-н Ленинский, сел. Черноморское, колхоз Красное Зиони, на дне балки, 19 VI 1954, Крылова и Новосельцева»; «Керченский п-ов, пос. Аршинцево, песчано-ракушняковый берег моря, 6 VIII 1962, N 169, Е. Победимова, В. Гладкова» (Все в LE).

Назван в честь одного из коллекторов этого вида, известного российского ботаника А.П. Серегина. На приморских песках Северо-Западного Кавказа и Крыма. Описан из Краснодарского края (см. выше).

Облигатно псаммофильный вид, отличающийся от *P. dolicholepis* (Krecz.) Pavl. более плотными дерновинами, обильными, немного блестящими влагалищами отмерших листьев и веточками метелок, очень густо покрытыми шипиками.

13. ***P. fominii*** Bilyk, 1937, в Збірн. праць пам. акад. Фомина: 218; Третьяков, 1988, Бот. журн. 73, 6: 907; Иванов, 2001, Консп. фл. Ставроп.: 25; Цвел. 2006, цит. соч.: 331. – *P. dolicholepis* subsp. *fominii* (Bilyk) Tzvel. 1976: 503. – **Б. Фомина**.

На солончаках, берегах соленых водоемов, на засоленных песках юга Восточной Европы и Предкавказья. Заносное в Беларуси. Описан из Украины («Арабатская стрелка близ Геническа»). Для этого вида, как и других видов агрегата, характерно обилие цветущих побегов в дерновинах и обычное отсутствие в них вегетативных побегов. Утолщения самых нижних междоузлий стеблей у *P. fominii*. как и у других злаков с этим признаком являются приспособлением к выживанию в условиях летней засухи.

14. ***P. dolicholepis*** (Krecz.) Pavl.1956, цит. соч.: 242; Цвел. 1976:503, excl. subsp.; Цвел. 2006, цит. соч.: 391. – **Б. длинночешуйная**.

На песчаных, супесчаных и каменистых солончаках и солонцах юго-востока Восточной Европы и Восточного Предкавказья, а

также юго-запада Сибири, Средней и Центральной Азии, заносится севернее. Описан из Казахстана (с р. Нуры). Замещает предыдущий вид в более восточных районах, отличаясь от него отсутствием утолщений у основания стеблей.

15. ***P. syvaschica*** Bilyk, 1952, Бот. журн. АН УРСР, 9,3: 77; Цвел. 1976:503. – **Б. сивашская**.

На влажных, обычно приморских солончаках юга Украины. Описан с побережья Сиваша. Оригинальный однолетний вид, по строению колосков сходный с предыдущим видом и производящий впечатление его неотенической формы.

16-17. ***P***. *aggr.* ***tenuiflora*** (Griseb.) Scribn. et Merr.

16. ***P. kulundensis*** Serg. 1961, Сист. зам. Герб. Томск. унив. 82:5; Цвел. 1976: 504; Пузырев, 1993, Укр. бот. журн. 50, 3: 129; Гуреева, Балашова, 2008, Сист. зам. Герб. Томск. унив. 100:20. – **Б. кулундинская**.

На солончаковых лугах и солонцах Западной Сибири. В Восточной Европе лишь заносное в пос. Можга Удмуртии (также. на Дальнем Востоке во Владивостоке). Описан из Западной Сибири, тип («Новосибирская обл., Карасукский р-н, окр. с. Карасука, 16 VII 1948, А.Ф. Казанцева») в Томске (ТК). Тип указан нами по Гуреевой и Балашовой (цит. выше соч.). Вероятно, происходит от интрогрессивной гибридизации *P. tenuiflora* x *P. macranthera* (Krecz.) Norlindh.

17. ***P. tenuiflora*** (Griseb.) Scribn. et Merr. 1910, Contr. Unit. Stat. Nat. Herb. 13,3: 78, quoad nom.; Цвел. 1976: 504, excl. subsp.; Баранова и др. 1992, Консп. фл. Удмурт.: 135. – **Б. тонкоцветковая**.

На солончаковых лугах и солончаках, по берегам соленых озер в Восточной Сибири, также в Средней (северо-восток) и Центральной Азии. В Восточной Европе лишь заносное в Удмуртии (в г. Сарапуле). Заносное на Дальнем Востоке во Владивостоке и Находке. Описан из Забайкалья. – 2n=14 (?).

18. ***P. grossheimiana*** (Krecz.) Czer. 1973, l.c.: 432; Цвел. 1976: 504. – *P. sevangensis* auct. non Grossh. 1928: Гроссг.1939, Фл. Кавк., изд. 2, 1: 280, р.р.– **Б. Гроссгейма**.

На засоленных каменистых и песчаных местах, галечниках по берегам озер в южном Закавказье, вероятно, также в Турции. Описан с оз. Севан. – 2n=14(?). Очень оригинальный вид, с многочисленными, щетиновидно свернутыми листьями со

сплошным слоем подэпидермальной склеренхимы, снаружи немного шероховатыми от мелких бугорков.

Секция 2. **Paralochloa** (Krecz.) Bor, 1970, l. c.: 62, quoad nom.; Цвел. 1976: 500.

Облигатно литоральные галофильные растения Северной и Западной Европы и севера Северной Америки, обычно образующие небольшие дерновинки со стелющимися и часто укореняющимися в узлах надземными побегами и довольно жесткими, часто вдоль свернутыми листьями. Пыльники более 1 мм дл. – Лектотип: P. maritima (L.) Parl.

19. ***P. maritima*** (Huds.) Parl. 1848, 1.c.: 370, s. str.; Цвел. 1976: 500. – *Poa maritima* Huds. 1762, Fl. Angl.: 35. – *Phippsia maritima* (Huds.) A. Löve, 1970, Taxon, 19,2: 299. – **Б. приморская.**

На приморских отмелях Балтийского и Белого морей, также в Западной Европе и заносное в Северной Америке. Описан из Великобритании. - 2n = 42, 56, 63, 70.

20. ***P***. *aggr.* ***phryganodes*** (Trin.) Scribn. et Merr.

20. ***P. vilfoidea*** (Anderss.) A. et D. Löve, 1961, Bot. Not. (Lund), 114, 1: 35. – *Catabrosa vilfoidea* Anderss. 1862, Oefvers. Vet.-Akad. Förh. (Stockholm), 19: 254. – *Puccinellia vilfoidea* (Anderss.) A. et D. Löve, 1961, Bot. Not. (Lund), 114, 1: 35. – *P. vilfoidea* subsp. *asiatica* Hadač et A. Love, 1961, Bot. Not. (Lund), 114, 1: 36. – *P. phryganodes* subsp. *asiatica* (Hadač et A. Löve) Tzvel. 1964, в Аркт. фл. СССР, 2: 186; Цвел. 1976: 500. – *P. phryganodes* subsp. *vilfoidea* (Anderss.) Tzvel. 1964, 1. c.: 186: Цвел. 1976: 500. – *P. asiatica* (Hadac et A. Love) Czer. 1981, Сосуд. раст. СССР: 379; Кравченко, 2007, Консп. фл. Карел.: 345. – **Б. полевицеобразная.**

На приморских отмелях в затопляемой приливами зоне Баренцова, Белого и Карского морей, также в Северной Европе и Северной Азии. - Описан со Шпицбергена («Loco Augusti--Bay»). – 2n = 28.

Типичными являются менее развитые и обычно нецветущие высокоарктические популяции этого вида. Более южные популяции, представленные более крупными особями, были описаны с о. Вайгач (бухта Варнека) как особый подвид - subsp. *asiatica*, на наш взгляд, вряд ли заслуживающий признания. Стелющиеся вегетативные побеги этого вида часто бывают сходны с вегетативными побегами предыдущего вида, но при ветвлении вторичные (боковые) побеги у него вневлагалищные, а не

внутривлагалищные. *P. vilfoidea* часто не цветет, развивая на отмелях под водой лишь стелющиеся вегетативные побеги. В восточносибирской Арктике и восточнее замещается очень близким видом *P. phryganodes* с более развитыми соцветиями.

Секция 3. **Pumilae** S. Ovcz, 1989, Бот. журн. 74,12: 1791. – Облигатно литоральные раст., обитающие на морских побережьях Восточной Азии и Северной Америки, но с одним почти циркумполярно распространенным в Арктике видом, обычно формирующие дерновинки, но без стелющихся и укореняющихся в узлах надземных побегов. Нижние цветковые чешуи на верхушке не перепончатые, без ресничкоподобных зубчиков. Пыльники 0.6-1 мм дл. – Тип: *P. pumila* (Vasey) Hitchc.

21. ***P. tenella*** (Lange) Holmb. 1926, Meddel. om Groenl. 63: 45; Цвел. 1976: 510, excl. subsp. – *Glyceria tenella* Lange, 1882, in Kjellm. Vega Exp. Vet. Jaktt.1: 313. – *G. langeana* Berlin, 1884, Oefvers. Vet.-Akad. Förh. (Stockholm), 7: 79. – *Glyceria paupercula* Holm, 1907, Feddes Repert. 3: 337. – *Puccinellia paupercula* (Holm) Fern. et Weath. 1916, Rhodora 16: 18 – *Atropis laeviuscula* Krecz. 1934, во Фл. СССР, 2: 483, 762. – *Puccinellia langeana* (Berlin) Sorens.1950, Acta Univ. Lund., n. f., Avd. 2, 45, 1: 1709. – P. *langeana* subsp. *asiatica* Sorens. 1950, 1. c.: 1710. – *P. langeana* subsp. *typica* Sorens. 1950, l.c.:1710. – *P. tenella* subsp. *langeana* (Berlin) Tzvel. 1964, l.c.:190. – **Б. тонкая.**

На приморских отмелях и скалах от Новой Земли до Гренландии. Описан с о. Вайгач (лектотип с мыса Гребень). – 2n = 14, ?42, ?56.

Мы не смогли отличить от этого вида *P. langeana* (описан из Зап. Гренландии: «Kangaitsiak»), *P. paupercula* (описан с побережья Гудзонова зал.) и *P. laeviuscula* (тип: «Бухта Св. Лаврентия, VIII 1903, Н. Сокольников» - LE). Заносный образец из окр. Воркуты («Окр. г. Воркута, на улице совхоза Центральный, 30 VII 1930, N 309, Н. Цвелев» – LE) имеет более крупные размеры всего раст. и вет. б. м. раскидистых мет. с одиночными шипиками, а не гладкие. Возможно, он является гибридом с *P. hauptiana*. На морских побережьях Российского Дальнего Востока известны еще 4 вида этой секции: *P. hultenii* Swallen (указывался для устья р. Пенжины, южнее заносное в порту Находка: «С. Находка, луг по берегу моря, песок, 18 VI 1913, N 310, А. Буланкина»-LE), *P. kurilensis* (Takeda) Honda, *P. pumila* (Vasey) Hitchc., *P. alascana* Scribn. et Merr. (о-ва Колючин и Ратманова, близ устья р. Чегитунь).

Секция 4. **Cryochloa** (Krecz.) Tzvel. comb. nova. – *Atropis* sect. *Cryochloa* Krecz. 1934, l.c.: 472. – Негалофильные или галофильные и тогда литоральные, обычно арктические или гипоарктические растения, формирующие дерновины без стелющихся надземных побегов. Веточки метелок от шероховатых до гладких. Нижние цветковые чешуи на верхушке обычно перепончатые с ресничкоподобными зубчиками. Пыльники обычно 0.6-1, очень редко до 1.3 мм дл. – Лектотип (lectotypus): *P. angustata* (R. Br.) Rand et Redf.

Секция близка к предыдущей секции, но чешуи колосков на верхушке более перепончатые (обычно выглядят реснитчато-зубчатыми), а веточки метелки с обычным эпидермисом. В этом отношении она более близка к типовой секции.

22-24. ***P***. *aggr.* ***capillaris*** (Liljebl.) Jans.

Виды агрегата облигатно литоральные и амфиатлантические, отсутствующие в Сибири и на Дальнем Востоке.

22**.** ***P. capillaris*** (Liljebl.) Jans. 1951, in Fl. Neerl. 1,2: 69, in adnot.; Цвел. 1976: 509, excl. subsp.; Кравченко, 2007, цит. соч.: 345; Глазкова, 2010, Бот. журн. 95, 10: 1491. – *Festuca capillaris* Liljebl. 1798, Utk. Sv. Fl., ed. 2: 48. – *Atropis suecica* Holmb. 1908, Bot. Not. (Lund) 1908: 245. – *Puccinellia suecica* (Holmb.) Holmb. 1916, Bot. Not. (Lund) 1916: 254. – *P. retroflexa* (Curt.) Holmb. 1918, in Lindm. Sv. Fanerogamfl. : 97, quoad pl. – *P.distans* subsp. *borealis* (Holmb.) W. Hughes, 1978, Bot. Journ. Linn Soc. (London), 76: 363, p.p. – **Б. прибрежная.**

На песчаных и галечниковых отмелях побережья Чешской губы Баренцева моря, Белого и Балтийского морей, также на севере Западной Европы. Североатлантический вид. Описан из южной Швеции. – 2n = 42.

В Ленинградской обл. найден только на о. Тютерс в Балтийском море (Глазкова, цит. соч.). На Кольском п-ове, в Карелии и Архангельской обл. также очень редок, возможно, только заносный.

23. ***P. coarctata*** Fern. et Weath. 1916,1. c.: 13; Цвел. 1976; 510; Глазкова, 2001, Фл. остр. вост. части Финск. зал.: 74. – *P. retroflexa* subsp. *borealis* Holmb. 1926, Bot. Not. (Lund), 1926: 182. – *P. capillaris* var. *vaginata* (Lange) Tzvel. 1957, Список раст. Герб. фл. СССР, 1: 79, quoad pl. – *Phippsia coarctata* (Fern. et Weath.) A. Love,

1970, l. c.: 299. – *Puccinellia distans* subsp. *borealis* (Holmb.) W. Hughes, 1978, l. c.: 363, s. str. – **Б. сжатометельчатая**.

На приморских отмелях и скалах побережий Баренцева и Белого морей, возможно заносное на Соловецких о-вах, о-вах Финского зал. и близ с. Б. Куземкино на берегу Нарвской губы, также на севере Западной Европы.Близок к предыдущему виду, являясь его арктическим и амфиатлантическим дериватом, но отличается менее крупными чешуями колосков и небольшой, часто сжатой метелкой с обычно совершенно гладкими веточками, что, несомненно, является результатом некоторой криофилизации в плейстоцене. К югу постепенно замещается следующим видом.

24. ***P. pulvinata*** (Fries) Krecz. ex Tzvel. 1964, 1. c.: 202; Креч. 1934, цит. соч.:478,761, in syn. – *Glyceria distans* pulvinata* Fries, 1839, Novit. Fl. Suec., Mant. 2: 11, s. str. – *Atropis pulvinata* (Fries) Krecz. 1934, 1. c.: 478, 761. – *Puccinellia capillaris* subsp. *pulvinata* (Fries) Tzvel. 1971, l.c.: 80; Цвел. 1976: 510. – **Б. подушковидная.**

Как предыдущий вид, но южнее встречается значительно чаще, в том числе и в Ленинградской области за пределами Невской губы. Описан из Швеции; лектотип («Halland bor., Varberg, VII, leg. Fries») в С.-Петербурге (LE).

Вполне вероятно, что этот вид произошел в результате интрогрессивной гибридизации *P. distans* x *P. coarctata* в позднеледниковье, о чем свидетельствуют более или менее шероховатые веточки метелок. К этому виду принадлежит и виденный нами «неотип» *P. tenella,* ошибочно избранный Т. Сёренсеном: «Insula Waigatsch, sinus Ljamtschina, 19 VIII 1907, O. Ekstam» (S).

25. ***P. sibirica*** Holmb. 1927, Bot. Not. (Lund) 1927: 206, excl. var.; Цвел. 1976: 508. – *Atropis sibirica* (Holmb.) Krecz. 1934, 1. c.: 479. – **Б. сибирская**.

На приречных песках и галечниках, склонах песчаных холмов и гряд на Югорском п-ове и в низовьях Усы близ сел. Адак, также в азиатской Арктике, указывался для Сев. Канады. – Описан с низовьев Енисея; изолектотип («Jenisei, Tolstoinos, 70°10', 8 IX 1876, M. Brenner») в С.-Петербурге (LE).

По строению колосков занимает промежуточное положение между агрегатами *P. borealis* и *P. angustata*.

26-27. **P**. aggr. **angustata** (R. Br.) Rand et Redf.

26. ***P. angustata*** (R. Br.) Rand et Redf. 1894, Fl. Mount Desert Isl.: 181; Цвел. 1976: 509, excl. subsp. – *Poa angustata* R. Br. 1824, Suppl. to App. Parry's First Voy., Bot.: 287. – *Glyceria vaginata* var. *contracta* Lange, 1882, in Kjellm. Vega Exp. Vet. Jaktt. 1: 273. – *P. taimyrensis* Roshev. 1949, Бот. мат. (Ленинград), 11: 27. – *P. contracta* (Lange) Sorens. 1953, Revis. Greenl. Sp. Puccinellia l. c.: 77. – **Б. суженная.**

В песчаных, глинистых и каменистых тундрах на Новой Земле и на Югорском п-ове, также на Шпицбергене, в азиатской и американской Арктике. Описан из сев. Канады («Melville Isl., Parry»). – 2n = 42 (Davis, Consaul, 2007).

Типы *P. taimyrensis* («Таймыр, устье р. Нижн. Таймыра, голая глинистая почва оползня, 31 VIII 1946, Б. Тихомиров» - LE) и *P. contracta* («Sibiria arctica, Pitlekaj, 28 IX 1878, Kjellman» - UPS!), на наш взгляд, принадлежат к этому виду.

27. ***P. palibinii*** Sorens. 1953, 1. c.: 74. – *Glyceria gracilis* Palib. 1903, Изв. Петерб. бот. сада, 3 : 46, nom. nud. – *Puccinellia fragiliflora* Sorens. 1953, l. c.: 73, s. str. – *P. angustata* subsp. *palibinii* (Sorens.) Tzvel. 1971, l. c. : 80; Цвел. 1976: 509. – **Б. Палибина.**

На слабо задерненных участках тундры на Земле Франца-Иосифа и Новой Земле. – Описан с Новой Земли, изотип («Novaya Zemlya, Pomorskaya, 27 VIII 1921, Lynge») в С.-Петербурге (LE).

Узкоэндемичный высокоарктический вид, возможно, являющийся результатом интрогрессивной гибридизации: *P. angustata* x P. *vahliana.* Виденный нами тип *P. fragiliflora* («Novaya Zemlya, Matotchkin Shar, 13 VIII 1905, O. Ekstam» – LD!) мы относим к этому же виду.

Секция 5. **Pseudocolpodium** Tzvel. 1973, Новости сист. высш. раст. 10: 85. – *P.* subgen. *Pseudocolpodium* (Tzvel.) Hughes, 1978, l.c.: 363. – Негалофильные высокоарктические растения без стелющихся надземных побегов. Веточки метелок гладкие. Нижние цветковые чешуи в значительной части перепончатые, близ основания довольно обильно волосистые, часто продольно складчатые и немного килеватые, на верхушке обычно без ресничкоподобных зубчиков. Пыльники 1-2.5 (3) мм дл. – Тип: *P. vahliana* (Liebm.) Scribn. et Merr.

Эта секция была переведена в ранг подрода, но, на наш взгляд, она очень тесно связана с предыдущей секцией, являясь еще более высокой ступенью криофилизации. Пыльники здесь более крупные, однако и в предыдущей секции имеется относительно

крупнопыльниковая (пыльники 1-1.5 мм дл.) североамериканская группа видов – *P.* aggr. *arctica* (Hook.) Fern. et Weath., к которой принадлежит и эндемичный для Таймыра вид *P. gorodkovii* Tzvel. Кроме *P. vahliana* к секции *Pseudocolpodium* принадлежат виды дальневосточной Арктики *P. wrightii* (Scribn.et Merr.) Tzvel., *P. colpodioides* Tzvel. и гибридогенный *P. beringensis* Tzvel., а также *P. byrrangensis* Tzvel. с Таймыра. Интересно большое внешнее сходство видов этой секции с небольшим высокогорным родом *Hyalopoa* (Tzvel.) Tzvel.

28. ***P. vahliana*** (Liebm.) Scribn. et Merr. 1910, l. c.: 78; Цвел. 1976: 512. – *Poa vahliana* Liebm. 1845, in Fl. Dan. 41: 4, tab.2401. – *Glyceria kjellmanii* Lange, 1882, 1. c.: 314. – *Colpodium vahlianum* (Liebm.) Nevski, 1934, во Фл. СССР, 2: 436. – **Б. Валя.**

В щебнистых, каменистых и песчаных тундрах на Новой Земле, также на Шпицбергене, в Американской Арктике и в Гренландии. Описан из Гренландии («Umanak District»). – 2n = 14.

Секция 7. **Puccinellia.** – Слабо галофильные или негалофильные и тогда нередко сорные растения без стелющихся надземных побегов. Веточки метелок более или менее шероховатые, реже гладкие. Нижние цветковые чешуи близ основания более или менее волосистые, очень редко голые, на верхушке с ресничкоподобными зубчиками, редко без них. Пыльники 0.3 - 1 (1.2) мм дл. Тип: *P. distans* (Jacq.) Parl.

29. ***P. hauptiana*** (Krecz.) Kitag. 1937, Rep. Inst. Sci. Res. Manchoukuo, 1: 255; Креч. 1934, цит. соч.: 485,763, in syn.; Цвел. 1976: 506; Мосякин, 1992, Укр. бот. журн.49, 1: 13; Полуянов, 2007, Бюлл. Моск. общ. испыт. прир., отд. биол. 112,6: 59; Кравченко, 2008, Консп. фл. Карел.: 345. – *Atropis hauptiana* Krecz. 1934, 1. c.: 485, 763. – *Puccinellia filiformis* V. Vassil. 1940, Бот. мат. (Ленинград), 11: 50, non Keng, 1938. – *P. distans* subsp. *hauptiana* (Krecz.) Hughes, 1978, Bot. Journ. Linn. Soc. (London) 76,4: 363. – **Б. Гаупта.**

На солонцеватых лугах, приречных песках и галечниках, у дорог, в населенных пунктах в значительной части Европейской России (кроме южной степной части), но преимущественно в качестве заносного растения, также во внетропической Азии и Северной Америке. Описан из Западной Сибири («In circulo Kurganico, in pratis, locis arenosis siccis, leg. Haupt»-LE). - 2n = 28.

В Европе все местонахождения этого азиатского вида, кроме наиболее восточных, являются результатом заносов с востока. По-видимому, он продолжает активно расселяться на запад. К этому виду очень близок амфитихоокеанский гипоарктический вид *P. interior* Sorens. ex Hult. (1950, Acta Univ. Lund. 46,1: 1713; Бубнова, 1990, во Фл. Сибири, 2: 201). Американские авторы последнего времени [9] присоединяют как *P. hauptiana*, так и *P. interior* к *P. nuttaliana* с чем нельзя согласиться. Имеет наиболее мелкие пыльники (0.3-0.5 мм дл.) среди европейских видов.

30. ***P. borealis*** Swall. 1944, l. c.: 19; Цвел. 1976: 508, excl. subsp. - **Б. северная.**

На приречных песках и галечниках, в населенных пунктах; только в качестве заносного растения на Соловецких островах, также в азиатской и американской Арктике. Описан из Аляски (окр. г. Порт-Кларенс). – 2n = 42.

В азиатской Арктике встречается еще близкий вид *P. neglecta* (Tzvel.) Bubnova (1988, Список раст. Герб. фл. СССР, 26: 40).

31. ***P. nuttaliana*** (Schult.) Hitchc. 1912, in Jepson, Fl. Calif.1: 162; Цвел.1988, Новости сист. высш. раст. 25: 183; Мосякин, 1992, Укр. бот. журн. 49,1: 13; О. Баранова и др. 1992, цит. соч.: 135; Гуларьянц, 1993, Комар. чтения (Владивосток) 37: 31; Сенник. 2006, Бюлл. Моск. общ. испыт. прир., отд. биол. 111,3: 50; Шереметьева и др. 2008, Консп. фл. сосуд. раст.Тульск. обл.: 76; Пробат. 2006, цит. соч.: 331. – *Poa nuttaliana* Schult. 1824, Mant. 2: 303. – *Puccinellia airoides* S.Watson et Coult. 1890, in A. Gray, Manual, ed. 6: 668; Третьяков, 1988, Бот. журн. 73, 6: 907. – **Б. Наттэла**.

Заносное из Северной Америки рудеральное сорное растение, встречающееся у дорог, в населенных пунктах во многих районах Восточной Европы (Украина, Беларусь, Удмуртия, в гг. С.-Петербург, Тула и Кинешма; также заносное на Дальнем Востоке в окр. Дальнегорска и в Западной Европе. Описан из США, тип («Around Mandan village, in the Missouri, Nuttal») в Филадельфии (PH). – 2n = 28, 42,56. [8].

Имеет тенденцию к дальнейшему распространению. От P. distans отличается более крупными размерами всего растения и широко раскидистых метелок с неотгибающимися книзу веточками.

32. ***P. distans*** (Jacq.) Parl. 1848, 1. c.: 367; Цвел. 1976: 507, excl. subsp.; Пробат. 1985, в Сосуд. раст. сов. Дальн. Вост. 1: 315; Цвел. 2006, в Консп. фл. Кавк. 2: 332 – *Poa distans* Jacq. 1764, Observ. Bot. 1: 42. – *Atropis distans* (Jacq.) Griseb. 1852, 1. c.: 388 – *P. pseudoconvoluta* Klok. 1950, 1. c.: 44. – **Б. расставленная.**

На солонцеватых лугах, приречных песках и галечниках, у дорог, в населенных пунктах, по берегам водоемов в Восточной Европе (но в Арктике только редкое заносное) и на Кавказе, также во внетропических Европе, Азии, Северной Америке и Африке. Описан из Австрии (окр. Вены). – 2n = 28, 42.

Тип *P. pseudoconvoluta* («Ворошиловградская обл., близ сел. Верхнее, 4 VIII 1927, И. Зоз» – LE), как и многие более южные популяции *P. distans,* имеет более ксерофильный облик и в среднем немного более мелкие чешуи колосков.

Секция 8. **Vitalia** Yu. Alexeev. Laktion. et Tzvel.2008, Бот. журн. 93, 11: 1792. – Слабо галофильные малолетние или однолетние растения приречных и приозерных отмелей без стелющихся побегов. Веточки метелок шероховатые. Нижние цветковые чешуи у основания слабо волосистые до почти голых, обычно с ресничкоподобными зубчиками на верхушке. Пыльники 0.4-0.8 мм дл. – Тип: *P. vitalii* Yu. Alexeev, Laktion. et Tzvel.

33. ***P. choresmica*** **(** Krecz.) Drobov, 1941, во Фл. Узбек. 1: 252; Цвел. 2006, цит. соч.: 332. – *Atropis choresmica* Krecz. 1934, во Фл. СССР, 2: 479, 761. – **Б. хорезмская.**

На приречных и приморских отмелях, в тугаях, иногда у дорог и в населенных пунктах в низовьях Волги (окр. Астрахани.) и на Кавказе близ Каспийского морского побережья). Вне России: Средняя Азия. – Описан с низовьев Амударьи, тип («Низовья Амударьи, тугай к северу от горы Крантау, 16 IV 1915, № 60, И. Крашенинников» – LE). – 2n = 42.

Вполне вероятно, что этот вид является результатом интрогрессивной гибридизации между *P. hauptiana,* с которым он сходен по строению колосков, и следующим видом.

34. ***P. vitalii*** Yu. Alexeev, Laktion. et Tzvel. 2008, l. c.: 1792. – *P. pallescens* Krecz. ex Tzvel. 1976: 507, nom. nud. – **Б. Виталия**.

На приморских и приречных песчаных и галечниковых отмелях, на месте пересыхающих водоемов в низовьях Волги. Описан с низовьев Волги, тип («Астраханская обл., Красноярский р-н, в вост. части дельты Волги, пологий песчаный берег лимана в

10 км к сев.-вост. от сел. Красный Яр, 2 V 2006, Ю. Алексеев, А. Лактионов») в С.-Петербурге (LE), изотипы в Москве (MW) и Астрахани. – 2n=?

Оригинальный вид с сильно расставленными цветками на оси колосков. Возможно. к нему близок и вид *P. syvaschica* Bilyk с юга Украины, который остался для нас неясным.

Г и б р и д ы .

Все виды рода *Puccinellia* хазмогамные и могут гибридизировать друг с другом, образуя, однако, как правило, стерильные гибриды. Бинарные названия имеют следующие гибриды, которые, однако, очень редки.

1. *P. maritima* x *P. capillaris* = *P.* x *mixta* Holmb. 1920, 1. c.: 106.
2. *P. maritima* x *P.distans* = *P.* x *hybrida* Holmb. 1920, 1. c.: 105.
3. *P. distans* x *P. capillaris* = *P.* x *elata* (Holmb.) Holmb. 1916, 1. c.: 254. – *Atropis* x *elata* Holmb. 1908, 1. c.: 255.

Имеются также межродовые гибриды *Puccinellia* sp. x *Phippsia* sp. = x **Pucciphippsia** Tzvel. (1971, Новости сист. высш. раст. 8: 76). Это x *P. chukczorum* Tzvel. = *Phippsia algida* (Soland.) R.Br. x *Puccinellia wrightii* (Scribn. et Merr.) Tzvel. с Чукотского п-ова и x *P. vacillans* (T.Fries) Tzvel. = *Phippsia concinna* (T.Fries) Lindeb. x *Puccinellia vahliana* (Liebm. (Scribn. et Merr. с Новой Земли. Второй из этих гибридов приведен ниже в ключе для определения видов *Puccinellia.* Существование этих межродовых гибридов позволило A. and D. Love [15] объединить роды *Puccinellia* и *Phippsia* под приоритетным названием *Phippsia* (Trin.) R. Br., с чем трудно согласиться.

Ключ для определения видов Восточной Европы и Кавказа.

1. Колоски обычно с 2 цветками. Нижние цветковые чешуи 1.7-2.5 мм дл., с 1-3 жилками, в нижн. части обычно волосистые. Пыльники в числе 1-3, 0.3-2.5 мм дл., обычно недоразвитые. Метелки 1.5-8 см дл., слабо раскидистые или сжатые, с гладкими веточками. Растение Новой Земли 5-20 см выс., образующие небольшие дерновинки ----------x **Pucciphippsia vacillans.** (см. выше).

+ Колоски более чем с 2 цветками. Нижние цветковые чешуи с (3)5 жилками, волосистые или голые. Пыльники в числе 3, 0.3-2.5 мм дл.----------**Puccinellia** sp. ---------2.

2. Растения приморских отмелей и скал, часто затопляемых приливами и нередко (особенно в Арктике) не формирующие метелок. Имеются

стелющиеся и укореняющиеся в узлах вегетативные побеги. Пыльники (если имеются) 1.2-2.5 мм дл. ----------3.

+ Сухопутные или прибрежные, часто приморские растения без стелющихся вегетативных побегов, обычно образующие дерновины. Пыльники часто более мелкие ----------4.

3. Веточки относительно крупных метелок обычно более или менее шероховатые до почти гладких. Нижние цветковые чешуи 2.8-4 мм дл., у основания жилок и на каллусе более или менее волосистые. Верхние цветковые чешуи по килям шероховатые. Боковые вегетативные побеги расположены в пазухах листьев. Растение севера Восточной Европы---------- ---------- 19. **P. maritima**.

+ Веточки небольших и малоколосковых метелок гладкие; часто метелки не образуются. Нижние цветковые чешуи 2.2-3.2 мм дл., голые, редко с немногими волосками на каллусе. Верхние цветковые чешуи по килям гладкие, редко с 1-3 шипиками. Боковые вегетативные побеги внепазушные, обычно отходящие близ основания следующего листа. Преимущественно арктическое растение ----------20. **P. vilfoidea**.

4. Самое нижнее укороченное междоузлие стеблей заметно утолщенное. Растения. равнинных и низкогорных, сильно пересыхающих летом солончаков и солончаковых лугов, 15-60 см выс., с плоскими или вдоль свернутыми листьями ---------- 5.

+ Очищенное от влагалищ самое нижнее междоузлие стеблей не толще следующих за ним междоузлий ---------- 7.

5. Нижние цветковые чешуи 2.4-4 мм дл., у основания довольно обильно волосистые; верхние цветковые чешуи в верхней части шероховатые, ниже волосистые; пыльники 1.4-2 мм дл. ---------- ---------- 13. **P. fominii.**

+ Нижние цветковые чешуи 1.7-2.2 (2.4) мм дл.; пыльники 0.9-1.4 мм дл.-- ---------- 6.

6. Утолщения оснований стеблей слабо развиты; растение солончаковых лугов юга Восточной Европы и Кавказа ---------- 9. **P. bilykiana.**

+ Утолщения оснований стеблей хорошо развиты; растение Кавказа-------- ---------- 5. **P. bulbosa.**

7. Дерновинное растение Закавказья 20-40 см выс. с щетиновидно вдоль сложенными листьями 0.3-0. 6 мм в диам., обычно со сплошным подэпидермальным слоем склеренхимы; стеблевые листья снаружи покрыты очень мелкими островатыми бугорками. Метелки обычно раскидистые с тонкими шероховатыми веточками. Нижние цветковые чешуи 2.2-2.7 мм дл., розовато-фиолетовые, немного блестящие, почти голые ----------

----------18. **P. grossheimiana**.

+ Листья на поперечном срезе с отдельными склереимными тяжами, снаружи (снизу) гладкие, часто более широкие----------8.

8. Нижние цветковые чешуи при нижнем цветке 2.5-4 мм дл. ----------9.

+ Нижние цветковые чешуи. при нижнем цветке 1.3-2.3(2.5) мм дл.------22.

9. Веточки метелок по всей или почти по всей длине довольно густо покрыты шипиками; лишь нижняя часть веточек может быть почти гладкой ----------10.

+ Веточки метелок гладкие или с немногими рассеянными шипиками в их верхней половине----------20.

10. Колоски с 4-7 сильно расставленными цветками; членики их оси 1-1.5 мм дл. Нижние цветковые чешуи 2.5-3.5 мм дл., у основания слабо опушенные. Верхние цветковые чешуи по килям в верхней 1/3-1/2 с многими шипиками, ниже с редкими волосками. Пыльники 0.4-0.8 мм дл. Малолетнее или однолетнее растение отмелей Северного Прикаспия 8-20 см выс.----------34. **P. vitalii**.

+ Колоски с 2-5 значительно менее расставленными цветками. Обычно многолетники ---------- 11.

11.Пыльники 0.4-0.9 мм дл. Обычно менее галофильные, часто полусорные растения----------12.

+ Пыльники 1-2.5 мм дл. Обычно более галофильные растения --------- 14.

12. Арктическое, но не литоральное растение 7-20 см выс. с небольшими (2-6 см дл.) обычно сжатыми или слабо раскидистыми розовато-фиолетовыми метелками с немного шероховатыми веточками. Колосковые чешуи обычно 1-1.2 и 1.3-1.7 мм дл. Нижние цветковые чешуи 2.5-3.5 мм дл., довольно обильно волосистые в нижней части. Верхние цветковые чешуи по килям на 1/2-2/3 покрытые шипиками, переходящими ниже в волоски. Пыльники 0.6-0.8 мм дл.---------- 26. **P. angustata**.

+ Внеарктические или немного заходящие в Арктику растения часто более крупных размеров ----------13.

13. Литоральное растение севера Восточной Европы 30-70 см выс. Метелки 8-15 см дл., обычно слабо раскидистые. Нижние цветковые чешуи обычно слабо окрашенные, близ основания слабо волосистые, на верхушке слабо перепончатые. Верхние цветковые чешуи в верхней 1/2-2/3 с мелкими шипиками ----------22. **P. capillaris**.

+ Не литоральное растение 20-50 см выс., едва заходящее в европейскую Арктику из Сибири. Нижние цветковые чешуи обычно розовато-фиолетовые,близ основания с более обильными волосками, на верхушке перепончатые. Верхние цветковые чешуи в верхней 2/3 по килям с многими шипиками, ниже с рассеянными волосками. Пыльники 0.5-0.7 мм дл. ---------- ----------25. **P. sibirica**.

14 (11). Однолетнее или малолетнее растение солончаков Присивашья 5-30 см выс., образующее небольшие дерновинки со слабо раскидистыми метелками. Нижние цветковые чешуи 2.7-3.5 мм дл. Пыльн. 1.5-2 мм дл. ---------- ----------15. **P. syvaschica**.

+ Обычно более высокие многолетники ----------15.

15. Растения быстро пересыхающих солончаков, солонцов, засоленных песков . 25-50 см выс. с многочисленными цветущими стеблями, но во время цветения обычно без вегетативных побегов. Листья обычно вдоль свернутые, 0.3-1 мм в диам. Нижние цветковые чешуи 2.7-3.5 мм дл., близ

основания обильно волосистые, с волосками, часто доходящими до трети чеш. Верхние цветковые чешуи по килям в верхн. трети с крупными шипиками, ниже почти до основания волосистые ----------16.

+ Растения обычно более влажных солончаков 30-90 см выс., во время цветения хотя бы с немногими вегетативными побегами Листья обычно рыхло вдоль сложенные или плоские, 1-4 мм шир. ----------17.

16. Растение причерноморских песков. Листья. сверху с очень узкими ребрами. Веточки метелок очень густо покрытые шипиками. Нижние цветковые чешуи 2.2-2.7 мм дл. ----------12.**P. sereginii**.

+ Растение континентальных солончаков и солонцов. Листья сверху с более широкими ребрами. Веточки метелок с менее густыми шипиками. Нижние цветковые чешуи 2.7-3.5 мм дл. ----------14. **P. dolicholepis**.

17. Нижние цветковые чешуи 2.7-3.5 мм дл., тускло окрашенные, в нижней четверти довольно обильно волосистые. Верхние цветковые чешуи в верхней половине килей с многочисленными шипиками, ниже почти до основания рассеянно волосистые. Пыльники 1.4-1.8 мм дл. Растение Восточного Кавказа ----------1. **P. poecilantha**.

+ Нижние цветковые чешуи 2.5-3 мм дл., близ основания слабо волосистые. Пыльники 1.2-1.5 мм дл. ----------18.

18. Нижние цветковые чешуи розовато-фиолетовые, ярко окрашенные, немного блестящие. Верхние цветковые чешуи в верхней 2/3 килей шероховатые, ниже довольно обильно волосистые. Растение Южного Закавказья 50-100 см выс.. ----------8. **P. gabrieljanae**.

+ Нижние цветковые чешуи зеленоватые или слабо и тускло окрашенные, не блестящие----------19.

19. Верхние цветковые чешуи в верхней половине килей шероховатые, ниже без волосков или с немногими волосками. Растение Северного Прикаспия и Северо-Восточного Кавказа, иногда заносится севернее и западнее ----------2. **P. chilochloa**.

+ Верхние цветковые чешуи в верхней трети килей с шипиками, ниже с обильными волосками. Растение солончаков Молдавии и запада Украины ----------7. **P. intermedia**.

20(9). Пыльники 1-1.3 мм дл. Веточки обычно сжатых метелок гладкие. Колосковые чешуи почти одинаковой длины, нижняя из них не более чем в 1.5 раза короче прилежащей нижней цветковой чешуи. Растение Новой Земли 8-50 см выс. ----------28. **P. vahliana**.

+ Пыльники 0.6-0.8 мм дл., часто недоразвитые. Метелки сжатые или слабо раскидистые. Колосковые чешуи сильно неравные. Нижние цветковые чешуи 2.5-3.5 мм дл. Верхние цветковые чешуи по килям в нижней половине обильно волосистые. Арктические растения 5-30 см. выс. --------21.

21. Веточки метелок с рассеянными шипиками ----------26. **P. angustata** (см. также ступ. 12).

+ Вет. мет. гладкие. ----------27. **P. palibinii**.

22(8). Пыльн. 0.3-0.8 мм дл. ----------23.

+ Пыльн. (0.9) 1-2 (2.5) мм дл. ----------31.

23.Вет. мет. гладкие или только в верхн. половине с рассеянными шипиками ----------24.

+ Вет. мет. по всей длине или в большей их части шероховатые от многочисленных шипиков ----------25.

24. Нижние цветковые чешуи 1.8-2.4 мм дл., голые или на каллусе и у основания боковых жилок слабо волосистые, обычно розовато-фиолетовые, с продольными морщинками, по краям с очень узкой перепончатой каймой. Верхние цветковые чешуи по килям голые и гладкие. Арктическое растение 5-20 см выс.---------- 21. **P. tenella**.

+ Нижние цветковые чешуи 1.9-2.2 мм дл., с более обильным опушением близ основания, чаще зеленоватые, без продольных морщинок, по краям более широко перепончатые. Верхние цветковые чешуи по килям с шипиками. Растение севера Европ. России----------23. **P. coarctata**.

25. Малолетнее или однолетнее растение Прикаспия 10-25 см выс. Колоски с заметно расставленными цветками. Нижние цветковые чеш. 1.9-2.3 мм дл. Пыльники 0.4-0.6 мм дл. Верхние цветковые чешуи до середины шероховатые, ниже с одиночными волосками ----------33. **P. choresmica**.

+ Часто более крупные многолетники. Цветки в колосках тесно сближенные ----------26.

26. Пыльники 0.3-0.5 мм дл. Нижние цветковые чешуи 1.3-1.7 мм дл., близ основания слабо волосистые. Верхние цветковые чешуи по килям с 5-12 тонкими шипиками. Широко распространенный вид----------29.**P. hauptiana**.

+ Пыльники более 0.5 мм дл. Нижние цветковые чешуи более 1.7 мм дл.----------27.

27. Заносное растение (40) 50-100(120) см выс. с широко раскидистыми метелками (10)12-20(25) см дл.; веточки их сильно шероховатые, книзу не отгибаются. Нижние цветковые чешуи 1.8-2.3 мм дл. , тупые или островатые, у основания слабо волосистые. Верхние цветковые чешуи по килям с 4-7 шипиками, без волосков. Пыльники 0.6-0.8 мм дл----------31. **P. nuttaliana**.

+ Менее крупные растения обычно с менее крупными метелками. ----------28.

28. Растение морских побережий севера Европ. России 10-30 см выс. Метелки 5-12 см дл., обычно слабо раскидистые, зеленоватые или с сизоватым налетом; веточки их с рассеянными шипиками, нередко гладкие в нижн. части. Нижние цветковые чешуи 1.8-2.2 мм дл., у основания слабо волосистые. Верхние цветковые чешуи по килям в верхней 3/4 с довольно обильными шипиками, ниже переходящими в реснички ----------24. **P. pulvinata**.

+ Не литоральные, но иногда заносимые на морские побережья растения ----------29.

29. Верхние цветковые чешуи по килям в верхн. 2/3 с рассеянными тонкими шипиками, ниже с рассеянными волосками. Нижние цветковые чешуи 2.3-2.7 мм дл., слабо волосистые в нижней части. Пыльники 0.5-0.7 мм дл. Метелки 4-12 см дл., обычно слабо окрашенные, б.м. раскидистые.

Растение Арктики ----------25. **P. sibirica** (см**.** также ступ. 13).

+ Верхние цветковые чешуи по килям с менее обильными шипиками и обычно без волосков. Пыльники 0.6-0.8 мм дл. ----------30.

30. Листовые пластинки сверху по слабо выступающим ребрам с рассеянными шипиками, по краю не у всех листьев шероховатые. Метелки 8-15(20) см. дл., часто окрашенные; веточки их после цветения не отгибаются. Арктическое растение ----------30. **P. borealis.**

+ Листовые пластинки сверху по выступающим ребрам и по краю густо покрытые шипиками. Мет. 5-15 см дл., обычно слабо окрашенные; вет. их после цветения хотя бы отчасти отклоненные книзу. Широко распространенный полусорный вид ----------32**. P. distans**.

31(22). Верхние цветковые чешуи по килям голые и гладкие или в верхн. трети с немногими (1-5) шипиками, без волосков. Растения солончаковых лугов 30-80 см выс.----------32.

+ Верхние цветковые чешуи по килям в верхней 1/2-2/3 с более обильными (более 5) шипиками, часто переходящими ниже в реснички или волоски----------33.

32. Нижние цветковые чешуи 1.6-2.2 мм дл., у основания слабо, но заметно волосистые. Верхние цветковые чешуи с 3-5 шипиками на каждом киле. Пыльники 0.9-1.3 мм дл. Метелки 5-25 см дл., раскидистые, в верхней половине с довольно обильными шипиками ----------16. **P. kulundensis**.

+ Нижние цветковые чешуи 1.4-2 мм дл., голые, реже с одиночными очень короткими волосками у основания. Верхние цветковые чешуи по килям гладкие, редко с 1-3 шипиками на каждом киле. Пыльники 0.9-1.2 дл. Метелки 4-20 см дл., раскидистые, с гладкими или рассеянно шероховатыми в верхн. части вет. ----------17. **P. tenuiflora**.

33(31). Растения солонцеватых лугов и приморских песков 25-60 см выс., образующие густые дерновины с многочисленными цветущими побегами и с одиночными вегетативными побегами или без них. Листья обычно вдоль свернутые, очень узкие. Метелки обычно сжатые или слабо раскидистые. Нижние цветковые чешуи в нижней части довольно обильно волосистые (преимущественно по жилкам). Верхние цветковые чешуи в верхних 2/3 покрыты шипиками, переходящие ниже в короткие волоски---------- 34.

+ Растения солончаков и болотистого морского побережья 30-80 см выс., обычно образующие небольшие дерновины с менее многочисленными репродуктивными побегами и всегда с хотя бы одиночными вегетативными. побегами. Листья плоские или рыхло вдоль сложенные, более широкие, но более жесткие. Мет. во время цветения более или менее раскидистые. Нижние цветковые чешуи близ основания слабо волосистые. Верхние цветковые чешуи в верхней половине килей шероховатые, ниже голые или с немногими волосками----------36.

34. Растения приморских песков Причерноморья и северного Прикаспия, формирующие очень плотные дерновины----------35.

+ Растения внутриконтинентальных солонцеватых лугов и солонцов ----37.

35. Растение приморских песков Причерноморья без чехлов из отмерших листьев у основания побегов---------- 12. **P. sereginii** (см. выше ступ. 16).

+. Растение песков северного Прикаспия с чехлами из отмерших листьев у основания побегов ----------11. **P. macropus**.

36. Колосковые чешуи 0.7-1 и 1.3-1.5 мм дл. Преимущественно сибирское растение ----------10. **P. tenuissima**.

+ Колосковые чешуи 1-1.2 и 1.5-1.8 мм дл. Растение юга Восточной Европы и Предкавказья.. ----------9**. P. bilykiana** (см. также ступ. 6).

37. Нижние цветковые чешуи по жилкам на треть своей длины от основания коротковолосистые. Листья обычно зеленые, не очень жесткие. Растение запада Украины и Молдавии. ----------6. **P. limosa**.

+ Нижние цветковые чешуи по жилкам обычно не более чем на четверть своей длины от основания коротковолосистые. ----------38.

38. На поперечном срезе листовых пластинок моторные клетки располагаются только по обеим сторонам центральной жилки. Листья более жесткие, обычно серовато-зеленые. Растение юго-востока Восточной Европы и юга Западной Сибири ----------3. **P. sclerodes**.

+ На поперечном срезе листовых пластинок моторные клетки располагаются как по бокам центральной жилки, так и между боковыми жилками. Листья менее жесткие, обычно зеленые. Раст. юга Восточной Европы и Кавказа ----------4**. P. gigantea**.

Заключение. Приведен конспект системы рода бескильница (*Puccinellia* Parl.) семейства злаков (*Poaceae*) в пределах Восточной Европы и Кавказа с основной синонимикой и краткими комментариями по отдельным видам. 2 вида: *P. gabrieljanae* Tzvel. и *P. sereginii* Tzvel. с Кавказа описаны в качестве новых для науки. Всего для этой территории указываются 34 вида и несколько гибридов. Имеется также ключ для определения видов.

Литература

1. Кречетович В.И. Род бескильница (Puccinellia Parl.) // Флора СССР.Т.2. Коллектив авторов. Отв. ред. В.Л. Комаров. М.-Л., 1934. С. 460-494.

2. Цвелев Н.Н. Злаки СССР. Отв. ред. Ан. А. Федоров. Л.: Наука,1976. 788 с.

3. Пробатова Н. С. Сем. Poaceae – Злаки // Сосудистые растения советского Дальнего Востока, т. 1. Коллектив авторов. Отв. ред. С.С. Харкевич. Л.: Наука, 1985. С. 89-382.

4. Бубнова С. В. Род Puccinellia Parl. //Флора Сибири. Т. 2. Коллектив авторов. Отв. ред. Л.И. Малышев, Г.А. Пешкова. Новосибирск: Наука, 1990. С. 191-209.

5. Цвелев Н.Н. Сем. Poaceae – Злаки // Конспект флоры Кавказа. Т.2. Коллектив авторов. Отв. ред. А.Л. Тахтаджян. Издательство Санкт-Петербургского университета. 2006. С.117-368.

6. Hughes W.E., Halliday G. // Flora Europaea, vol. 5. Eds. Tutin T.G. and al. Cambridge University Press, 1980. P. 167-169.
7. Swallen J.R. // J.Wash. Acad. Sci., 1944. Vol.34, N 3. P. 16-32.
8. Sorensen T.J. // Meddel.Gronl. Vol. 136. P. 1-136.
9. Davis J.I., Consaul L.L. Genus Puccinellia Parl. // Flora of North America, vol.24. 2007. P.459-477.
10. Liang L., Guanghua Z., Tzvelev N.N. Genus Puccinellia Parl. // Flora of China, Poaceae, vol. 22. 2006. P.245-256.
11. Цвелев Н.Н. Система злаков (Poaceae) и их эволюция.// Комаровские чтения (Санкт.-Петербург), 1987. Вып. 37. 76 с.
12. Цвелев Н.Н. Краткий обзор рода манник Glyceria (Poaceae) // Бот. журн. 2006. Т. 91. N 2. С.255-276.
13. Ильин М.М. // Сов. ботаника. М.-Л. 1937. С. 95-109.
14. Нагалевский В.Я. // Изв. Северо-Кавк. научн. центра высш. школы. 1975. Т. 3. Вып. 3. С.85-86.
15. Love A., Love D. // Folia Geobot. Phytotax. (Praha). 1975. Vol. 10. N 3. P.271-276.

Н.Н. ЦВЕЛЕВ

О РОДЕ БЕСКИЛЬНИЦА (*PUCCINELLIA* PARL., POACEAE) В ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ И НА КАВКАЗЕ

Резюме

Приведен конспект системы рода бескильница (*Puccinellia* Parl.) семейства злаков (*Poaceae*) в пределах Восточной Европы и Кавказа с основной синонимикой и краткими комментариями по отдельным видам. 2 вида: *P. gabrieljanae* Tzvel. и *P. sereginii* Tzvel. с Кавказа описаны в качестве новых для науки. Всего для этой территории указываются 34 вида и несколько гибридов.

N.N. TZVELEV

ABOUT THE GENUS *PUCCINELLIA* PARL. (POACEAE) IN EASTERN EUROPE AND CAUCASUS

Summary

The conspectus of the system of the genus Puccinellia Parl. (Poaceae) in Eastern Europe and Caucasus with basic synonymy and brief commentaries about species is given. Two new species (P. gabrielajnae Tzvel. and P. sereginii Tzvel.) from Caucasus are described as new to science. In total, 34 species and some hybrids of Puccinellia are present in the flora of this region.

Поступила в редакцию 6.05.2011 г.

УДК 630* (476)

В.В. ГРИМАШЕВИЧ

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЛЕСОВЕДЕНИЯ И ЛЕСОВОДСТВА В ИНСТИТУТЕ ЛЕСА НАН БЕЛАРУСИ

Институт леса НАН Беларуси

В ноябре 1930 года в городе Гомеле был открыт Белорусский лесопромышленный институт. В 1933 г. институт был перепрофилирован на обслуживание лесного хозяйства и стал называться Белорусский НИИ лесного хозяйства (БелНИИЛХ), с 1992 года - Институт леса НАН Беларуси. Одновременно в 1930 году на той же кадровой и производственной базе был создан учебный Белорусский лесотехнический институт. Студенты занимались наукой, пополняя НИИ кадрами, а ученые передавали свои знания и опыт молодежи.

Главной задачей, стоявшей в довоенный период (1931-1941 гг.) перед лесоведческой и лесоводственной наукой, было создание нормативной базы для лесохозяйственного производства, так как нормативов для ведения лесного хозяйства почти не существовало [1-3].

В этот период в кабинете лесоводства (так называлось в то время научное подразделение) вместе работали будущие корифеи этой школы: доцент, кандидат сельскохозяйственных наук И.Д. Юркевич; старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук А.Б.Жуков; старший научный сотрудник К.Б.Лосицкий. Совместные исследования, взаимообогащение научными познаниями позволили им стать в будущем учеными с мировым именем [4, 5].

В результате исследований впервые было дано лесорастительное районирование БССР, составлена классификация типов леса по системе проф. В.Н.Сукачева. В последующем выделенные типы леса и типы лесорастительных условий были объединены в хозяйственные группы, применительно к которым предложены типы лесных культур. Были проведены исследования плодоношения древесных пород, произрастающих в БССР, которые стали основой для правильной организации лесосеменного дела.

Разработка систем и способов рубок главного пользования проводилась в тесной увязке с повышением производительности и водоохранных свойств лесов и с методами лесовозобновления. Была обоснована и дана лесоводственная оценка концентрированных, узколесосечных и семеннолесосечных рубок в лесах БССР, проводившихся в то время. Изучено влияние на естественное возобновление дуба, ясеня, клена, граба и пастьбы скота. Выявлена зависимость встречаемости подроста от микрорельефа, что имело практическое значение при выборе способов содействия естественному возобновлению и обработке почвы под культуры твердолиственных пород. При проведении этих работ изучена возможность механизации содействия естественному возобновлению в сосняках, ельниках и дубравах.

В 1932 г. Н.И.Костюкевичем впервые были выдвинуты принципы применяемой до настоящего времени классификации деревьев при рубках ухода [6]. Уход за лесом изучался главным образом в наиболее ценных насаждениях республики: дубово-грабовых, дубово-ясеневых и дубово-сосновых. Большое внимание при этом уделялось разработке способов ухода за лесом. Были обоснованы нормы выборки деревьев в зависимости от типов леса, возраста, полноты и состояния древостоя, изучен сортиментный состав вырубаемой части. Разработаны основы комбинированного метода рубок ухода за лесом. Материалы научно-исследовательских работ кабинета лесоводства по рубкам ухода за лесом в дубовых древостоях были использованы в «Наставлении по рубкам ухода», изданном Главлесоохраной [2].

Кабинет лесоводства в те годы занимался также изучением лесохозяйственных мероприятий по выращиванию спецсортиментов (авиадуба, авиасосны). Исследование способов очистки мест рубок в связи с лесовозобновлением сосновых, сосново-еловых и дубовых лесах дало возможность выявить лесоводственную эффективность различных способов очистки в наиболее распространенных типах леса БССР. Большое оборонное значение имела работа по изучению отечественного гуттаперченоса – бересклета бородавчатого, произрастающего в лесах БССР, за что впоследствии в 1949 году И.Д.Юркевич получил Государственную премию [5].

В период Великой отечественной войны БелНИИЛХ был эвакуирован. В глубокий тыл уехали И.Д.Юркевич, А.Б.Жуков,

Н.И.Костюкевич и др. В тылу работали над заказами для нужд обороны.

В послевоенное время оценен ущерб, нанесенный лесам и лесному хозяйству оккупантами, определены запасы древостоев, намечены пути восстановления и улучшения лесов. На момент освобождения в 1944 году БССР имела лесистость на уровне 19,7%. Необходимо было посадить 500 тыс.га лесов и организовать систему ведения хозяйства [2]. Продолжались исследования в области рубок ухода за лесом. Ученые института пришли к выводу о необходимости повышения удельного веса осветлений, прочисток и прореживаний при сокращении проходных и выборочных санитарных рубок.

К сожалению, после войны Белорусский лесотехнический институт перевели в Минск, с 1961 года он был переименован в Белорусский технологический институт, а с 1993 года он называется Белорусский государственный технологический университет. Несмотря на разделение, совместные исследования ученых и преподавателей обоих институтов продолжаются до настоящего времени.

В то время под руководством В.Ф. Морозова изучался водный, углеводный и белковый обмен у ряда древесных пород, а также световой режим и продуктивность фотосинтеза. По отношению к освещенности им было выделено четыре класса деревьев: I, II, III и IV.

К наиболее важным работам того периода можно отнести «Определитель типов леса БССР» с великолепными иллюстрациями трав-индикаторов, составленный в начале 60-х годов В.И. Саутиным и П.Н. Райко.

В период динамического развития лесной науки (1966-1991 гг.) происходило становление А.М.Кожевникова как ученого-лесовода, впоследствии ставшего доктором сельскохозяйственных наук, профессором и заслуженным лесоводом БССР [7]. Под его руководством вновь были развернуты фундаментальные и прикладные исследования по вопросам возобновления леса, рубок ухода и рубок главного пользования. Проводились масштабные исследования постепенных и выборочных рубок леса, в которых принимали участие: А.П.Сушинский, В.А.Феофилов, Т.А.Децик, А.В.Переход. Было создано 20 стационаров и заложено 40 пробных площадей, на которых изучена повреждаемость деревьев и

подроста, определен прирост оставляемой части древостоя, установлены преимущества и недостатки этих видов рубок по сравнению со сплошными. Все это дало возможность А.М. Кожевникову в 1967 г. разработать «Правила рубок главного пользования в лесах Белорусской ССР», а в 1979 г. подготовить второе издание этих правил.

Одновременно изучалось естественное возобновление в хвойных насаждениях. Оно показало, что в результате антропогенного воздействия в целом возобновление леса несколько ухудшилось по сравнению с 30-ми годами прошлого века.

Проведенное в начале 80-х годов И.А.Солоновичем и В.Ф. Решетниковым изучение естественного возобновления в дубравах показало, что оно также ухудшилось по сравнению с 30-ми годами XX столетия. Ими выявлено различие в появлении подроста в разных подзонах и в различных типах леса.

Полученные данные в результате этих исследований позволили рекомендовать значительное увеличение объемов рубок ухода на основе комплексной механизации. А с учетом производственного опыта А.М.Кожевниковым в 1971 г. было разработано первое региональное «Наставление по рубкам ухода в лесах Белорусской ССР». Были составлены также рекомендации по перспективной технологии рубок ухода за лесом. Все насаждения республики классифицированы по условиям проведения рубок ухода. Для каждой группы насаждений рекомендована технология их проведения.

На основе большого фактического материала, собранного на постоянных пробных площадях, А.М.Кожевниковым, В.Ф. Решетниковым и В.М.Ефименко составлены таблицы хода роста всех фракций надземной фитомассы полных и максимально эффективных насаждений, а также таблицы текущих приростов стволовой древесины при различных площадях сечения. Были составлены таблицы выхода технической зелени и сучьев при рубках ухода в сосновых и еловых культурах [2].

А.М.Кожевниковым был предложен блочный способ организации рубок ухода и составлена программа формирования рабочих блоков в лесничествах при лесоустройстве. Эта система нового приема организации и проведении ухода за лесом улучшает техническое обслуживание, руководство и контроль за работами, снижает непроизводственные перегоны техники, расходы на отвод

лесосечного фонда, позволяет создавать необходимые бытовые условия рабочим и т.п.

С начала 80-х годов под руководством А.М.Кожевникова развернуто комплексное изучение дубрав республики, которое продолжается по настоящее время. Был дан анализ состояния дубовых лесов. Разработано технико-экономическое обоснование и создан в 1986 г. эколого-лесоводственно-технологический стационар в дубовом молодняке Жорновского опытного лесхоза. В 1987 году были разработаны «Рекомендации по ведению хозяйства в дубравах республики». В этих работах также принимали участие А.П. Сушинский, В.Ф. Решетников, П.В. Колодий.

Лесоведческая и лесоводческая наука, как и вся наука на постсоветском пространстве в начале 90-х годов прошлого века пережила кризис, связанный с распадом СССР. Но в институте удалось сохранить кадры ученых, а со второй половины 90-х годов значительно расширить исследования.

На созданных стационарах по рубкам ухода аспиранткой М.С. Лазаревой с участием генетиков были проведены исследования по установлению причин дифференциации деревьев в лесу.

В 1992 г. подготовлено второе издание «Наставления по рубкам ухода в лесах Республики Беларусь».

В 1994 г. А.М. Кожевниковым и П.В. Колодием подготовлены рекомендации по проведению новых видов рубок ухода - рубок обновления и переформирования в насаждениях различного целевого назначения в лесах с ограниченным лесопользованием.

За последнее десятилетие А.М.Кожевниковым и П.В. Колодием предложен взаимоувязанный технологический процесс выращивания леса. Разработана система рубок главного и промежуточного пользования на лесных избыточно увлажненных землях (П.В.Колодий, А.М.Кожевников, Л.К.Климович). Разработаны программы формирования рубками ухода смешанных дубовых насаждений (М.С.Лазарева, Л.К. Климович). Выполнен прогноз объемов рубок главного и промежуточного пользования на период до 2015 года (В.Ф.Багинский, А.М.Кожевников, Л.Д. Есимчик, П.В. Колодий).

В.Ф.Багинским предложен новый вид рубок, названный условно-постепенными, предусматривающий вырубку древесины мягколиственных пород в приспевающих смешанных хвойно-лиственных и дубово-лиственных насаждениях и заканчивающихся

за пять лет до рубок главного пользования. Проведение данных рубок позволяет на 20-30% повысить выход качественной древесины мягколиственных пород. Им также разработаны рекомендации по формированию сосново-березовых древостоев.

Разработаны и внедрены оптимальные возрасты рубок главного пользования в лесах Беларуси. Повышение возраста рубок в водоохранных лесах позволяет увеличить выход крупной деловой древесины на 20% и повысить ее таксовую стоимость на 30% (В.Ф. Багинский).

Группой ученых (В.Ф. Багинский, Л.Д. Есимчик, В.В. Гримашевич, З.Г. Валова, А.В. Неверов, И.В. Ермонина и др.) за период с 1996 по 2005 гг. разработана система нормативов комплексной продуктивности и эколого-экономической оценки лесных земель [7]. Это позволяет провести комплексный учет и оценку лесных ресурсов покрытых лесом, не покрытых лесом и нелесных земель: древесных (стволовая древесина, кора, ветви, древесная зелень, корни), недревесных ресурсов (семена, живица, пищевые, лекарственные, кормовые и охотничьи ресурсы, медопродуктивность), ресурсов средозащитных функций леса; рассчитать запас лесных ресурсов лесхоза, района, области и республики; повысить точность учета, сократить время расчетов и увеличить на 10-15% объемы заготовок лесных ресурсов Республики Беларусь. Нормативы используются с 2002 года при кадастровой оценке лесных земель на всей площади лесного фонда республики.

В 2005 г. П.В. Колодием и А.М. Кожевниковым разработаны временные рекомендации по ведению хозяйства в дубравах.

С 2006 года В.В. Гримашевичем проведены комплексные исследования по заданию «Разработать систему мероприятий по сохранению, восстановлению и выращиванию пойменных дубрав» ГНТП «Управление лесами и рациональное лесопользование». Проведена инвентаризация пойменных дубрав на всей территории республики; составлена «База данных по пойменным дубравам», включающая распределение пойменных дубрав по типам леса, затопляемости и усыхаемости; проведено комплексное изучение лесорастительных условий, естественного и искусственного восстановления пойменных дубрав; разработаны «Классификация земель, перспективных для выращивания пойменных дубрав», «Положения по восстановлению пойменных дубовых насаждений»,

«Положения по рубкам главного и промежуточного пользования в пойменных дубравах с учетом лесорастительных особенностей зон пойм отдельных рек». Разработаны системы лесокультурных и лесоводственных мероприятий по переформированию малоценных и мягколиственных насаждений в дубовые в поймах рек. Эти документы переданы производству для опытно-производственной проверки. В 2010 году разработаны «Рекомендации по ведению хозяйства в пойменных дубравах Беларуси».

Изучены лесообразовательные процессы в смешанных дубовых насаждениях и разработаны методы прогнозирования возможных вариантов развития дубравных сообществ, а также проведены исследования биологических и лесоводственных последствий смены еловых фитоценозов насаждениями других древесных видов и разработаны рекомендации по лесохозяйственному регулированию и оптимизации этого процесса (В.В. Гримашевич, О.Н. Федоренко).

В 2009 году в институте сформирована подпрограмма «Дубравы Беларуси» ГНТП «Управление лесами и рациональное лесопользование», в рамках которой выполнены отдельные задания, направленные на повышение продуктивности и биологической устойчивости дубрав. По одному из заданий Институтом леса НАН Беларуси в содружестве с РУП «Белгослес», Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси и Жорновской экспериментальной лесной базой разработаны «Рекомендации по восстановлению и повышению устойчивости дубрав Беларуси на зонально-типологической основе». При его выполнении лабораторией лесоведения и управления лесами проведено комплексное обследование плакорных дубрав, естественного возобновления и их продуктивности. Предложены перспективные методы проведения рубок и содействия естественному возобновлению дуба черешчатого на зонально-типологической основе (В.В. Гримашевич, А.М. Потапенко).

В 2008-2010 гг. в древостоях основных лесообразующих пород Беларуси (сосна, ель, дуб, береза, осина, ольха черная) определены объемы стволовой древесины отпада деревьев в коре и сучьев, соответствующих стандарту на дрова топливные. Разработана технология заготовки древесного отпада для использования в качестве топливно-энергетических ресурсов. В

результате исследований разработана методика оценки древесных ресурсов для нужд энергетики (А.Д. Самусев).

Лаборатория лесоведения и управления лесами тесно сотрудничает с Институтом экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси. В 2006-2009 гг. проведены исследования по разработке климатически детерминированного прогноза типологической структуры сосняков и прогноз ресурсов побочного лесопользования на период до 2050 года.

С 2006 года проводятся исследования по мониторингу ресурсообразующих видов лесных ягодных растений и съедобных грибов, заложена сеть постоянных пунктов наблюдений. Лабораторией разработаны методики мониторинга ягодных растений и съедобных грибов [8].

С 2011 г. проводятся совместные исследования по заданию «Разработать методы и приемы лесовосстановления и лесовыращивания, направленные на повышение устойчивости и биологического разнообразия лесных экосистем и основанные на закономерностях природных сукцессий» ГНТП «Леса Беларуси - продуктивность и устойчивость». Предполагается и дальнейшее плодотворное сотрудничество лаборатории лесоведения и управления лесами с Институтом экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси.

Таким образом, за последние годы в Институте леса НАН Беларуси решены важные фундаментальные и актуальные прикладные проблемы лесоведения и лесоводства.

В области фундаментальных исследований: установлены новые закономерности динамики и продуктивности сосново-еловых, хвойно-лиственных и смешанных дубовых древостоев; разработаны модели оптимальных составов, структуры и продуктивности лесных насаждений на разных возрастных этапах их выращивания; осуществлены теоретические обоснования оценки комплексной продуктивности лесных угодий и организации лесного хозяйства с учетом требований устойчивого развития: группы и категории лесов, хозчасти и хозсекции, новые спелости леса, возрасты и обороты рубок, экологизация лесопользования и др.

В области прикладных исследований: разработаны и внедрены новые возрасты рубки; разработаны и внедрены в виде руководящих документов модели оптимизации лесовыращивания

сосново-еловых, сосново-березовых и дубово-мягколиственных древостоев, обеспечивающие повышение продуктивности этих лесов на 15-20%; обоснованы и предложены перспективные методы и технологии рубок ухода за лесом, реализованные в новых "Правилах рубок леса", обеспечивающие получение дополнительной древесины за оборот рубки около 100 $м^3$/га и соответствующие принципам устойчивого развития; разработаны и внедрены нормативы комплексной продуктивности лесных угодий с учетом всех ресурсов и экологических полезностей, на основании которых установлено, что средняя стоимость 1 га лесных угодий в Беларуси равна 9 тыс. USD, 1 га покрытых лесом земель – 10,6 тыс. USD, а стоимость всего лесного фонда около 84,1 млрд. USD. Разработаны рекомендации по сохранению, воспроизводству, повышению продуктивности и устойчивости плакорных и пойменных дубрав.

В настоящее время основные направления исследований в области лесоведения и лесоводства сосредоточены на решении следующих проблем:

- исследование структурно-функциональных закономерностей роста и продуктивности смешанных сосновых лесных фитоценозов с целью оптимизации лесовыращивания, усиления экологических полезностей леса и сохранения биоразнообразия;
- организация лесного хозяйства, обеспечивающая его устойчивое развитие;
- совершенствование технологий и организации ухода за лесом путем разработки программ и моделей рубок ухода;
- сохранение и оптимизация выращивания твердолиственных насаждений;
- совершенствование организационно-технических элементов многоцелевого и экологизированного лесопользования;
- совершенствование государственного управления лесным комплексом Республики Беларусь.

Выполняются и другие задания, направленные на решение текущих актуальных проблем лесного хозяйства.

За время существования института в области лесоведения и лесоводства опубликовано свыше 920 научных работ, в т.ч. за последние 10 лет более 410, из них 7 монографий. Экономическая эффективность внедрения разработок в последние годы составляет более 12 рублей на 1 рубль затрат на научные исследования.

В стенах лаборатории еще в 30-е годы была создана, впоследствии развилась и окрепла, а сегодня поддерживается научная школа по лесоведению и лесоводству.

Научная школа по лесоведению и лесоводству в Беларуси восходит к акад. Г.Н. Высоцкому, член-корр. С.П. Мельнику, проф. И.М. Яшнову. В институте в 30-е годы ее становление связано с именами И.Д. Юркевича, А.Б. Жукова, К.Б. Лосицкого, Н.М. Березенко, В.И Саутина, Н.И. Костюкевича, М.Н. Лубяко, Г.Г. Кругликова. В военное время эта школа сохранилась, а после войны значительно расширилась: П.Д. Червяков, В.Ф. Морозов, П.Н. Райко, В.Г. Мишнев, З.Г. Валова, Л.Д. Есимчик, В.И. Мироненко, В.А. Феофилов, Р.Л. Терехова, М.Ф. Андрейчик, А.В. Переход, А.С. Сушинский, О.Ф. Сидоренко и др. [1-3].

С конца 60-х годов до 2007 года эту школу возглавлял д.с.-х.н., профессор, заслуженный лесовод Республики Беларусь А.М. Кожевников [9]. В составе школы работали и продолжают научную деятельность доктор наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси В.Ф. Багинский, кандидаты наук: В.М. Ефименко, В.Ф. Решетников, В.Н. Березенко, П.В. Колодий, М.С. Лазарева, А.Д. Самусев, Е.А. Усс, В.В. Гримашевич и другие.

Благодаря усилиям академика В.А.Ипатьева с 2003 года на базе биологического факультета Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины началась подготовка инженеров лесного хозяйства. Работавшие ранее в Институте леса НАН Беларуси: В.Ф. Багинский, В.М. Ефименко, П.В. Колодий, М.С. Лазарева и др. в настоящее время ведут активную преподавательскую работу по подготовке специалистов лесного хозяйства и продолжают активно участвовать в научных исследованиях.

Исследования по лесоведению и лесоводству базируются на научном багаже уже сложившейся школы, имеющей давние традиции. Труды ученых лесоводов нашей страны хорошо известны не только в странах СНГ, но и в дальнем зарубежье. Направление работы в настоящий момент соответствует перспективным направлениям фундаментальных и прикладных исследований Республики Беларусь и имеет в дальнейшем хорошие перспективы.

Республика Беларусь – лесная держава. В период обострившегося экологического кризиса лес является

экологическим каркасом страны, поэтому изучение лесоведческих и лесоводственных вопросов роста, развития и формирования лесных биогеоценозов - процесс непрерывный и бесконечный. Исследования в этой области являются базой для других лесохозяйственных дисциплин. Они должны способствовать улучшению состава лесных насаждений, повышению их биологического разнообразия, устойчивости, продуктивности, что позволит не только дополнительно получить значительное количество древесины и другого сырья для народного хозяйства, но и улучшить эколого-защитные и социальные функции лесов страны.

Литература

1. Кожевников А.М. // Институту леса Академии наук Беларуси - 65 лет: Сборник научных трудов. Гомель: ИЛ АН Беларуси,1995. Вып. 41. С. 33-41.

2. Кожевников А.М., Колодий П.В., Рожков Л.Н. // Лесной науке в Беларуси - 75 лет: Сборник научных трудов. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 1997. Вып. 47. С. 37-50.

3. Багинский В.Ф. // Проблемы лесоведения и лесоводства (Институту леса НАН Беларуси – 75 лет: Сборник научных трудов. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2000. Вып. 63. С. 40-46.

4. Багинский В.Ф. // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2001. Вып. 52. С. 353-355.

5. Багинский В.Ф., Антонюк Н.С. // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2002. Вып. 55. С. 304-309.

6. Ипатьев В.А., Багинский В.Ф., Рожков Л.Н. // Проблемы лесоведения и лесоводства на радиоактивно загрязненных землях: Сборник научных трудов. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2004. № 60. С. 435-436.

7. Багинский В.Ф., Есимчик Л.Д., Гримашевич В.В. и др. // Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Институт леса НАН Беларуси. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2007. 295 с.

8. Grimashevich V. // Latvian Journal of Agronomy. 2009. 4. P.29-34.

9. Ипатьев В.А., Багинский В.Ф., Колодий П.В. // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2003. Вып. 56. С. 289-292.

В.В. ГРИМАШЕВИЧ

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЛЕСОВЕДЕНИЯ И ЛЕСОВОДСТВА В ИНСТИТУТЕ ЛЕСА НАН БЕЛАРУСИ

Резюме

В ретроспективе приведены важнейшие достижения за период с 1930 по 2010 гг. и перспективы исследований в области лесоведения и лесоводства в Институте леса НАН Беларуси. Дается обоснование важности лесоведческих и лесоводственных исследований для лесной науки. Приведена научная школа по лесоведению и лесоводству.

V.V. GRIMASHEVICH

ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF RESEARCHES IN THE FIELD OF SILVICS AND SILVICULTURE AT THE FOREST INSTITUTE OF NAS OF BELARUS

Summary

This paper concerns the major achievements of the Forest Institute of NAS of Belarus for 1930-2010 and prospects of its researches in the field of silvics and silviculture, justifies the importance of these studies for the forest sciences and presents the school of thought concerning silvics and silviculture.

Поступила в редакцию 26.04.2011 г.

УДК 581.524.34

М.В. ЕРМОХИН

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси

Введение. Широколиственные леса на территории Беларуси в настоящее время занимают очень незначительную площадь – около 4% от покрытых лесом земель (по данным лесного кадастра на 1.01.2009 г.) и большинство из них сосредоточено в южной части республики. Тем не менее, исследования последних десятилетий показывают, что в начале голоцена широколиственные леса являлись одним из доминирующих типов растительности в

Восточной Европе [7,12]. Их последующее исчезновение обычно связывают с похолоданием климата [4,7]. В то же время анализ литературных данных, достаточно подробно изложенных в ряде работ [5,12], показывает, что наиболее мощным фактором, преобразующим растительный покров и животный мир во второй половине голоцена, выступала всё усиливающаяся с развитием цивилизации хозяйственная деятельность человека. На территории Беларуси начало интенсивного развития сельскохозяйственного производства и сопутствующего ему сведения лесов связано с экспансией славян в V-VII вв. н.э. Таким образом, можно ожидать, что незатронутые хозяйственной деятельностью широколиственные леса на территории Беларуси, могли существовать не только в раннем голоцене, но и вплоть до VII-X вв., т.е. гораздо дольше, чем в Западной и Южной Европе. Так ли это? И климат ли стал причиной их исчезновения?

Материалы (объекты) и методы исследований. Основным средообразователем в широколиственных лесах Беларуси и породой, формирующей климаксовые сообщества, является дуб черешчатый (*Querqus robur* L.). Он во все времена у многих народов считался священным деревом, символом долголетия и мощи, что нашло отражение не только в мифах и легендах, но и топонимике [6]. В местах распространения дубрав нередки названия населенных пунктов с корнем «дуб»: Дуброва, Дубровно, Дубовый Лог и др. Поскольку само слово «дуб» древнеславянского происхождения, то эти населенные пункты могли получить свои названия не раньше V-VII вв. н.э., т.е. в период, когда прежде жившие здесь балтские племена были ассимилированы славянами. Об этом свидетельствует и тот факт, что на пограничных с Литвой и Латвией территориях встречаются населенные пункты Ожелишки, Ожуловка, Ожалеи – названия, которые имеют балтийские корни слова «дуб» - литовского *ąžuolas* или латышского *ozols*.

Для реконструкции распространения широколиственных лесов на территории Беларуси использованы материалы базы данных «Лесной фонд Республики Беларусь» за 2003-2005 годы, ГИС «Лесные ресурсы» и топографические карты Республики Беларусь масштаба 1:100000 с нанесенными на них населенными пунктами.

На первом этапе анализа вся территория Беларуси была разбита на квадраты 40х40 км (рис.1). Для каждого квадрата рассчитывались: 1) количество населенных пунктов с корнем «дуб»

Рис. 1. Распространение по территории Беларуси населенных пунктов с корнем «дуб» в названии

в названии; 2) количество населенных пунктов с корнем «дуб» в названии, в радиусе 1 км от которых в настоящее время произрастают дубравы; 3) площадь, занимаемая дубравами и насаждениями с участием дуба естественного происхождения (в процентах от покрытой лесом площади); 4) площадь типов условий местопроизрастания, наиболее пригодных для роста дуба ($С_{2-3}$, $Д_{2-4}$). С использованием полинома второго порядка выполнена аппроксимация каждого показателя и построены картосхемы, дающие наглядное представление об их изменении на территории Беларуси. Аппроксимация данных, построение картосхем и анализ выполнены в программном пакете ArcGIS, а дополнительная статистическая обработка – с использованием Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. Сегодня, как и 50 лет назад, когда разрабатывалось геоботаническое районирование Беларуси, наибольшую площадь широколиственные леса занимают в Полесье: 4,8 % от покрытой лесом площади в Бугско-Полесском и 9,8% в Полесско-Приднепровском геоботанических округах. На

севере Беларуси их доля в несколько раз меньше – всего 0,5 % в Западно-Двинском, 1,1 % в Ошмянско-Минском и 3,6 % в Оршанско-Могилевском (рис. 2).

Рис. 2. Доля (%) широколиственных лесов от покрытой лесом площади

В то же время, если рассмотреть распространение участков леса с типами условий местопроизрастания, наиболее благоприятных для произрастания широколиственных лесов (в соответствии с белорусской лесной типологией – $С_{2-3}$, $Д_{2-4}$), то ситуация оказывается совершенно противоположной (рис. 3).

Рис. 3. Доля (%) участков с типом условий местопроизрастания $С_{2-3}$, $Д_{2-4}$ (% от покрытой лесом площади)

В Полесье площадь этих участков почти соответствует площади существующих широколиственных лесов (около 7-8 %). В то же время в северной Беларуси она достигает 36,3 % от покрытой лесом площади в Западно-Двинском геоботаническом округе, 27,1% - в Ошмянско-Минском и 40,6 % в Оршано-Могилевском, т.е. в десятки раз больше, чем площадь широколиственных лесов.

В соответствии с климатогенно-ривалитатной теорией [4] снижение эдифицирующей силы дуба и вытеснение его елью в северной Беларуси произошло в результате глобального похолодания климата после достаточно теплого атлантического периода, закончившегося около 5000 лет назад [7]. В настоящее время ареал распространения дуба простирается на север до южной Финляндии и на восток до Уральских гор, т.е. Беларусь расположена в его центре. С продвижением на восток и северо-восток климат становится более суровым, чем в Беларуси, однако это не мешает произрастанию дуба. К тому же, некоторые исследователи [5, 12] приводят доказательства того, что именно после атлантического периода одновременно с интенсивным развитием человеческой цивилизации лесной покров начал претерпевать существенные изменения в результате деятельности человека. Если это верно, то на территории Беларуси этот процесс должен был начаться позже, чем в хорошо освоенной Европе. Подтверждение этому можно найти в топонимах – названиях населенных пунктов с корнем «дуб».

По топографическим картам на территории Беларуси отобрано 285 населенных пункта с корнем «дуб» в названии (рис. 1, табл.). Причем более половины из них (153) представлено всего 9 названиями (Дубровка, Дуброва, Дуброво, Дубовое, Дубовка, Поддубье, Дубники, Дубки, Дубовый Лог). Распределение их по территории Беларуси крайне неравномерно. Если построить карту плотности распределения этих населенных пунктов, то оказывается, что наибольшая она в центральной и северо-восточной частях Беларуси (рис. 1, 4). На Минской и Оршанской возвышенностях и прилегающих территориях плотность размещения этих населенных пунктов достигает 5 шт/1000 км^2, в то время как на большей части Полесской низменности – она не превышает 1-2 шт/1000 км^2.

Таблица. Встречаемость населенных пунктов с корнем «дуб» в названии

Название	Кол-во, шт	Название	Кол-во, шт	Название	Кол-во, шт
Дубровка	46	Дубово	2	Дубовая Гряда	1
Дуброва	31	Дубой	2	Дубовец	1
Дуброво	20	Дубровино	2	Дубовецкое	1
Дубовое	14	Дубровляны	2	Дубовик	1
Дубовка	10	Дубровское	2	Дубовляны	1
Поддубье	10	Дубы	2	Дубовручье	1
Дубники	8	Поддубно	2	Дубовский	1
Дубки	7	Дубеец	1	Дубовщина	1
Дубовый Лог	7	Дубеи	1	Дубовые	1
Дубовики	5	Дубейково	1	Дубовый Лес	1
Белая Дуброва	4	Дубели	1	Дубовый Угол	1
Дубище	4	Дубенец	1	Дубоносы	1
Дубняки	4	Дубени	1	Дуборовщина	1
Дубовцы	4	Дубенцы	1	Дубочки	1
Дубровки	4	Дубешня	1	Дубоши	1
Дубинка	3	Дубиково	1	Дубравцы	1
Дубно	3	Дубиловка	1	Дубравы	1
Дубок	3	Дубина	1	Дубровицы	1
Дубрава	3	Дубинец	1	Дубровники	1
Дубровица	3	Дубины	1	Дубровное	1
Дубровно	3	Дубитово	1	Дубровня	1
Дубровщина	3	Дубицкая Слобода	1	Дубровские Хутора	1
Дубейки	2	Дубичи	1	Дубровы	1
Дубинки	2	Дубичино	1	Дубролево	1
Дубино	2	Дублин	1	Дубролеж	1
Дубинцы	2	Дубник	1	Дубцы	1
Дубица	2	Дубницкое	1	Дубчаны	1
Дубляны	2	Дубницы	1	Дубье	1
Дубница	2	Дубновичи	1	Поддубное	1
Дубнички	2	Дубное	1	Поддубок	1
Дубовица	2	Дубовая	1		
Всего					**285**

Сравнение плотности размещения деревень и площади современных широколиственных лесов показывает отсутствие между ними какой-либо связи (коэффициент корреляции 0,03). В то же время очевидная положительная корреляция отмечается между плотностью размещения населенных пунктов и долей лесов с

типом условий местопроизрастаний благоприятных для роста дуба - $С_{2-3}$, $Д_{2-4}$ (коэффициент корреляции – 0,31) (рис. 3-5).

Рис. 4. Плотность размещения населенных пунктов с корнем «дуб» в названии (шт/1000 км^2).

Рис. 5. Зависимость количества населенных пунктов с корнем «дуб» от доли лесов с типом условий местопроизрастаний благоприятных для роста широколиственных пород (усредненные данные по квадратам 40х40 км).

Т.е. действительно не более чем 1000 лет назад, широколиственные леса в центральной и северо-восточной части Беларуси должны были еще существовать. Дополнительным фактом этого служит анализ распространения дубрав в радиусе 1 км от населенных пунктов с корнем «дуб». В среднем, в южной

части Беларуси дубравы отсутствуют вокруг 20 % населенных пунктов, то в северной их доля возрастает до 50 %, а в западной до 35%. Причем наибольшее несоответствие наблюдается в регионах, приуроченных к бассейнам рек Западная Двина, Вилия и верховьям Березины, а также, частично, к бассейнам Западного Буга и Немана (рис. 6).

Рис. 6. Доля (%) населенных пунктов с корнем «дуб», в радиусе 1 км от которых отсутствуют широколиственные леса (в процентах от общего количества населенных пунктов с корнем «дуб»).

Почему же именно в этих регионах Беларуси широколиственные леса исчезли почти полностью или резко сократили свою площадь и когда это произошло?

Поскольку широколиственные леса занимают наиболее плодородные почвы, именно они, в первую очередь, использовались для подсечно-огневого земледелия с интенсификацией сельского хозяйства [12]. С другой стороны, твердая, устойчивая к внешним воздействиям древесина дуба издавна использовалась в Европе в качестве строительного материала и орудий труда [1].

Если обратиться к результатам дендроархеологических исследований в европейских странах, то оказывается, что в

постройках, начиная с XIV и вплоть до XVII века, широко встречается, а иногда и преобладает, древесина дуба, так называемого «балтийского» происхождения, т.е. древесина, импортированная из городов, расположенных по восточному побережью Балтийского моря – Риги, Гданьска, Таллинна, Кенигсберга – крупных центров торговли древесиной в те времена [1,2,3]. Например, в Гданьске в XIV в. 80% датированной древесины представлено дубом (остальные 20 % - сосна), а уже в XV веке – дуба только 15 %, а в XVI – 10 %.

Аналогичная ситуация наблюдается и по археологическим данным северной Беларуси. По исследованиям верхнего замка Витебска XII-XVI ст. [9] в жилых постройках отмечено до 40 % древесины дуба. А вот среди более поздних раскопок XVI-XVIII вв. Витебска древесина дуба представлена единичными образцами [10]. Небольшое его количество отмечено и в раскопках Минска, Бреста, Гродно [8,11,13].

С активным развитием экономических отношений на территории современной Беларуси в XIII-XV веках, во время расцвета Великого Княжества Литовского, одним из наиболее доходных источников была торговля древесиной. Все регионы Беларуси, в которых исчезли широколиственные леса, расположены в бассейнах рек, впадающих в итоге в Балтийское море. И нет ничего удивительного в том, что «балтийскую» древесину XIV-XV вв. обнаруживают в постройках на британских островах [3].

Заключение. Вероятнее всего, именно уничтожение широколиственных лесов послужило толчком к массовому внедрению ели на их территорию. Ель, являясь, как и дуб, климаксовой породой, однажды захватив территорию, долго удерживается на ней, в чем ей активно помогает и хозяйственная деятельность. Высокая семенная продуктивность, распространение семян ветром и высокая скорость роста на богатых почвах, способствовали быстрому расселению ели в те биотопы, где ранее господствовали широколиственные леса. Только после распада ельников в богатых условиях местопроизрастания, что неоднократно отмечалось в результате засух, широколиственные леса могут начать возвращаться на свое место. Однако здесь уже им препятствует лесохозяйственная деятельность человека – на месте

погибших еловых лесов снова создаются лесные культуры ели, прерывая восстановление коренных широколиственных лесов.

Таким образом, хозяйственная деятельность на территории Беларуси в течение последнего тысячелетия является определяющей в динамике растительного покрова в целом и структуры лесов в частности. В сложившихся условиях восстановление широколиственных лесов в северной и северо-восточной Беларуси невозможно без активной помощи человека.

Литература

1. Eckstein D., Wrobel S. // TRACE – Tree Rings in Arcaeology, Climatology and Forestry. Vol. 5. 2006.

2. Wasny T. // Dendrochronologia. 2002. №20. P. 1-8.

3. Zunde M. // News of forest history. 2008. Vol. 39. P. 44-45.

4. Гельтман В.С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии. Минск, 1982.

5. Дорст Ж. До того как умрет природа. М., 1968.

6. Дучыц Л. В. // Крыўя. 1996. Т. 1. С. 73-78.

7. Еловичева Я.К. Эволюция природной среды антропогена Беларуси (по палинологическим данным). Минск, 2001.

8. Загорульский, Э.М. Возникновение Минска. Минск, 1982.

9. Колединский Л.В. // Ботаника (исследования) : Сборник научн.трудов. Минск : Право и экономика, 2008. Вып. 35. С. 205-220.

10. Левко О.Н. Витебск XIV-XVIII вв.: (стратиграфия, хронология, социал.-ист.топография и технология пр-в). Минск, 1985.

11. Лысенко П.Ф. Берестье. Минск, 1985.

12. Попадюк Р.В. и др. Восточноевропейские широколиственные леса / Под ред. О.В.Смирновой. М., 1994.

13. Трусаў А.А. и др. Стары замак у Гродне XI-XVIII стст.: Гісторыка-археалагічны нарыс. Минск, 1993.

М.В.ЕРМОХИН

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Резюме

В работе рассматривается возможное распространение широколиственных лесов на территории Беларуси в средние века с использованием пространственного анализа топонимов и лесоустроительных материалов. Современное распространение широколиственных лесов не соответствует их возможному естественному распространению в недалеком прошлом. В соответствии с анализом топонимов (названий населенных пунктов с корнем «дуб») наибольшая площадь широколиственных лесов в средние века была в центральной и северо-восточной частях Беларуси, что

подтверждается и современным распространением почв, благоприятных для их произрастания. Анализ археологических и дендроархеологических материалов и литературных источников показал, что вероятнее всего основная масса широколиственных лесов была вырублена на территории Беларуси в XII-XV веках.

M.V.YERMOKHIN

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF BROADLEAVED FOREST DISTRIBUTION ON THE TERRITORY OF BELARUS

Summary

Author has analyzed the possible distribution of broadleaved forests in Belarus in the medieval. Toponymes, forest inventory materials and spatial analysis were used. According to the investigation the natural distribution of broadleaved forests is not correspond to their distribution at present time. The largest area of broadleaved forests in the medieval was in the central and north-eastern part of Belarus. This area closely associated with the distribution of settlements which have the radical “oak” in the title, as well as associated with current soil conditions. Author concludes that broadleaved forests were disturbed in XII-XV cc. on the territory of Belarus.

Поступила в редакцию 24.02.2011 г.

УДК 630*181 (476)

А.П. КАЗЕЙ

ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИВИДОВЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ РАСТЕНИЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. В КУЛЬТУРАХ РАЗЛИЧНОЙ ГУСТОТЫ

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Введение. Проблема повышения продуктивности лесных фитоценозов является одной из актуальнейших задач лесохозяйственной науки и практики. Для создания и выращивания устойчивых высокопродуктивных лесных насаждений необходимы глубокие знания закономерностей роста и развития растений в процессе формирования их межвидовых и внутривидовых отношений в культурах. Роль последних в создании устойчивых и продуктивных фитоценозов особенно возрастает в последнее время в связи с нарастающей тенденцией быстрого сокращения

территорий с естественными растительными сообществами и замены их искусственными фитоценозами. Однако практика показывает, что игнорирование факторов взаимного влияния растений на разных этапах формирования насаждений нередко приводит к ослаблению и даже гибели древесных растений в культурах и истощению почвы под ними [1].

В настоящее время намечается все более интенсивное использование земель лесного фонда нашей страны за счет улучшения качественного состава лесов и повышения их продуктивности. В последние годы в лесхозах Беларуси большое внимание уделяется восстановлению наиболее ценных хвойных насаждений. В их ряду сосновые культуры занимают 77,8 % общей площади искусственно созданных лесов, так как сосна является одной из наиболее важных в хозяйственном отношении пород в Беларуси. Между тем следует констатировать, что в составе лесных насаждений республики свыше 22% покрытой ими площади находится под лесокультурами с несколько неполноценной флористической основой и упрощенной структурой сообществ. Как показал наработанный к настоящему времени научно-производственный опыт [2-15], создание рациональной структуры сосновых фитоценозов и управление их продуктивностью должны базироваться на знании эколого-физиологических механизмов, лежащих в основе внутривидовых взаимоотношений древесных растений во вновь создаваемых сообществах. Первостепенным фактором достижения наименьшей напряженности в конкуренции растений за материально-энергетические ресурсы среды обитания выступает пространственная структура фитоценоза как в сфере надземных, так и подземных органов. Именно научно обоснованная структура искусственного фитоценоза позволяет за период формирования древостоя от ранних этапов до зрелого возраста наиболее эффективно использовать эти ресурсы.

Цель настоящей работы заключалась в проведении долговременного эколого-физиологического мониторинга за состоянием сосны обыкновенной в культурах с различными вариантами густоты посадки и пространственного размещения растений, в исследовании влияния структуры древостоя на рост, развитие и водно-минеральное питание сосны в процессе внутривидового взаимодействия растений в надземной и подземной сферах фитоценозов.

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектами являлись растения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в модельных культурах, заложенных в 1981 г. на территории Березинского государственного биосферного заповедника (БГБЗ). Культуры сосны закладывали в последней декаде апреля на залежных землях по схеме, представленной на рисунке 1.

Рис. 1. Схема закладки культур сосны в Березинском заповеднике с различным размещением растений сосны на лесокультурной площади: 1) 2х2 м; 2) 2х0,7 м; 3) 2х2 гн* м; 4) 1,5х1,5 м; 5) 1,5х0,7 м; 6) 1,5х1,5гн* м; 7) 1х 1 м; 8) 1х1гн* м; 9) 1,0х0,7 м; 10) 0,5х0,5 гн* м; 11) 0,5х0,5 м; 12) 0,5х0,25 м.

* Примечание: в гнездо высаживали по 4 сеянца и выдерживали соответствующее расстояние между гнёздами.

При закладке культур сосны производили сплошную обработку почвы. Уход за культурами осуществляли по общепринятым агротехническим правилам [15].

В качестве посадочного материала использовали однолетние сеянцы, выращенные в Лепельском лесхозе. Закладку культур производили под меч Колесова. Общая площадь культур превышает 2 га. Опыт заложен в четырёхкратной повторности. Почва участка дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на супеси, подстилаемой с 20 см рыхлым завалуненным песком.

Эколого-физиологическое изучение напряжённости внутривидовых отношений растений сосны в модельных культурах с различным пространственным размещением и густотой посадки охватывало периоды 1981-1996 и 2007-2010 гг., т.е. исследовали растения в возрасте от 2 до17-лет и 26-30-летние культуры.

Водно-физические и агрохимические характеристики почвы опытного полигона изучали с использованием стандартных методик, применяемых в агрохимических и почвоведческих исследованиях [16].

Водный режим растений сосны оценивали по показателям водообмена хвои - интенсивности транспирации, водного дефицита, общей оводненности и фракционного состава воды в хвое. Наблюдения проводили начиная с 3-летних растений на хвое 2-го года в течение 6-летнего периода ежемесячно (июнь-август). При исследовании водного режима использовали методические разработки [17-20]: оводненность хвои определяли весовым методом, водный дефицит - по Штоккеру, формы воды в хвое - по методу Окунцовой-Маринчик, интенсивность транспирации - весовым методом и с использованием электрохимического гигрометра Б.И.Якушева. Для характеристики минерального питания растений в каждом варианте опытных культур в конце каждого сезона выкапывали модельные экземпляры, которые разделяли по органам, измельчали, высушивали при 105°С и анализировали на содержание зольных элементов и азота согласно методическим пособиям [21-23]: после мокрого озоления навески растительного материала по методике Пиневич в вытяжке определяли азот и фосфор фотоколориметрическим методом, калий и кальций – с использованием пламенного фотометра марки Flapho-4.

Раскопки и исследования корневых систем сосны в условиях опытного полигона осуществляли по методике И. Н. Рахтеенко [24]. Общую и рабочую поглощающую поверхность корней исследовали методом Сабинина - Колосова [25,26].

Более детально влияние фитоценотического стресса на физиологические характеристики растений сосны изучали в условиях вегетационного опыта, моделируя пространственное размещение растений в вегетационных сосудах. Для вегетационных опытов отбирали однородный растительный материал (высота растений - 2,5 см, длина корней -13 см) с живыми развитыми верхушечными почками. Однолетние растения сосны, выращенные в питомнике Дзержинского лесхоза (Минская обл.), высаживали в сосуды Митчерлиха. В качестве субстрата использовали дерново-подзолистую супесчаную почву, отобранную из аккумулятивного горизонта на территории Биологической опытной станции Института генетики и цитологии НАН Беларуси. Подобные почвы, характеризующиеся повышенной кислотностью (pH_{KCl}~4,35), низкой степенью насыщенности основаниями (30%) и содержания подвижных форм азота, фосфора, калия и кальция (5-10 мг/100 г почвы), наиболее характерны для сосновых насаждений в Беларуси. Влажность почвы в вегетационных сосудах поддерживали на уровне 60 % от полной влагоемкости.

Опыт был заложен в семи вариантах, а именно: одно, два, три, четыре растения, высаженные на равном удалении друг от друга в сосуде; два, три, четыре растения, высаженные в одно посадочное место, т.е. с контактирующими корневыми системами. Во всех вариантах опыта поддерживали выровненный по показателям питания режим почвы. В конце первого вегетационного периода проводили измерения подземных органов и прироста двухлетних растений. В конце третьего вегетационного сезона опыт ликвидировали и определяли весовые характеристики надземных и подземных органов сосны.

Данные экспериментов обработаны статистически с использованием стандартных пакетов программы Excel.

Результаты и их обсуждение.

Анализ изменения биометрических показателей и массы органов растений сосны в культурах различной густоты

В культурах на территории БГБЗ анализ линейных показателей роста растений, измерение которых проводили в конце каждого вегетационного периода, показал прогрессивное нарастание различий между вариантами по высоте, текущему приросту и диаметру сеянцев начиная со второго года наблюдений (рис.2-4).

По данным измерений, проведенных в конце первого вегетационного периода, различий в этих показателях практически не выявлено.

Рис. 2. Изменение роста растений по высоте в зависимости от площади питания и возраста в культурах сосны.

Рис. 3. Изменение прироста растений в зависимости от площади питания и возраста в культурах сосны.

Рис. 4. Изменение диаметра ствола у корневой шейки растений в зависимости от площади питания и возраста в культурах сосны.

В конце второго вегетационного периода в самом загущенном варианте опыта - 0,5х0,25 м и в гнездовых посадках наблюдалось заметное - до 15-20 % отставание в росте по сравнению с вариантом 2х2 м. В последующие четыре года данная закономерность сохранилась.

Оценка изменения общей массы растений сосны в зависимости от площади питания и возраста растений в культурах показала, что начиная с третьего года жизни культур накопление массы органами растений в вариантах с гнездовой посадкой существенно замедлялось в сравнении с вариантами с одиночной посадкой аналогичной густоты. Различия к шестому году жизни растений достигали в большинстве вариантов 50% и более (рис.5а).

В этой связи при проведения математического анализа зависимости продуктивности растений от возраста и площади питания были исключены варианты с гнездовым способом посадки и использованы данные, полученные только в вариантах с одиночной посадкой. В результате для модельного растения было получено уравнение регрессии с коэффициентом множественной корреляции 0,9 и критерием Фишера 79 (достоверность 99,9%), представленное графически на рисунке 5б трехмерным графиком зависимости накопления массы от возраста растений и площади их питания в ценозе. Для отдельных органов надземной и подземной частей растений были получены аналогичные результаты (коэффициенты множественной корреляции не ниже 0,9, критерии Фишера не менее 67). Таким образом, в заданных параметрах

густоты созданных насаждений (см.схему опыта) проявляется четкая закономерность снижения скорости нарастания массы органов растений сосны с уменьшением площади питания и с увеличением возраста растений.

а)

б)

Рис. 5. Зависимость изменения массы растения от площади питания и возраста в культурах сосны на территории БГБЗ: а) в диаграмму включены все варианты опыта; б) из диаграммы исключены варианты с гнездовой посадкой сеянцев.

Данные раскопок и наблюдения корневых систем в

культурах сосны на территории БГБЗ, проведенные на растениях 4-летнего возраста, существенно расширили представления о влиянии густоты и способа посадки на пространственную динамику роста подземных органов сосны обыкновенной (рис. 6-8).

Рис. 6. Распространение корневых систем в культурах сосны 4-летнего возраста с симметричной посадкой.

Рис. 7. Распространение корневых систем в культурах сосны 4-летнего возраста с ассиметричной посадкой.

Рис. 8. Распространение корневых систем в культурах сосны 4-летнего возраста с гнездовой посадкой

Данные, представленные на рисунках, показывают, что у растений сосны 4-летнего возраста в загущенном варианте (0,5х0,25 м), а также в гнездовых посадках в сфере надземных органов наблюдается смыкание крон, в то же время рост корней в горизонтальном направлении существенно слабее, чем в вариантах с большей площадью питания. Так, наиболее высокие показатели роста подземных органов отмечены в варианте 2х2 м, где корневые системы распространялись в горизонтальном направлении в среднем на 55-60 см, а по почвенному профилю на 20 см; в варианте 1,5х1,5 м - на 35-40 см при глубине проникновения 20-30 см. Уменьшение площади питания в 2 раза (вариант опыта 1х1 м) вызывает снижение роста корневых систем на 42 %. Подземные органы в вариантах 0,5х0,5 и 0,5х0,25 м распространены по горизонтали на 30 - 35, а в глубину до 25 см.

Сравнительный анализ роста корневых систем сосны при равномерном и ассиметричном размещении растений на площадках показал (рис.7,8), что в посадках с ассиметричным расположением растений наибольшая часть корней расположена по линии меньшего расстояния между растениями, а в симметричных – достаточно равномерно распространяется во всех направлениях.

С целью изучения эффективности функционирования корневой системы в зависимости от изменения площади питания и объема ризосферы в рамках вегетационного опыта исследовали изменения

в развитии подземных и надземных органов сосны по мере усиления внутривидовых взаимодействий в первые годы жизни растений (табл. 1,2). Принимая во внимание, что вариант с одним растением в сосуде характеризовался максимальной площадью питания растений в опыте, установлено, что при одиночном способе посадки 3-кратное и 4-кратное уменьшение площади питания у трехлетних растений в наибольшей степени проявилось на снижении показателей прироста и диаметра ствола, что составляло соответственно по приросту 13% и 23 %, по диаметру 23% и 38% (табл.1). В вариантах с гнездовым способом посадки эти различия проявились более контрастно, что свидетельствует об усилении внутривидового взаимодействия растений в этих вариантах.

Таблица 1. Морфометрическая характеристика растений сосны обыкновенной 3-летнего возраста при различной густоте и способах посадки. Вегетационный опыт.

Вариант опыта (количество растений в сосуде)	Высота, см	Прирост, см	Диаметр ствола у корневой шейки, мм	Длина хвои, см
1. 1	25,7±0,6	19,5±0,5	9,3±0,5	8,2±0,6
2. 2	25,7±0,8	18,7±0,7	8,8±0,3	8,1±0,7
3.* 2	25,4±1,4	17,6±1,6	8,4±0,7	7,6±0,6
4. 3	24,2±1,3	17,0±1,1	7,2±0,4	7,5±0,4
5.* 3	21,9±1,9	16,5±1,5	6,0±0,5	7,8±0,5
6. 4	20,1±1,1	15,1±1,0	5,8±0,7	7,6±0,4
7.* 4	23,5±1,1	15,1±0,8	6,2±0,3	8,0±0,3

Примечание. * - посадка растений в одно посадочное место.

Чтобы охарактеризовать физиологическую активность корневых систем в процессе обеспечения растений влагой и элементами питания, были использованы такие показатели как величина физиологически активной (рабочей) поглощающей поверхности корней, соотношение рабочей поглощающей поверхности корней с массой надземной части (т.н.коэффициент продуктивности работы корней) и массой всей корневой системы растения. Соотношение рабочей поглощающей поверхности корней и их массы в определенной мере отражает степень возможности одного растения конкурировать в ценозе за влагу и элементы

питания с другими растениями. Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют о существенном влиянии внутривидового взаимодействия растений сосны в ризосфере на развитие и показатели функциональной активности корневых систем. При одиночном способе посадки последовательному 2-х, 3-х, 4-кратному уменьшению площади питания растений соответствует снижение величины рабочей поглощающей поверхности в 2,1; 2,0; 2,8 раза. Вместе с тем установлено, что в вариантах с одинаковой густотой растений при гнездовом их размещении на площади этот показатель физиологической активности корней значительно (в 1,2-1,3 раза) выше, чем при одиночном способе посадки, аналогичная закономерность отмечена и для величины соотношения рабочей поглощающей поверхности и массы корней.

Таблица 2. Характеристика развития поглощающей поверхности корней сосны обыкновенной 3-летнего возраста в зависимости от площади питания и способа посадки растений. Вегетационный опыт.

Вариант опыта (количество растений в сосуде)	Рабочая поглощающая поверхность корней 1 растения, $м^2$	Отношение рабочей поглощающей поверхности корней ($м^2$)	
		к массе корней (г)	к массе надземной части (г)
1. 1	6,86	0,99	0,39
2. 2	3,32	0,67	0,23
3.* 2	4,23	1,08	0,34
4. 3	3,51	0,82	0,34
5.* 3	4,01	1,16	0,54
6. 4	2,46	0,66	0,34
7.* 4	2,88	0,70	0,33

Примечание. * - посадка растений в одно посадочное место.

Таким образом, анализ показателей роста, развития и продуктивности растений сосны в культурах с различной площадью питания позволяет констатировать усиление напряженности внутривидовых отношений (так как по отношению ко всем остальным факторам окружающей среды растения находились в одинаковом положении) в первые годы жизни растений, что вызывает отставание в физиологическом развитии корневой системы, т. е. снижение «оснащенности» ее рабочей поглощающей поверхностью и, как следствие, ослабление конкурентоспособности в борьбе за почвенную влагу и элементы

питания. Это отставание сохранилось и в последующие годы жизни культур. Во всех вариантах опытных культур на территории БГБЗ у модельных растений в возрастном диапазоне 6-27 лет отбирали керны стволовой древесины (на высоте 1,3 метра) и измеряли годовой прирост. Диаграмма изменения прироста стволовой древесины в зависимости от возраста растений и площади питания, представленная на рисунке 9, убедительно свидетельствует о сохранении тенденции к снижению скорости роста растений с уменьшением площади питания и увеличением возраста, которая сохранилась и в двадцатисемилетних культурах.

Рис. 9. Годовой прирост стволовой древесины в зависимости от возраста и площади питания растений сосны в культурах. Опыт на территории БГБЗ.

Особенности водно-минерального питания сосны обыкновенной в культурах различной густоты и способа посадки

Обеспеченность растений водой – важнейшее условие их нормальной жизнедеятельности. Состояние водообмена у растений сосны в культурах различного возраста оценивали по изменению под влиянием условий произрастания таких информативных показателей как интенсивность транспирации, оводненность, водный дефицит и соотношение свободной и связанной форм воды (водоудерживающая способность) у хвои 2-го года. Транспирация рассматривалась нами как наиболее важный параметр водного режима растений, поскольку испарение воды создает

энергетический градиент, являющийся причиной передвижения воды по растению, определяющий скорость поглощения воды, транспорта ксилемного сока и вызывающий почти ежедневно водный дефицит в фотосинтезирующих тканях [17,19]. Важным элементом, дополняющим оценку состояния водообмена растений, было определение водоудерживающей способности хвои, дающей представление о соотношении стабильной части водных запасов («коллоидно-связанной» воды), обеспечивающей устойчивость растительного организма в неблагоприятных условиях существования, и фракции «свободной» (осмотически удерживаемой низкомолекулярными соединениями) воды, активно участвующей в физиологических процессах растений.

Исследования, проведенные в культурах сосны в течение 4-х вегетационных периодов (от 3-х до 6-летнего возраста растений), выявили статистически достоверные изменения в состоянии водообмена культур, обусловленные как сезонной динамикой показателей, реагирующих на колебания климатических факторов, так и различной степенью средообразующего взаимовлияния растений в культурах в зависимости от густоты и способа размещения на площади (рис.10-11).

Полученные нами результаты возрастных изменений интенсивности транспирации у опытных культур во всех без исключения вариантах опыта показали существенное снижение этого показателя водообмена от 3-го к 6-му году жизни растений. Диапазон сезонных колебаний интенсивности транспирации у сосны 3-летнего возраста составлял 200-800, 4-летнего – 50-600, 5-летнего - 40-400, у 6-летней сосны 100-350 мг/дм^2 воды в час. Колебания показателей водного дефицита по годам исследований были менее значительными, величина его по месяцам наблюдений варьировала за четырехлетний период в пределах 10-40 %.

Уже на примере 3-х летних культур можно увидеть, что направленность адаптационных изменений показателей интенсивности транспирации и водного дефицита достаточно хорошо отражает степень напряженности взаимодействия растений сосны в ценозах с различной пространственной структурой (рис.3) Так, в июне, в период наиболее высокой физиологической активности растений, высокому уровню транспирации (600-800 мг/дм^2 воды в час) соответствует низкий уровень водного дефицита хвои (10-15 %), что свидетельствует о нормально протекающем

процессе водообмена растений во всех вариантах опыта. Значительное понижение транспирации в июле до уровня 200-400 мг/дм^2 воды в час, вызванное изменением температурного режима и влажности среды обитания, сопровождалось незначительным повышением водного дефицита у растений в вариантах с разреженным размещением культур и резкими скачками его показателей (до 20-35 %) в загущенных вариантах и вариантах с гнездовым способом посадки, что указывает на нарушение водообмена у этих растений.

а)

б)

Рис. 10. Изменение показателей водообмена хвои 3-летних растений сосны обыкновенной в зависимости от площади питания в культурах: а) интенсивность транспирации, б) водный дефицит. Опыт на территории БГБЗ.

Усиление напряженности внутривидовых отношений растений в загущенных посадках (0,5х0,5; 0,5х0,25; 0,5х0,5 м гнездовая) подтверждается высоким уровнем водоудерживающей способности хвои. В гнездовых посадках вариантов 1,0х1,0 м и 0,5х0,5 м водоудерживающая способность тканей хвои была самой высокой, соотношение «свободной» и «связанной» воды в этих вариантах составляло 0,12 и 0,13 соответственно, что в 2 раза превышало показатели вариантов с наибольшей площадью питания. Отмечаемое нами в засушливые периоды вегетации повышение интенсивности транспирации в насаждениях с гнездовыми посадками и загущенных вариантах при высоких показателях прочно связанной воды также является следствием нарушения водообмена, что приводит к нерациональному расходованию влаги растениями и снижению их продуктивности.

а)

б)

Рис.11. Изменение показателей водообмена хвои 6-летних растений сосны обыкновенной в зависимости от площади питания в культурах: а) интенсивность транспирации, б) водный дефицит. Опыт на территории БГБЗ.

В целом, за период наблюдений в вариантах опыта с разреженной структурой растения в наибольшей степени характеризовались гомеостатичностью показателей транспирации, водного дефицита, водоудерживающей способности и наиболее высокой оводненностью хвои.

Вынос азота 1 растением
8
7
6
5
4
3
2
1
0
г
р
2x
2
2x2
гн
1.5x0.7
1x
1
1x1
гн
0.5x0.2
5
6
2
Возраст,лет
Вариант
опыта

а)

Вынос фосфора 1 растением
3
2,
5
2
1,
5
1
0,
5
0
г
р
2x
2
2x2
гн
1.5x0.
7
1x
1
1x1
гн
0.5x0.2
5
6
2
Возраст,лет
Вариант
опыта

б)

Вынос калия 1
растением
4
3,
5
3
2,
5
2
1,
5
1
0,
5
0
г
р
2x
2
2x2
гн
1.5x0.
7
1x
1
1x1
гн
0.5x0.25
6
2
Возраст,лет
Вариант
опыта

в)

г)

Рис. 12. Изменение показателей выноса элементов питания растениями сосны обыкновенной в зависимости от площади питания и возраста в культурах: а) азот, б) фосфор, в) калий, г) кальций. Опыт на территории БГБЗ.

Влияние пространственной структуры фитоценоза на режим минерального питания сосны в искусственно создаваемых насаждениях оценивали по показателям выноса растениями азота и основных макроэлементов (фосфора, калия, кальция), участвующих в важнейших метаболических процессах растений в качестве структурных компонентов растительных тканей, катализаторов различных реакций, регуляторов осмотического давления, компонентов буферных систем и регуляторов проницаемости мембран и др. Накопление растениями сосны элементов питания рассчитывали по суммарному содержанию их в надземных органах и корневых системах модельных растений, отобранных из каждого варианта опыта, с учетом усредненных показателей биомассы последних. Характер изменения режима минерального питания в зависимости от площади питания, способа посадки и возраста растений представлен на трехмерной диаграмме (рис. 12).

Показано, что в вариантах опыта с одиночным способом посадки с уменьшением площади питания растений прослеживается последовательное снижение потребления всех исследуемых элементов, особенно отчетливо проявляющееся с возрастом растений. В группах с одинаковой площадью питания при гнездовом способе посадки складывается наименее благоприятный режим питания – накопление элементов в расчете

на модельное растение существенно ниже, чем в вариантах с одиночной посадкой. Следует отметить, что свидетельствующие о высокой напряженности конкурентных отношений низкие показатели накопления элементов питания в загущенных посадках наблюдаются только в отношении азота, фосфора и калия. При густоте посадки 1х1 м, 1х0,7 м, 0,5х0,5 м в корневых системах растений сосны с возрастом повышается накопление кальция, за счет чего вынос этого элемента целым растением сопоставим с показателями разреженных вариантов опыта.

Заключение. Долговременные исследования культур сосны разной густоты посадки показали, что с первых лет жизни до зрелого возраста растений с уменьшением площади питания проявляется тенденция к снижению накопления как общей массы растения, так и отдельных органов. Начиная с третьего года жизни культур накопление массы органами растений в вариантах с гнездовой посадкой существенно замедляется в сравнении с вариантами аналогичной густоты, но одиночной посадкой. Различия к шестому году жизни растений достигают 50%. Усиление напряженности внутривидовых отношений проявляется в снижении роста, развития и физиологической активности корневой системы, т.е. снижении «оснащенности» ее рабочей поглощающей поверхностью и, как следствие, в ослаблении конкурентоспособности в процессе водно-минерального питания.

В посадках с ассиметричным расположением растений наибольшая часть корней развивается по линии меньшего расстояния между растениями, а в симметричных – равномерно распространяется во всех направлениях, что позволяет «осваивать» больший объем почвенного пространства и увеличивать потребление почвенной влаги и элементов питания.

В течение всего периода исследований с уменьшением площади питания в культурах усиливается тенденция к нарушению водообмена растений, проявляющаяся в повышении интенсивности транспирации, водного дефицита и содержани прочносвязанной воды в тканях транспирирующих органов. В то же время в культурах с разреженным древостоем водообмен у растений сосны при более высоком, чем в загущенных вариантах, уровне оводненности тканей хвои более гомеостатичен. На фоне существенного отставания в накоплении массы органами сосны в загущенных вариантах опыта расходование влаги и энергии

этими растениями в процессе водообмена менее рационально, чем у растений в разреженных насаждениях.

Наибольшую напряженность конкурентных отношений в процессе потребления из почвы азота и элементов минерального питания (P,K,Ca) растения сосны испытывают при гнездовой посадке. Максимальное накопление минеральных элементов органами сосны отмечается в вариантах с наибольшей площадью питания и симметричным размещением растений.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность член-корреспонденту НАН Беларуси, профессору Б.И.Якушеву за научное руководство и ценные консультации при выполнении данной работы.

Литература

1. Рахтеенко И.Н. // Лесное хозяйство. 1983. № 5. С. 32-35

2. Крук Н.К. //Селекция, генетические ресурсы и сохранение генфонда лесных древесных растений (Вавиловские чтения): Сб. науч. тр. Института леса НАНБ. Гомель, 2003. Вып. 59. С. 87-91.

3. Штукин С.С. // Лесовосстановление и лесопользование в Беларуси: Сб. науч. тр. Гомель : Институт леса НАНБ, 1992. Вып. 36. С. 26-34.

4. Кайрюкштис Л.А., Озолинчюс Р.В. // Лесное хозяйство. 1985. № 5. С. 47-50.

5. Штукин С.С. Интенсификация выращивания сосны и ели: Обзор, информ. М.: Изд. ВНИИЦлесресурс, 1993. Вып.3. 36 с.

6. Штукин С.С. Ускоренное выращивание сосны, ели и лиственницы на лесных плантациях. Минск : Право и экономика, 2004. 242 с.

7. Якушев Б.И., Ермакова О.О., Казей А.П., Кузьмич О.Т. // Межвидовые и внутривидовые отношения растений в искусственных фитоценозах. Минск;Наука и техника, 1987. С. 63-111.

8. Якушев Б.И., Ермакова О.О.,Кузьмич О.Т., Казей А.П. // Регулирование роста и метаболизма растений : Сборник научн.тр. Таллин, 1983. С. 250-252.

9. Якушев Б.И., Ермакова О.О. // Регулирование роста, развития и питания растений в фитоценозах. Минск:Наука и техника, 1983. С. 89-39.

10. Ермакова О.О., Кузьмич О.Т., Казей А.П. // Эксперимент и мат. моделиров. в изучении биогеоценозов лесов и болот : Тезисы. конф. М., 1984. С. 15-16.

11. Ермакова О.О., Кузьмич О.Т. // Материалы VI конференции по аллелопатии. Киев, 1989. С.10.

12. Ермакова О.О., Кузьмич О.Т., Казей А.П. // Тез. докл. Всесоюзного совещания по лесной типологии. Минск, 1990. С. 45.

13. Ермакова О.О., Кузьмич О.Т., Казей А.П. // Экология хвойных: Материалы Междунар. сов. Абакан - Красноярск, 1991. С. 259-260.

14. Ермакова О.О., Кузьмич О.Т., Казей А.П. Особенности развития корневых систем сосны обыкновенной в культурах разной густоты. // Ботаника : Сб.научн. тр. Минск:Наука и техника, 1992. Вып. 31. С. 27-30.

15. Казей А.П., Ермакова О.О., Кузьмич О.Т. // Ботаника : Сб. научн.трудов. Минск : Наука и техника, 1992. Вып.31. С. 87-95.

16. Агрохимические методы исследования почв. М., 1975.

17. Козловский Т. Водный обмен растений. М., 1969.

18. Якушев Б.И. // Изучение лесных фитоценозов: Сборник научн.тр. Минск : Наука и техника, 1973. С. 165-167.

19. Слейчер Р. Водный режим растений. М., 1970.

20. Жолкевич В.Н., Гусев Н.А., Капля А.В. и др. Водный обмен растений. М.: Наука, 1989. 256 с.

21. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии.М., 1968.

22. Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Справочник по физиологии растений. Киев, 1973.

23. Баславская С.С., Трубецкова О.М. Практикум по физиологии растений. М., 1964.

24. Рахтеенко И.Н. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. Минск, 1963.

25. Викторов Д.П. Малый практикум по физиологии растений. М.,1983.

26. Колосов И.И. Поглотительная деятельность корневых систем растений. М., 1962.

А.П. КАЗЕЙ

ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИВИДОВЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ РАСТЕНИЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. В КУЛЬТУРАХ РАЗЛИЧНОЙ ГУСТОТЫ

Резюме

Показаны изменения параметров водно-минерального питания и развития подземных и надземных органов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в зависимости от внутривидовых взаимоотношений в культурных насаждениях различной структуры.

A.P. KAZEJ

PECULIARITIES OF THE INTRASPECIFIC INTERACTIONS OF PINE PLANTS (*PINUS SYLVESTRIS* L.) IN PLANTATIONS DEPENDING ON STRUCTURE

Summary

Changes of water and mineral nutrition parameters and development of overground and underground organs of *Pinus sylvestris* depending on intraspecific interactions in planting is shown.

Поступила в редакцию 4.07.2011 г.

УДК 630*187 (476)

Н.Ф. ЛОВЧИЙ, В.И. ПАРФЕНОВ

БЕЛОРУССКАЯ ЛЕСНАЯ ТИПОЛОГИЯ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Институт экспериментальной ботаники им.В.Ф.Купревича НАН Беларуси

Лесная типология или учение о типах леса зародилось в дореволюционной России. У его истоков находится народная идея о «типах насаждений». Народ задолго до появления учения о типах леса подметил, что рост леса и качество древесины в большой степени зависит от почвенно-грунтовых условий. Используя народный опыт, известные русские лесоводы А.Я.Теплоухов, В.Я.Добровлянский, А.Ф.Рудский и др. еще в середине XIX века в насаждениях одной породы начали выделять типы леса, различающиеся почвенно-грунтовыми условиями. Народными названиями стали пользоваться лесоустроители при изучении и освоении девственных лесов России, прежде всего лесов Севера, Урала, Беларуси и др. В дальнейшем они ввели их в лесоустроительную литературу. В числе первых энтузиастов-лесоводов были И.И.Гуторович (1897), Н.К.Генко (1902), П.П.Серебренников (1904), А.А.Крюденер (1909) и др. [18, 20, 25, 47].

В конце XIX века элементы типологического подхода к лесу появляются не только среди лесоводов, но и среди почвоведов и ботаников. В работах русских почвоведов еще до В.В.Докучаева можно найти ряд положений о тесных связях между определенными типами почв и растительностью, о роли растительности в почвообразовании. Большое влияние на развитие лесотипологических исследований оказал известный русский почвовед В.В.Докучаев (1846-1903). Во многих своих работах он подчеркивал необходимость комплексного изучения почв и растительности («всех природных тел») и близко подходил к идее типов леса. В 1982 г. в своем знаменитом труде «Наши степи прежде и теперь» он писал, что необходимо «отличать, по крайней мере, два типа лесной растительности: леса речных долин и леса сухих равнинных степей» [21].

Среди ботаников большой интерес к классификации лесов проявлял классик русской ботаники академик РАН

С.И.Коржинский (1861-1900), впервые сформировавший, по мнению Г.Ф.Морозова, идею типов насаждений в том смысле, в котором она затем получила широкое признание. Типы насаждений С.И.Коржинский рассматривал как растительные формации и выделял в качестве основного признака состав древостоя, а также кустарников, травяного и мохового покрова.

Новый этап в развитии лесной типологии, как и вообще наука о лесе, связан с именем классика русской науки о лесе Г.Ф.Морозова (1867-1920). Он принимал непосредственное участие в создании и формировании научной типологии леса. Под типом насаждения Г.Ф.Морозов в отличие от своих современников понимал не только хозяйственную, а в большей степени биологическую категорию. Этот взгляд им был глубоко развит в классическом труде «Учение о лесе» [31]. Он вытекал из его представления о лесе как особом природном явлении, в основе возникновения которого лежат биологические, социальные, географические и исторические причины. Согласно концепции Г.Ф.Морозова, лесное насаждение в первую очередь является растительным сообществом, а поэтому классификация насаждений должна базироваться на важнейших признаках лесных сообществ.

Взгляды Г.Ф.Морозова в области лесной типологии в связи не только с общим развитием лесоведения и лесоводства, но и с успехами смежных наук – почвоведения, геоботаники, физической географии постепенно эволюционировали, обогащалось их содержание. Если в ранних своих работах Г.Ф.Морозов при выделении типов насаждений решающее значение придавал почвенно-грунтовым условиям, то уже спустя несколько лет в числе основных лесообразователей он называет, кроме того, климат, рельеф, влияние человека и лесоводственные свойства лесообразующих пород. Он неоднократно подчеркивал, что тип насаждений – понятие лесоводственно-географическое, связанное с определенной географической областью, типом рельефа и почвенно-грунтовыми условиями. Тип насаждения – низшая классификационная единица. «Самыми крупными единицами будут зоны и подзоны, затем области и подобласти, и, наконец, типы лесных массивов и типы насаждений» [32].

В более поздний период своей деятельности Г.Ф.Морозов понимал тип леса значительно шире – как комплекс всех лесообразователей, к которым он относил: 1) внутренние,

экологические свойства древесных пород; 2) географическую среду (климат, грунт, рельеф, почву); 3) биосоциальные отношения между растениями, образующими лесное сообщество, и между ними и средой и между ними и фауной; 4) историко-геологические причины; 5) вмешательство человека. Тип насаждения есть всегда и явление биологическое, и явление географическое, и явление социальное, и явление историческое – такова последняя позиция Г.Ф.Морозова в вопросе о сути типа леса (цит. По Л.П.Рысину, 1982) [46]. Следовательно, Г.Ф.Морозов вплотную подошел к биогеоценотическому пониманию типа леса. Однако ему самому эту идею довести до практического завершения не удалось. Она получила дальнейшее развитие в биогеоценологии.

Под влиянием Г.Ф.Морозова идея типов леса получила признание и широкое развитие в трудах его современников и учеников. Заметно расширилась география типологических исследований. Одним из первых за развертывание типологических исследований выступил современник Г.Ф.Морозова А.А.Крюденер, разработавший на обширном материале классификацию типов насаждений с учетом рельефа, влажности и гранулометрического состава почвы. Последнему он придавал решающее значение, полагая, что между гранулометрическим составом и химизмом почвы имеется прямая связь.

Обосновывая принципы классификации типов насаждений, А.А.Крюденер считал, что «основой» типа насаждения является «растительное сообщество, образовавшееся при данном климате, при известных почвенно-грунтовых условиях и носящее без вмешательства человека более или менее константный характер». Он указывал на необходимость «единого языка» в типологии, дабы мы понимали друг друга и не говорили об одном и том же на разных языках и, наоборот, разные вещи не называли одним и тем же именем. Три фактора, пишет он, дают нам представление о типе насаждений – это климат, почвенно-грунтовые условия и растительное сообщество. Разграничение типов леса он производил на основе различий почвенно-грунтовых условий, главным образом по особенностям водного режима (степени и характера увлажнения), поэтому его классификацию следует считать классификацией условий местопроизрастания, а не типов леса. Существенным недостатком классификации А.А.Крюденера является то, что в ее основу положены народные названия – бор,

суборь, сурамень, рамень и др. Поскольку эти названия имеют местное распространение, то в других районах они могут быть непонятны.

Большое влияние на развитие типологии леса в России оказали работы финского лесовода и ботаника А.Каяндера, пришедшего к учению о типах леса от учения о растительных сообществах. Он предложил расчленять типы леса по характеру травянистого и лишайниково-мохового покрова. Исходя из того, что господство той или иной древесной породы часто определяется случайными причинами, А.Каяндер не вводил в наименование типа леса название господствующих пород. Выделенные им типы *Cladonia*, *Vaccinium, Myrtillus* объединяют и сосновые и еловые и березовые леса, сходные по характеру растительности нижних ярусов. Он считал, что напочвенный покров отражает условия местопроизрастания; однородность покрова – показатель однородности местообитания, а потому участки леса с однородным покровом следует относить к одному типу насаждений (цит. по Б.И.Иваненко,1948) [22]. Следовательно, классификация условий местопроизрастания А. Каяндера основана на установлении типов леса по характеру травяного и мохового покрова независимо от господствующей породы с введением понятия о биологически равноценных местообитаниях, сходных по воздействию на растительность.

Следует отметить, что распространение идей о типах леса и становление лесной типологии еще при жизни Г.Ф.Морозова сопровождались горячими дискуссиями. Ярым противником нового учения о типах насаждений был М.М.Орлов, называвший его «модернизированной типологией» [35].. Он стоял на позициях «старых типологов», которые при классификации лесов обращали внимание в первую очередь на признаки, свойственные насаждениям, - происхождение, состав и рост леса. Согласно взглядам М.М.Орлова, нет надобности в типах насаждений, так как исчерпывающую оценку условиям местопроизрастания дает бонитет. В 1911 году М.М.Орлов разработал общебонитеровочную шкалу для древостоев и предлагал классифицировать насаждения по классам бонитета. Шкала до настоящего времени не потеряла своей актуальности и успешно применяется в лесотаксационной практике.

Большой вклад в развитие отечественной лесной типологии внес академик В.Н.Сукачев. Его взгляды на тип леса постепенно изменялись и расширялись в соответствии с развитием разработанной им общей концепции биогеоценологии. От фитоценотического понимания типа леса, когда основным критерием при его выделении были фитоценотические признаки, он переходит к толкованию типа леса более широко, с естественно-исторических позиций, рассматривая его по совокупности всех лесообразователей и взаимосвязи их между собой и лесорастительными условиями. Исходя из этих позиций, В.Н.Сукачевым дано определение типа леса принятое Первым лесотипологическим совещанием в феврале 1950 года по его докладу. «Тип леса – это совокупность участков леса однородных по составу древесных пород, по другим ярусам растительности и фауне, по комплексу лесорастительных условий (климатических, почвенных и гидрологических), по взаимоотношению между растениями и средой, по восстановительным процессам и по направлению смен в них, а, следова-тельно, при одинаковых экономических условиях требующая однородных лесохозяйственных мероприятий» [51].

На данном этапе развития лесотипологических идей позиция В.Н.Сукачева близка к позиции, сложившейся у Г.Ф.Морозова к концу его научной деятельности, когда он подчеркивал, что тип насаждения или единица более высокого порядка все равно в действительности есть всегда и явление географическое, и явление социальное, и явление историческое.

По В.Н.Сукачеву, тип леса – понятие, реально существующее в природе, имеющее определенный географический ареал. В отличие от украинского направления в лесной типологии тип леса им устанавливается для покрытой лесом площади.

Развивая идеи В.В.Докучаева о взаимосвязи всех явлений на земной поверхности и его учеников Г.Ф.Морозова и Г.Н.Высоцкого о тесной связи растительного покрова с условиями среды, В.Н.Сукачев в последние годы своей жизни разработал и обосновал концепцию о новой науке биогеоценологии, исходя из которой под биогеоценозом понимается «…совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий),

имеющая свою особую специфику взаимодействий этих слагающих ее компонентов и определенный тип обмена веществ и энергии их между собой и с другими элементами природы и представляющих собой внутреннее противоречивое диалектическое единство, находящееся в постоянном движении, развитии» [55] Тот раздел биогеоценологии, который изучает лесной биогеоценоз, назван им лесной биогеоценологией.

С появлением учения о биогеоценозах с биогеоценотических позиций начинает рассматриваться и тип леса. Исходя из этого учения, а также развивая решения Всесоюзного совещания по лесной типологии, определение типа леса дано В.Н.Сукачевым в следующей редакции. «Тип леса – это объединение участков леса (т.е. отдельных биогеоценозов), однородных по составу древесных пород, по другим ярусам растительности и фауне, по микробному населению, по климатическим, почвенным и гидрологическим условиям, по взаимоотношениям между растением и средой, по внутрибиогеоценотическому и межбиогеоценотическому обмену веществом и энергией, по восстановительным процессам и по направлению смен в них. Эта однородность свойств компонентов биогеоценозов и свойств биогеоценозов в целом, объединяемых в один тип, требует при одинаковых экономических условиях применения и однородных лесохозяйственных мероприятий» [55]. Основные компоненты биогеоценоза – растительность (фитоценоз), животный мир (зооценоз), микроорганизмы (микробоценоз), почва и подпочвенные слои горной породы (эдафотоп) и атмосфера в пределах той высоты, до которой распространяется влияние других компонентов биогеоценоза (климатоп). Первые три компонента составляют биоценоз (живая часть биогеоценоза), два остальные – экотоп (его косная часть).

В.Н.Сукачев интенсивно работал над программными и методическими вопросами лесной типологии. Широкую известность получило опубликованное им «Краткое руководство к исследованию типов леса», выдержавшее несколько изданий [49, 50]. Позже вышли «Методические указания к изучению типов леса» [52, 54]. В этих публикациях изложены основные принципы и методы выделения и описания типов леса при маршрутных исследованиях. Учитывая сложность и многообразие биогеоценотических взаимосвязей, с одной стороны, и запросы практики, с другой, В.Н.Сукачев выработал ряд простых критериев

с целью установления в натуре границ типов леса (типов лесных биогеоценозов). По его мнению, самую первую помощь может оказать анализ рельефа. Хотя он и не входит в состав компонентов биогеоценозов, но является очень важным фактором его существования и при его выделении играет очень большую роль. В пределах же однородного рельефа наиболее показательный признак однородности биогеоценоза – однородность почвы и растительного покрова. Из этих двух показателей В.Н.Сукачев по наглядности отдает предпочтение растительности. Поэтому при разграничении биогеоценозов в природе целесообразно пользоваться именно фитоценозом (растительным сообществом). Границы каждого в отдельности биогеоценоза определяются, как правило, границами фитоценоза. Это объясняется тем, пишет В.Н.Сукачев, что среди компонентов биогеоценоза фитоценозу обычно принадлежит наибольшая биогеоценотическая роль [55]. Это не означает, что почва не принимается им во внимание. Она включается в характеристику типа леса и является его классификационным признаком.

В.Н.Сукачев много внимания уделял разработке классификации типов леса. Все разнообразие выделенных типов леса он располагал в системе эдафо-фитоценотических рядов, отражающих изменения в условиях существования фитоценозов. Им разработаны системы таких рядов для сосняков и ельников, а также обобщенная схема эдафо-фитоценотических ареалов. При этом В.Н.Сукачев подчеркивал, что число типов леса, представленное на схемах, не исчерпывает всего многообразия типов леса, встречающихся в природе, и его классификационное значение имеют не отдельные факторы, а их совокупность, т.е. комплекс факторов. Отразить же на схеме весь комплекс этих факторов трудно. В пределах более или менее однородной природной области число факторов сужается и легче улавливается сопряженность между ними. Классификация типов леса В.Н.Сукачева носит незамкнутый характер и может быть пополнена новыми типами леса по мере выявления их в натуре. Однако, классификации типов леса на биогеоценотической основе В.Н.Сукачев не дал, понимая сложность этой задачи.

Следует подчеркнуть, что биогеоценотическая концепция В.Н.Сукачева получила широкое признание как в бывшем СССР, так и за рубежом. Она стала теоретической основой лесной

типологии. Лесотипологические идеи В.Н.Сукачева получили плодотворное развитие в работах А.А.Корчагина, В.А.Поварницина, С.Я.Соколова, Н.А.Коновалова, И.Д.Юркевича, Л.П.Рысина, В.С.Гельтмана и др. На IV Мировом лесном конгрессе (Индия, 1954) приняты рекомендации о дальнейшей разработке и применении методики В.Н.Сукачева. Принципы типологического изучения и классификации лесов, развиваемые В.Н.Сукачевым, получили полное одобрение на Оксфордском международном лесном конгрессе (Англия, 1956). По его рекомендации программа и инструкция изучения типов леса были разосланы в лесные научно-исследовательские учреждения разных стран. Теоретические разработки В.Н.Сукачева рекомендовано IX Международным ботаническим конгрессом (Канада, 1959) использовать в качестве общей основы для классификации лесов в «глобальном масштабе».

Под влиянием Г.Ф.Морозова идея типов леса привлекла всеобщее внимание лесоводов и получила широкое развитие в работах его современ-ников и учеников. Наряду с «московско-ленинградским» биогеоценотическим направлением, признанным лидером которого был В.Н.Сукачев, на базе учения Г.Ф.Морозова, развивалось и другое направление, которое в лесоводственной и геоботанической литературе называют «украинским», «лесоводственным», «лесоводственно-экологическим», «лесоводственно-типологическим». Отправным пунктом в исследованиях украинских лесотипологов признается изучение условий местопроизрастания. Украинское направление получило развитие в трудах Е.В.Алексеева, П.С.Погребняка, Д.В.Воробьева, Е.Ф.Остапенко и др. [5-9, 36, 37, 43].

Е.В.Алексеев (1928) дал классификационную схему типов леса. Соответственно почвенно-грунтовым условиям им выделены «группы типов по суходолу»: боры на песках, субори на песках и супесях, груды – на суглинках, дубравы на черноземах, а также «группы типов по мокрому» - ольшаники и багуны. Эти теоретические позиции Е.В.Алексеева [5], в основе которых лежат идеи Г.Ф.Морозова и А.А.Крюденера, и определили суть украинского типологического направления.

Е.В.Алексеев считает, что в лесном хозяйстве инвентарной единицей должно быть не насаждение, а лесной участок, а

лесоводственной единицей, не тип насаждения и не ассоциация, а тип лесных участков, или сокращенно тип леса.

Таким образом, по Е.В.Алексееву, тип леса не является совокупностью насаждений, а совокупностью лесных участков. В основу классификации типов леса (типов лесных участков) им положены условия их местопроизрастания. Такое понимание типа леса основано на признании постоянства соотношения между составом и свойствами древесной растительности и условиями местопроизрастания, которое он считает неизменными, в то время как основной состав насаждений, свойственный определенным условиям произрастания, в силу случайных причин может временно изменяться.

П.С.Погребняк, развивая положения Е.В.Алексеева, разработал классификацию условий местопроизрастания. Все разнообразие выделенных типов леса он разместил на «эдафической сетке». Эта «эдафическая сетка» построена на координатах почвенного богатства и почвенной влажности и, по выражению Л.П.Рысина [46], является базисом украинской типологии, поскольку на ней зиждятся все теоретические и методические построения. От верхнего левого угла сетки вправо отходит так называемый трофогенный ряд, в пределах которого различаются четыре категории трофности, называемые трофотопами и обозначаемые буквенными индексами: A – боры, B – субори, C – сугрудки и D – дубравы. Вниз направлен гигрогенный ряд, образованный шестью группами влажности, называемыми гигротопами. Для обозначения гигротопов используются цифровые индексы: 0 – очень сухие, 1 – сухие, 2 – свежие, 3 – влажные, 4 – сырые, 5 – мокрые. На сетку нанесены индикаторные растения, отражающие влажность и трофность почвы. При пересечении трофотопов с гигротопами мы получаем 24 клетки, называемые эдатопами, которые и дают представление о типе условий местопроизрастания. Позднее [9] к показателям влажности и трофности почвы были добавлены климатические показатели (влажность климата и теплообеспеченность. В результате получилась трех координатная система типов лесорастительных условий в виде эдафо-фитоценотической сетки, представляющей собой сочетание эдафической и климатической сеток.

Следует подчеркнуть, что украинские лесотипологи при выделении типа леса основной упор делают именно на условия

местопроизрастания. Это особенно четко прослеживается в работах Б.Ф.Остапенко, стремящегося к конкретизации, четкому определению каждого понятия. Он пишет: «тип леса объединяет лесные участки, занятые одним коренным и всеми производными от него типами древостоя и ассоциациями. К нему относятся и соответствующие производные типы древостоя, пожарища и пашни, образовавшиеся на месте вырубленного леса и подлежащие лесовосстановлению» [37]. И далее следует указание: «Важнейшими признаками принадлежности определенных участков к одному типу леса служат однородность условий местопроизрастания (почвенно-грунтовые условия, климат) и определенный породный состав, из которого слагается коренной тип древостоя, лежащий в основе каждого типа леса» В качестве «важнейшего» признака наряду с однородностью условий местопроизрастания называется породный состав. Здесь справедливо замечание Л.П.Рысина о том, что нельзя принимать в качестве «важнейшего» признака определенный породный состав, когда речь идет о пашне, пожарище, травянистых сообществах, гарях. Трудно представить, как можно пользоваться этим критерием на территориях, где лесная растительность давно отсутствует, и определить коренную ассоциацию чрезвычайно сложно. Создается впечатление, что в украинской типологии потерялась перво-начальная четкость в определении типа леса: попытки разъяснить вопрос, как можно выделить тип леса на безлесных площадях, только еще более его запутали [46].

Таким образом, в украинской типологии понятие «тип леса» рассматривается как аналог типа лесорастительных условий. Такой подход, характерный для ранних работ Г.Ф.Морозова, а также для А.А.Крюденера и других лесоводов, является ведущей концепцией в исследованиях и теоретических разработках украинских лесотипологов.

Кроме «московско-ленинградского» биогеоценотического и «украинского» лесоводственно-экологического типологического направлений сформировались и другие лесотипологические подходы. Б.П.Колесников [26], основываясь на трудах Б.А.Ивашкевича и используя тезис Г.Ф.Морозова об историко-географических причинах лесообразования, разработал генетическую классификацию типов леса, в основу которой «положены закономерности процессов возникновения и развития

леса и которая объединяет все стадии развития лесных насаждений и может служить целям прогноза их будущего состояния».

Следуя за Б.А.Ивашкевичем, рассматривавшим тип леса как ряд «лесных ассоциаций», последовательно сменяющих друг друга с возрастом, Б.П.Колесников трактует основную единицу лесной типологии – тип леса – широко. Он пишет: «За основную единицу такой системы принят крупный по объему и комплексный по содержанию тип леса, рассматриваемый как законченный этап лесообразовательного процесса и равный по продолжительности как минимум периоду жизни одного поколения главной породы. Тип леса слагается из типов насаждений, соответствующих одной из возрастных или кратковосстановительных стадий развития типа леса, в течение которой у объединяемых участков леса сохраняется однородность по внешним морфологическим признакам. Эта низшая элементарная единица классификации по рангу равноценна «типу древостоя (типу насаждений)» украинских типологов, «типу леса» (совещание 1950 г.) и «типу лесного биогеоценоза» [53].

Следует отметить одну важную сторону понятия «типа леса» в трактовке Б.П.Колесникова [26]. Как и у украинских типологов, тип леса Б.П.Колесникова объединяет как лесные, так и не лесные растительные группировки, которые сменялись и могут в дальнейшем сменяться на конкретных участках территории одного типа лесорастительных условий.

И.С.Мелехов разрабатывает динамическую типологию. Он предложил пользоваться термином «динамическая типология леса», полагая, что такое название лучше отражает существо вопроса, чем «генетическая». Как и Б.П.Колесников, И.С.Мелехов считает важнейшей качественной особенностью типа леса его динамичность. Он подчеркивает, что тип леса суще-ственно изменяется на протяжении не только нескольких, но и одного поколения леса. Это связано как с биологией леса, так и с антропогенными воздействиями на него (осушение, рубки, лесовосстановление и т.д.). Им предложены типология и схема формирования типов леса [29]. В развитии типа леса он выделяет этапы, предшествующие формированию леса (типы вырубок, гарей), этапы формирующегося типа леса, включая промежуточные и переходные типы, этап сложившегося типа леса (в спелом возрасте древостоя), возможные последующие этапы с переходом или без перехода в новый тип леса. Процессы образования и

формирования типов леса протекают с разной скоростью, поэтому он различает очень ускоренные, ускоренные, замедленные и очень замедленные этапы развития типов.

И.С.Мелехов дает следующее определение типа. «Тип леса – динамическая система на биогеоценозном (экосистемном уровне). Он характеризуется общностью морфологии, происхождения и развития лесного сообщества, общими особенностями лесорастительных условий и тенденцией дальнейшего развития леса» [29].

Лесная типология Беларуси тесно связана с лесной типологией России. От зарождения идеи о «типах насаждений» до настоящего времени она развивается под влиянием идей ведущих русских лесотипологов. Особенно большое влияние на развитие лесной типологии республики оказал В.Н.Сукачев. Разработанная им биогеоценотическая концепция стала теоретической основой белорусской лесной типологии.

Начало лесотипологическим исследованиям в дореволюционный период положено работами Н.К.Генко, выполненными на территории Беларуси. Им впервые в России были описаны леса «по типам» в 1889 г. при лесоустройстве Гайновской корабельной рощи, расположенной в западной части Беловежской пущи [18]. При делении насаждений на типы он использовал народные названия и представления, вкладываемые в них местными крестьянами: бор, лядо, груд, елосмыч и др. Несколько позже, в 1909 г. устройством лесов пущи занимался А.А.Крюденер, выделивший, как уже отмечалось выше, 19 типов насаждений с учетом рельефа, влажности и гранулометрического состава почвы. Опубликованы также описания типов леса Велятичской дачи в бывшей Минской губ. [19], Островецкой дачи в бывшей Гродненской губ. [83]., Кошелевской дачи в бывшей Могилевской губ. [33]. Описания типов содержат те признаки, на необходимость учета которых указывал Г.Ф.Морозов – топографические и почвенно-грунтовые условия, древостой, растительность нижних ярусов, возобновление. Перечнем этих работ и ограничиваются исследования по лесной типологии Беларуси в дореволюционный период. Они носили преимущественно описательный характер, были основаны на энтузиазме прогрессивных лесоводов и касались отдельных лесных дач или небольших территорий.

После 1917 г. работы по изучению лесов развертываются на лесном факультете Горецкого сельскохозяйственного института и лесном отделении Белорусского института сельского и лесного хозяйства в Минске, а затем – на Центральной лесной опытной станции (ЦЛОС) и в Отделе природы и хозяйства Института белорусской культуры, реорганизованного в 1929 г. в АН БССР. В трудах этих учреждений и сконцентрированы основные результаты изучения лесной растительности республики. Общее количество лесотипологических работ в этот период относительно невелико (С.И.Тулов, 1922; В.В.Адамов, 1925; Г.Н.Высоцкий, 1925; Г.Н.Высоцкий, В.П.Савич, Л.И.Савич, 1925; В.Н.Переход, 1926а, 1926б, 1926в; В.В.Адамов, Н.К.Ярошевич, 1927, А.Л.Новиков, 1927; В.В.Адамов, А.Д.Лазук, 1928; С.П.Мельник, 1930), но они носили целенаправленный характер и проводились в комплексе с другими ботаническими исследованиями [1, 2, 11, 12, 30, 34, 39-41, 56].

Большое значение в развитии лесотипологических исследований в этот период имели работы Г.Н.Высоцкого «Лесоводные очерки», «По южной Белоруссии» и «Покрововедение», отражающие основные принципы типологической дифференциации лесов [10-12]. Г.Н.Высоцкий является одним из инициаторов лесного опытного дела в Беларуси. Следуя за В.В.Докучаевым и Г.Ф.Морозовым, Г.Н.Высоцкий был сторонником глубокого изучения среды как важнейшего фактора в жизни леса.

В 30-е годы лесотипологические исследования возглавил И.Д.Юркевич, организовавший большой коллектив лесотипологов и приступивший к всестороннему изучению типов леса всей территории республики. Особенно большой размах лесотипологические исследования получили в Институте леса АН БССР и в лаборатории геоботаники Института биологии АН БССР (ныне Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича).

В своих ранних работах И.Д.Юркевич [57-63] полностью разделял взгляды В.Н.Сукачева по основным вопросам лесной типологии – объему типа леса и взаимоотношению понятий «тип леса» и «лесная ассоциация», рассматривая тип леса как синоним лесной ассоциации. С этих позиций им разработана первая обобщенная классификация типов леса. Такое понимание объема и содержания типа леса белорусскими лесотипологами сохраняется

до конца 50-х годов [13-15, 27, 44, 48, 62-66, 70, 73, 74]. В начале 60-х годов понятия «тип леса» и «лесная ассоциация» разграничиваются. Элементарной типологической единицей признается ассоциация, а тип леса становится таксономической единицей следующего порядка. Начало такому взгляду на тип леса положено И.Д.Юркевичем в работе «Аб некаторых пытаннях лясной тыпалогіі» [67]. Этой работой открывается новый биогеоценологический период в развитии лесной типологии Беларуси. Как отмечает Л.П.Рысин [46], к этому времени относится и «оформление» белорусской типологии в автономное лесотипологическое направление.

Разделяя мнение В.Н.Сукачева о необходимости разграничения понятия типа леса и лесной ассоциации, И.Д.Юркевич [67] отмечает, что тип леса необходимо понимать как тип лесного биогеоценоза, а лесную ассоциацию – как тип фитоценоза, который является важнейшим компонентом типа леса. Тип леса – это более крупная таксономическая единица, чем лесная ассоциация, и естественно, что в один тип леса может входить несколько ассоциаций. Одной из причин, обусловливающих необходимость подразделения типов леса на ассоциации, является неоднородность этих типов. Они «…отражают экологическую амплитуду лесного биогеоценоза, процессы внутреннего естественного развития и антропогенного изменения типа леса». Тип фитоценозов или ассоциация, – совокупность фитоценозов, определяемая по признаку максимальной их однородности. Тип лесных биогеоценозов, или тип леса – совокупность ассоциаций, определяемая мерой относительной однородности этого типа» [16].

В соответствии с представлениями И.Д.Юркевича и В.С.Гельтмана [72] лесные ассоциации подразделяются на:

а) возрастные, отражающие возрастные стадии развития фитоценозов и связанные с ними изменения других компонентов биогеоценоза;

б) эдафически сопряженные, отражающие некоторые изменения эдафических условий в пределах типа леса и обусловленные ими изменения фитоценозов;

в) фитоценотически замещающие, отражающие вариации фитоценотического состава в близких эдафических условиях;

г) дигрессивно-демутационные, отражающие изменения фитоценотической и экологической структуры биогеоценозов без

смены основных эдификаторов и субэдификаторов, обусловленные антропогенными и стихийными природными воздействиями;

д) радиационно-экологические, отражающие вариации теплообеспеченности и освещенности, а в связи с этим и особенности фитоценозов.

Каждая ассоциация характеризуется максимальной фитоценотической однородностью [68], она является по сравнению с типом леса низшей таксономической единицей.

Исходя из этих теоретических представлений белорусскими лесотипологами под руководством И.Д.Юркевича проведена большая работа по изучению типологической структуры лесной растительности и опубликованы крупные монографические сводки: Юркевич И.Д., Гельтман В.С., Парфенов В.И. “Сероольховые леса и их хозяйственное использование” (1963); Юркевич И.Д., Гельтман В.С., Ловчий Н.Ф. “Типы и ассоциации черноольховых лесов” (1968); Юркевич И.Д., Голод Д.С., Парфенов В.И. “Типы и ассоциации еловых лесов” (1971); Юркевич И.Д., Адерихо В.С. “Типы и ассоциации ясеневых лесов” (1973); Юркевич И.Д., Ярошевич Э.П. “Биологическая продуктивность типов и ассоциаций сосновых лесов” (1974); Юркевич И.Д., Ловчий Н.Ф., Гельтман В.С. “Леса Белорусского Полесья” (1977); Юркевич И.Д. “Выделение типов леса при лесоустроительных работах” (1980); Гельтман В.С. “Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии” (1982); Петров Е.Г. “Водный режим и продуктивность лесных фитоценозов на почвах атмосферного увлажнения” (1983); Юркевич И.Д., Тютюнов А.З. “Грабовые леса Белоруссии” (1985); Парфенов В.И., Мазан И.Ф. “Ивы Белоруссии: таксономия, фитоценология, ресурсы” (1986); Юркевич И.Д., Адерихо В.С., Дольский В.Л. “Липняки Белоруссии” (1988); Юркевич И.Д., Гельтман В.С., Ловчий Н.Ф. и др. “Березовые леса Белоруссии” (1992); Ловчий Н.Ф. “Экологический анализ структуры и продуктивности сосновых лесов Беларуси” (1999) и другие работы.

Таким образом, лесная биогеоценология стала теоретической основой лесной типологии и дала мощный толчок ее развития. В конце прошлого столетия возникает множество региональных лесотипологических школ и направлений, которые существенно различались по многим методическим подходам и объему основных таксономических единиц.

Развитие фитоценологии в странах Европы шло своим самобытным путем. Начиная с самых истоков фитоценологии, в европейских странах четко наметились два разных направления в классификации растительных сообществ.

Одно из этих направлений, базирующееся на экологических идеях Друде, Шампера, Варминга, пошло по пути классификации растительности на «физиономически-флористической» основе. Ярким представителем этого направления является школа Браун-Бланке, получившая широкое распространение в странах Средней и Южной Европы, а затем во многих других странах мира.

Принципиальные установки Браун-Бланке [4] основаны на положении об экологической специфичности растительных сообществ. Он пишет, что данное растительное сообщество может встречаться на многих местообитаниях, но оно преуспевает в наибольшей степени только на одном, вполне определенном экологически характеризующемся местообитании… Хотя экологическими индикаторами служат и отдельные виды, однако лучшими индикаторами условий местопроизрастания являются группы растений, живущие совместно. Они соконкурентны и формируют в той или иной мере растительное сообщество.

Браун-Бланке придает большое значение роли доминирующих видов как эдификаторов, или «строителей» сообществ. Но только стенотопные доминанты используются им в качестве характерных видов фитоценотических таксонов, а те из доминант, которые отличаются широкой экологической амплитудой, не пригодны для целей классификации. Характерными видами он называет такие виды, которые тесно связаны с определенным типом фитоценозов благодаря своей экологической или фитосоциологической специализации. Характерные виды могут быть выявлены только при наличии большого количества описаний, охватывающих основные виды фитоценозов в пределах достаточно большого района.

Основной таксономической категорией, или основной единицей растительности, в системе Браун-Бланке является ассоциация. Она выделяется в камеральных условиях на основании анализа всего флористического состава и отличается свойственными ей характерными видами.

Вышестоящие таксоны, относящиеся к союзам, порядкам, классам, имеют свои характерные виды. Чем выше ранг, тем

большим числом характерных видов обладает данный фитоценотический таксон.

Нижестоящие таксоны (субассоциации, варианты ассоциации, фации) не имеют своих характерных видов и отличаются лишь дифференциальными видами, которые не имеют сильной социологической связи и поэтому не принадлежат к характерным видам, так как встречаются в ничтожном количестве в одном или нескольких сравниваемых сообществах.

Другое направление зародилось в северных странах Европы, родоначальником которого является известный шведский ученый Пост, положивший начало научному подходу к классификации растительности. Это направление отличалось другими методами исследования растительности, основанными на определении количественных отношений между видами и другими принципами фитоценотических единиц.

Идеи Поста и методы исследований растительности, предложенные им, в конце XIX века успешно развивались Хультом, обосновавшим необходимость учета растительности по ярусам. Несколько раньше Хульта, Кернер употребил для целей классификации представление о ярусной структуре растительных сообществ, сыгравшее большую роль в классификационных построениях скандинавских и русских школ. В работах Кернера на конкретных примерах широко обсуждается также проблема динамики растительности и акцентируется внимание на способности формации поддерживать свое разнообразие.

Большую роль в становлении скандинавских и прибалтийских школ геоботаники сыграли работы Раункиера, Каяндера, Дю Рие и других ученых, на обзоре которых мы не имеем возможности останавливаться из-за ограниченности объема статьи.

Следует отметить, что помимо упомянутых классификаций во многих зарубежных странах не меньшей популярностью пользуется множество классификаций, строящихся на физиономической основе. Это объясняется отчасти недостаточной изученностью флоры многих регионов, отчасти инерцией научных традиций, но главным образом тем, что при составлении обзорных классификаций и при картографировании растительности в масштабе материков и тем более в планетарном масштабе наиболее простой системой классификации остается в настоящее время классификация на физиономической основе.

Для координации работы лесотипологов при Научном совете по проблемам леса АН бывшего СССР была создана секция лесной типологии, которую возглавил доктор биологических наук, а ныне член-корреспондент РАН Л.П.Рысин. На конференциях, заседаниях, рабочих совещаниях секции неоднократно обсуждались проблемы лесной типологии. На Всесоюзной конференции «Современные проблемы лесной типологии» (Львов, 1983) было принято решение приступить к разработке региональных кадастров типов леса. В.С.Гельтману было поручено подготовить проект «Основных положений по составлению региональных кадастров типов леса». Проект «Основных положений…», подготовленный В.С.Гельтманом с участием Н.Ф.Ловчего, после обсуждения на рабочих совещаниях (Харьков, 1985; Каунас, 1987) был опубликован в 1990 г. (Региональные кадастры типов леса. М.: Наука, 1990).

Региональный кадастр типов леса, как указывается в «Основных положениях…», содержит объективную унифицированную характеристику типов леса, установленных в регионе. Такие кадастры систематизируют наши знания в области лесной типологии, позволяют сравнивать лесотипологические системы и типологическую структуру лесов разных регионов, облегчают создание унифицированной лесотипологической терминологии и проведение крупных лесотипологических обобщений, а также использование данных лесной типологии в лесохозяйственном производстве и лесоустройстве.

Региональный кадастр типов леса является основным информационным документом о типах леса региона. Он предназначен для их идентификации при лесоустройстве, для проведения лесохозяйственных мероприятий, научных исследований, для составления определителей, разработки или уточнения классификаций типов леса, сравнительного анализа географически замещающих типов и типологической структуры лесов разных регионов. Материалы региональных кадастров типов леса подлежат публикации

Для условий Беларуси наиболее целесообразно составление региональных кадастров типов леса по геоботаническим подзонам в соответствии с геоботаническим районированием республики, разработанным И.Д.Юркевичем и В.С.Гельтманом [17, 71].

Составление кадастра типов леса – это не одноразовые, а многолетние исследования. Вначале в кадастр включаются те типы леса, которые достаточно хорошо изучены. По мере накопления новых материалов, необходимых для характеристики типа леса, кадастры дополняются. При этом обязателен учет всех прежних материалов кадастра.

В настоящее время лаборатория геоботаники Института экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАНБ проводит комплексные исследования по составлению региональных кадастров типов леса. Завершены работы по кадастровой оценке типов сосновых лесов. Продолжаются исследования по составлению региональных кадастров типов березовых лесов и других лесных формаций.

Литература

1. Адамов В.В. // Зап. Белорус. гос. ин-та сельск. и лесн. хоз-ва. Минск, 1925. Вып. 9. С. 390-405.

2. Адамов В.В., Лазук А.Д. // Материалы по изучению растительности Белоруссии. Минск, 1928. Вып. 3. 73 с.

3. Адамов В.В., Ярошевич И.К. // Материалы по изучению растительности Белоруссии. Минск, 1927. Вып. 2. 95 с.

4. Александрова В.Д. Классификация растительности. Л.: Наука, 1969. 275 с.

5. Алексеев Е.В. Типы украинского леса. Правобережье. КиЇв: КнигоспЇлка, 1928. 120 с.

6. Воробіов Д.В. // Тр. з лісови досвідноі справи на Украіні. Харьків, 1927. Вып.7. С.59-129.

7. Воробіов Д.В. // Тр. з лісови досвідноі справи на Украіні. Харьків, 1928. Вып.10. С.147-249.

8. Воробьев Д.В. Типы лесов европейской части СССР. Киев: Изд-во АН УССР, 1953. 452 с.

9. Воробьев Д.В., Остапенко Б.Ф. Лесная типология и ее применение. Харьков, 1977. 53 с.

10. Высоцкий Г.Н. // Зап.Белорус. ин-та сельск. и лесн. хоз-ва. Минск, 1924. Вып. 3. С. 11-40.

11. Высоцкий Г.Н. // Зап. Белорус. гос. ин-та сельск. и лесн. хоз-ва. Минск, 1925. Вып. 4. С. 151-159.

12. Высоцкий Г.Н., Савич Л.Н., Савич В.П. // Зап. Белорус. гос. ин-та сельск. и лесн. хоз-ва. Минск, 1925. Вып. 4. С. 160-209.

13. Гельтман В.С. // Весці АН БССР, сер.біял.навук, 1957. № 1, С. 65-73.

14. Гельтман В.С. // Бюлл. Ин-та биологии за 1957 г.. Минск, 1958. Вып. 3. С. 19-24.

15. Гельтман В.С. Типы березовых лесов Полесской низменности: Автореф. дисс…канд. биол. наук. Минск, 1958. 24 с.

16. Гельтман В.С. // Экология. 1974. № 1. С. 24-33.

17. Гельтман В.С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1982. 328 с.

18. Генко Н.И. Характеристика Беловежской пущи и исторические о ней данные. СПб., 1903. 113 с. (Отдельный оттиск статей помещ. в Лесн. журн. № 5-6 за 1902 г. и № 1 за 1903 г.).

19. Гибшман Р.Х. // Лесн. журн., 1908 Вып 6. (Цит. По кн.: Растительный покров Белоруссии. Минск, 1969).

20. Гуторович И.И. // Лесн. журн. № 2-5, 1897.

21. Докучаев В.В. // Изб.соч. М.: Гос. изд-во с.-х. литературы, 1949. Т. 2. С. 161-228.

22. Иваненко Б.Н. Основные течения в лесной типологии // Развитие русского лесоводства. М., 1948. С. 32-111.

23. Ивашкевич Б.А. Манчжурский лес. Харбин, 1915, 502 с.

24. Ивашкевич Б.А. // Изв. Лесн. Института. 1916. Вып. 30. С. 103-232.

25. Крюденер А.А. // Лесн. журн. № 1, 1909.

26. Колесников Б.П. // Изв. СО АН СССР. 1958. № 2. С. 109-122.

27. Костюкевич Н.И. О типах лесов Полесья // О лесах Полесья. Минск, 1951. С. 30-66.

28. Ловчий Н.Ф. Экологический анализ структуры и продуктивности сосновых лесов Беларуси. Минск: Бел. Навука, 1999. 263 с.

29. Мелехов И.С. Лесоведение: Учебник для вузов. М.: Лесн. пром., 1980. 408 с.

30. Мельник С.П. // Працы Бел.навук. даслед. ін-ту сел. і лясн. гасп.: Матэрыалы па лясн. даслед.справе БССР. Минск, 1930. Т.37. № 5. С. 80-84.

31. Морозов Г.Ф. Учение о лесе. СПб, 1912. 81 с.

32. Морозов Г.Ф. Учение о типах насаждений. М.: Лесн. пром., 1971. Т. 2. 536 с.

33. Никитин А. // Изв. Лесн. института. 1913. Вып. 24. С. 177-236.

34. Новікаў А.Л. // Працы навук. таварыства па вывуч. Беларусі. Минск, 1927. Т.4. С. 90-105.

35. Орлов М.М. Лесоустройство. Л.: Лесн. хоз-во и лесн. пром., 1928. Т. 2. 326 с.

36. Остапенко Б.Ф. // Тр. Харьк. с.-х. института. 1967. Т. 63. С. 22-29.

37. Остапенко Б.Ф. Лесоводственно-экологическая типология и ее классификационная схема. Харьков: Изд-во Харьк.с.-х. института, 1978. 72 с.

38. Парфенов В.И., Мазан И.Ф. Ивы Белоруссии: таксономия, фитоценология, ресурсы. Минск: Наука и техника, 1986. 167 с.

39. Переход В.І.// Наш край. 1926. № 6-7 (9-10). С. 25-31.

40. Переход В.І. // Наш край. 1926. № 8-9 (11-12). С. 19-25.

41. Переход В.І.// Наш край. 1926. № 10-11 (13-14). С. 15-18.

42. Петров Е.Г. Водный режим и продуктивность лесных фитоценозов на почвах атмосферного увлажнения. Минск: Наука и техника, 1983. 213 с.

43. Погребняк П.С. Основы лесной типологии. 2-е изд. Киев: Изд-во АН УССР, 1955. 456 с.

44. Романов В.С., Гельтман В.С. К характеристике дубрав Беловежской пущи // Тр. Заповедно-охотничьего хозяйства «Беловежская пуща». Минск, 1958. Вып. 1. С. 35-45.

45. Рысин Л.П. Концепция биогеоценоза и современная лесная типология // Структурно-функциональная организация биогеоценозов. М.: 1980. С. 23-38.

46. Рысин Л.П. Лесная типология в СССР. М.: Наука, 1982. 216 с.

47. Серебренников П.П. Типы насаждений Вершинской дачи. Лесной журнал. № 1-2, 1904.

48. Соснин Л.И. Сосновые леса Петриковского лесхоза Полесской области и вопросы о производных типах леса// Сб. научн. тр. Института леса АН БССР. Минск, 1952. Вып. 3. С. 57-65.

49. Сукачев В.Н. Краткое руководство к исследованию типов леса. М.: Новая деревня, 1927. 150 с.

50. Сукачев В.Н. Руководство к исследованию типов леса. 2-е изд. М.; Л.: Сельхозгиз, 1930. 320 с., 1931. 328 с.

51. Сукачев В.Н. Основные принципы лесной типологии // Тр. Совещ. по лесн. типологии. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1951. С. 7-19.

52. Сукачев В.Н., Зонн С.В., Мотовилов Г.П. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 115 с.

53. Сукачев В.Н. Лесная биоценология и ее лесохозяйственное значение. М.: Изд-во АН СССР, 1958.

54. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к исследованию типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 104 с.

55. Сукачев В.Н. Основные понятия лесной биогеоценологии // Основы лесной биогеоценологии. М., 1964. С. 5-50.

56. Тулов С.И. // Нар. хоз-во Белоруссии, 1922. № 10. С. 37-39.

57. Юркевіч І.Д. // Зб. Беларускага дзяржаўнага лесатэхнічнага ін-та (серыя навуковых выданняў). Минск, 1933. Вып. 1. С. 31-80.

58. Юркевич И.Д. // Сб. работ по лесн. хоз-ву БелНИИЛХ. Минск, 1940. Вып. 1. С. 43-61.

59. Юркевич И.Д. // Зап.Бел. лесотехн. института. Минск, 1940. Вып. 5. С. 62-68.

60. Юркевич И.Д. // Результаты науч.-иссл. работ БелНИИЛХ. Гомель, 1940. Вып. 3. С. 37-41.

61. Юркевич И.Д. Типы лесов Белорусской ССР: Краткий очерк. Минск: Госиздат, 1948. 48 с.

62. Юркевич И.Д. // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1951. Т. 56. Вып. 3. С. 72-85.

63. Юркевич И.Д. // Пути улучшения лесн. хоз-ва Полесской низменности. Минск, 1954. С. 11-24.

64. Юркевич И.Д. О лесной типологии БССР// Леса БССР и пути повышения их производительности. Минск, 1955. С. 44-50.

65. Юркевич И.Д. // Справ. Раб. Лесн.-хоз. Минск, 1959. С. 39-54.

66. Юркевич И.Д. // Бюлл. Института биол. АН БССР за 1959. Минск, 1960. Вып V. С. 49-57.

67. Юркевіч І.Д. // Весці АН БССР, сер.біял.навук. 1961. № 4. С. 24-29.

68. Юркевич И.Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах. 3-е изд., доп. Минск: Наука и техника, 1980. 120 с.

69. Юркевич И.Д., Адерихо В.С.Типы и ассоциации ясеневых лесов. Минск: Наука и техника, 1973. 255 с.

70. Юркевич И.Д., Гельтман В.С.// Бюлл. Института биологии за 1958 год. Вып. IV. Минск, 1960. С. 11-17.

71. Юркевич И.Д., Гельтман В.С. География, типология и районирование лесной растительности Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1965. 288 с.

72. Юркевич И.Д., Гельтман В.С.// Бот.журн. 1970. Т. 55. № 1. С. 34-41.

73. Юркевич И.Д., Смоляк Л.П. // Сб.научн. тр. БелЛТИ. Минск, 1957. Вып. 10. С. 69-76.

74. Юркевич И.Д., Смоляк Л.П. // Сб. научн. работ по лесн. хоз-ву БелНИИЛХ. Гомель, 1958. Вып. 12. С. 28-39.

75. Юркевич И.Д., Тютюнов А.З. Грабовые леса Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1985, 206 с.

76. Юркевич И.Д., Ярошевич Э.П. Биологическая продуктивность типов и ассоциаций сосновых лесов. М.: Наука и техника, 1974. 296 с.

77. Юркевич И.Д., Адерихо В.С., Дольский В.Л. Липняки Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1988. 174 с.

78. Юркевич И.Д., Гельтман В.С., Ловчий Н.Ф. Типы и ассоциации черноольховых лесов. Минск: Наука и техника, 1968. 376 с.

79. Юркевич И.Д., Гельтман В.С., Ловчий Н.Ф. и др. Березовые леса Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1992. 183 с.

80. Юркевич И.Д., Голод Д.С., Парфенов В.И. Типы и ассоциации еловых лесов. Минск: Наука и техника, 1971. 351 с.

81. Юркевич И.Д., Гельтман В.С., Парфенов В.И. Сероольховые леса и их хозяйственное использование. Минск: Наука и техника, 1963. 142 с.

82. Юркевич И.Д., Ловчий Н.Ф., Гельтман В.С. Леса Белорусского Полесья (геоботанические исследования). Минск: Наука и техника, 1977. 288 с.

83. Яценко Н. // Лесн. журн. 1909. Вып. 1. С. 81-103; Вып. 2-3. С. 284-302; Вып. 4-5. С. 493-511.

Н.Ф. ЛОВЧИЙ, В.И. ПАРФЕНОВ

БЕЛОРУССКАЯ ЛЕСНАЯ ТИПОЛОГИЯ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Резюме

В статье освещаются история развития и теоретические основы лесной типологии Беларуси. Акцентируется внимание на том, что она тесно связана с лесной типологией России и от зарождения идеи о «типах насаждений» до настоящего времени развивается под влиянием ведущих русских лесотипологов. Особенно большое влияние на развитие лесной типологии республики оказал В.Н.Сукачев. Разработанная им биогеоценотическая концепция стала теоретической основой белорусской лесной типологии. В начале 60-х годов белорусская лесная типология оформилась в автономное типологическое направление, возглавляемое И.Д.Юркевичем. «Лесная ассоциация» была признана элементарной типологической единицей, а не синонимом понятия «тип леса» по В.Н.Сукачеву. В настоящее время лесная типология заняла прочное место в научных исследованиях и практике лесохозяйственного производства.

N.F. LOVCHII, V.I.PARFENOV

BELARUSIAN FOREST TYPOLOGY: THEORETICAL FOUNDATION, HYSTORY AND PERSPECTIVE

Summary

The article highlights the history of the development and theoretical foundation of forest typology in Belarus. Attention is drawn to the fact that there is close relations with typology of forest in Russia. The "types of stands" (plantations types) idea has been developing under the influence of the leading Russian forest-typologists from the very emergence and so far. Particularly V.N. Sukachev had strong inspiration on the progress of forest typology in our republic. He created the concept of biogeocenology and it became the theoretical foundation of the Belarusian forest typology. Under the direction of I.D. Yurkevich the Belarusian forest typology stood out in an autonomous scientific area since the 60s. Forestry Association was recognized as the elementary unit but not a synonym for the type of forest, according to V.N. Sukachev. It has been widely used in forestry science and practice in Belarus.

Поступила в редакция 8.07.2011 г.

УДК 504.064.36:574:630.182:630.425

А.В. СУДНИК, А.В. ПУГАЧЕВСКИЙ, И.П. ВОЗНЯЧУК

СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ И ЗАЩИТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ВДОЛЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ БЕЛАРУСИ

Институт экспериментальной ботаники им.В.Ф.Купревича НАН Беларуси

Введение. Беларусь располагает разветвленной сетью автомобильных дорог общей протяженностью 85,7 тыс. км, из которых 15,4 тыс. км – магистральные, в т.ч. 5 международных дорог категории «Е» (1841 км) и трансъевропейские транспортные коридоры II, IX, IXB (1513 км). Плотность сети автомобильных дорог общего пользования составляет 412 км на 1000 кв. км территории.

Проблема негативного воздействия на придорожные экосистемы при строительстве, реконструкции, эксплуатации и содержании автомагистралей приобретает все большую актуальность в связи с бурным ростом парка автомашин, развитием инфраструктуры дорог, изменением технологий их содержания. Это многофакторное влияние сочетает в себе собственно «эффект дороги» с воздействием сопутствующих факторов: загрязнения, трансформации местообитаний, расчленения экосистем дорожной сетью, рекреации и прочего [6, 8, 10, 11].

Система транспортных коммуникаций Беларуси динамично развивается. Это развитие, однако, сопровождается уничтожением естественной растительности, изменением режимов среды в полосе отвода и на примыкающих площадях. В сочетании с техногенными нагрузками это ведет к снижению устойчивости сообществ живых организмов, утрате стабильности экосистем [7]. В последние годы многие автомагистрали реконструированы, вследствие чего расширенными трассами и дорожными инженерными сооружениями повторно изменены сложившиеся условия функционирования придорожных экосистем. Огромное значение в Беларуси приобрела проблема техногенного засоления территорий вдоль дорог из-за использования в зимний период дефростировочных реагентов на основе хлорида натрия.

Материалы (объекты) и методы исследования. Система объектов исследования объединяет участки дорог различных

категорий, отличающиеся интенсивностью движения и уровнем содержания: магистральные (категории М) – *М1/Е30 Брест-Минск-граница Российской Федерации* (ПК3250+00 (район г.Дзержинска), ПК1549+00 (район г.Ивацевичи), ПК5662+50 (район г.Юрцево)), *М3 Минск-Витебск* (ПК1232+00 (Березинский биосферный заповедник), ПК 302+00 (район г.Логойска)), *М6 Минск-Гродно* (ПК330+50 (район г.п. Раков)), *М9 Минская кольцевая автомобильная дорога (МКАД)*; республиканские (категории Р) – *Р20 Витебск-Полоцк-граница Латвийской Республики* (район г. Полоцка и п. Гончары); *Р28 Минск-Молодечно-Нарочь* (ПК1323+00 (район оз.Нарочь)), *Р45 Полоцк-Глубокое-граница Литовской Республики* (район г. Полоцка и п. Гончары), *Р60 Купа-Занарочь-Брусы* (ПК277+50 (район оз.Нарочь)). Выбор объектов основывался на следующих принципах: а) представительство дорог с различным уровнем интенсивности движения транспорта; б) достаточное разнообразие экосистем вдоль дорог; в) разнообразие вариантов положение полотна дороги в рельефе (в нуле, насыпи, выемке). Исследования проводились на выбранных участках дорог в 2005-2006 гг.; дополнительно на отдельных участках магистральных дорог в 2010 гг.; на МКАД ежегодно с 2004 по 2010 гг. В отдельные годы в совокупности вдоль магистральных дорог оценивалось около 8,3 тысяч деревьев, вдоль республиканских – около 3,3 тысяч, на МКАД ежегодно – около 10 тысяч деревьев 20 различных пород.

Оценка состояния придорожных экосистем строилась на комплексном обследовании, включающем характеристику уровня загрязнения, текущего состояния древесной растительности (в т.ч. на различном удалении от полотна дороги); степени трансформации структуры придорожных фитоценозов.

Оценка состояния насаждений проводилась с использованием элементов технологий лесного мониторинга ICP-Forests [2, 13] и Forest Health Monitoring [12], а также требований «Санитарных правил …» [9]. Жизненное состояние древостоев определялось в соответствии с методикой В.А.Алексеева [5]. Древостои с индексом состояния (ИС) 90-100% относятся к категории «здоровые», 80-89% – «здоровые с признаками ослабления», 70-79% – «ослабленные», 50-69% – «поврежденные», 20-49% – «сильно поврежденные», менее 20% – «разрушенные». Степень трансформации насаждений оценивалась на основе представлений о парцеллярном сложении

фитоценозов и мозаичности нижних ярусов лесной растительности с использованием классификаций динамических типов парцелл и микрогруппировок [3].

Результаты и их обсуждение. Загрязнение почв и растительности вдоль автодорог обусловлено в основном двумя комплексами элементов: тяжелыми металлами и компонентами противогололедных реагентов (ПГР).

Загрязнение выбросами автотранспорта

Насаждения в окрестностях автодорог подвергаются влиянию загрязнения, прямо или косвенно связанного с транспортом. В спектре поступающих с выхлопными газами веществ представлены оксиды углерода и азота, углеводороды, бенз(а)пирен, сажа, пыль, соли тяжелых металлов, другие (до 200) компоненты. Многие из поступающих веществ – протоплазматические яды. Тяжелые металлы – одни из наиболее опасных загрязнителей, поскольку обладают выраженными канцерогенными свойствами [1].

Распределение загрязнителей в придорожной полосе обусловлено характером растительности (сомкнутостью крон, составом древостоя, строением фитоценозов), распределением почв с присущим им химизмом, рельефом местности, ветровым режимом и т.д. Ареал повышенных концентраций тяжелых металлов в лесных насаждениях тяготеет непосредственно к автодорогам. Это участки придорожных лесных опушек, на которые приходятся основные техногенные нагрузки. В пространственном распределении рассеянных элементов в снежном покрове и компонентах лесных фитоценозов выделяются три зоны загрязнения: первая (5-метровая зона) – концентрация элементов в 2 и более раз превышает средний уровень; вторая (5-35 м) – зона среднего накопления и третья (35 м и более) – зона среднего и ниже среднего содержания поллютантов. При отсутствии защитного барьера из древесных насаждений пики наивысших концентраций содержания техногенных микроэлементов в снежном покрове отмечаются на расстоянии 35-150 м от полотна дороги [8].

Загрязнение противогололедными реагентами (ПГР)

В качестве ПГР в зимний период на дорогах Беларуси преимущественно используется соль техническая (галит), которая на 95,4-98,0% состоит из хлорида натрия (NaCl). В ее составе присутствуют также другие растворимые в воде соединения (KCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$, $CaSO_4$, KBr и др.) и примесь нерастворимых в воде

соединений (окислы кремния, марганца, кальция, алюминия и железа). Соль, используемая в качестве ПГР, соответствует по качеству марке В или А (ТУ РБ 600122610.016-2002).

В соответствии с утвержденным приказом Комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 20.11.2000 №216 РД 0219.1.18-2000 «Зимнее содержание автомобильных дорог общего пользования Республики Беларусь» количество распределяемой за зимний период технической соли не должно превышать 2 кг/кв.м дорожного покрытия. Однако эта норма внесения ПГР в зависимости от температурного режима в зимние периоды превышается в 1,2-2,8 раза (по данным дорожно-эксплутационных служб).

Масштабы проявления последствий использования ПГР на окружающую природную среду напрямую зависят от категории дороги и положения ее трассы в рельефе относительно прилегающих территорий. Содержание хлоридов в компонентах лесных биогеоценозов при прохождении дороги в насыпи в 1,5 раза выше в почве, 2,6 – подстилке, 1,3 – зеленых мхах, 2,9 – чернике относительно положения дороги в нуле. При этом у лесных опушек эти превышения выше и составляют 1,9; 3,3; 2,0; 2,4 раза.

Загрязнение растительности ПГР в зимний период вблизи автомагистралей происходит преимущественно аэральным путем. Кроны деревьев служат своеобразным фильтром аэрозольных частиц. На поверхность крон соль попадает в результате разбрызгивания автомобилями талых вод и мокрого снега, насыщенных растворами и кристаллами солей. Турбулентные потоки воздуха, создаваемые движущимся транспортом, способствуют распространению водно-солевых взвесей и «солевого тумана» вверх и их оседанию на хвое, листьях (при их наличии) и побегах деревьев. Часть отложений проникает в ткани растений, другая часть отложившихся в кронах твердых частиц и соединений смывается осадками и попадает в почву.

Хлориды в больших концентрациях токсичны для деревьев и кустарников. Осевшие на хвое и побегах растений, солевые частицы вызывают их обезвоживание, изменение анатомической, морфологической структуры, физиологических и биохимических показателей, симптомами чего являются некроз хвои и листьев, отставание в росте и развитии, преждевременный листопад.

Рис. 1. «Розеточность» побегов на березе

Отрицательное воздействие ПГМ на состояние лиственных деревьев и кустарников, произрастающих вдоль автомагистралей, проявляется в повреждении вегетативных почек. Это приводит к «розеточному» побегообразованию у деревьев и кустарников (рис. 1).

При обследовании придорожных насаждений отмечено наибольшее повреждение хвои и побегов в нижних частях крон опушечных деревьев. По результатам анализов смывов с хвои деревьев придорожных насаждений установлено, что содержание практически всех анализируемых элементов и соединений даже через месяц после начала вегетации превышает контрольные значения в 2 и более раз, а ионов натрия и хлора – в 3,7-5,5 раза.

ПГР являются также загрязнителями почв, влияющими на свойства эдафотопа путем изменения его кислотности, ионообменных свойств органогенных горизонтов почв придорожных экосистем, характера естественных миграционных потоков элементов в системе «почва-растение», что снижает возможность усвоения влаги растениями. Следствием поступления ПГР в почву является снижение кислотности почвенной среды, повышение емкости катионного обмена, увеличение содержания хлоридов до токсичных для растений концентраций, в конечном итоге – накопление в почве. Особенно это опасно в пониженных участках, куда стекают засоленные талые воды с прилегающих территорий.

Накопления солей в почвах придорожных экосистем ведет к формированию их солонцеватости – нового процесса для почв Беларуси. Солонцевание почв происходит в результате сезонной смены процессов засоления (зимой и ранней весной) и рассоления (летом и осенью). Вследствие этого, содержание обменного натрия от года к году постоянно растет. Хотя в условиях Беларуси этот процесс не изучен, феномен формирования солонцеватых почв вдоль Московской кольцевой автодороги хорошо известен [7].

Таким образом, чрезмерное использование соляных смесей на основе хлорида натрия для борьбы с наледями в зимний период времени приводит к повреждению вегетативных органов растений и накоплению остаточных количеств ПГР в почве, что негативно сказывается на состоянии зеленых насаждений вдоль автомагистралей в период их вегетации. Солевое загрязнение по масштабам и интенсивности превосходит загрязнение тяжелыми металлами и является одной из основных причин деградации растительности в опушечных зонах вдоль автодорог Беларуси.

Состояние древесных насаждений вдоль автодорог

В ходе исследований отмечены повреждения различной степени тяжести у деревьев, произрастающих на опушках лесонасаждений и защитных посадок вдоль автодорог. Наибольшее влияние на состояние древесных насаждений от автодороги сказывается в опушечной полосе (0-10 м), с удалением от опушки вглубь лесного массива состояние деревьев улучшается.

Состояние древостоев вдоль дорог республиканского значения существенно лучше, чем в насаждениях у магистральных автодорог. На опушках насаждений вдоль магистральных автодорог чаще встречаются ослабленные и сильно ослабленные деревья, а у дорог категории Р – без признаков ослабления (рис. 2). Для всей совокупности насаждений, обследованных вдоль магистральных автодорог, доля деревьев без признаков ослабления составляла 13,9%, а вдоль дорог республиканского значения почти в 5 раз больше – 67,8%. Доля ослабленных деревьев вдоль магистральных автодорог (49,8%) почти вдвое превышала долю деревьев этой категории вдоль дорог республиканского значения (24,7%). Число сильно ослабленных деревьев вдоль дорог категории М (33,9%) почти в 6 раз превышала их долю у дорог республиканского значения (6,0%). Такое распределение деревьев по категориям жизненного состояния вдоль дорог различного уровня обусловлено как более интенсивным потоком транспорта на магистралях, в составе которого значительна доля крупногабаритных грузовых автомобилей, так и различным режимом их содержания.

Рис. 2. Распределение деревьев на опушках, прилегающих к автодорогам республиканского значения (А) и магистральным автодорогам (Б), по категориям жизненного состояния (обследование 2006 года).

По результатам исследования выявлена зависимость степени повреждения насаждений от их положения относительно полотна дороги: состояние лучше у древостоев, произрастающих выше полотна дороги (при прохождении дороги в выемке). Когда уровень почвы насаждений, прилегающих к дороге, снижается до уровня ее полотна (дорога в нуле), состояние древостоев в опушечной зоне ухудшается (снижается индекс состояния древостоев, уменьшается доля деревьев без признаков ослабления, растет доля ослабленных). Наиболее же повреждены древостои на участках, где полотно дороги проходит выше поверхности почвы прилегающих насаждений (дорога в насыпи). Описанная зависимость объясняется высотой поднятия загрязняющих веществ (выбросов автотранспорта, содержащих ПГР взвесей) турбулентными

потоками воздуха, создаваемыми движущимся транспортом. Высота повреждения крон в среднем достигает 15-17 м над уровнем полотна дороги.

Кроме того, проведенные исследования показали, что состояние насаждений зависит от светового режима (наиболее повреждены южные опушки насаждений). Различия в состоянии деревьев северной и южной опушек вызваны, по-видимому, более ранними (на несколько дней) сроками начала вегетации деревьев на южной опушке и повреждением солевыми компонентами хвои и почек, еще не омытых обильным выпадением осадков.

Был выполнен корреляционный анализ связи между показателями состояния древостоев (ИС в опушечной зоне (0-10 м), ИС на опушке (1-2 дерева), дефолиация в опушечной зоне (0-10 м)) и показателями нагрузок на автодорогах (интенсивность движения, авт/сут; расход соли, кг/кв.м; фактическая усредненная норма распределения соли, г/кв.м). Между показателями состояния древостоев и интенсивностью движения автомобилей существует достоверная отрицательная корреляционная зависимость, почти не меняющаяся по годам (r = -0,88-0,91). Между значениями индексов состояния древостоев на опушках и суммарным расходом соли в зимний период также имеется значимая отрицательная зависимость (r = -0,60-0,62). Но эта зависимость прослеживается только для опушечных деревьев, выступающих в качестве фильтра и щита по отношению к деревьям внутри леса.

В ходе исследований была получена обширная информация о фитосанитарном состоянии древостоев вдоль дорог различного уровня. Показано, что четкой зависимости между числом деревьев с повреждениями «нетранспортного» характера и расстоянием до опушки леса не существует. Повреждения деревьев по причинам природного происхождения в лесах в полосе, шириной 250 метров от магистральных автодорог в среднем составляет 9,3%, республиканских автодорог – 4,9%; при этом рекреация является причиной повреждения в среднем 5,4% деревьев вдоль дорог категории М и 3,5% – вдоль дорог категории Р.

Состояние древесных насаждений вдоль МКАД в 2004-2010 гг.

Наибольший пресс из числа всех автодорог Беларуси приходится на растительность вдоль МКАД (М9), а к кризисным в первую очередь относятся участки опушек придорожных насаждений. С 2004 г. нами проводились регулярные работы по

оценке состояния деревьев в насаждениях, прилегающих к МКАД, в полосе на ширину 1-2 дерева от опушки. При этом ежегодно оценивалось около 10 тысяч деревьев 20 различных пород.

По результатам обследования 2010 г. древостои опушечной зоны в среднем характеризовались, как поврежденные и сильно поврежденные (средний ИС = 51,5%). В сравнении с предыдущими тремя годами в 2010 г. состояние деревьев всех пород ухудшилось (рис. 3). В прошлом (2004-2006 гг.) также имело место ухудшение состояния деревьев в опушечной зоне вдоль МКАД, связанное с увеличением объема вносимых в зимний период ПГР. В тот период опушечные древостои также характеризовались как сильно поврежденные (средний ИС варьировал по годам от 48,2% до 51,8%). В 2007-2008 гг. на фоне сокращения внесений ПГР древостои опушечной зоны вдоль МКАД в среднем характеризовались как ослабленные (ИС – 69,8-70,1%). В 2009 г. из-за увеличения количества внесенных ПГР состояние древостоев вновь ухудшилось и древостои в среднем оценивались как поврежденные. В 2010 году внесение на МКАД более 10 тысяч тонн (при норме 3750 тонн) ПГР привело к резкому ухудшению состояния придорожных насаждений.

Состояние деревьев в опушечной полосе прилегающих к МКАД насаждений зависит от их положения относительно дороги (рис. 3): во все годы наблюдений оно было лучшим у насаждений, расположенных выше полотна дороги более чем на 1 м (дорога в выемке). В 2004-2006 гг. ИС таких древостоев составлял 60-63%, в 2007-2009 гг. – 73-77%, в 2010 г – 59,7%. Для насаждений, произрастающих на уровне полотна дороги (в нуле), ИС древостоев в 2004-2006 и 2010 гг. составлял 47-51%; в 2007-2009 гг. – 67-69%. Наиболее повреждены древостои на участках, где полотно дороги проходит выше уровня почвы (в насыпи). Их ИС составил в 2004-2006 и 2010 гг. 43-49% (древостои сильно поврежденные), в 2007-2009 гг. – 63-68% (древостои поврежденные).

Рис. 3. Динамика средних индексов состояния древостоев, произрастающих в различных условиях прохождения МКАД в рельефе, в 2004-2010 гг.

По категориям жизненного состояния в 2010 г. в опушечной зоне вдоль МКАД преобладали сильно ослабленные (41,1%) и ослабленные (37,3%) деревья. Доля деревьев без признаков ослабления составляла всего 8,5% (в 2007-2008 гг. количество таких деревьев достигало 31,0-33,9%). В 2010 г. находились в стадии усыхания 1068 деревьев (10,1% от числа оцененных). Кроме того, отмечено увеличение доли свежего сухостоя в опушечной полосе до 3,0%. Отсутствие старого сухостоя в опушечной полосе объясняется оперативным проведением санитарных мероприятий. По степени улучшения жизненного состояния на опушке вдоль МКАД в 2010 г. древесные породы расположились следующим образом: ольха черная > липа > береза > вишня > ясень > рябина > ива древовидная > ель > тополь > клен > дуб > сосна > вяз > каштан. Высокую устойчивость к засолению в опушечной полосе показала акация желтая.

Наиболее поврежденными среди оцениваемых пород за 7 лет исследования оказались ольха черная, липа и береза (ИС в 2010 г. 28,8; 32,3 и 33,0%, соответственно). Менее других повреждены сосна, вяз и каштан (ИС в 2010 г. 61,5; 67,3 и 70,5%). Низкое жизненное состояние ольхи черной у МКАД объясняется ее приуроченностью к пониженным участкам, где дорога проходит, как правило, по насыпи, а также накоплением рассолов, стекающих в понижения. Липа и береза обладают низкой устойчивостью к воздействию ПГР, по-видимому, из-за малой толщины коры 1-2 летних побегов и чешуек на почках, не способных противодействовать проникновению хлоридов. В 2010 году причиной повреждения березы стало не только воздействие соли, но и поздние весенние заморозки, сильно повредившие деревья и в городской черте, и внутри лесных массивов. Более других пород оказывались также поврежденными деревья ели в снегозадерживающих полосах, мелкие деревья и подрост сосны, подлесок можжевельника (вплоть до полной гибели).

Корреляционный анализ зависимости состояния древесных пород на опушках вдоль МКАД от количества вносимых по зимним сезонам ПГР показал, что данная зависимость описывается отрицательными коэффициентами корреляции (r = -0,39-0,92 по отдельным породам, в среднем -0,80).

Проведенная в конце сезона вегетации 2010 года повторная оценка состояния лесных и защитных древесных насаждений вдоль

различных автодорог показала, что повсеместно наблюдается частичное восстановление состояния даже сильно поврежденных деревьев, в особенности лиственных пород, и древостоев в целом. Так, на МКАД средний ИС увеличился с 51,5% в начале вегетации до 72,2%, а древостои из категории поврежденных перешли в категорию ослабленных. Прирост верхушечных побегов сосны у поврежденных деревьев, у которых хвоя прошлого года пожелтела и опала, достигает 30 см и более (близко к норме). Тем не менее, утрата 25-70% всего ассимиляционного аппарата неизбежно ведет к общему ослаблению деревьев и снижению их устойчивости к дальнейшему воздействию ПГР в будущем. Улучшение состояния связано, во-первых, с оздоровлением древостоев, обусловленным смывом повреждающих агентов с крон деревьев осадками и прекращением их поступления, во-вторых, с проводимыми санитарными мероприятиями, в результате которых усыхающие деревья и свежий сухостой удаляются. При этом, однако, следует учитывать, что воздействию ПГР следующей зимой будут экспонированы уже новые, ранее защищенные опушечными деревьями особи.

Сукцессионные процессы в придорожных насаждениях

Состояние лесных экосистем вдоль автомагистралей неустойчиво, а часть их подвержена процессам дигрессии. Динамика лесных сообществ вдоль магистральных автодорог является характерным примером техногенных сукцессий. В ходе таких сукцессий меняются облик и структура, прежде всего нижних ярусов лесной растительности. Происходит деградация напочвенного покрова: лесные виды сменяются сорными, полевыми и луговыми (нитрофилами и дерновинными злаками), уплотняются верхние слои почвы, ухудшается ее водно-воздушный режим. Этот, в целом экологически негативный, процесс иногда включает и гибель части эдифицирущей синузии – древостоя.

Оценка фитоценотической структуры лесов вдоль избранных участков автомобильных дорог показала, что она представляет собой мозаику парцелл различного динамического статуса и генезиса. Соотношение различных категорий парцелл в сложении фитоценозов и их пространственное распределение отличается на участках с различными условиями произрастания, исходной структурой сообществ, характером и интенсивностью техногенного воздействия. При этом наиболее трансформированы участки

лесных сообществ вдоль магистралей международного значения (М1, М3 и М9), где интенсивность движения автотранспорта наивысшая. Здесь доля коренных парцелл, соответствующих условиям местопроизрастания, составляет соответственно 41,5, 47,4 и 58,4% от исследуемой площади (рис. 4).

Рис. 4. Доля (%) парцелл различных динамических категорий в сложении лесных фитоценозов вдоль дорог различных категорий

Вдоль дорог республиканского значения (Р45, Р28 и Р60) с более низкой интенсивностью движения автотранспорта процессы, протекающие в растительных сообществах, в основном соответствуют естественному ходу природных сукцессий, и доля коренных парцелл составляет в среднем 85%, при участии собственно коренных от 67 до 92% (рис. 4). В целом, в лесных сообществах вдоль дорог республиканского значения, интенсивность движения автотранспорта на которых не превышает

10 000 авт/сут (при технологии их обслуживания, соответствующей данному уровню нагрузки), происходящие процессы не отличаются от хода естественных природных сукцессий, характерных для конкретных условий произрастания. Дигрессивные процессы проявляются здесь у лесных опушек или обусловлены деятельностью, не связанной с собственно функционированием дороги.

Таким образом, антропогенное воздействие на растительность в придорожных зонах вызывает перестройку пространственной и видовой структуры фитоценозов только вдоль наиболее нагруженных дорог, где леса вошли в стадию дигрессивных преобразований. На отдельных участках, помимо высокой нагрузки от эксплуатации собственно дорог, придорожные насаждения испытывают рекреационный пресс, связанный с близостью городов, коттеджных и дачных комплексов, развитием сети сервисного обслуживания и др. Примером этого является МКАД, где фитоценозы подвержены глубоко зашедшим дигрессивным процессам, выражающимся уже сегодня в утрате восстановительного потенциала лесов, глубина которых постепенно распространяется на 250 м и далее от дороги. Учитывая продолжающийся рост нагрузки дорог на примыкающие лесные массивы, можно предположить, что в будущем деградация растительности может проявить себя и в более опасных формах – утрате устойчивости древостоев, потере восстановительного потенциала и распаде сообществ.

Заключение. Резкое ухудшение состояния лесных и защитных древесных насаждений вдоль основных автомагистралей в последние годы обусловлено загрязнением окружающей среды в придорожных полосах противогололедными реагентами на основе хлористого натрия в зимний период в сочетании с комплексом других негативных факторов (выхлопные газы передвижных источников загрязнения, изменение режимов среды для растущих деревьев после ранее проведенных санитарных рубок, интенсивное рекреационное воздействие, экстремальные проявления погодно-климатических факторов). Все это вместе с имеющимся в практике превышением предельных норм ПГР неизбежно ведет к ослаблению и деградации придорожных экосистем.

В будущем следует ожидать дальнейшего ухудшения их состояния, поскольку количество выбросов от передвижных

источников загрязнения и количество вносимых ПГР продолжает увеличиваться: нарастает риск проявления эффекта накопления. Состояние отдельных компонентов лесных биогеоценозов, а также защитных древесных насаждений вдоль автодорог убеждают в необходимости проведения мероприятий по поддержанию их устойчивости и функциональной эффективности.

Общие принципы реализации предложенных рекомендаций можно свести к следующему:

1) приведение объема применения галита как ПГР в соответствии с нормативами и соблюдение существующих требований по содержанию автодорог, замена хлорида натрия менее агрессивными веществами;

2) повышение устойчивости древесных насаждений вдоль автодорог путем трансформации относительно малоустойчивых чистых и одновозрастных древостоев в более устойчивые смешанные и разновозрастные. Такая трансформация достигается путем рубок ухода, переформирования, ландшафтных и санитарных рубок, производства культур (в том числе подпологовых) и осуществления мер содействия естественному возобновлению;

3) регулирование породного состава путем введения устойчивых древесных пород, которые соответствуют условиям климата и почвенной среды конкретных местоположений и устойчивы к техногенным выбросам и засолению почв;

4) формирование придорожных опушек (на глубину до 50 м) из пород: а) устойчивых к засолению; б) к газообразным и твердым загрязнителям; в) к ветрам повышенной силы; г) создающих препятствие для проникновения людей и транспортных средств под полог насаждений на наиболее уязвимых участках; д) увеличивающих биотическую емкость природных экосистем;

5) реализация в полосе опушек и линейных защитных посадках комплекса агротехнических и профилактических мероприятий;

6) проведение санитарно-оздоровительных мероприятий по мере необходимости в максимально оперативном режиме;

7) проведение поисковых работ по решению проблемы усыхания древесных насаждений, особенно на наиболее экологически напряженных участках автодорог, таких как установка защитных экранов, применение альтернативных ПГР, защитных составов для обработки крон деревьев и т.п.;

8) организация мониторинга состояния древостоев в зоне воздействия автодорог, в том числе в рамках системы локального мониторинга НСМОС.

При этом минимизация воздействия дорог на прилегающие к ним экосистемы и повышение устойчивости насаждений могут быть достигнуты только с применением комплекса организационно-технических, технологических, агротехнических и лесохозяйственных мероприятий, разработка которых должна опираться на знание существующего состояния сообществ и особенностей воздействия на экосистемы на каждом конкретном участке дороги с учетом его геоморфологических, биоэкологических, микроклиматических, почвенно-гидрологических, дорожно-технологических и других условий.

Литература

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л., 1987.

2. Вайчис М. Программа-методика организации и проведения работ по региональному мониторингу лесов европейской части СССР. Каунас-Гирионис, 1989.

3. Вознячук И.П., Пугачевский А.В. // Ботаника (исследования): Сборник научн.тр. Минск: Право и экономика, 2006. Вып. 33. С.60-69.

4. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М., 1990.

5. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / Под ред. В.А.Алексеева. Л., 1990.

6. Маркова Ю.Л. Оценка воздействия промышленности и транспорта на экосистему национального парка «Лосиный остров». Автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук. М., 2003.http://www.geo.web.ru/

7. Меланхолин П.Н., Лысиков А.Б. // Лесоведение. 2002. №4. С.53-60.

8. Пугачевский А.В., Судник А.В., Вознячук И.П., Вершицкая И.Н., Ефимова О.Е., Лиховицкий А.Б., Короткевич Н.А., Максимова И.А. // Ботаника (исследования): Сборник научн.тр. Минск:Право и экономика, 2006. Вып. 33. С. 220-235.

9. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь. Минск, 1996.

10. Шапочкин М.С., Киселева В.В., Сырямкина О.В., Никитин В.Ф. // Экология большого города. Альманах. 2003. Вып. 8. С. 176-179.

11. Якубов Х.Г. Экологический мониторинг зеленых насаждений Москвы. М., 2005.

12. Manual on FOREST HEALTH MONITORING. Field Methods Guide. Las Vegas, 1995.

13. Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Hamburg, Prague: BFH and Sachsische Zeitung, 1994.

А.В.СУДНИК, А.В.ПУГАЧЕВСКИЙ, И.П.ВОЗНЯЧУК

СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ И ЗАЩИТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ВДОЛЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ БЕЛАРУСИ

Резюме

Резкое ухудшение состояния лесных и защитных древесных насаждений вдоль основных автомагистралей Беларуси в последние годы обусловлено загрязнением окружающей среды в придорожных полосах противогололедными реагентами на основе хлорида натрия в зимний период в сочетании с комплексом других негативных факторов (выхлопные газы передвижных источников загрязнения, изменение режимов среды после ранее проведенных санитарных рубок, интенсивное рекреационное воздействие, экстремальные проявления погодно-климатических факторов). Выявлены зависимость состояния древесных насаждений и характер пространственного изменения фитоценотической структуры придорожных сообществ от категории дороги, уровня нагрузки на дорогу (интенсивность движения транспорта, количество высыпаемой в зимний период соли), положения дороги относительно прилегающих территорий.

A.V.SUDNIK, A.V.PUHACHEUSKI, I.P.VOZNYACHUK

STATE OF FOREST AND PROTECTIVE TREE PLANTINGS ALONG HIGHWAYS OF BELARUS

Summary

Abrupt deterioration of state of forest and protective tree plantings along the basic highways of Belarus in last years is caused by pollution of environmental in roadside strips by antiglaze reagents on the basis of chloride sodium during winter period in combination with complex of other negative factors (exhaust gases of mobile sources of pollution, change of modes of surrounding for growing trees after sanitary cuttings, intensive recreational influence, extreme displays of weather-climatic factors). Dependence of state of tree plantings and character of spatial change of phytocenotic structures of roadside communities from category of road, level of loading on road (intensity of movement of transport, quantity of salt entered during the winter period), position of road concerning adjoining territories (in embankment, in zero, in hollow) are revealed. State of separate components of roadside biogeocenosises in vicinity of roads convince in necessity of carrying out of actions on maintenance of their stability and functional efficiency.

Поступила в редакцию 25.02.2011 г.

УДК 504.064:581.552(476)

І.М. СЦЕПАНОВІЧ

КАНЦЭПЦЫЯ МАНІТОРЫНГУ ТРАВЯНЫХ СУПОЛЬНІЦТВАЎ БЕЛАРУСІ

Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В.Ф.Купрэвіча НАН Беларусі

Уводзіны. Расліннае покрыва з'яўляецца люстэркам стану навакольнага асяроддзя. Прыстасаванні да разнастайных прыродных уздзеянняў адлюстраваліся эвалюцыйна ў жыццёвых формах раслін. Антрапагенныя ўздзеянні з'явіліся пазней, але маюць непрадказальны для жывых арганізмаў і асяроддзя й нарастальны характар. З усіх катэгорый расліннасці травяністая ў найбольшай ступені падвяргаецца вонкавым уздзеянням. З'яўляючыся надзвычай кволай і дынамічнай, яна – найлепшы індыкатар становішча прыродных экасістэмаў асабліва ва ўмовах актыўнай і шырокамаштабнай гаспадарчай дзейнасці чалавека й, адсюль, найпрыдатнейшы аб'ект фітаманіторынгавых даследаванняў.

Сярод прыроднай расліннасці травяністая пераважае ў лугавых і балотных экасістэмах, а таксама ў шэльфавай частцы водных (рачных і азёрных) экасістэмаў. Згодна з дадзенымі Дзяржаўнага камітэта па маёмасці Рэспублікі Беларусь [1] па стане на 1.01.2010 г. у структуры зямельных угоддзяў краіны лугі (сенажаці й пашы), у т. л. на асушаных землях і ворыве, займаюць 15,7%, або 3263,1 тыс. га. Расліннасць адкрытых балотаў займае 4,3% тэрыторыі, або 889,6 тыс. га, іншая прыродная травяністая расліннасць (аблогаў, вадаёмаў, прыдарожная, сметнікавая) – разам столькі ж (4,3%). Сукупна прыродныя травастаны займаюць разам 28,6% тэрыторыі краіны.

У міжнароднай сістэме сінтаксонаў прыродная травяністая расліннасць Беларусі належыць да 17 класаў [2, 3]. Асноўнае месца займаюць балоцістыя (клас *Phragmito-Magnocaricetea* – 28,6% ад агульнай сустракальнасці) і ўласналугавыя (кл. *Molinio-Arrhenatheretea* – 28,1%) супольніцтвы. Нярэдка сустракаюцца, асабліва на Палессі, прыбярэжнаводныя (кл. *Potametea* – 6,9%), нізінна-балотныя (кл. *Scheuchzerio-Caricetea* – 6,7%), астэпаваныя

(кл. *Festuco-Brometea* – 5,2%), прэснаводныя (кл. *Lemnetea* – 5,3%) і поплаўныя працягла заліўныя (кл. *Festuco-Puccinellietea* – 4,1%).

Канцэпцыя фітаманіторынгу лугоў і травяных балот. Маніторынг лугавой і лугава-балотнай расліннасці (ЛБР) – сістэма паслядоўных комплексных назіранняў, ацэнкі, прагназавання стану й развіцця травяных супольніцтваў і асяроддзя іх існавання. Маніторынг ЛБР з'яўляецца складовай часткай блоку "Маніторынг расліннасці" Нацыянальнай сістэмы маніторынгу навакольнага асяроддзя (НСМНА) у Рэспубліцы Беларусь [3, 4] і будуецца на наступных прынцыпах:

– метадалагічная, метадычная й інфармацыйная інтэграцыя ў НСМНА;

– комплекснасць вядзення маніторынгу й аналізу атрыманых звестак;

– прыярытэт адносна простых, недарагіх спосабаў і метадаў маніторынгу;

– рэпрэзэнтацыйнасць лакальных сетак маніторынгу;

– прыкладная скіраванасць на прыняцце рашэнняў у галіне аховы прыроды й арганізацыі прыродакарыстання.

Аб'екты назіранняў – расліны й раслінныя супольніцтвы (фітацэнозы) лугоў, адкрытых балотаў і асяроддзе іх існавання (эдафатоп).

Катэгорыі травяністай расліннасці, ахопленыя сістэмай маніторынгу:

1 – травяністая расліннасць прыродных кармавых угоддзяў (поплаўных лугоў, сухадольных лугоў, нізінных лугоў і травяных балотаў, дзе покрыўнасць дрэвава-хмызняковай расліннасці на пачатак назіранняў не перавышае 30%);

2 – травяністая расліннасць аграфітацэнозаў (на перазалужаных поплавах, ворыве, асушаных землях).

Адпаведна з гэтай структурай вылучаны 2 блокі маніторынгу ЛБР:

1. Маніторынгу прыродных кармавых угоддзяў, які ў сваю чаргу падзяляецца на:

а) маніторынг поплаўных лугоў,

б) маніторынг сухадольных лугоў,

в) маніторынг нізінных лугоў і травяных балотаў;

2. Маніторынгу травяных аграфітацэнозаў, які так сама дзеліцца на:

а) маніторынг перазалужаных поплаўных угоддзяў,

б) маніторынг аграфітацэнозаў на ворыве,

в) маніторынг аграфітацэнозаў на асушаных землях.

У блоках прадугледжаны спецыялізаваны маніторынг, які адлюстроўвае характар назіранняў: фітацэнатычны, фларыстычны, фітапаталагічны, фізіялагічны й г. д. (мал. 1).

Мэта маніторынгу – пастаянны (штогадовы) кантроль за станам ЛБР і інфармацыйнае забеспячэнне дзяржаўных органаў і зацікаўленых юрыдычных асобаў своечасовымі маніторынгавымі звесткамі для рэгулявання ўстойлівасці й прадукцыйнасці травяных супольніцтваў, узнаўлення фітацэнаразнастайнасці, аптымізацыі, арганізацыя аховы й рацыянальнага выкарыстання травяністай расліннасці, павышэння яе кармавых, асяроддзеўтваральных, водаахоўных, рэкрэацыйных, эстэтычных і іншых функцый.

Задачы маніторынгу ЛБР**:**

– ацэнка відавога складу, прадукцыйнасці й стану травяных супольніцтваў;

– ацэнка часавай і прасторавай дынамікі раслінных супольніцтваў лугоў, травяных балотаў і аграфітацэнозаў;

– ацэнка стану й ступені забруджання эдафатопу супольніцтваў;

– ацэнка характару вонкавага ўздзеяння й ступені пагрозаў існаванню травяных супольніцтваў;

– прагноз зменаў відавога й аграбатанічнага складу, стану й прадукцыйнасці ЛБР;

– распрацоўка практычных рэкамендацый і ацэнка эфектыўнасці прынятых мераў па аптымізацыі, ахове й рацыянальным выкарыстанні кармавых угоддзяў;

– назапашванне вынікаў маніторынгу ЛБР і іх падача зацікаўленым ведамствам і арганізацыям.

Інтэграваным маніторынгавым пунктам назіранняў (ПН) за ЛБР з’яўляецца ***ключавы ўчастак*** (КУ). Пункты непасрэднага назірання – гэта ***пастаянныя пробныя пляцоўкі*** (ППП), размешчаныя на КУ па лініі ***эколага-фітацэнатычнага профілю*** (ЭФП), або трансэкты. ППП маюць фіксаваныя памеры й формы, замацаваны натурна й планава-мапаграфічна. Для кожнага КУ складаецца пашпарт з карткатэкай (вынікамі назіранняў) ППП.

Маніторынг лугавой і лугава-балотнай раслінасці
Маніторынг прыродных кармавых угоддзяў
Маніторынг травяных аграфітацэн
Маніторынг поплаўных лугоў
Маніторынг сухадольных лугоў
Маніторынг нізінных лугоў і травяных балот
Маніторынг перазалужаных поплаўных угоддзяў
Маніторынг аграфітацэнозаў на ворыве
Спецыялізаваны
Фітацэнат
Фларыст
Фітапатала
Фізіялагі
Біяхіміч
Цытагенэт
Эдафіч

На КУ праводзіцца геадэзічная здымка (нівелірам) мясцовасці па лініі ЭФП з улікам разнастайнасці фітацэнозаў і закладваюцца ППП. ЭФП звычайна пракладваюцца ад вадаёма ці вадацёку ў кірунку да водападзелу, або ад ніжэйшай кропкі на дадзенай мясцовасці да вышэйшай.

ППП уяўляюць сабой участкі ЛБР у межах аднаго фітацэноза, характарызуюцца аднароднасцю расліннага покрыва, аднолькавасцю умоў існавання й гаспадарчага выкарыстання травастану. Пробныя пляцоўкі закладваюцца, як правіла, паслядоўна паўз лініі профілю ў асноўных ці важных для ацэнкі супольніцтвах. Памер ППП 100 м^2, канфігурацыя прамавугловая ці квадратная, выбіраецца ў залежнасці ад прасторавага размяшчэння супольніцтва.

ПН маніторынгу (КУ й ППП) павінны мець інструментальную прывязку з указаннем геаграфічных каардынатаў, а таксама дакладны адміністрацыйна-тэрытарыяльны й адміністрацыйна-гаспадарчы адрасы, якія прыводзяцца ў пашпарце ў адпаведнасці з матэрыяламі земле- або лесаўпарадкавання. Пачатак ЭФП замацоўваецца на мясцовасці шляхам нанясення адмысловай маркероўкі ўстаноўленага ўзору на ўладкаваным знаку (рэперы) або наяўным у натуры добра прыкметным стацыянарным штучным збудаванні (слуп агароджы, ЛЭП і інш.), прыродным аб’екце (буйным жывым дрэве, валуне).

Прынцыпы вылучэння й размяшчэння КУ. КУ – гэта тэрытарыяльны комплекс расліннасці з аднароднымі геамарфалагічнымі й глебава-гідралагічнымі ўмовамі адвольных памераў і формы. КУ вылучаюцца па ландшафтна-тэрытарыяльным прынцыпе [5,6]. Крытэрамі выбару месца размяшчэння КУ з’яўляюцца:

– рэпрэзэнтацыйнасць;

– тыповасць для мясцовасці асноўнай катэгорыі травяністай расліннасці;

– наяўнасць рэдкіх, унікальных і гаспадарча каштоўных супольніцтваў;

– характар выкарыстання ўгоддзя й вонкавага ўздзеяння.

Сетка КУ маніторынгу ЛБР прэзэнтуе ўсе тры геабатанічныя падзоны Беларусі (Дубова-цёмнайгліцавых падтайговых лясоў, Грабава-дубова-цёмнайгліцавых падтайговых лясоў, Шыракаліста-

хваёвых лясоў), пяць фізіка-геаграфічных правінцый (Беларускую паазерскую, Заходнебеларускую, Усходнебеларускую, Перадпалескую й Палескую). КУ знаходзяцца ў сферы ўздзеяння разнастайных антрапагенных фактараў: гідралагічных, тэхнагенных, сельскагаспадарчых, рэкрэацыйных. Назіранні за найбольшымі ўздзеяннямі лакалізаваны на 12 палігонах маніторынгу:

1. Бярэзінскі (прыродныя флюктуацыі; сенажацевы й пашавы рэжымы);
2. Красненскі (штучныя гідралагічныя фактары – падтапленне й затапленне; сенажацевы й пашавы рэжымы);
3. Магілёўскі (тэхнагенэз – забруджанне цяжкімі металамі (ЦМ); сенажацевы й пашавы рэжымы);
4. Менскі (тэхнагенэз – забруджанне ЦМ; сенажацевы й пашавы рэжымы; рэкрэацыя);
5. Наваполацкі (тэхнагенэз – забруджанне ЦМ; сенажацевы й пашавы рэжымы);
6. Нарачанскі (прыродныя флюктуацыі; рэкрэацыя);
7. Нёманскі (сенажацевы й пашавы рэжымы; рэкрэацыя);
8. Ніжняпрыпяцкі (прыродныя флюктуацыі; тэхнагенэз – радыяцыйнае забруджанне);
9. Нясвіжскі (асушальная меліярацыя; сенажацевы й пашавы рэжымы);
10. Павіццеўскі (прыродныя флюктуацыі; асушальная меліярацыя);
11. Салігорскі (тэхнагенэз – засаленне, забруджанне ЦМ; сенажацевы й пашавы рэжымы);
12. Сярэдняпрыпяцкі (прыродныя флюктуацыі; сенажацевы й пашавы рэжымы).

Колькасць ПН сеткі маніторынгу ЛБР вызначаецца распаўсюджанасцю адпаведных катэгорый ЛБР і спалучаных з ёй кармавых угоддзяў (сенажацяў і пашаў), наяўнасцю характэрных для пэўнай тэрыторыі, эталонных і рэдкіх травяных супольніцтваў, а таксама з улікам спецыфікі ўздзейных экалагічных фактараў, даступнасці аб’ектаў, матэрыяльных рэсурсаў маніторынгу. Колькасць ППП на КУ ад 3 да 10 – вагаецца ў залежнасці ад працягласці ЭФП, фітацэнатычнай разнастайнасці й мэты маніторынгу. Сукупнасць палігонаў маніторынгу (12), КУ (112) і ППП (530) утварае сетку МЛБР краіны [4]. Дзяржаўная сетка КУ

маніторынгу ЛБР адлюстравана на малюнку 2 і ў ***рэестры***, які складаецца, дапаўняецца й перадаецца ў базу НСМНА.

Размеркаванне ПН па адміністрацыйных вобласцях наступнае (табл. 1).

Мал. 2. Сетка КУ маніторынгу ЛБР Беларусі.

Табліца 1. Размеркаванне ПН за ЛБР па вобласцях

Вобласць	Колькасць КУ	Колькасць ППП
Брэсцкая	14	75
Віцебская	21	83
Гомельская	15	80
Гродзенская	9	32
Магілёўская	13	71
Мінская	40	189
Усяго па краіне	112	530

Час правядзення назіранняў. Маніторынг ЛБР здзяйсняецца ў перыяд максімальнага вегетацыйнага развіцця раслін – у чэрвені–ліпені. На асобных КУ тэрміны назіранняў зрушваюцца з улікам асаблівасцяў вонкавых уздзеянняў (напр., ва ўмовах газоннага выкарыстання, рэкрэацыі, стыхійных дзеянняў экалагічных фактараў).

Перыядычнасць назіранняў. Маніторынгавыя назіранні за станам травяных супольніцтваў праводзяцца 1 раз у 1, 3 ці 5 гадоў у залежнасці ад даступнасці аб'ектаў маніторынгу й спецыфікі ўздзейных фактараў.

У аснову парадку наведвання ПН пакладзены рэгіянальны прынцып – пэўная вобласць (Брэсцкая, Віцебская, Гомельская, Гродзенская ці Магілёўская) і прылеглыя да яе КУ іншых вобласцяў, у т. л. Мінскай, плюс штогадовыя ПН. Такім чынам, кожны год згодна з распрацаваным графікам наведваецца 40–48 КУ з 180–250 ППП [4]. Неабходная перыядычнасць назіранняў устанаўліваецца пры закладцы канкрэтных КУ.

Агульная схема рэалізацыі й кантралявальныя паказнікі. Маніторынг ЛБР рэалізуецца ў два этапы. На першым з іх праводзіцца мапаграфічны аналіз і маршрутна-рэкагнасцовачнае абследаванне з мэтай вызначэння месцаў закладкі КУ й ЭФП. На другім этапе здзяйсняюцца ўласна маніторынгавыя даследаванні.

Збор і аналіз інфармацыі праводзіцца згодна з прыведзенай ніжэй іерархічнай канцэптуальнай схемай (малюнак 3).

Асноўныя прынцыпы выбару кантралявальных паказнікаў:

– інфармацыйнасць (прыярытэт назіранням, якія найбольш дакладна характарызуюць стан раслінных супольніцтваў і асяроддзя іх існавання);

– тэхналагічнасць (выключэнне існага парушэння аб'ектаў маніторынгу ЛБР);

– эканамічнасць (прымяненне простых і даступных метадаў вымярэнняў з мінімальнай колькасцю аналітычных вызначэнняў).

Асноўныя кантралявальныя паказнікі ЛБР:

– фітацэнатычныя (паказнікі структуры й стану фітацэнозаў);

– прадукцыйныя й аграбатанічныя (паказнікі прадукцыйнасці й якасці травастану);

– біяхімічныя й біягеахімічныя (паказнікі хімічнага складу травастану й дамінавальных відаў);

– эдафічныя (аграхімічныя, біягеахімічныя, фізіка-хімічныя й водна-фізічныя параметры глебаў і ўзровень глебава-грунтовай вады – УГВ).

Дзяржаўная сетка пунктаў маніторынгу ЛБР
(сінтаксанамічная структура травяністай расліннасці, пададзенай на КУ сеткі; схема размяшчэння КУ па тэрыторыі Беларусі)

⇓

КУ
(агульныя звесткі пра КУ; ЭФП; мапасхемы прасторавага размяшчэння супольніцтваў)

⇓

ПППП

Агульная характарыстыка фітацэноза (дата апісання, аспект, складнасць, агульная праекцыйная покрыўнасць і покрыўнасць асобных групаў раслін, гаспадарчы стан і выкарыстанне, ступеня антрапагеннага ўздзеяння)	**Прадукцыйнасць травастану** (агульная й па аграбатаніч-ных группах і дамінаваль-ных відаў)	**Характарыстыка эдафатопу** (УГВ, грануламетрычны склад, фізічныя ўласцівасці й аграхімічныя паказнікі глебаў па генэтычных гарызонтах, утрыманне ЦМ і радыянуклідаў)	**Відавы склад супольніцтва** (ярус, сярэдняя вышыня, фенафаза, жыццёвасць, праекцыйная покрыўнасць, багатаснасць, кармавая ацэнка)	**Стан раслін і супольніцтва** (фізіялагічны стан, біяхімічны склад і кармавыя вартасці асноўных цэнозаўтваральнікаў і травастанаў, утрыманне радыянуклідаў, ЦМ і іншых элементаў у травастане і асобных відах)

Мал. 3. Канцэптуальная схема дадзеных маніторынгу ЛБР.

Ніжэй (табл.2) пададзены пералік абавязковых (асноўных) і рэкамендаваных (дадатковых) паказнікаў ЛБР.

Табліца 2. Кантралявальныя паказнікі ў сістэме маніторынгу ЛБР

Група паказнікаў	Абавязковыя (асноўныя)	Рэкамендаваныя (дадатковыя)
1	2	3
Агульныя звесткі пра КУ й ППП	- размяшчэнне, мезарэльеф, гаспадарчы стан і выкарыстанне ўгоддзя, ступеня ўздзеяння на расліннасць, крыніцы забруджання (пагрозы)	
Фітацэнатычныя (структурныя й біяпрадукцыйныя)	- сінтаксанамічная прыналежнасць фітацэноза (клас, асацыяцыя, субасацыяцыя); - агульная праекцыйная покрыўнасць супольніцтва, у т. л. дрэў і хмызнякоў, травяністых раслін, імхоў і лішайнікаў, агульнага ападу; - відавы склад супольніцтва з указаннем сярэдняй вышыні раслін па ярусах, фенафазы, жыццёвасці, праекцыйнай покрыўнасці, багатаснасці, кармавой ацэнкі (для траў), фітацэнатычнай ролі відаў (дамінант, судамінант, спадарожны від); - аграбатанічны склад травастстану (злакі, бабовыя, асаковыя, разнатраўе), %; - прадукцыя надземнай фітамасы, г/м^2	- прадукцыя падземнай фітамасы, г/м^2; - прасторавы дынамізм супольніцтва (наземнае мапаграфаванне ў межах КУ); - мазайкавасць і сукцэсійны стан расліннасці
Эколага-фізіялагічныя	- індэкс “зялёнасці” (прадукцыйнасці); - ліставы індэкс (адносіна сумарнай паверхні лісцяў да плошчы, якую займае фітацэноз); - ступеня пашкоджанасці раслін фітафагамі й патагенамі (грыбамі, вірусамі)	- нармалізаваны вегетацыйны індэкс; - параметры сцябла й ліста; - транспірацыйны каэфіцыент; - магутнасць эпідэрмісу й яго вонкавых вузавых сценак; - суадносіны вышыняў слупковай і губчатай парэнхімы;

Працяг табліцы 2

1	2	3
		- колькасць і памеры хлара-пластаў у вузах асіміляцыйнай парэнхімы; - фотахімічная актыўнасць хлараластаў асноўных цэнозаўтваральнікаў; - інтэнсіўнасць фотасінтазу й дыхання раслін; - лік, памеры й апертура вусцейкаў; - параметры воднага рэжыму раслін (водны дэфіцыт, інтэнсіўнасць транспірацыі, смактальная сіла, вільгацеўтрымальная здольнасць); - карыялагічныя змены ў раслінах ва ўмовах актыўнага тэхнагенэзу
Біяхімічныя	- утрыманне сырога бялку ў травастане, дамінавальных і кантрольных відах; - утрыманне азоту ў травастане й раслінах; - утрыманне й суадносіны насычаных і ненасычаных тлустых кіслін, ліпідаў; - утрыманне сырой абалоніны; - страўнасць расліннай масы	- утрыманне камплектнага бялку; - утрыманне свабодных амінакіслін (праліну, аланіну, глутаміну, аспарагіну, цыстыну, цыстэіну, фенілаланіну, валіну й інш.); - утрыманне й суадносіны фракцый бялковага (альбуміны, глабуліны, праламіны, глютэліны, складаныя бялкі) і небялковага азоту (аміячны, амідны, нітратны); - суадносіны кіслінанерастваральных (фракцыі фосфаліпідаў і нуклеінавых кіслін) і кіслінарастваральных фракцый (ортафасфат, стабільныя й лабільныя фасфаты) фосфарных злучэнняў

Працяг табліцы 2

1	2	3
Эдафічныя й іншыя экалагічныя	- марфалагічная структура глебы (апісанне глебавага разрэзу на ППП); - магутнасць гумусавага і тарфянога гарызонтаў; - грануламетрычны склад глебы; - аграхімічны склад (утрыманне гумусу, рухомых злучэнняў фосфару й калю) і ўласцівасці глебы (абменная кісліннасць) па гарызонтах; - УГВ; - утрыманне ЦМ (Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg, Mn, Ti, As, Sc), фосфару й РНД (удзельная актыўнасць і шчыльнасць забруджання ^{137}Cs, ^{90}Sr) у фітамасе й глебе (дзірваніне й гумусавым гарызонце)	- фізічныя й водна-фізічныя ўласцівасці глебы (аб'ёмная вага, шчыльнасць, палявая вільготнасць, гіграскапічная вільгаць, поўная вільгацеёмістасць, цеплавы рэжым); - батанічны склад і ступеня спарахнення торфу; - аграхімічны склад і ўласцівасці глебы (утрыманне рухомых злучэнняў азоту, сума паглынутых асноў і ступеня насычанасці імі, ёмістасць паглынання, гідралітычная кісліннасць, гальванічная актыўнасць); - ферментацыйная актыўнасць глебы (актыўнасць пераксідазы, каталазы, супераксіддысмутазы, нітратрэдуктазы); - утрыманне спецыфічных забруджвальнікаў (хлорарганічных пестыцыдаў) у травастане й глебах; - утрыманне іншых палютантаў і РНД у фітамасе (у т. л. у асобных відах) і глебе

Фармаванне базы звестак. У сувязі з разнастайнасцю масіву атрымальных маніторынгавых звестак база маніторынгу ЛБР разбіта на 3 аўтаномныя блокі: рэестравы, сінтаксанамічны й дынамічны. Складзена яна ў праграме Microsoft Access. Для галіновага Банка дадзеных НСМНА ў галоўны інфармацыйна-аналітычны цэнтар (ІАЦ) НСМНА ў Рэспубліцы Беларусь – Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства "Беларускі навукова-даследны цэнтар "Экалогія" – і ІАЦ маніторынгу расліннага свету пры ІЭБ імя В. Ф. Купрэвіча НАН Беларусі падаюцца рэестар і абагуленыя вынікі штогадовых назіранняў (дынамічныя звесткі), пераўтвораныя ў табліцавы фармат праграмы Microsoft Excel у

адпаведнасці з Інструкцыяй аб парадку вядзення Дзяржаўнага рэестра ПН НСМНА ў Рэспубліцы Беларусь (Пастанова Міністэрства прыродных рэсурсаў і аховы навакольнага асяроддзя ад 17 снежня 2008 г. № 119). У галіновы Банк дадзеных штогод падаюцца наступныя 5 пакетаў звестак:

1 – Агульная характарыстыка ЛБР на пунктах маніторынгу;

2 – Характарыстыка дамінавальных і іншых раслін на пунктах маніторынгу ЛБР;

3 – Хімічны склад фітамасы травастану, дамінавальных і іншых раслін на пунктах маніторынгу ЛБР;

4 – Хімічны склад глебы і УГВ на пунктах маніторынгу ЛБР;

5 – Даведнік відаў раслін лугоў і травяных балот Беларусі.

Карыстальнікі інфармацыі маніторынгу ЛБР:

– органы дзяржаўнага кіравання Рэспублікі Беларусь: Міністэрства прыродных рэсурсаў і аховы навакольнага асяроддзя, Міністэрства сельскай гаспадаркі й харчавання, Міністэрства спорту й турызму, Інспекцыя па ахове жывёльнага й расліннага свету пры Прэзідэнце Рэспублікі Беларусь, Кіраўніцтва справамі Прэзідэнта Рэспублікі Беларусь, абласныя й раённыя інспекцыі прыродных рэсурсаў і аховы навакольнага асяроддзя;

– дзяржаўныя прыродаахоўныя ўстановы;

– установы адукацыі й навуковыя арганізацыі сельскагаспадарчага, біялагічнага, геаграфічнага й экалагчнага профіляў;

– сельскагаспадарчыя арганізацыі, якія выкарыстоўваюць кармавыя ўгоддзі.

Заключэнне. Канцэпцыя маніторынгу травяных супольніцтваў распрацавана на падставе досведу, атрыманага пры выкананні заданняў “Разгарнуць сістэму маніторынгу лугавой расліннасці Беларусі” Дзяржаўнай праграмы НСМНА у Рэспубліцы Беларусь (2000-2005 гг.) і “Завяршыць фармаванне сеткі назіранняў за лугавой і лугава-балотнай расліннасцю” Дзяржаўнай праграмы развіцця НСМНА у Рэспубліцы Беларусь (2006-2010 гг.) [3, 4]. Яна ўлічвае спецыфіку травяністых полі- й монакарпікаў і таму прыдатная для арганізацыі й вядзення эколага-фітацэнатычнага маніторынгу шэрагу экасістэмаў: лугоў, травяных балот і пустак, шэльфаў вадаёмаў, палёў і закінутых земляў, – дзе эдыфікатарамі й цэнозаўтваральнікамі выступаюць пераважна прадстаўнікі такой жыццёвай формы раслін, як травы.

Маніторынгавыя звесткі неабходныя для арганізацыі ўстойлівага выкарыстання травяных рэсурсаў, складання прагнозаў развіцця расліннасці, удасканалення сістэмы аховы раслінных аб'ектаў краіны. Інтэграваны сінтаз назапашанага масіву рэпрэзэнтацыйных звестак дазволіць распрацаваць абгрунтаваныя практычныя рэкамендацыі па аптымізацыі, ахове і рацыянальным выкарыстанні кармавых угоддзяў, скласці каталог рэдкіх, унікальных і гаспадарча каштоўных травяных супольніцтваў, а таксама серыі дынамічных эколага-геабатанічных мапаў і прагнозаў развіцця расліннасці лугоў і балот Беларусі.

Літаратура

1. Государственный земельный кадастр Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2010 года) / Гос. Комитет по имуществу Республики Беларусь. Минск, 2010.
2. Сцепановіч Я.М. // Ботаника (исследования): Сборник научн.тр. Минск:Право и экономика, 2006. Вып. 34. С.264-281.
3. Разгарнуць сістэму маніторынгу лугавой расліннасці Беларусі: Справаздача аб НДР (заключная) / Інстытут эксперыментальнай батанікі НАНБ; Кіраўнік работы І.М. Сцепановіч. № ГР 2003386. Минск, 2005.
4. Завяршыць фармаванне сеткі назіранняў за лугавой і лугава-балотнай расліннасцю: Справаздача аб НДР (заключная) / Інстытут эксперыментальнай батанікі НАНБ; Кіраўнік работы І.М.Сцепановіч. № ГР 20062875. Минск, 2010.
5. Степанович И.М. // Научно-методические основы организации и ведения Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь (основные положения Технического проекта НСМОС) / И.В.Войтов, А.М.Самусенко, А.В.Высоченко, Ж.А.Капилевич. Минск: БелНИЦ «Экология», 2000. С. 155-160.
6. Сцепановіч Я.М. // Мониторинг и оценка состояния растительного покрова: Материалы Междунар. научно-практ. конф., Минск, 28–31 октября 2003 г. Минск: ИООО «Право и экономика», 2003. С. 15-17.

И.М.СТЕПАНОВИЧ

КОНЦЕПЦИЯ МОНИТОРИНГА ТРАВЯНЫХ СООБЩЕСТВ БЕЛАРУСИ

Резюме

Предложена концепция мониторинга травянистой растительности в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. Она включает: описание объектов, цель и задачи, структуру мониторинга, принципы выделения и размещения, количество пунктов наблюдений (ключевых участков и постоянных пробных площадок),

время проведения и периодичность наблюдений, общую схему реализации и контролируемые показатели. Представлен перечень обязательных (основных) и рекомендованных (дополнительных) показателей луговой и лугово-болотной растительности и среды ее произрастания.

I.M. STEPANOVICH

THE KONCEPT OF MONITORING OF GRASS COMMUNITIES OF BELARUS

Summary

There was suggested a concept of monitoring of grass vegetation in the framework of The National System of Monitoring of Environment in the Republic of Belarus. It includes: description of the objects, purpose and objectives, monitoring framework, the principles of selection and placement, the number of observation points (key sites and permanent sample plots), the timing and frequency of observations, the general scheme of implementation and verifiable indicators. There was presented the list of mandatory (core) and recommended (additional) indices of meadow and meadow-marsh vegetation and environment of its habitat.

Поступила в редакцию 25.02.2011 г.

УДК 582.091+582.093:712-1

А.Т. ФЕДОРУК

АНАЛИЗ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАСАЖДЕНИЙ НЕСВИЖСКОГО ПАРКА В СВЯЗИ С РАБОТАМИ ПО ЕГО ВОССТАНОВЛЕНИЮ

Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка

Введение. Парк Озерина – один из пяти парков Несвижского дворцово-паркового ансамбля. Освоение, планировка территории на месте бывшей рыночной площади, на правом берегу пруда Дикий, началась в 1878 г. Над формированием парка площадью около 16 га в течение 25 лет трудилась француженка Мария Дорота де Кастеллян княгиня Радзивилл (1840-1915), внучка князя Талейрана, жена XIV ордината несвижского Антония Фредерика Радзивилла (1833-1904), прусского генерала, адьюнтанта императоров Вильгельма I и II, Фридриха III, фундатора парка. Памятный камень на невысоком постаменте увековечивает имя его создательницы.

Парк Озерина, или Старый парк формировался в годы эклектики, но в парковых композициях, малых архитектурных формах нашли выражение мотивы давно ушедшей эпохи. Проявлению идей романтизма благоприятствовал, прежде всего, замок, утративший свое стратегическое значение, но восстановленный княгиней, овеянный легендами и преданиями, связанный с многовековой историей рода Радзивиллов. Мотивы романтизма проявились в выражении глубокого почитания природы, истории, памятных событий (прибрежный ольс с тополем канадским, памятные камни, голландская мельница), в поэтической символике, выражающей чувства человека. Криничный водоток, символизировал, например, хрупкую нить жизни, а питаемый им Зеркальный пруд считался генератором жизни. Основными приемами построения пейзажных композиций являлись далекие перспективы, чередование открытых и закрытых пространств, смена пейзажей, построенных на контрасте, игре света и тени, умеренность в использовании скульптуры, малых архитектурных формах. Особое место в парке, способствуя зрительному эффекту, расширяя поле дальних перспектив, принадлежало водной глади пруда Дикий. Романтизм, кроме того, обратил внимание на красоту отдельно стоящего дерева и «научил» любоваться формой и фактурой кроны. Одиночно стоящим деревьям (солитерам), опушкам, оформленным деревьями, в парке уделялось много внимания. Озерина, как было принято в романтических парках, не имела ограды, визуально сливалась с окружающими ландшафтами, находилась в гармонии с природой.

Имя автора проекта парка не установлено. Предположительно, что он создавался по замыслу самой княгини Радзивилл. Главным садовником Озерины и других несвижских парков с 1878 по 1912 был Андрей Постаремчак. Мастерству садоводства он учился в Познаньской школе. Затем садовниками работали отец и сын М. Стоцкий (1903-1921) и А. Стоцкий (1921-1936), Иван Цвирко, Антон Глинский (1936-1953).

За военные и тяжелые послевоенные годы парк Озерина понес большие потери. Были утеряны малые архитектурные формы, все композиции цветочно-декоративных растений, наиболее ценные древесные растения. Под пологом древесных групп, массивов массовое развитие получил подрост местных видов. Начали

зарастать поляны. Ущерб парку был нанесен также произвольными посадками древесных и кустарниковых растений.

Существенные изменения в планировку парка вносятся реализацией проекта, разработанного в 1989 г. под руководством Н.Ф. Жлобо. Особенно потерпел древостой вдоль берега пруда Дикий. Были вырублены величественные экземпляры тополя канадского *'Serotina'*, деревья ольхи черной, ивы ломкой, черемухи, нарушается естественный характер этого древесного массива. Заметно изменяется (увеличивается) дорожно-тропиночная сеть, устанавливаются декоративные скульптуры, знаки-указатели, солнечные часы, мостики, оформляется аллея памяти, строится беседка на месте бывшей пристани, водоток «Студни Ундины» выкладывается крупным камнем.

Время, не всегда разумное вмешательство человека, естественный процесс вселения новых и отпада старых растений до неузнаваемости изменили состав насаждений парка, что сказалось на его внешнем облике, исторической достоверности планировки.

В связи с разработкой проекта по восстановлению парка Озерина, ставится задача выявления первоначального видового и формового состава насаждений, определении их места и значимости в построении парковых композиций.

Материалы (объекты) и методы исследования. Изучение таксономического состава насаждений парка проводилось общепринятым детально-маршрутным методом в разные годы, начиная с 1975г. [6-8]. Последняя инвентаризация выполнена в 2010 г. Одновременно изучались планировочные особенности парка, устанавливался возраст деревьев, проводились таксационные замеры, фотофиксация. Многоразовое обращение к парку с большими временными интервалами позволяло проследить изменения в составе насаждений в связи с протекающими сукцессионными процессами и постоянными посадками. Нами были изучены также доступные архивные и иконографические материалы по объекту в фондах Национального исторического архива в Беларуси, Национального историко-культурного музея-заповедника «Несвиж», краеведческого музея в Несвиже и литературные источники. Кроме статей, наиболее информативным источником оказалась память старожилов. Самыми ценными явились сведения, полученные в 1989 г. от последнего радзивилловского садовника Антона Глинского. А. Глинский

помнил наиболее редкие виды и садовые формы, которые вымерзли в суровую зиму 1939/1940 гг., погибли в войну и в послевоенные годы, а также перечень, расположение малых архитектурных форм.

Результаты и их обсуждение. Изучение несвижских парков началось в 1959 г. в связи с предстоящими реставрационно-восстановительными работами. Авторы проекта (И.Н. Рудэнко, М.И. Юруть), сотрудница Центрального ботанического сада Е.И.Иванова, садовник санатория Г.К.Листопад явились авторами первых статей о несвижских парках [3,5,11]. После Е.И.Ивановой хвойными растениями парка занимался Н.В. Шкутко [9], садовыми формами – В.С. Вакула, В.Г. Антипов [1]. Первое описание несвижских парков, в том числе и парка Озерина, произвел В.Г. Антипов [2].

По данным разных источников и результатам натурного обследования насаждений, в парке имелось не менее 70 видов и культиваров древесных растений, кроме сортов сирени и роз. В составе хвойных установлено 12, лиственных деревьев – 32, лиан – 3, кустарников 18 видов и садовых форм. Растения росли в аллеях, в виде солитеров на полянах, образовывали древесные группы и массивы.

Аллеи. Липовая аллея парка сравнительно широкая (8 м), липы в ряду посажены через 7 м. Сохранилось 61 дерево. Высота 25-29 м. Направление кленовой аллеи определялось транспортной связью с садом и фольварком в Заозерье. При ширине 7 м, клены в ряду посажены весьма плотно – через 6 м. Сохранилось 40 деревьев. Высота 24-28 м. От липовой аллеи отходит третья аллея из граба. Она была формованной, в отличие от двух первых, не прямолинейной, а слегка извилистой и, пересекая парк в поперечном направлении, выводила к наиболее выразительной и самой отдаленной видовой площадке, которой являлась пристань на берегу пруда Дикий. В аллее сохранилось 22 граба с экзотическими кронами.

Четвертой аллеей, заложенной видимо в 1903 г. с установлением памятника со словами благодарности княгине, была конскокаштановая аллея, проложенная от главного входа. Деревья аллеи частично вымерзли в суровую зиму 1939/40 гг., оставшиеся были утеряны в годы Великой Отечественной войны. В аллее растет 12 конских каштанов более позднего времени. В составе аллеи росло дерево конского каштана с розовыми цветками. Скорее

всего это был конский каштан восьмитычинковый *‘Virginica’*. Этот культивар выращивался в довоенный период в некоторых парках (например, парк Высокое). Деревом мог быть конский каштан красный (*Aesculus carnea*). Дерево вымерзло в зиму 1939/40 гг.

Выбор конского каштана для аллеи видимо не был случайным. Деревья с густой листвой, «печальным листом» (конский каштан, липа, ольха черная), удерживающие лучи света, умножающие тень, служили выражением чувственного, меланхоличного мотива. На оси конскокаштановой аллеи, слева от дороги, пересекающей мост перед Зеркальным прудом, росла липа крупнолистная, поздний фенотип. Темно-зеленая листва дерева оставалась зеленой до поздних заморозков. Липа не сохранилась.

Со слов Антона Глинского, около домика Монплезир имелась короткая аллея из лиственницы европейской. Положение ее не выяснено. Левый ряд кленовой аллеи начинается с одного дерева лиственницы. Возможно, это все, что осталось от аллеи лиственничной.

Начинался парк совсем короткой тройной липовой аллеей. Боковые, узкие (двухметровые) аллеи слегка выражены, но давно потеряли свое функциональное назначение. На их пути расположены молодые группы елей с единичными деревьями пихты белой. Эта аллея отходит от широкой кленовой аллеи, заложенной вдоль замкового рва. Она частично сохранилась. Деревья терпят от большой транспортной нагрузки в связи с восстановительными работами в замке.

Двумя другими короткими аллеями из липы и клена было подчеркнуто начало парковых лучей. Сами по себе лучи не являлись аллеями и не выполняли дорожно-транспортной нагрузки. Они служили одним из композиционных мотивов, составляя своеобразие этого парка. Не став аллеями, они не рассекали поляны, обеспечивая их целостность. На схеме парка И.Н. Рудэнко, эти короткие аллеи не показаны, но в тексте статьи упоминаются «укороченные» аллеи, вызывающие недоумение автора [5].

Солитерные виды полян парка. Поляны после аллей являлись вторым ведущим композиционным элементом парка. Поляны являлись не просто чередованием открытых пространств, а сменой пейзажей, своеобразной эмоциональной программой. Они отличались по форме, содержанию, насыщенностью растениями,

наличием малых архитектурных форм. Название полян сложилось в послевоенное время.

Спортивная поляна хорошо выражена, вытянута в поперечном направлении. Окружена древесными массивами с живописным абрисом. По правой стороне выделяются величественными размерами два тополя канадских *‘Serotina’* и под стать их возрасту - клен остролистный. В центральной части край поляны образует мысообразный выступ с древесным массивом, на опушке которого растет орех маньчжурский (посадка послевоенная). На месте бывшего солитера – ясеня, в виде букетной посадки (порослевого происхождения) растут молодые ясени. Вторым солитером являлся крупный экземпляр ели обыкновенной *‘Virgata’*. Дерево не сохранилось.

Поляна в меньшей степени изменена последующими наслоениями, кроме проложенной наискосок дороги, посаженной вейгелы, группы из 8 кустов, и насыпанной горки с нехарактерными для парка видами: туя, кипарисовик горохоплодный, можжевельник казацкий, сосна горная, можжевельник китайский, спиреи, высокие травянистые растения (астра, золотарник канадский и др.).

Центральная поляна занимает центральное положение в парке, но определить ее контуры сложно. Ее целостность в северной части нарушена небольшим массивом, заложенным в послевоенное время, по краю которого в виде двух рядов посажены в 1960-е годы конские каштаны (13 экз.). Из-за густоты стволы деревьев изогнуты, кроны асимметричны. Массив сужает пространство поляны, лишает ее прежней выразительности. По краю поляны располагался Монплезир (домик Князя), главная малая архитектурная форма парка в окружении розария, на месте которого растут, посаженные в 60-е годы, одиночные стареющие кусты гордовины, чубушника, бересклета европейского. Рядом установлено скульптурное изображение – памятник «верной собаке». В последние годы посажены туя западная и туя западная шаровидная.

Поляна выделялась самым разнообразным составом редких видов и декоративных садовых форм. Центральное положение занимала группа из сосны веймутовой, наиболее величественного вида среди хвойных. Со слов одного из старожилов, в группе после войны имелось 8 деревьев. В 1960-е годы сосен было 6,

сохранилось – 4. Расположены своеобразно, по углам небольшого прямоугольника 3х2 м. Группу не украшают посаженные рядом яблоня, спирея, группа снежноягодника и двуствольное дерево тополя канадского *‘Robusta’*.

На этой поляне росли (все они не сохранились) наиболее редкие иноземные виды, садовые формы: пихта одноцветная *‘Violacea’* (тогда она именовалась калифорнийской); ель сербская, очень редкий вид для парков Беларуси; пихта сибирская – 2 дерева; липа крымская – в 10-20 м от пихты; бук лесной *‘Atropunicea’* (по правой стороне при переходе из кленовой аллеи на липовую).

На поляне имелись также лиственница польская, клен красный, орех черный, клен ложноплатановый *‘Purpurascens’*, липа американская *‘Macrophylla’*, сирень персидская и обыкновенная сортовая. Еще в 1961 г. имелись: липа крупнолистая, ель Энгельмана, клен серебристый, ель обыкновенная *‘Olendorfii’*, липа обыкновенная, или голландская. По краю поляны на месте тополя белого сформировался плотный куст из 8 стволов порослевого происхождения.

Выставочная поляна была самой большой. Она завершала композиционный прием. Главным планировочным элементом этой поляны являлся тополь канадский *‘Serotina’* (первое дерево парка), посаженный в начале XIX в., о чем гласит высеченная на валуне надпись. Согласно легенде, дерево имело, символический смысл. Оно было посажено на лугу, где скончался тяжело раненый воин дружины князя Юрия Несвижского, вернувшийся с поля боя на р. Калке и успевший передать через пастуха о смерти князя и его воинов. Дереву уделялось особое внимание. Со слов Антона Глинского известно, что вокруг дерева по кругу, примерно на уровне периметра кроны, были высажены ели и виноград девичий. Плети винограда образовывали сплошной зеленый венок-гирлянду, накинутый на макушки невысоких елей. Таким образом выражалось отношение к прошлым эпохам, историческим событиям, героям. Дерево стало символом парка. В романтических садах было принято вешать венки на ветви деревьев, чем выражались сугубо личные переживания. В 1992 г. окружность ствола дерева составляла 604 см, высота доходила до 28 м. Срублено после 2004 г.

Считается, что этот тополь являлся первым деревом евроамериканских тополевых гибридов, завезенных из Польши

(имения Радзивиллов) в Беларусь. Однако тополя канадские, т.е. гибриды, выращивались в Альбе. Около 80 экземпляров, по данным Инвентаря за 1821 г., имелось в альбянском огороде (видимо в питомнике) [4].

Опушки древесных массивов вокруг поляны были оформлены кустами боярышника сглаженного *‘Rubra Plena’*. Этих растений не стало. В последнее время на опушках высажены пихты, но они не дали желаемого декоративного эфекта. По восточному краю поляны растут разные виды, не сочитающиеся по габитусу и возрасту: ель, явор, ирга, боярышник.

Кроме основных больших полян, в парке имелись маленькие поляны, выделяющиеся насыщеностью оформления. В конце кленовой аллеи дорожка вела к Сиреневой поляне, в декорировании использовалась сортовая сирень, чубушник венечный, роза морщинистая, шиповники. Место поляны покрылось молодым древостоем.

Древесные массивы, группы. В парке имелось три значительных древесных массива. Пониженное переувлажненное пространство вдоль пруда содержалось при Радзивиллах, как естественный, сложный по составу массив (ольха черная, ива ломкая, ива белая, ясень, черемуха, калина, береза пушистая, хмель, обильное разнотравье), насыщенный птицами, земноводными и насекомыми. Массивом определялась общая высокая доля ольхи в древостое парка. По данным таксации 1959 г., ольха в парке занимала первое место [10]. Из иноземных деревьев в массив был введен только тополь канадский *‘Serotina’*, которому соответствовали экологические условия ольса.

Массив не отделялся от парка аллеей, он являлся его составной частью, хорошо просматривался с полян, которые частично врезались в его пространство, выражая один из мотивов романтизма – красоту натуральной природы. Связь с живописной гладью пруда Дикий осуществлялась через разрыв со стороны центральной поляны. Кулисы разрыва были оформлены елью. По оси разрыва проложена дорога до водоема. Второй визуальной связью с прудом служила пристань. Отметим, что именно к ней проложена грабовая аллея, удлиняя прогулочный путь. Дорога вдоль оси луча к пристани сформировалась в послевоенные годы, образуя "кольцевой маршрут".

Большим, но уже рукотворным массивом из ели завершался парк. По краю неглубокого канала (со стороны Японского сада) имелся ряд формованной ели. Ели не стало. На месте ельника под пологом одиночных деревьев тополя белого, тополя канадского, клена остролистого формируется новый древостой высокой сомкнутости.

Западную окраинную часть парка составлял древостой из клена остролистого, граба, липы, ясеня с небольшой примесью вяза гладкого, вяза шершавого, сосны, дуба черешчатого, ели, рябины, лещины и черемухи. Он имел защитное значение. В наше время представлен примерно таким же составом, но особями преимущественно второго поколения. Из числа экзотов, в конце массива, перед воротами, имелось три дерева липы американской *'Macrophylla'*. Сохранившийся экземпляр затенен, угнетается местными видами.

Кроме указанных растений, в парке имелись лианы: аристолохия крупнолистная, которая обвивала беседку «голландская мельница», виноград девичий пятилисточковый и виноград амурский (на пристани). Из старого состава в парке также не сохранились: липа крупнолистная *'Obliqua'*, гибридная форма ольхи серой, робиния псевдоакация.

Установить в парке состав кустарничковых видов значительно труднее. По данным М.И. Юрутя, в 1962 в парке имелось всего 10 кустарниковых видов [10]. Их перечень автором не приводится. Возможно, были учтены местные виды, которые начали вселяться еще в военные годы, засоряя парковые насаждения. Из красивоцветущих кустарников преобладали в парке сортовые сирени, сирень китайская, имелись одиночные кусты сирени венгерской. В парке росли дейция шершавая *'Plena'*, дейция двухцветковая, спирея Бияра. Имелось много роз. Штамбовыми розами был оформлен «Солярий». В розарии около домика Князя выращивалось около 500 сортовых роз парковых, ремонтантных и, видимо, других садовых групп.

Из прежнего состава кустарников в парке расселились и растут бересклет европейский, бузина черная, жостер слабительный, лещина обыкновенная. Введены вторично сирень венгерская, чубушник венечный, роза морщинистая. Состав иноземных деревьев, что уже отмечалось, утерян, кроме трех деревьев лиственницы европейской, пяти – сосны веймутовой, пяти – тополя

позднего *‘Serotina’*, одной липы американской и нескольких деревьев липы крупнолистной.

В результате самосева местных видов и постоянных посадок, в парке нарушено первоначальное соотношение между ведущими породами. В древесных массивах сформировался второй полог, появились новые группы на полянах. За послевоенные годы в парк введено более 50 видов. Нами учтено деревьев хвойных 13 видов, лиственных – 14, кустарников 22 вида.

В парке высажено много ивы белой *‘Vitellina’*, ясеня пенсильванского и особенно ели. Ель вводилась в разные годы в основном под полог лиственных пород. Из-за разницы освещения под пологом, деревья в группах различаются по высоте, состоянию, что снижает их декоративность. Еловые группы разной формы чаще всего расположены вдоль дорожно-тропиночной сети, закрывая ближние перспективы. В последние годы введены обычные, наиболее распространенные в городских посадках кустарниковые растения: спиреи, барбарис тунберга, вейгела, кизильник, снежноягодник, смородина золотистая, можжевельник казацкий, культивары туи западной.

Наименее сложившейся в видовом, планировочном и эстетическом отношении оказалась полоса вдоль берега пруда. Со стороны замка в ней преобладают хвойные (ель обыкновенная и колючая, пихта белая и одноцветная); центральную часть занимают несочитающиеся хвойные и лиственные виды (ель колючая и ива ломкая *‘Bullata’*, ясень пенсильванский и ива золотистопобеговая, дерен, ольха, черемуха); в конце полосы - обилие ив (ива белая *‘Sericea’*, ива белая *‘Vitellina’*, ива ломкая), которые загущены и не выделяются декоративностью.

Особую ценность в Озерине, как и в других парках Беларуси, составляют старые деревья местных видов: клена остролистного, липы сердцевидной, ясеня обыкновенного, ольхи черной, граба, Учитывая время посадки деревьев, начиная с 1878 г., и возраст саженцев, средний возраст старых деревьев около 150 лет. Этот возраст является предельным для ряда видов. В парке не стало старых берез. От последнего дерева остался только фрагмент ствола, покрытый трутовиками. Выпали ели, кроме двух деревьев, хотя вид долговечен, но чувствителен к уплотнению почвы, вытаптыванию и сухости воздуха. Долговечность деревьев

снижается болезнями. В аллеях поражаемость гнилями, трутовиками клена составляет 35,0%, липы – 24,6%.

Среди деревьев парка выделяется исключительной прямоствольностью и высотой (до 30 м, а возможно и более) древостой ольхи черной. Ольс, несмотря на изменение в последнее время гидрологического режима, производит впечатление здорового насаждения. Пожалуй, самым выразительным деревом парка является тополь канадский *'Serotina'*. Не уступает по долговечности местным видам, отличается мощным стволом, высоко поднятой кроной, рельефно выделяясь габитусом среди других деревьев.

Заключение. Вернуть старинному парку прежний облик практически невозможно, но восстановительные работы должны в обязательном порядке основываться на документальности. В парке Озерина был воплощен один из мотивов романтизма – глубокое почитание природы. Основу его древостоя составляли местные виды, в парке бережно поддерживалось естественное состояние прибрежного ольса. Иноземные виды имели подчиненное значение. Они были представлены лучшим для того времени ассортиментом видов и культиваров, используемых преимущественно в виде одиночных экземпляров (солитеров и акцентов в группах), а кустарники – красивоцветущими сортами сирени, роз и спиреи.

Насаждения парка образовывали 70 видов и культиваров древесных и кустарниковых растений. В послевоенные годы в состав насаждений было введено более 50 видов.

Литература

1. Антипов, В.Г. // Бюл. Гл. бот. сада АН СССР. 1967. Вып. 67. С. 46-50.

2. Антипов В.Г. Парки Белоруссии. Минск, 1975.

3. Іванова Я.У., Лістапад Р.К. // Весці АН Беларускай ССР. 1961. № 4. С. 55-60.

4. НИАБ, г. Минск, ф. 694, оп. 2, № 144.

5. Рудэнко И.Н. // Сб. науч. работ. Архитектура и градостроительство. 1961. Вып. 5. С. 91-92.

6. Федорук, А.Т. // Бюл. Гл. бот. сада АН СССР. 1979. Вып. 111. С. 3-8.

7. Федорук, А.Т. Древесные растения садов и парков Белоруссии. Минск, 1980.

8. Федорук А.Т. Композиционно-стилевые особенности Радзивилловских парков в Несвиже // Нясвіж. Warszawa – Мінск, 1998. С. 146-155.

9. Шкутко Н.В. Хвойные экзоты Белоруссии и их хозяйственное значение. Минск, 1970.
10. Юруть М.И. Насаждения Несвижского парка и пути их улучшения // Материалы конференции молодых ученых АН БССР. Минск, 1962.

А.Т. ФЕДОРУК

АНАЛИЗ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАСАЖДЕНИЙ НЕСВИЖСКОГО ПАРКА В СВЯЗИ С РАБОТАМИ ПО ЕГО ВОССТАНОВЛЕНИЮ

Резюме

Восстановление парка должно осуществляться с использованием предшествующего состава насаждений, представленного почти 70-тью таксонами. Основу древостоя парка составляли местные виды. Иноземные виды использовались преимущественно в качестве солитеров и акцентов, почти все из них утеряны. Произвольно интродуцированные впоследствии в парк более 50-ти видов оказали негативное воздействие на планировку и внешний вид парка.

A.T. FEDORUK

ANALYSIS OF THE TAXONOMIC PLANTING COMPOSITION OF NESVIZH PARK OZERINA IN CONNECTION WITH ITS RESTORATION

Summary

The restoration of the park should be carried out using the former planting composition represented by about 70 taxones. Its basis is made up by the local species. Foreign plants were used as solitaires and accents. Almost all of them have been lost. More than 50 species, randomly introduced into the park, had a bad influence on its appearance and the park layouts.

Поступила в редакцию 1.04.2011 г.

УДК 582. 282 (476)

Д.Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ГРИБНЫХ ФИТОПАТОГЕНОВ АБОРИГЕННЫХ ХВОЙНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Введение. В настоящее время имеется достаточно полное представление о болезнях грибной этиологии, поражающих такие основные лесообразующие породы, как сосна и ель [10-15]. Благодаря исследованиям, проведенным в конце 90-х годов, значительно расширились данные о составе возбудителей болезней можжевельника [1]. В последнее время идентифицирован также ряд видов, поражающих пихту [3].

Общепринятой в настоящий момент точкой зрения на возникновение и развитие особо вредоносных эпифитотий является представление о множестве суммирующихся факторов, основными из которых, как правило, считаются неблагоприятные изменения климата и промышленные загрязнения. В совокупности они ведут к ослаблению растений и снижению биологической устойчивости хвойных пород к различным грибным патогенам. Наиболее существенную роль в этом играет понижение уровня грунтовых вод, т.н. снижение влагообеспеченности. В качестве примера таких экстремальных засушливых условий можно привести летние засухи 1992-1994 годов, послужившие одной из причин массового усыхания ели в лесах Беларуси, Литвы и других регионов Восточной Европы. Сильные повреждения наблюдаются в течение ряда лет после повторяющихся засух. Часто отмирание деревьев, пострадавших от засухи, происходит в результате экспансии их стволовыми вредителями, преимущественно короедами. Пострадавшие от неблагоприятных климатических условий хвойные растения ослаблены и становятся объектом нападения различных патогенов, к которым относятся биотрофные грибы.

В связи со сложной экологической ситуацией в республике и преобладанием хвойных на лесопокрытой площади, одной из важнейших задач отечественной микологии является изучение и

мониторинг возбудителей главнейших заболеваний сосны, ели, можжевельника и пихты.

Материалы (объекты) и методы исследования. В течение 1990-2010 гг. в лаборатории микологии ИЭБ НАНБ проводились исследования по выявлению видового состава микобиоты хвойных пород на территории Беларуси [1, 3, 5, 7], ряд вопросов изучался совместно с сотрудниками кафедры лесозащиты БГТУ [2, 11-15]. Для выполнения работы использовались маршрутные обследования и стационарные наблюдения, в ходе которых проводился отбор проб почвы, корней и надземных органов древесных растений. Сбор материала, камеральная обработка и идентификация видового состава фитопатогенных грибов проводились по общепринятым в микологии методам. При определении таксономического положения изучаемых видов использовалась система, опубликованная в 10-ом издании Словаря грибов Айнсворта и Бисби [17], за исключением классификации анаморфных грибов, которая приводится в традиционной для фитопатологии трактовке [8, 9].

Результаты и их обсуждение. В настоящее время на хвойных растениях в республике выявлено около 80 видов фитопатогенных грибов [1-3, 5, 6, 11-15]. Таксономически они относятся к оомицетам, базидиомицетам и аскомицетам в их телеоморфной и анаморфной стадиях. Ниже нами в алфавитном порядке приводится список основных видов грибов с указанием вызываемых ими болезней хвойных в Беларуси:

Alternaria alternata (Fr.) Keissl. – возбудитель альтернариоза сеянцев.

A. tenuissima (Kunze) Wiltshire – возбудитель альтернариоза сеянцев.

Apiosporium pinophilum Fuckel – возбудитель черни хвои.

Armillaria borealis Korhonen & Merxm. – возбудитель белой заболонной гнили корней.

A. ostoyae Korhonen – возбудитель белой заболонной гнили корней.

Asperisporium juniperinum (Geogescu et Badea) Sutton et Hodges – возбудитель черни хвои можжевельника

Biatorella difformis (Fr.) Rehm. (*Sarea difformis* (Fr.) Fr.) – возбудитель биаторелловогo рака сосны.

Botrytis cinerea Pers. – возбудитель серой плесени сеянцев.

Brunchorstia pinea (Karst.) Hohn. – возбудитель побегового рака хвойных пород (склеродерриоз).

Cenangium ferruginosum Fr. (*Cenangium abietis* (Pers.) Dube) – возбудитель ценангиевого некроза сосны.

Cytospora pinastri Fr. – возбудитель усыхания хвои.

Ophiostoma piceae (Münch) Syd. & P. Syd. – возбудитель раковых заболеваний.

Capnophialophora pinophila (Nees) Borowska (анаморфа *Hormiscium pinophilum* (Nees) Lindau) – возбудитель черни хвои.

Chrysomyxa abietis Wint. – возбудитель линейной золотистой ржавчины хвои ели.

Ch. ledi (Alb.et Schw.) de By – возбудитель пузырчатой ржавчины хвои ели.

Ch. pirolae (Koern.) Wint. – возбудитель грушанковой ржавчины шишек ели.

Cladosporium cladosporioides (Fresen.) de Vries – возбудитель кладоспориоза можжевельника.

C. herbarum Link. – возбудитель оливковой плесени сеянцев.

Climacocystis borealis (Fr.) Kotl. et Pouzar – возбудитель бурой мелкотрещиноватой комлевой гнили ели.

Coleosporium tussilaginis (Pers.) Lév. – возбудитель пузырчатой ржавчины хвои сосны.

C. tussilaginis f. sp. *senecionis-silvatici* Boerema & Verh. – возбудитель пузырчатой ржавчины хвои сосны.

Cronartium flaccidum (Alb. et Schw.) Wint. – возбудитель смоляного рака сосны.

Dasyscyphus calyciformis (Willd.) Rehm. (*Lachnellula calyciformis* (Willd.) Dharne) – возбудитель некроза.

Dasyscyphus willkommii (Hart.) Rehm. (*Lachnellula willkommii* (Hartig) Dennis) – возбудитель ступенчатого рака лиственницы.

Fomitopsis pinicola (Sw. ex Fr.) Karst. – возбудитель бурой ядрово-заболонной призматической гнили хвойных пород.

Fusarium oxysporium Sch. – возбудитель фузариоза сеянцев.

F. semitectum Berk. et Rav. – возбудитель фузариоза сеянцев.

F. sporotrichoides Scharb. – возбудитель фузариоза сеянцев.

Herpotrichia juniperi (Duby) Petr. – возбудитель бурого шютте хвойных пород.

Heterobasidion annosum (Fr.) Bref. – возбудитель пестрой ямчато-волокнистой гнили сосны.

H. parviporum Niemela & Korhonen – возбудитель пестрой ямчато-волокнистой гнили ели.

Hypodermella sulcigena (Rostr.) Tub. (*Lophodermella sulcigena* (Link) Tubeuf) – возбудитель серого шютте сосны.

Ischnoderma benzoinum (Wahlenb.: Fr.) P. Karst. – возбудитель светло-желтой ядровой заболонной гнили хвойных пород.

Kabatina thujae Schneider et von Arx var. *juniperi* (Schneider et von Arx) Morelet – возбудитель усыхания хвои можжевельника.

Lophodermium abietis Rostr. – возбудитель низинного шютте ели.

L. conigenum Hilitz. – возбудитель обыкновенного шютте сосны.

L. juniperi (Grev.) Darker – возбудитель шютте можжевельника.

L. macrosporum (Hart.) Rehm. (*Lirula macrospora* (R. Hartig) Darker) – возбудитель обыкновенного шютте ели.

L. pinastri (Schrad.) Chev. – возбудитель обыкновенного шютте сосны.

L. seditiosum Minter, Staley et Miller – возбудитель обыкновенного шютте сосны.

Melampsora pinitorqua Braun – сосновый вертун, возбудитель искривления побегов сосны.

M. larici-populina Kleb. – ржавчина хвои лиственницы.

M. larici-salicina Kleb. – ржавчина хвои лиственницы.

Melampsoridium betulinum Kleb. – ржавчина хвои лиственницы.

Meria laricis Vuil. – шютте хвои лиственницы.

Nectria spp. – возбудители язвенного рака ели.

Onnia triqueter (Lentz.: Fr.) Imaz. – возбудитель пестрой ямчатой комлевой гнили хвойных.

Peridermium pini Kleb. – возбудитель смоляного рака сосны.

Pestalotia hartigii Tul. – возбудитель песталоциоза сеянцев.

Pestalotiopsis stevensonii (Peck) Nag Raj – возбудитель усыхания хвои.

Phacidium infestans Karst. – возбудитель снежного шютте (фацидиоза).

Phaeolus schweinitzii (Fr.) Pat. – возбудитель бурой трещиноватой комлевой гнили хвойных.

Phellinus chrysoloma (Fr.) Donk. – еловая губка.

Ph. pini (Thore et Fr.) Pil. – сосновая губка.

Phytophthora cactorum Schroet. – возбудитель фитофтороза сеянцев.

Pholiota adiposa Fr. – возбудитель бурой ямчатой ядровой гнили хвойных пород.

Phomopsis juniperivora G.G. Hahn – возбудитель усыхания побегов можжевельника.

Pythium spp. – возбудители полегания всходов хвойных пород.

Rhizoctonia spp. – возбудители полегания всходов хвойных пород.

Rhizosphaera kalkhoffii Bub. – возбудитель побурения хвои ели.

Sclerophoma pityophila (Corda) Hohn. – возбудитель склерофомоза.

Sclerotinia graminearum Elen. – возбудитель выпревания сеянцев.

Seimatosporium foliicola (Berk.) Shoemaker – возбудитель усыхания побегов можжевельника.

Seimatosporium lichenicola (Corda) Shoemaker et Muller – возбудитель усыхания побегов можжевельника.

Seiridium juniperi (Allesch.) Sutton – возбудитель усыхания побегов можжевельника.

Sphaeropsis sapinea (Fr.) Dyko & B. Sutton. – возбудитель диплодиоза сосны.

Stereum abietinum Fr. (*Veluticeps abietina* (Pers.) Hjortstam & Tellería) – возбудитель мелкоямчатой пестрой ядровой гнили хвойных пород.

Stereum sanquinolentum Fr. – возбудитель бурой раневой ядрово-заболонной гнили ели.

Stigmina deflectens (P. Karst.) M.B. Ellis – возбудитель побурения хвои можжевельника.

Thekopsora areolata (Fr.) Magn. (*Pucciniastrum areolatum* (Fr.) G.H. Otth) – возбудитель черемуховой ржавчины шишек ели.

Thelephora terrestris Fr. – возбудитель удушья сеянцев.

Typhula spp. – возбудители выпревания сеянцев.

Анализ вышеприведенного списка свидетельствует об относительно равномерном количественном распределении видов фитопатогенов, вызывающих изученные нами болезни. Так, возбудителей корневых гнилей – 6 видов, возбудителей некрозов – 7 видов, раковых заболеваний – 7, шютте – 9, ржавчины – 12,

стволовых гнилей – 15, возбудителей болезней сеянцев и саженцев –21.

Ниже нами приводится диаграмма распределения грибов по типам заболеваний.

Рис. 1. Количественное распределение фитопатогенных грибов по типам вызываемых ими поражений.

Как следует из рисунка, возбудители заболеваний разделены на численно сходные области, среди которых наиболее выделяется многочисленная и разнородная группа возбудителей болезней сеянцев и саженцев.

Переходя к таксономическому анализу состава патогенов, отметим, что только 2 рода, включающие 3 вида грибов, относятся к отделу *Oomycota* (фитофтора и питум), тогда как 31 вид – к отделу *Basidiomycota* и 45 видов – к отделу *Ascomycota*.

На сеянцах, а чаще на семенах хвойных пород изредка наблюдается развитие представителей отдела *Zygomycota*, преимущественно относящихся к роду *Mucor*. Последние являются сапротрофами и их развитие на растениях, как правило, происходит только в комплексе с биотрофными микромицетами, формируя синузиальные последовательности на тканях хозяина. В качестве

самостоятельных патогенов мукоральные грибы не рассматриваются [10, 12].

Более подробная таксономия выявленных фитопатогенов дается в таблице.

Таблица 1. Таксономическая структура фитопатогенных грибов, развивающихся на хвойных породах

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Количество видов
Oomycota	*Oomycetes*	*Peronosporales*	*Peronosporaceae*	1
		Pythiales	*Pythiaceae*	2
Basidiomycota	*Pucciniomycetes*	*Pucciniales*	*Coleosporiaceae*	5
			Cronartiaceae	2
			Melampsoraceae	3
			Pucciniastraceae	2
	Agaricomycetes	*Agaricales*	*Physalacriaceae*	2
			Strophariaceae	1
			Typhulaceae	2
		Hymenochaetales	*Hymenochaetaceae*	3
		Russulales	*Bondarzewiaceae*	2
			Stereaceae	2
		Polyporales	*Fomitopsidaceae*	4
		Thelephorales	*Thelephoraceae*	1
	Anamorphic stage			
	Mycelia sterilia			2
Ascomycota	*Dothideomycetes*	*Capnodiales*	*Capnodiaceae*	1
			Metacapnodiaceae	1
		Pleosporales	*Herpotrichiaceae*	1
	Lecanoromycetes	*Lecanorales*	*Biatorellaceae*	1
	Leotiomycetes	*Helotiales*	*Helotiaceae*	1
			Hyaloscyphaceae	2
			Phacidiaceae	1
			Sclerotiniaceae	1
		Rhytismatales	*Rhytismataceae*	7
	Sordariomycetes	*Ophiostomatales*	*Ophiostomataceae*	1
		Hypocreales	*Nectriaceae*	2
	Anamorphic stage			
	Hyphomycetes			16
	Coelomycetes			12

Как следует из данной таблицы, среди фитопатогенов в телеоморфной стадии превалируют базидиальные грибы (31 вид), анаморфы среди базидиомицетов представлены только видами рода

Rhizoctonia. Аскомицеты чаще встречаются в анаморфной стадии (28 видов) и реже – в совершенной стадии (19 видов).

У базидиомицетов превалирует по количеству видов порядок *Pucciniales* (12 видов), в который входят все возбудители ржавчинных болезней хвойных пород. Наибольшая видовая насыщенность среди сумчатых грибов – в порядке *Rhytismatales* (7 видов), объединяющем возбудителей болезней типа шютте.

Афиллофороидные грибы (17 видов), согласно современной классификации, построенной на использовании методов генетического анализа, относятся к 4 порядкам, наиболее вредоносные для лесного хозяйства виды рода *Heterobasidion* принадлежат к семейству *Bondarzewiaceae* порядка *Russulales*.

На рисунке 2 приводится обобщенная схема таксономической принадлежности фитопатогенов хвойных.

Рис. 2. Распределение возбудителей болезней хвойных пород по основным таксономическим группам.

В отличие от данных, приведенных в таблице 1, на графике видна зависимость распределения групп грибов от приуроченности к отдельным породам (сосна, ель, пихта, можжевельник). Один и тот же вид, например, *Pestalotiopsis stevensonii*, может встречаться на различных породах, вместе с тем такие

высокоспециализированные возбудители, как *Chrysomyxa abietis*, поражают только один вид растения-хозяина.

На рисунке отчетливо выявлены два пика видовой насыщенности, приходящихся на группу сумчатых грибов в телеоморфной стадии и группу анаморфных грибов с гифальным типом спороношения.

Представляет интерес сравнение таксономического состава фитопатогенных грибов с общим составом микобиоты в консорции аборигенных хвойных пород. Если учитывать все литературные данные и образцы грибов, собранные в Беларуси, но хранящиеся в других гербариях, то на настоящее время известно 612 видов микромицетов и 175 видов высших базидиальных грибов, ассоциированных с хвойными породами в консорции нейтрального и негативного типа (симбиотрофия выходит за рамки данного исследования) [1, 16]. Соответственно, из общего числа грибов фитопатогенные свойства проявляет около 10% изученных видов. Как будет показано далее, эта доля может изменяться в зависимости от конкретных условий среды и состояния растения-инконсорта.

Ниже приводится график общего распределения микобиоты в зависимости от растения-хозяина и таксономического положения.

Рис. 3. Таксономическая структура микобиоты хвойных пород на уровне таксонов высшего ранга.

Проявляется явная закономерность в таксономическом распределении выявленных видов. Среди них (рис. 3) больше всего анаморфных микромицетов (в первую очередь гифомицетов), затем следуют аскомицеты в телеоморфной стадии, значительно меньше афиллофороидных и ржавчинных грибов и менее всего зиго- и оомицетов.

Данная закономерность хорошо прослеживается для сосны, ели и можжевельника. Для пихты картина более сглажена, что связано со значительно меньшей репрезентативностью материала по микобиоте пихты.

Таким образом, согласно нашим исследованиям, различные таксоны формируют несколько типов и уровней консорций. Консорции первого уровня образуются при наличии функциональных связей растения-хозяина с грибами – облигатными биотрофами, консорции второго уровня возникают между растением-хозяином и грибами – факультативными биотрофами, а также сапротрофами. Консорция третьего уровня проявляется в связи между живым растением либо его остатками (в т.ч. опад, отпад) и многочисленными видами облигатных сапротрофов.

Все выявленные возбудители болезней хвойных пород в Беларуси образуют первые два уровня консорций, и они включают, как было показано выше, только около 10 % видов грибов. Подавляющее число микро- и макромицетов входят в консорцию третьего уровня.

По характеру взаимоотношений с растением-инконсортом фитопатогены, как правило, принадлежат к консорциям негативного типа.

Негативные консортивные взаимоотношения вызывают общее ослабление роста хвойных растений, сокращение фотосинтезирующей поверхности, полное усыхание хвои, загнивание корневой системы, удлинение или задержку фенофаз. Помимо упомянутых прямых воздействий, патогены влияют на фитоценозы и косвенно. Понижается продуктивность фитоценозов, в отдаленной перспективе они уже не могут удержать за собой территории, и из года в год, сдавая позиции, вытесняются соседними более или менее приспособленными сообществами.

Что касается антагонистических взаимоотношений, то следует иметь ввиду только те случаи, когда развитие, например, корневых

гнилей, вызваемых *Heterobasidion annosum* или *Armillariella complex*, обыкновенного шютте, *Lophodermium seditiosum* и различных раковых заболеваний (всего 12 видов грибов, что составляет около 1,5 % от общего числа видов) достигает размеров эпифитотии.

Особое место в этом типе консорций занимает таксономически разнородный комплекс возбудителей полегания сеянцев и саженцев в питомниках, т.к. в этом случае антагонистические связи формируются между неспециализированными видами патогенов и растениями, находящимися в строго определенной стадии развития и характеризующимися специфическими физиологическими показателями.

Существует определенная лабильность распределения таксономических единиц по консортивным типам. В отдельные годы в зависимости от климатических факторов индифферентно соотносящиеся виды грибов могут войти в отрицательные или даже антагонистические взаимоотношения с растением-хозяином и, наоборот, антагонистические и отрицательные – стать индифферентными, т.е. эти отношения изменяются во времени и пространстве. Таким образом, число видов грибов в данных типах консорций нестабильно и может колебаться в пределах 4-10%, практически никогда не превышая 10%-ного порога от общей численности видов.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что в консортивные отношения с хвойными растениями вступает 787 видов грибов (за исключением микоризообразователей), формируя консорции 1-3 уровней, нейтрального, негативного и антагонистического типов. Около 80 видов являются фитопатогенными, т.е. примерно 10% грибов могут образовывать устойчивые негативные взаимоотношения с растением-инконсортом и только 1,5% видов при определенных условиях могут переходить к антагонистическим отношениям. Таксономически все выявленные фитопатогены принадлежат к трем отделам: *Oomycota*, *Basidiomycota* и *Ascomycota* (в телеоморфной и анаморфной стадиях). В их составе выделяется 7 классов грибов, 15 порядков и 26 семейств. Среди грибов в телеоморфной стадии превалируют базидиальные, анаморфы среди базидиомицетов представлены только видами рода *Rhizoctonia*. Аскомицеты чаще встречаются в анаморфной стадии и реже – в

совершенной. Количество грибов в составе негативных консорций зависит от состояния фитоценозов и может колебаться в пределах 4-10%, не превышая десятипроцентного порога от общей численности видов.

Литература

1. Беломесяцева Д.Б. Микобиота в консорции можжевельника в Беларуси. Минск, 2004.
2. Беломесяцева Д.Б., Федоров Н.И. // Труды БГТУ. Сер. Лесное хоз-во. 2008. Вып. 16. С. 307–310.
3. Беломесяцева Д.Б., Шабашова Т.Г. // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Материалы VII Междунар. конф. Пермь: ПГПУ, 2009. С. 20–24.
4. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев, 1982.
5. Гапиенко О.С., Шабашова Т.Г., Беломесяцева Д.Б. // Лесное и охотничье хозяйство. 2007. № 5. С. 24–28.
6. Макромицеты, микромицеты и лихенизированные грибы Беларуси. Гербарий Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича (MSK-F, MSK-L) / Науч. ред. В.И. Парфенов, О.С. Гапиенко. Минск, 2006.
7. Карзянок В.І. // Весці АН БССР. Сер. біял. навук. 1990. № 3. С. 10–13.
8. Мельник В.А. Определитель грибов России. Класс Hyphomycetes. СПб, 2000.
9. Мельник, В.А. Определитель грибов России. Класс Coelomycetes. СПб, 1997.
10. Федоров Н.И. Лесная фитопатология. Минск, 2004.
11. Федоров Н.И., Беломесяцева Д.Б., Кириленкова Н.Ф. // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. трудов ИЛ НАНБ. 2008. Вып. 68. С. 565–576.
12. Федоров Н.И., Беломесяцева Д.Б., Шабашова Т.Г. // Труды БГТУ. Сер. Лесн. хоз-во. 2009. Вып. 17. С. 314–318.
13. Федоров Н.И., Беломесяцева Д.Б., Кириленкова Н.Ф. // Труды БГТУ. Сер. Лесное хоз-во. 2009. Вып. 17. С. 311–313.
14. Юрченко Е.О., Звягинцев В.Б., Беломесяцева Д.Б., Короткевич А.А. // Труды БГТУ. Сер. Лесное хоз-во. 2008. Вып. 16. С. 383–385.
15. Ярмолович В.А., Азовская Н.О., Беломесяцева Д.Б. // Лесное и охотничье хозяйство. 2010. № 3. С. 28–31.
16. Ellis M.B., Ellis J.P. Microfungi on Land Plants. An Identification Handbook. London, 1987.
17. Kirk P.M., Cannon P.F. et all Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi (10th edition). CABI Europe-UK, 2008.

Д.Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ГРИБНЫХ ФИТОПАТОГЕНОВ АБОРИГЕННЫХ ХВОЙНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Резюме

Изучено 79 видов грибов, вызывающих заболевания аборигенных хвойных пород в Беларуси. Фитопатогены принадлежат к трем отделам: *Oomycota*, *Basidiomycota* и *Ascomycota* (в телеоморфной и анаморфной стадиях). В их составе 7 классов грибов, 15 порядков и 26 семейств. Среди грибов в телеоморфной стадии превалируют базидиальные, аскомицеты чаще встречаются в анаморфной стадии. В целом фитопатогенные свойства проявляет не более 10 % от общего количества ассоциированных с хвойными породами видов грибов.

D.B. BELOMESYATSEVA

THE TAXONOMICAL ANALYSIS OF THE PATHOGENIC FUNGI MODERN STRUCTURE OF THE NATIVE CONIFERS IN BELARUS

Summary

The plant pathogenic fungi caused coniferous diseases in Belarus were studied and 79 species were revealed. The phytopathogenic fungi belonged to three taxonomical divisions: *Oomycota*, *Basidiomycota* and *Ascomycota* (in teleomorph or anamorph stage). There were 7 classes, 15 orders and 26 families. Among the teleomorphic fungi were more basidiomycetes. Ascomycetes were more often found in their anamorphic stages.

In whole, phytopathogenic features exhibited less than 10% of the total number of the fungi associated with the coniferous plants.

Поступила в редакцию 1.06.2011 г.

УДК 582.29:581.137.3(476)

В.В. ГОЛУБКОВ

АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК ЛИХЕНОФИЛЬНЫХ ГРИБОВ БЕЛАРУСИ

Гродненский государственный университет им. Я.Купалы

Введение. При просмотре коллекций лишайников лаборатории флоры и систематики растений и лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK-L), нами были найдены образцы лишайников с пометками на этикетках разных авторов о грибах, поселяющихся на слоевищах и

плодовых телах (апотециях). Как правило, такие грибы обнаруживали себя на участках слоевищ (хозяина) образованиями типа наростов ("галлов"), маленьких плодовых тел (перитеций и апотеций), реже в виде воздушного мицелия или склероция подобно *Athelia arachnoidea.* При внимательном просмотре они выглядели подобно «пораженным» участкам слоевищ, на которых они поселялись.

До настоящего времени специальных исследований, посвященных лихенофильным грибам Беларуси, не проводилось, и данная статья является лишь первой обобщающей сводкой, включающей список лихенофильных грибов, выявленных в коллекции лишайников (MSK-L), определенных различными авторами, оставившими там свои пометки. В этой статье учитывались также материалы публикаций, в которых упоминались либо приводились данные о лихенофильных грибах различными авторами, проводившими исследования на территории Беларуси.

Материалы (объекты) и методы исследований. Основным объектом и материалом исследования были 30 образцов лишайников, хранящихся в лаборатории флоры и систематики растений и лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK-L), а также лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (LE). При изучении номенклатуры, систематики и географии лихенофильных грибов нами была использована информация, представленная в работах С. Я. Кондратюка [1], M. P. Zhurbenko [2, 3, 4], "Dictionary of the Fungi 9th ed." [5], а также использованы материалы авторов, ранее проводивших свои исследования на территории Беларуси, в которых, кроме лишайников, указывались и лихенофильные грибы [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Результаты и их обсуждение. Первое упоминание о лихенофильных грибах, произрастающих на образцах лишайников, собранных на территории Беларуси, было сделано E. Bachmann и Fr. Bachmann в работе "Litauische Flechten", где приводится 6 таксонов грибов: 1. *Abrothallus parmeliarum* (Smft.) Rehm. на *Cetraria pinastri* (Scop.); 2. *Pharcidia epicymatica* Wallr. на *Lecanora subfusca* (L.) Ach.; 3. *Ph. fuscata* на *Lecanora polytropa* (Ehrh.) Schaer.; 4 *Phoma peltigera* на *Evernia prunastri* (L.) Ach.; 5. *Tichothecium pygmaeum* Körb. на *Rhizocarpon obscuratum* (Schaer.)

Körb. 6. *T. pygmaeum* Körb. v. *grundiuscula* Arn. на *Rhizocarpon obscuratum* (Schaer.) Körb. [7].

К сожалению, не имея в наличии образцов лихенофильных грибов, собранных и приводимых Е. и Фр. Бахманнами для территории Беларуси, очень трудно установить их видовую принадлежность, хотя некоторые из них, судя по названиям, можно рассматривать как синонимы современных. Реально, вероятно, можно говорить только о таких приведенных ими видах как: *Abrothallus peyritschii* (Stein) Kotte [2], указанных на *Vulpicida pinastri* как *Abrothallus parmeliarum* (Smit.) Rohm. [7]; *Sphaerellothecium propinquellum* (Nyl.) Cl. Roux & Triebel, известной на *Lecanora carpinea* и *L. rupicola* [2] и, приводимой как *Pharcidia epicymatica* (Wallr.) на *Lecanora subfusca* (L.) Ach. s. l. [7]; *Muellerella pygmaea* (Körb.) D. Hawksw. var. *pygmaea* [5, 6], указанная на *Rhizocarpon obscuratum* (Schaer.) Körb. как *Tichothecium pygmaeum* Körb. [7]. По-видимому, под *Tichotherum pygmaum* Koerb. *var. grundiuscula* Arn., приводимой Е. и Фр. Бахманнами, подразумевалась *Muellerella pygmaea* (Körb.) D. Hawksw. var. *pygmaea,* ранее считавшаяся синонимом *Tichothecium pygmaeum* Körb. var. *grandiusculum* Arnold и ее следует понимать как синоним *Muellerella pygmaea* (Körb.) D. Hawksw. [5, 6].

Маловероятно также указание на произрастание *Phoma peltigerae* на слоевище *Evernia prunastri* (L.) Ach., которая на сегодняшний день известна лишь только как *Phoma everniae* D. Hawksw., а *Phoma peltigerae* (P. Karst.) D. Hawksw. приводится лишь на *Peltigera* spp. [3].

В 1924 году в статье “Материалы к флоре лишайников Белоруссии (предварительное сообщение)”, опубликованной в “Известиях Киевского Ботанического сада”, А. Н. Окснер сообщает об обнаружении на слоевище *Peltigera spuria* (Ach.) DC. конидиальной стадии гриба из рода *Nectria* [8], а через год, в 1925 году, в 4 выпуске “Записок Белорусского Государственного Института сельского и лесного хозяйства” выходит статья В. П. Савича “Результаты лихенологических исследований 1923 года в Белоруссии”, в которой на слоевище *Peltigera spuria* (Ach.) DC приводится *Nectria lichenicola* (Ces.) Sacc. [9]. По данным современной литературы, вполне вероятно, что *Nectria lichenicola*, может оказаться *Pronectria robergii* (Mont. & Desm.) Lowen, [1, 2, 3]. В более поздних публикациях [10, 11, 13, 14, 16, 17] информация

о лихенофильных грибах Беларуси появляется фрагментарно лишь в списках вместе с лишайникообразующими (лихенизированными) грибами [16, 17] и реже в отдельных статьях, посвященных лихенофильным грибам [13, 14].

В настоящей статье приводятся 22 таксона лихенофильных грибов, из которых 9 впервые указываются для территории Беларуси.

Исходя из указанных работ, в которых приводились лихенофильные грибы, выявленные на территории Беларуси и в просмотренных коллекциях, нами составлен аннотированный список лихенофильных грибов, в настоящее время хранящихся в коллекциях: лаборатории флоры и систематики растений и лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (MSK-L); при кафедре ботаники ГрГУ им Я. Купалы (GRSU); лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (LE).

Аннотированный список таксонов лихенофильных грибов

В данном списке приводятся: латинское название гриба и его хозяина (лишайника); местообитание; место произрастания хозяина, на котором паразитирует гриб; дата сбора; коллектор; акронимы коллекций (GRSU, MSK-L, LE) и авторы публикации. Все данные по систематике грибов указываются по “ Dictionary of the Fungi. 9th ed” и по “Index Fungorum” [5, 6]. Таксоны, которые ранее не приводились для Беларуси, обозначены (*), виды, впервые указанные для Украины, обозначены (#), а известные только по данным литературы (Ли)

*1. *Abrothallus caerulescens* Kotte (1909) [5, 6] обнаружен на слоевище лишайника *Xanthoparmelia conspersa*, произрастающем на буро-сером граните в окр. д. Плиса (0, 8 км к З) Глубокского района Витебской области, coll. В. Голубков, 26. 06. 1990, det. М. Журбенко. 17. 08. 2003, (MSK-L); на слоевище лишайника *Xanthoparmelia conspersa,* произрастающем на красном граните у озера в окр. д. Бикульничи (1 км к З) Ушачского района Витебской области, coll. В. Голубков, 26.09.1991, det. Журбенко, 17.08. 2003 (MSK-L); на слоевище лишайника *Xanthoparmelia conspersa,* найденном на валуне в окрестностях г.п. Плещеницы Логойского района Минской области, coll. В. Голубков, 00.00.1976, det. Det. М. Журбенко, 17. 08. 2003 (MSK-L).

Ли 2. *Abrothallus peyritschii* (Stein) Kotte. Вид указанный Е. и Фр. Бахманнами как *Abrothallus parmeliarum* (Smft.) Rehm. на *Cetraria pinastri* (Scop.) [7], но приводимое ими местонахождение *Abrothallus parmeliarum* (Sommerf.) Arnold (=*Abrothallus parmeliarum* (Smit.) Rohm.) на *Cetraria pinastri* (Scop.) маловероятно. В настоящее время *Abrothallus parmeliarum* (Sommerf.) Arnold растет на *Parmelia* s. str. а на *Vulpicida pinastri* известна только *Abrothallus peyritschii* (Stein) Kotte [2].

3. *Athelia arachnoidea* (Berk.) Jülich (1972) - факультативный паразит, на территории Беларуси часто произрастающий на верхней части слоевищ эпи-фитных нитрофильных лишайников различных родов (*Candelariella*, *Lecanora*, *Melanelia*, *Parmelia, Phaeophyscia, Physconia*, *Physcia, Scoliciosporum*, *Xanthoria и* др.), а также на плеврококковых водорослях и мхах [13, 14].

* 4. *Biatoropsis usnearum* Räsänen (1934) найден: на слоевище *Usnea subfloridana* Stirt*.,* произрастающем на стволе ольхи черной в ельнике сфагновом в окр. д. Юховичи Россонского района Витебской области, coll. В. Голубков 26. 09.1990, det. М. Журбенко, 17. 08. 2003, (MSK-L); на слоевище *Usnea subfloridana Stirt* (вместе с *Phaeosporobolus usneae* D. Hawksw. & Hafellner), на слоевище *Usnea subfloridana Stirt*., произрастающем на стволе березы у дороги в сосняке черничном в окр. д. Юховичи Россонского района Витебской области, coll. В. Голубков 26.09.1990, det. М. Журбенко, 17. 08. 2003 (MSK-L); на слоевище *Usnea glabrescens* (Nyl. ex Vainio) Vainio, произрастающем на стволе сосны в урочище “Залазы” Березинского биосферного заповедника, coll. В. Голубков 26.09.1987, det. М. Журбенко, 17. 08. 2003 (MSK-L); на изломе веточки слоевища у апотеция *Usnea florida*, произрастающей на березе в березовом лесу в урочище “Увязок” Березинского биосферного заповедника [16]; на слоевище *Usnea subfloridana Stirt.,* произрастающем на стволе березы в березовом лесу в окр. оз. Глубля на территории Национального парка “Нарочанский” ("Голубые озера") Мядельского района Минской области, coll. В. Голубков, 08. 08. 1972, det. М. Журбенко, 17. 08. 2003 (MSK-L); на слоевище *Usnea* sp., произрастающем на стволе березы в окр. д. Каменюки (2 км к СЗ) Каменецкого района Брестской области в 827 квартале Каменецкого лесничеств на территории Национального парка “Беловежская пуща”, coll. В. Голубков, 11.07.1983, det. М. Журбенко, 00.04.2003 (MSK-L); на слоевище *Usnea subfloridana*

Stirt., произрастающем на стволе березы в березняке орляковом на территории Мозырской гряды Мозырского района Гомельской области**,** coll. В. Голубков, 26. 07. 1976, det. М. Журбенко, 17. 08. 2003, (MSK-L).

5. *Chaenothecopsis epithallina* Tibell (1975) найден на слоевище *Chaenotheca trichialis,* растущем на древесине сухого пня в сосняке осоковом [10, 11].

* 6. *Clypeococcum hypocenomycis* D. Hawksw. (1980) обнаружен: на слоевище *Hypocenomyce scalaris* (Ach.) M. Choisy, произрастающем на стволе сосны в сосновом лесу Березинского биосферного заповедника в Докшицком районе Витебской области [16]; на слоевище *Hypocenomyce scalaris* (Ach.) M. Choisy, произрастающем на гнилом пне в сосновом лесу на верховом болоте в окр. д. Якубовичи Щучинского района Гродненской области, coll. В. Голубков, 16. 08. 1999, det. М. Журбенко, 17. 08. 2003, (MSK-L).

* 7. *Lichenodiplis lecanorae* (Vouaux) Dyko & D. Hawksw. (1979) найден: на слоевище *Caloplaca*, произрастающем на торце бревна сруба заброшенного деревянного дома в Щучинском районе Гродненской области., coll. В. Голубков, 13.07.99, det. С. Кондратюк (MSK-L).

* 8. *Libertiella* sp. выявлена: на слоевище *Xanthoria*, произрастающем на коре сухого дерева в окр. д. Якубовичи Щучинского района, Гродненской области, coll. Голубков, 15.08.1994, det. С. Кондратюк (MSK-L)

Примечание. По данным литературы, представители гриба *Libertiella* чаще произрастают на лишайниках из рода *Peltigera* [1, 2, 4], *а Libertiella xanthoriae* Keissl однажды описанная на *Xanthoria*, оказалась пикнидами (pycnidia) *Xanthoria fulva* ("*X. fallax*") [18].

* 9. *Lichenoconium xanthoriae* M.S. Christ. (1956) найден на слоевище *Xanthoria,* произрастающем на березе у дороги в окр. д. Колбовичи Барановичский района Гродненской области, coll. В. Голубков, 20.06 1997, det. С. Кондратюк (MSK-L).

Примечание. На территории Украины *Lichenoconium xanthoriae* приводится на *Cetraria sepincola, Cetrelia olivetorum, Xanthoria parietina* и на *Xanthoria polycarpa*, где он вызывает почернение апотециев [1]. Почернение апотециев на *Xanthoria polycarpa* отмечалось также другими авторами на территории

Польши [18,19]. В России этот вид известен на гимении *X. polycarpa* [4].

* 10. *Lichenoconium* sp. отмечен: на слоевище *Parmelia sulcata*, произрастающем на ольхе черной на опушке черноольшаника приручейно-травяного в окр. д. Орля Мостовского района Гродненской области, coll., Голубков, 24.08.1999, det. М. Журбенко, 17. 08. 2003 (MSK-L).

Примечание. Для России на слоевище *Parmelia sulcata* приводится *Lichenoconium usneae* (Anzi) D. Hawksw. [3], для Украины как парасимбионт и паразит *Lichenoconium lecanorae* (Jaap) D. Hawksw**. [**1**],** а для Польши указывается *Lichenoconium erodens* M.S. Christ. & D. Hawksw. [19, 20].

Ли 11. *Muellerella pygmaea* (Körb.) D. Hawksw. var. *pygmaea* Körb. (1853) [5, 6] приводится Е. и Фр. Бахманнами как *Tichothecium pygmaeum* Körb. на слоевище *Rhizocarpon obscuratum* (Schaer.) Körb. [7].

12. *Muellerella ventosicola* (Mudd) D. Hawksw. (2003) [5, 6] впервые приводится Е. и Фр. Бахманнами как *Muellerella pygmaea* (Körb.) D. Hawksw. var. *ventosicola* (Mudd) Triebel. на слоевище на *Rhizocarpon obscuratum* [7]. В настоящее время найдена на гранитных валунах в окр. дер. Некасец Мядельского района Минской области, coll. Голубков, 10.06.1986, det. М. Журбенко, 17. 08. 2003 (MSK-L).

Ли 13. *Nectria lichenicola* (Ces.) (1878) (=*Nectria lichenicola* (Ges.) Sacc.) приводится В. П. Савичем на слоевище *Peltigera spuria* (Ach.) DC., (=*Peltigera didactyla* (With.) J. R. Laundon.), произрастающем на торфе и песчаных холмиках на паровом поле и пустоши Комаровского болота в окрестностях г. Минска (в настоящее время территория г. Минска) [9] и на легких суглинках на опушке леса в окрестностях д. Банциревщина А. Н. Окснером [8].

Примечание. В литературе многие виды рода *Nectria* представлены в качестве синонимов других таксонов. Например, на слоевище *Peltigera didactyla* (With.) J. R. Laundon (=*Peltigera spuria* (Ach.) DC), приводятся такие виды как *Pronectria erythrinella* (Nyl.) Lowen [2, 4, 21] и *P. ornamentata* (D. Hawksw.) Lowen [2]. Однако, на различных видах лишайников рода *Peltigera* на территории Украины из лихенофильных грибов рода *Nectria*

указывается еще *Nectria lecanodes* Ces. и *Pronectria robergii* (Mont & Desmaz.) Lowen [1].

14. *Phaeosporobolus usneae* D. Hawksw. & Hafellner (1986) найден: на слоевище *Usnea distincta* Motyka, произрастающем на березе в смешанном лесу по шоссе между д. Крайцы и д. Броды Лепельского района Витебской области - на территории Березинского биосферного заповедника, coll. Горбач, 20. 10. 1961, det. Журбенко М. (MSK-L); на слоевище *Usnea filipendula* v. *tuberculata*, произрастающем на стволе березы в урочище "Савский бор" Лепельского района Витебской области на территории Березинского биосферного заповедника, coll. Горбач Н. 00.06.1963, det. Журбенко М. 17.08.2003 (MSK-L) [16]; на слоевище *Usnea subfloridana* Stirt., произрастающем на стволе березы у дороги в сосняке черничном в окр. д. Юховичи Россонского района Витебской области, coll. В. Голубков, 26.06. 1986, det. М. Журбенко, 17. 08. 2003 (MSK-L); на слоевище *Usnea subfloridana,* произрастающем на стволе березы в еловом лесу в 28 квартале Гатовичского лесничества Мядельского района Минской области, coll. В. Голубков, 07. 10. 84, det. М. Журбенко, 17. 08. 2003 (MSK-L); на слоевище *Usnea hirta* (L.) Weber ex F. H. Wigg., произрастающем на сосне в сосняке мшистом в окр. г. п. Плещеницы Логойского район Минской области, coll. 22. 07. 1975, Голубков, det. М. Журбенко, 17. 08. 2003 (MSK-L); на слоевище *Usnea hirta* var. *villosa,* произрастающем на стволе сосны в сосновом лесу в окр. оз. Белое Гродненского района Гродненской области, coll. Горбач Н., Осмоловская А., 06. 09. 1964, det. М. Журбенко, 17. 08. 2003 (MSK-L);

Ли 15. *Sphaerellothecium propinquellum* (Nyl.) Cl. Roux & Triebel. (1994). Вид указанный Е. и Фр. Бахманнами как *Pharcidia epicymatica* (Wallr.) на *Lecanora subfusca* (L.) Ach. s. l. [7].

Примечание. В современных литературных источниках приводится на *Lecanora carpinea* и *L. rupicola* [2].

16. *Sphinctrina turbinata* (Pers.) De Not. (1846) (= *Sphinctrina turbinata* (Pers. ex Fr.) de Not, *Sphincirna gelasinata* (With.) Zahlbr.) известна как парасимбионт на слоевище *Pertusaria sp*., произрастающем на грабе обыкновенном в дубраве грабово-кисличной на территориях Национальных парков «Беловежская пуща» и «Припятский» [10, 11].

Ли 17. *Phoma peltigerae* (P. Karst.) D. Hawksw. (1980) указывается для Беларуси Е. и Фр. Бахманнами [7] на *Evernia prunastri* (L.) Ach. под названием *Phoma everniae* D. Hawksw.

Примечание. В настоящее время *Phoma peltigerae* (P. Karst.) D. Hawksw. известна только на *Peltigera sp*.

Ли 18. *Stigmidium congestum* (Körb.) Triebel (1991) - предполагаемый вид, который приводился Е. и Фр. Бахманнами для Беларуси как *Pharcidia epicymatica* Wallr. на слоевище *Lecanora subfusca* (L.) Ach. [7].

Примечание: *Stigmidium congestum* (Krb.) Triebel (=*Pharcidia epicymatica* Wallr.) указывался также для Калининградской области [22]. На *Lecanora argentata* он приводился для Центральной Польши [20] и для Литвы [23], а в районе озера Байкал (Россия) был найден на *Lecanora* sp. [2].

* 19. *Tremella cladoniae* Diederich & M. S. Christ. (1996) найдена: на слоевище *Cladonia* sp. в сосняке лишайниковом на эоловых дюнах в окрестностях г. п. Логишин в 16 квартале Логишинского лесничества Пинского района Брестской области, coll. В. Голубков 21. 04. 1989, det. М. Журбенко, 17.08.2003 (LE 260146); на слоевище *Cladonia* sp., произрастающем на замшелом стволе ольхи черной в переходной полосе черноольхового леса в еловый в окр. д. Тартаки Слонимского района Гродненской области, coll. В. Голубков, 06.05.1991, det. М. Журбенко, 17. 08. 2003 (MSK-L), на замшелом основании клена в дубраве, coll. В. Голубков, 25.05.1999, det. М. Журбенко, 17.08.2003 (LE 260126); на слоевище *Cladonia* sp., произрастающем у основании ствола ольхи черной в хвойном лесу в окр. д. Кострино в Закарпатской области, coll. В. Голубков 25.05.1999, det. М. Журбенко, 17.08.2003.

Примечание: типичные образцы, «пораженные» этим грибом, были собраны на территории Украины в Закарпатской обл. в окр. пос. Кострино на территории национального парка "Стужица" на слоевище *Cladonia* sp.(LE)

20. *Tremella hypogymnia* Diederich & M. S. Christ (1996) образует «галлы» на слоевище *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. Собрана на стволе липы в липняке кисличном в 82 квартале Свислочского лесничества на территории Национального парка «Беловежская пуща» в Свислочском районе Гродненской области, coll. В. Голубков 17. 06. 1083, det. M. Kukwa, 2004 (MSK-L) [15].

*21. *Tremella sp.* на слоевище *Tuckermanopsis chlorophylla* (Willd.) Hale in Egan, собранном у основания ствола березы повислой в сосняке березово-вересково-мшистом в окр. д. Колбовичи (6 км к В) в 197 квартале Барановичского лесничества Барановичского района Брестской области, coll. В. Голубков, 06. 05. 1991, det. М. Журбенко (LE).

Примечание. Вероятно, можно предположить, что определенный в 1991 г. М. Журбенко лихенофильный гриб как *Tremella sp.,* возможно, является видом *Tremella cetrariicola* Diederich & Coppins, который был приведен им позже для России на слоевище *Tuckermanopsis chlorophylla* [2].

22. *Vouauxiomyces truncatus* (B. de Lesd.) Dyko & D. Hawksw. (1979) найден на слоевище *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale у замшелого основания березы на территории санатория Трускавец Львовской области (Украина), coll. В. Голубков, 15.07.1995, det. М. Журбенко, 17.08.2003 (LE 260266).

Заключение. В результате проделанной работы было выявлено 22 вида лихенофильных гриба, ранее приводимых в литературных источниках, а также хранящихся в коллекции лаборатории флоры и систематики растений и лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK-L) и в коллекции лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (LE). 9 лихенофильных грибов приводятся впервые для Беларуси, а 2 вида – *Vouauxiomyces truncatus* (de Lesd.) Dyko & D. Hawksw. и *Tremella cladoniae* Diederich & M. S. Christ., собраны на территории Украины, причем первый для нее приводится впервые.

К сожалению, не имея в наличии образцов лихенофильных грибов, собранных более 80 лет назад на территории Беларуси, только по устаревшим названиям, приведенным в литературе, нельзя их привести в соответствии современной систематике, однако некоторые из них на сегодняшний день являются синонимами современных названий.

Благодарности. В данной работе я выражаю благодарность своим коллегам: J Kisszka (Zaklad Botaniki, Institut Biologii WSP, Krakow, Poland), М. П. Журбенко (Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия,) за оказанную консультацию по вопросам систематики и синонимики; С. Я. Кондратюку (Институт ботаники им. М. Г. Холодного, г. Киев,

Украина) за оставленные пометки в коллекции и замечания в отношении идентификации лихенофильных грибов родов *Calopcaka* и *Xantrhoria*, а также за сотрудничество M. Kukwa (Department of Plant Ecology and Nature Protection, Gdansk University, Gdansk, Poland) и всем остальным коллегам, благодаря которым она была написана.

Литература

1 Кондратюк С. Я. // Вивчення різноманітності мікобиоти України (ліхенофільні, септоріеві та пукциніеві гриби). Киів: Фітосоціоцентр, 1999. С. 8-43.

2. Mikhail P. Zhurbenko // Mycologia Balcanica. 2007. V. 4. P. 105–124

3. Michail P. Zhurbenko // Opuscula Philolichenum. 2009. V. 6. P. 87–120.

4. Mikhail P. Zhurbenko // Opuscula Philolichenum, 2009. V. 7. P. 121-186.

5. Kirk P., Cooper J. (eds). Index Fungorum. In: CABI Bioscience Databases. CABI Bioscience, CBS. Landcare Research. Путь доступа: http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp. Дата доступа: 23 II 2010.

6. Classification based on 9th edition of the Dictionary of the Fungi... but updated from AFTOL for 10th edition. In: CABI Databases. Путь доступа: http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp. Дата доступа: 23. II. 2010.

7. Bachmann E., Bachmann Fr. Litauische Flechten. // Hedwigia. 1920. Bd. LXI. H 6. P. 319-342.

8. Окснер А.Н. // Изв. Киев. ботан. сада. 1924. Вып. 1. С. 27-36.

9. Савич В. П. // Зап. Белорус. Гос. Ин-та сельск. и лесн. хоз-ва. 1925. Вып. 4. С. 1-33.

10. Голубков В.В. Видовой состав и структура лихенофлоры государственного заповедно-охотничьего хозяйства "Беловежская пуща". Ч. 1. Видовой состав и структура лихенофлоры Беловежской пущи: Анот. список. - Минск, 1987. 85 с. Деп. в ВИНИТИ 17. 3. 1987. N 2829.

11. Голубков В.В., Титов А.Н. // Новости сист. низш. раст. Л., 1990. Т. 27. С. 97-101.

12. Галубкоу У.У. Лішайнікі // "Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь: Рэдкіе і тыя што знаходзяцца пад пагрозай знікнення віды жывел і раслін. Мінск.: Беларуская энцыклапедыя, 1993. С. 531- 551.

13. Юрченко Е.О. // Весці НАН Беларуси. Сер. біял.навук. 2002. № 3. С. 35-37.

14. Yurchenko E.O., Golubkov V.V. // Mycological Progress. 2003. V. 2 (4). P. 275-284.

15. Golubkov Vladimir V., Kukva Martin // Acta Mycologyca. 2006. Vol. 41 (1). S. 155-164.

16. Голубков В.В., Кобзарь Н.Н. // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. Вып. 2. Минск : Белорусский дом печати, 2007. С. 11-34.

17. Kukva M., Matieijunaite J. // Fragm. Flor. Geobot. 1999. Vol. 44 (2). P. 491-497.

18. Santesson, R., R. Moberg, A. Nordin, T. Тшnsberg, amd O. Vitikainen. 2004. Lichen–forming and lichenicolous fungi of Fennoscandia // Museum of Evolution, Uppsala University. 359 p.

19. Kukva M. et al. // Herzogia. 2002. V. 15. P. 129-139.

20. Lubek A. // Acta Mycologica. 2002. Vol. 37 (1/2). P. 93-100.

21. Matieijunaite J. // Herzohia. 2007. 20. 179-188

22. Биоразнообразие Калининградской области. Ч.1: Грибы, лишайники, плауны, хвощи, папоротники Калининградской области: Справочник / В. П. Дедков, И. Ю.Губарева, А. А. Володина, Д. Е Петренко; Под ред. В, П, Дедкова, И. Ю Губаревой. Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2007. С. 79-190

23. Matieijunaite J., Anderson L. // Botanica Lithuanica. 2003. 9 (1). P. 71-78.

24. Kirk P. M, Cannon P., Minter D., Stalpers J. Dictionary of the Fungi. 10th ed. 2008.

В. В. ГОЛУБКОВ

АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК ЛИХЕНОФИЛЬНЫХ ГРИБОВ БЕЛАРУСИ

Резюме

В работе сообщается о 22 таксонах лихенофильных грибов, которые в настоящее время хранятся в коллекциях лишайников лаборатории флоры и систематики растений и лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной Академии наук Беларуси (MSK-L); в лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В.Л.Комарова Российской Академии наук (LE). Из них 2 вида (*Vouauxiomyces truncatus* (de Lesd). Dyko & D. Hawksw. и *Tremella cladoniae* Diederich & M. S. Christ.) были собраны на территории Украины. *Vouauxiomyces truncatus* (de Lesd). Dyko & D. Hawksw. впервые приводится для Украины, 9 таксонов впервые сообщаются для территории Беларуси. Описана краткая история исследования и представлен первый аннотированный список лихенофильных грибов Беларуси. Он включает информацию о местонахождениях лишайников и лихенофильных грибов, даты, коллекции, коллекторов, авторов определения и другие заметки.

V.V. GOLUBKOV

REVIEW OF LICHENICOLOUS FUNGI OF BELARUS. THE FIRST ANNOTATED LIST.

Summary

The work reports about 22 taxa of lichenicolous fungi that are currently stored in the lichen collections of flora and plants systematic laboratory and in the mycology laboratory of the experimental botanic Institute of the V.F Kuprevich (MSK-L) of the National Academy of Science of the Belarus and in the laboratory of Fungi systematic and geography of the Institute of Komarov of Russian Science Academy (LE). 2 species of them (Vouauxiomyces truncatus (B de Lesd.) Dyko & D. Hawksw. and Tremella cladoniae Diederich & M. S. Christ.) were collected on the territory of Ukraine). Vouauxiomyces truncatus (B de Lesd.) Dyko & D. Hawksw. the first time mentioned to be found in the Ukraine. 9 species of lichens first time for territory the Belarus are recorded. In this work the short history of lichenicolous fungi investigation on the territory of the republic is roughly described. The first annotated list of lichenicolous fungi of Belarus is represented. It includes the information about the location of lichens and lichenicolous fungi, dates, collections, collectioners, authors of definition and other notes.

Поступила в редакцию 18.05.2011 г.

УДК 582.28.07 (476)

Т.Г. ШАБАШОВА

АНАЛИЗ ВИДОВОГО СОСТАВА ПОЧВЕННЫХ ГРИБОВ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ В БЕЛАРУСИ

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси

Введение. Биологическое разнообразие является основным параметром, характеризующим состояние экосистем, а видовое разнообразие - отражает сложность видовой структуры природного сообщества и его способность к адаптации по отношению к внешней среде, развитию, самовоспроизведению и эволюции. Уменьшение видового разнообразия свидетельствует об упрощении структуры сообщества и о нарушении соотношений между видами по обилию и видовому богатству [1]. Поэтому в условиях активного антропогенного преобразования ландшафтов особую значимость приобретает выявление природного разнообразия специфических микологических популяций ненарушенных природных территорий, адаптированных к конкретным экологическим условиям, изучение пространственной организации

и экологических функций микоценозов. Это связано с тем, что почвенные микроскопические грибы являются основным компонентом в блоке микродеструкторов растительного опада. Они синтезируют и выделяют во внешнюю среду разнообразные гидролитические ферменты, расщепляющие любые органические субстраты, многие органические кислоты, что способствует растворению труднодоступных фосфатов и других минеральных элементов. Почвенные грибы способны осуществлять процесс гетеротрофной нитрификации, что имеет особое значение в кислых подзолистых почвах, где автотрофная нитрификация отсутствует. Всестороннее изучение почвенных микромицетов состоит в накоплении данных о видовом составе, закономерностях распространения отдельных видов, их взаимосвязей с растениями. Определение видового разнообразия почвенной микофлоры, выявление типичных видов является основой для исследования процессов формирования и развития фитоценозов, установления индикационных характеристик почв лесов [2].

В связи с этим необходимо провести изучение видового состава и экологии микромицетов в лесных фитоценозах Беларуси. Такие исследования были начаты в 2001 году и продолжаются в настоящее время.

Цель нашей работы состояла в обобщении результатов исследования точечного альфа-разнообразия почвенной микофлоры (т.е. разнообразия внутри местообитания одного сообщества ненарушенной территории) на примере дубравы кисличной (ассоциация дубняк грабово-кисличный) в биологическом заказнике местного значения «Дубрава» (Осиповичский р-н) [3], черноольшанника кисличного (Мядельский р-н, окрестности д. Черевки), черноольшанника крапивного (Солигорский р-н, окрестности д. Гоцк) [4, 5], сосняка мшистого (Толочинского р-н, окр. д. Плоское) и бруснично-мшистого (Борисовский р-н, окр. д. Киселевка), ельника кислично-мшистого (Оршанский р-н, окр. д. Вязмичи), дубово-кисличного (Толочинский р-н, окр. д. Михайловщина) [6, 7] и ельника мшистого - ассоциация ельник мертвопокровный (Мядельский р-н, окр. д. Гатовичи, заказник Черемшицы).

Материалы и методы исследования. Пробы почвы отбирали летом и осенью в сосняках (мшистом и бруснично-мшистом), ельниках (кислично-мшистом, мшистом - ассоциация ельник

мертвопокровный и дубово-кисличном), черноольшаннике кисличном и крапивном, дубраве кисличной (ассоциация дубняк грабово-кисличный) из перегнойно-гумусового A_0A_1 и гумусового A_1 горизонтов.

Каждый образец характеризовался 10-ю отдельно взятыми навесками почвы, отобранными методом случайных проб в исследуемом фитоценозе. Каждую пробу почвы помещали в стерильный пакет и этикетировали. В связи с необходимостью десорбировать споры и мицелий микромицетов с поверхности почвенных частиц, перед высевом на среду проводилась обработка почвенных образцов. Почвенную суспензию (1 г почвы на 100 мл стерильной воды) в колбах помещали в термостатированую качалку на 60 минут [8]. Затем с помощью метода последовательных серийных разведений производили посев на полноценную питательную среду (сусло-агар, агар с мальц-экстрактом, а также среда с почвенным экстрактом) в четырех повторностях, температура инкубации – 24±1°C, время роста – 5–7 дней. Через 5-7 дней после посева колонии изолировали в пробирки с сусло-агаром для длительного хранения. Таксономическое положение родов выделенных нами грибов дано по системе, опубликованной в «Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi» [9], определение – по второму изданию «Compendium of soil fungi», а также определителям [10-15].

Количество грибов КОЕ (колоний образующих единиц) и отдельных видов определяли по числу проросших спор или фрагментов мицелия в определенной навеске почвы (1 г).

Для изучения структуры сообщества почвенных грибов проводили определение насыщенности родов, т.е. выделение доминирующих и сопутствующих видов. Для определения значимости вида (оценки его типичности и положение в структуре доминирования) применяли критерий частоты встречаемости вида, которая представляет отношение общего числа изолятов данного вида к общему числу всех изолятов в исследуемом образце. На основе частоты встречаемости вида было проведено дифференцирование на доминантные, часто встречающиеся, редкие и случайные. Виды с высокой встречаемостью (выше 60%) – доминирующие, 30–60% – часто встречающиеся, 10–30% – редкие, ниже 10% – случайные [1, 16].

Результаты и их обсуждение. Из исследуемых образцов почв сосняков, ельников, ольшаников и дубравы было выделено свыше 1000 штаммов, идентифицировано до вида более 150 микромицетов.

Рис. 1. Численность видов почвенных грибов лесных формаций.

Наибольшее количество грибов было выделено из почв ельников и сосняков (рис. 1). Суммарная численность грибов на 1 г почвы, в среднем, была больше в перегнойно-гумусовом горизонте почвы – $2.1\text{-}4.2 \pm 0.2 \cdot 10^4$ КОЕ, в гумусовом – $1.2\text{-}2.7 \pm 0.1 \cdot 10^2$ КОЕ, вне зависимости от типа леса.

Проведенный нами анализ распределения количества видов грибов по почвенным горизонтам также показал, что большая часть микромицетов была выделена из перегнойно-гумусового – 226, а из гумусового – всего лишь 75 штаммов, т.е. основная масса и разнообразие почвенной микофлоры, сосредоточено в лесной подстилке и перегнойно-гумусовом горизонте [17] (рис. 2).

Особенностью выделенных грибных комплексов оказалась и резкая смена видового состава при переходе на нижний гумусовый горизонт, в котором отсутствует около 75 % видов грибов из верхнего почвенного слоя, в то же время как 25 % микромицетов оказались приуроченными именно к гумусовому почвенному горизонту, и это почти все виды выделенных сумчатых грибов отдела *Ascomycota* (таблица). В перегнойно-гумусовом горизонте доминировали гифомицеты и зигомицеты.

Рис. 2. Количественное распределение видов микромицетов по почвенным горизонтам и типам лесных сообществ:

I - перегнойно-гумусовый почвенный горизонт, **II** – гумусовый горизонт; **ЕДК** – ельник дубово-кисличный; **ЕКМ** - ельник кислично-мшистый; **ЕАМ** - ельник мертвопокровный; **СМ** - сосняк мшистый; **СБМ** - сосняк бруснично-мшистый; **ОКи** - черноольшанник кисличный; **ОКр** - черноольшанник крапивный; **ДГК -** дубрава грабово-кисличная.

Анализируя полученные данные по видовому составу можно отметить, что в почвенной микофлоре изучаемых фитоценозов превалируют грибы с гифальным типом спороношения в анаморфной стадии – 118 видов, что составляет более 76.8 % от общего видового состава грибов, зигомицеты – 23 вида или 15.3 %, аскомицеты – 10 видов, т.е. 6.6 % от общего числа выделенных видов и 2 вида целомицетов (1.3 %) (табл.).

Таблица. Видовой состав почвенных грибов разных лесных сообществ.

Видовой состав	**Типы леса**							
	ЕДК	ЕКМ	ЕАМ	СМ	СБМ	ОКи	ОКр	ДГК
Zygomycota, Zygomycetes, Mucorales, Mortierellaceae								
Mortierella alpina Peyronel						I	I	
M. alpina f. sporangiostylospora Chalab.					I	I		
M. candelabrum Tiegh. et Monn.				II				
M. exigua Linnem.						I		
M. horticola Linnem.						I		
M. hyalina (Harz) W. Gams					I			I
M. longicollis Dixon-Stew.						I		

M. polycephala Coem.	I,II	I		II	I			
M. pusilla Oudem.		I	I				I	I,II
M. stylospora Dixon-Stew.						I		
M. turficola Y. Ling			I			I		
Zygomycota, Zygomycetes, Mucorales, Umbelopsidaceae								
Umbelopsis isabellina (Oudem.) W. Gams			I,II	I	I,II	I,II	I,II	I,II
U. ramanniana (Möller) Linnem						I	I	I
U. vinacea (Dixon-Stew.) Arx.	I	I	I,II	I	II	I,II	II	I,II
Mucoraceae								
Absidia repens Tiegh.		I						
Mucor angulisporus Naumov		I		I				
M. hiemalis Wehmer		II						I
M. hyalinus Cooke	I				I			
M. lignicola (G.W. Martin) W.Gams et R. Moreau		II						
M. plumbeus Bonord.								
M. ramannianus A. Moller		I		I				
Rhizopus cohnii Berl. et De Toni								
R. microsporus Tiegh.		I		I		I	I	I
Ascomycota, Eurotiales, Trichocomaceae								
Byssochlamys nivea Westling	II	I,II						
Neosartorya fischeri (Wehmer) Malloch et Cain	II							
Talaromyces luteus (Sacc.) Stolk et Samson		II						
T. wortmannii (Klöcker) C.R.Benj.		II						
Sordariales, Chaetomiaceae								
Chaetomium globosum Kunze: Fr.				II	II			
Ch. olivaceum Cooke et Ellis				II				
Thielavia terricola (J.C. Gilman et E.V. Abbott) C.W. Emmons				II	II			
Gymnoascaceae								
Gymnoascus reesii Baran.				II				
Ceratostomataceae								
Melanospora zobelii (Corda) Fuckel	II							
Sordariaceae								
Neurospora sitophila Shear et B.O. Dodge		II						
Anamorphic fungi								
Acremonium apii W. Gams								I
A. butyri (J.F.H. Beyma) W. Gams	I			I,II				I
A. charticola (J.Lindau) W. Gams		I	I					
A. roseogriseum (S.B.Saksena) W. Gams				I				
A. strictum W. Gams	I	I		I				
Alternaria alternata (Fr.) Keissl.		I	I,II				I	I
A. tenuissima (Kunze: Fr.) Wiltshire			I	I				
Arthrinium phaeospermum (Corda)	I							

M.B. Ellis								
Arthrobotrys conoides Drechsler				I				
Aspergillus candidus Link				II				
A. clavatus Desm.								II
A. fischeri Wehmer	II							
A. flavus Link				I	I			
A. fumigatus Fresen.	I,II	I						
A. niger Tiegh.				I				
A. proliferans G. Sm.	II							
A. sydowii (Bainier et Sartory) Thom et Church	I							
A. versicolor (Vuill.) Tirab.		I						
A. wentii Wehmer				I				
A. ustus (Bainier) Thom et Church					I			
Aureobasidium pullulans (de Bary) Arnaud		II						
Botryosporium diffusum (Grev.) Corda				I				
Botryotrichum piluliferum Sacc. et Marchal				II	II			
Botrytis cinerea Pers.: Fr.	I				I			
B. epigaea Link	I							
Cladosporium cladosporioides (Fresen.) de Vries		II						
C. herbarum (Pers.) Link	II	II	II	I	I	I		I,II
C. oxysporum Berk. et M.A. Curtis				I		I,II	I	I,II
Clonostachys candelabrum (Bonord.) Schroers								I
Cylindrocladium parvum P.J. Anderson				I				
Fusarium merismoides Corda				I				
F. oxysporum Schlecht.	I	I		I				I
F. semitectum Berk. et Rav.	I						I	
F. sporotrichiella Bilai *var. poae* (Pk) Wr. emend Bilai								I
F. sporotrichiella Bilai *var. tricinctum* (Corda) Bilai								I
Geotrichum candidum Link		I	I					
Gilmaniella humicola G.L.Barron		I						
Gliocladium penicilliodes Corda					I			
G. roseum Bainier		I			I			
G. vermoesenii Thom	I							
G. virens J.H. Mill., Giddens et A.A.Foster				I				
Gonytrichum macrocladum (Sacc.) S. Hughes				I	II			
Haplaria grisea Schwein.					I			
Humicola nigrescens Omvik				II	II			
Lecanicillium lecanii (Zimm.) Zare et W. Gams	II			I				
Monilia brunnea (Abbott) Gilman				I				

Myrothecium roridum Tode: Fr.				I				
Oedocephalum glomerulosum (Bull.: Fr.) Sacc.				I				
Oidiodendron tenuissimum (Peck) S. Hughes				I	I			
O. maius G.L.Barron				I				
Ozonium omnivorum Shear				II				
Paecilomyces carneus (Duché et R. Heim) W. Br. et Sm.				I				
P. farinosus (Holmsk.) A.H.S Br. et G. Sm.	II II							
P. lilacinus (Thom) Samson	II	I		I				
P. marquandii (Massee) S. Hughes				I				
P. variotii Bainier								
Penicillium atramentosum Thom				I				
P. brevicompactum Dierckx			I			I	I	
P. canescens Sopp	I	I,II	I			I,II	I	
P. chartarum Cooke				I	II			
P. chrysogenum Thom	I	I	I					I,II
P. citreoviride Biourge				I				II
P. cyaneum (Bainier et Sartory) Biourge ex Thom					I			
P. decumbens Thom	I	I		I		I,II		
P. duclauxii (Delacr.) Dierckx	I			I				
P. expansum Link				I,II	I,II	I	I	
P. fellutanum Biourge		I						
P. frequentans Westling	I	I		I		I	I	
P. fuscum (Sopp) Raper et Thom		I			I		I	
P. giganteum R.Y. Roy et G.N. Singh					I			
P. implicatum Biourge				I	I		I	
P. jensenii K.M. Zalessky		II			I			
P. lanosum Westling	I				I	I		
P. lividum Westling				I		I		
P. martensii Biourge	I						I	
P. miczynskii K.M. Zalessky				I				
P. nigricans Bainier ex Thom				I			I	I
P. ochrochloron Biourge	I							
P. oxalicum Currie et Thom				I				
P. paxilli Bainier		I						
P. purpurogenum Stoll	I		I	I				
P. raciborskii K.M. Zalessky		I		I				
P. roquefortii Thom	I							
P. rugulosum Thom				I		I		
P. sclerotiorum J.F.H. Beyma	I					I		
P. soppii K.M. Zalessky				I				I,II
P. spinulosum Thom						I		
P. steckii K.M. Zalessky	I	I						
P. tardum Thom				I,II	II			
P. terlikowskii K.M. Zalessky	I							
P. thomii Maire					I			
P. variabile Sopp	I			I	I			
P. velutinum Beyma					I	I		

P. verruculosum Peyronel				I,II		I		
P. waksmanii K.M. Zalessky		I		II			I	
Periconia byssoides Pers.: Fr.	I							
Phaeoisaria clavulata (Grove) E.W. Mason et S. Hughes					I,II			
Phoma exigua Desm. *var. exigua*		I		I				
P. levellei Boerema et Bollen				I				
Rhinocladiella atrovirens Nannf.				I				
Rhizoctonia aderholdii Kolosch.	I							
Scopulariopsis brevicaulis (Sacc.) Bainier				II	I			
Sporotrichum roseum Link	I							
Stachybotrys chartarum (Ehrenb.) S. Hughes	I					I	I	I
Stemphylium verruculosum (Zimm.) Sacc.				I				
Thielaviopsis basicola (Berk. et Broome) Ferraris					II			
Tolypocladium sp.				I				
Trichoderma aureoviride Rifai	I							
T. hamatum (Bonord.) Bainier				I	I		I	
T. koningii Oudem.				I				I
T. longibrachiatum Rifai		I						
T. polysporum (Link) Rifai	I	I						
T. viride Pers.		I					I,II	I
Verticillium albo-atrum Reinke et Berthold				II				
V. album (Preuss) Pidopl.					II			
V. chlamydosporium Goddard	I							
V. lecanii Goddard								II
Mycelia sterilia	I,II	I	I	I,II	I	I	I	I

Примечание: **I** - перегнойно-гумусовый почвенный горизонт, **II** – гумусовый горизонт; **ЕДК** – ельник кисличный ассоциация ельник дубово-кисличный; **ЕКМ** - ельник мшистый ассоциация кислично-мшистая; **ЕАМ** - ельник мшистый ассоциация ельник мертвопокровный; **СМ** - сосняк мшистый; **СБМ** - сосняк бруснично-мшистый; **ОКи** - черноольшанник кисличный; **ОКр** - черноольшанник крапивный; **ДГК** - дубрава кисличная ассоциация дубняк грабово-кисличный.

Всего был определен 151 вид грибов, которые относятся к 53 родам, причем 34 рода представлены каждый одним видом, в основном относящихся к темноокрашенным гифомицетам (сем. *Dematiaceae*), что составляет относительно небольшую долю в структуре изучаемой почвенной микобиоты, но среди них особенно велико число редких и случайных видов. Около четверти дематиевых грибов проявляют приуроченность только к определенному фитоценозу. Исключение представляет только род *Cladosporium*, представители которого встречались в почвенных

пробах всех исследуемых фитоценозов, т.е. их можно отнести к часто встречающимся видам (табл.).

К светлоокрашенным гифомицетам (сем. *Moniliaceae*) относится 76,2% видов от общего числа анаморфных грибов, они выделялись из почв практически всех изученных лесных сообществ. Именно к ним принадлежат представители трех наиболее крупных родов – *Penicillium* (33,1 % всех выделенных видов), *Aspergillus* (9,3 %) и *Trichoderma* (5,1 %), эти три рода доминируют в микобиоте изученных лесных дерново-подзолистых почв, как по количеству, так и по видовому составу. Широкая приспособляемость пенициллов к различным условиям окружающей среды, а также их высокая конкурентоспособность обеспечивают им доминирование в большинстве почвенных ценозов. По данным Л.Н. Егоровой [14] род *Penicillium* занимает главенствующее положение по видовому разнообразию и количественному преобладанию в комплексе почвенных грибов лесной зоны умеренного природного пояса (до 80-90% всех изолятов). В тоже время в смешанных хвойно-широколиственных и широколиственных лесах содержание видов рода *Penicillium* уменьшается до 50-60 % от общего количества всех изолятов [14]. Это происходит за счет увеличения видового разнообразия гифомицетов, особенно темноокрашенных.

Из полученных нами результатов следует, что, несмотря на превалирование представителей рода *Penicillium* в образцах дерново-подзолистых почв изучаемых фитоценозов, в процентном соотношении (33,1 % выделенных видов) к остальным родам анаморфных грибов в микобиоте их в 2-2,5 раза меньше по сравнению с данными Л.Н. Егоровой [14] для сходных типов почв. Преимущественно все виды пенициллов были изолированы из верхнего перегнойно-гумусового горизонта почвы, а на более глубоком гумусовом горизонте количество видов данного рода и их встречаемость значительно уменьшались.

Изучая особенности развития ризосферной микрофлоры сосны в таежных лесах (в том числе и на подзолистых почвах), Н.Д. Сорокин [18] отметил доминирование рода *Aspergillus* независимо от сезона, увлажнения и возраста соснового древостоя. В наших исследованиях аспергиллы занимали по количеству видов второе место в микофлоре сосняков и ельников, что полностью совпадает с данными Л.Н. Егоровой. В то же время по данным, полученным

Л.Л. Великановым [19] и В.Н. Борисовой [17], представители рода *Aspergillus* в структуре грибного комплекса по значимости относятся к разряду случайных видов.

Определенный интерес представляет также большое видовое разнообразие и высокая частота встречаемости представителей рода *Trichoderma* в почвах исследуемых фитоценозов. Для Беларуси ранее уже отмечалось Т.Г. Зименко [20], что количество видов рода *Trichoderma* превышает среднее количество (2-3), которое приводится большинством исследователей для подзолистых лесных почв. Нами было выделено 6 видов этого рода: *Trichoderma aureoviride*, *T. hamatum*, *T. koningii*, *T. longibrachiatum*, *T. polysporum*, *T. viride*.

Довольно значительное количество и видовое разнообразие грибов отдела *Zygomycota* подтверждает данные Т.В. Халабуды [11] о том, что эти грибы активно участвуют в структурообразовательных процессах почвы и способны разлагать гумус, используя его в качестве источника азота и углерода. Виды двух родов *Mortierella* и *Umbelopsis* отличались высокой частотой встречаемости, и их по сравнению с *Mucor* и *Rhizopus* было выделено вдвое больше и при этом из большинства отобранных проб, на разной глубине и во всех типах леса. Вместе с тем, виды рода *Mucor* оказались характерными только для перегнойно-гумусового горизонта ельников кислично-мшистого и дубово-кисличного, а также сосняка мшистого и исключительно редко выделялись из проб нижнего горизонта (см.табл.).

Сделанный нами анализ количественного распределения почвенных грибов по каждому лесному сообществу показывает, что оно зависит от степени обилия и разнообразия напочвенного растительного покрова и, что изменение состава растительности приводит к изменению структурной системы микоценоза и смене групп доминирования. Например, основу комплекса почвенной микофлоры сосняков и ельников составляют грибы родов *Penicillium, Aspergillus* и *Trichoderma*, которые доминируют и часто встречаются в перегнойно-гумусовом горизонте, составляя комплекс типичных почвенных микромицетов исследуемого фитоценоза. Гумусовый горизонт представлен в основном видами типичными для почв, но редкими и случайными по своей представленности в наших образцах. Относительная бедность растительного покрова в ельнике мертвопокровном с большим

количеством опада хвои, уменьшает видовою насыщенность микромицетов в несколько раз по сравнению с ельником кисличным и мшистым (рис. 3).

ЕДК – ельник дубово-кисличный; **ЕКМ** - ельник кислично-мшистый; **ЕАМ** - ельник мертвопокровный; **СМ** - сосняк мшистый; **СБМ** - сосняк бруснично-мшистый; **ОКи** - черноольшанник кисличный; **ОКр** - черноольшанник крапивный; **ДГК -** дубрава грабово-кисличная.

Рис. 3. Количество видов почвенных грибов разных лесных сообществ.

И, наоборот, увеличение растительного покрова в ельнике кислично-мшистом и особенно в дубово-кисличном (дуб черешчатый, малина, черника, кислица обыкновенная, майник двулистный, ветреница дубравная, орляк, вейник наземный, ландыш майский, мхи - *Pleurozium schreberi, Hylocomium splendens, Dicranum polysetum, Pteridium aquilinum*) приводит к возрастанию обилия гумуса и как следствие, повышается видовое разнообразие почвенных микромицетов, особенно в перегнойно-гумусовом горизонте.

Аналогично и в отношении сосняка мшистого и бруснично-мшистого, в которых присутствуют, в древесном ярусе – береза бородавчатая и дуб, подлеске – крушина ломкая, рябина и можжевельник, напочвенный покров представлен брусникой, вереском, овсяницей, вейником наземным, орляком, черникой,

осокой, ястребинкой волосистой, чабрецом, майником двулистным, марьянником лесным, мхами - *Pleurozium schreberi, Dicranum polysetum, D. scoparium, Hylocomium splendens, Polytrichum commune.* Можно предположить, что микобиота данных изучаемых почв по своей таксономической структуре близка микобиоте смешанных лесов, несмотря на то, что пробы брались как в смешанном типе леса (ельник дубово-кисличный), так и в чистых сосняках (сосняк мшистый и сосняк бруснично-мшистый) и ельнике (ельник кислично-мшистый).

Анализ видового разнообразия микромицетов черноольшанников показывает, что основу комплекса почвенных грибов ольшаника кисличного составляют виды родов *Mortierella* и *Umbelopsis*, которые являются доминирующими, а в ольшанике крапивном - часто встречающимися. В почве черноольшанника крапивного доминировали грибы рода *Penicillium*. По видовому разнообразию микромицетов данный фитоценоз значительно богаче ольшаника кисличного – 27 видов, из почвы ольшаника кисличного – 17 видов. Кроме того, была отмечена высокая пространственная встречаемость таких видов как *Mortierella alpine*, *M. stylospora*, *Umbelopsis isabellina*, *U. vinacea*, *Penicillium brevicompactum*, *P. canescens*, *P. decumbens*, *P. expansum*, *P. frequentans*, которые можно отнести к часто встречающимся видам, составляющих комплекс типичных видов черноольшанников. Древостой данных сообществ в основном с примесью березы пушистой, дуба и ели, подлесок – рябина, черемуха, крушина ломкая и малина. Напочвенный покров – кислица обыкновенная, кочедыжник женский, фиалка болотная, крапива двудомная, мятлик болотный, ветреница дубравная, осока, звездчатка лесная и герань болотная, мхи – *Calliergon cordifolium, Calliergonella cuspidata, Climacium dendroides,* редко виды родов *Polytrichum* и *Dicranum*. Однако довольно значительная увлажненность мест нахождения данных фитоценозов, особенно черноольшанника кисличного является основным фактором, сдерживающим рост и развитие почвенных грибов, но это же и способствует развитию грибов родов *Mortierella* и *Umbelopsis,* которые наиболее широко распространены и часто встречаются именно в более увлажненных почвах. Поэтому наибольший уровень видового разнообразия данных грибов наблюдался в черноольшаннике кисличном, причем некоторые их виды ранее не были описаны для Беларуси [11, 21].

Основу почвенной микофлоры дубравы кисличной (ассоциация дубняк грабово-кисличный) составляют грибы рода *Trichoderma*. Они доминируют в перегнойно-гумусовом и единично встречаются в гумусовом горизонте, который был представлен в основном видами типичными для почв, но редкими и случайными по своей представленности в наших образцах, т.е. это виды, которые выделяются постоянно из всех образцов почвы, но на чашках Петри представлены единичными колониями: *Clonostachys candelabrum, Fusarium oxysporum, Penicillium citreo-viride* и *Verticillium lecanii*. Кроме того, была отмечена высокая пространственная встречаемость *Trichoderma koningii*, *Fusarium sporotrichiella* и *Umbelopsis isabellina*, которые можно отнести к часто встречающимся видам, составляющим комплекс типичных почвенных микромицетов исследуемого фитоценоза. Наличие в микобиоте дубняка грибов рода *Fusarium,* скорее всего, связано с тем, что в составе напочвенного растительного покрова присутствовали – ежа сборная, вейник и мятлик, а также другие растения – кислица, сныть обыкновенная, фиалка удивительная, печеночница обыкновенная, осока. Из почвы дубняка был выделен вид, ранее не упоминавшийся для почв Беларуси – *Clonostachys candelabrum* (Bonord.) Schroers. [22].

Заключение. Таким образом, полученные нами результаты подтверждают закономерность, выражающуюся в снижении видового богатства микобиоты с углублением по почвенному профилю, отмеченную Л.Л. Великановым [18] – количественное распределение микромицетов обычно достигает максимума в верхнем горизонте, тогда как в горизонтах, расположенных ниже, их количество убывает.

Анализ видового состава микромицетов во всех исследуемых фитоценозах показывает, что в почвах изученных нами сосновых и еловых лесов нет значительной разницы в составе грибного сообщества, хотя наиболее насыщенной (качественно и количественно) оказалась микобиота сосняка мшистого как в перегнойно-гумусовом, так и в гумусовом почвенных горизонтах. Характеризуя изученные фитоценозы по частоте встречаемости родов и обилию входящих в них видов, род *Penicillium* следует отнести к доминирующим в хвойных и некоторых лиственных лесах - черноольшаннике крапивном, в котором подлесок и травянистый покров сохраняет видовой состав той лесной

формации, в частности сосновой, которая произрастала до смены их ольхой. В почве дубняка грабово-кисличного доминировал род *Trichoderma*, а в черноольшаннике крапивном рода *Mortierella* и *Umbelopsis.* Рода *Cladosporium* и *Trichoderma* можно отнести к часто встречающимся в составе микофлоры почвенных грибов всех изученных фитоценозов.

Такие виды как *Cladosporium herbarum* и *Umbelopsis vinacea* по частоте встречаемости доминируют во всех почвенных комплексах изученных растительных сообществ, часто встречаются – *Umbelopsis isabellina*, *Penicillium canescens*, *P. expansum* и *P. frequentans*, которые составляют комплекс типичных видов всех исследуемых фитоценозов.

Слабо представленными родами в лесных дерново-подзолистых почвах оказались *Alternaria, Botrytis, Fusarium, Paecilomyces* и *Verticillium*, т.е. в них входят распространенные виды почвенных грибов, но с невысокой частотой встречаемости в наших образцах. Многие рода, представленные одним видом, по частоте встречаемости можно также отнести к случайным, но типичным обитателям почв, хотя именно они обеспечивают разнообразие и устойчивость почвенного микробного сообщества.

Виды рода *Fusarium* в лесных почвах встречаются значительно реже, чем в луговых и окультуренных [14]. В наших исследованиях они были единично выделены с пробных площадок ельника дубово-кисличного и дубравы грабово-кисличной, на которых произрастали в незначительном количестве злаки, т.е. степень их участия в микобиоте лесных почв невысокое.

При сравнении почвенных грибов в составе разных фитоценозов было отмечено, что видовое разнообразие зигомицетов и насыщенность родов *Absidia, Mortierella, Mucor, Rhizopus* и *Umbelopsis* зависят от типа лесного сообщества. Возможно, распространение данных грибов связано с наличием поверхностного органогенного богатого перегнойного горизонта, и наиболее мощно он представлен именно в ельнике кислично-мшистом и черноольшанике кисличном, где имеется обильный перегнивший и разлагающийся опад, при высокой влажности в отличие от остальных фитоценозов.

В результате проведенного изучения составлен список видов почвообитающих грибов и определена структура их комплекса в ненарушенных местообитаниях северной части Беларуси. Многие

выявленные виды микромицетов типичны для всех изученных фитоценозов, но при этом каждое растительное сообщество характеризуются своими особенностями видового состава почвенных грибов.

Литература

1. Лебедева Н. В., Криволуцкий Д.А., Пузаченко Ю.Г. и др. География и мониторинг биоразнообразия. М., 2002.
2. Великанов Л.Л., Сидорова И.И. // Итоги науки и техники. М., 1988. Т. 6. С. 50-72.
3. Шабашова Т.Г., Гапиенко О.С. // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов. Минск, 2009. Ч.1. С.296-299.
4. Шабашова Т.Г., Беломесяцева Д.Б. // Ботаника (исследования): Сборник научн. тр. Минск : Право и экономика, 2008. Вып. 36. С. 287-292.
5. Шабашова Т.Г., Беломесяцева Д. Б. // Труды БГТУ. Сер. I. Лесн. Хозяйство, 2009. Вып. XVII. С. 324-328.
6. Беломесяцева Д.Б., Шабашова Т.Г. // Микология и фитопатология, 2004. № 38. Вып.6. С. 1-7.
7. Беломесяцева Д.Б., Шабашова Т.Г. // Ботаника (исследования): Сборник научн. тр. Минск : Право и экономика, 2005. Вып. 33. С. 146–153.
8. Сейги Й. Методы почвенной микробиологии. Москва, 1983.
9. Kirk P. Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi. 9th ed. Wallingford, 2001.
10. Gams W., Domsh K., Anderson K. Compendium of soil fungi. München, 2007.
11. Халабуда Т.В. Грибы рода Mortierella Coemans. М., 1973.
12. Кириленко, Т. С. Атлас родов почвенных грибов (Ascomycetes и fungi imperfecti). Киев, 1977.
13. Matsushima T. Mycological Memories. Tokyo, 1996.
14. Егорова Л.Н. Почвенные грибы Дальнего Востока. Гифомицеты. Л, 1986.
15. Литвинов М.А. Определитель микроскопических почвенных грибов. Л, 1967.
16. Зенова Г.М., Курков А.В. Методы определения структуры комплексов почвенных актиномицетов и грибов. Москва, 1988.
17. Борисова В.Н. Гифомицеты лесной подстилки в различных экосистемах. Киев, 1987.
18. Сорокин Н.Д. Микрофлора таежных почв Средней Сибири. Новосибирск, 1981.
19. Великанов Л.Л., Петелин Д.А., Тарасов К.Л., Шапиро М.Б. // Микология и фитопатология, 1985. Т. 19. Вып. 2. С. 105-13.
20. Зименко Т.Г. Микробиологические процессы в мелиорированных торфяниках Белоруссии и их направленное регулирование. Минск, 1977.

21. Шабашова Т.Г., Беломесяцева Д.Б. // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. научн. трудов ИЛ НАН Беларуси. Гомель, 2009. Вып. 69. С. 657-662.

22. Шабашова Т.Г. // Ботаника (исследования): Сборник научн. тр. Минск : Право и экономика, 2010. Вып. 38. С. 167-171.

Т.Г. ШАБАШОВА

АНАЛИЗ ВИДОВОГО СОСТАВА ПОЧВЕННЫХ ГРИБОВ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ В БЕЛАРУСИ

Резюме

Из почв перегнойно-гумусового и гумусового горизонтов исследуемых лесных фитоценозов северной части Беларуси было выделено более 150 видов грибов. В структурном комплексе почвенных микромицетов выявлено доминирование родов *Penicillium*, *Trichoderma*, *Mortierella* и *Umbelopsis.* По пространственной и временной частоте встречаемости доминировали виды - *Cladosporium herbarum* и *Umbelopsis vinacea*, а часто встречающимися почти во всех фитоценозах были *Umbelopsis isabellina*, *Penicillium canescens*, *P. expansum* и *P. frequentans,* составляющие комплекс типичных видов для всех исследуемых фитоценозов.

T.G. SHABASHOVA

THE ANALYSIS OF THE SOIL FUNGI SPECIFIC STRUCTURE FROM DIFFERENT FOREST COMMUNITIES IN BELARUS

Summary

There were more than 150 species of fungi isolated from the soil of mold-humus and humus horizons of the investigated phytocenosises in northern part of Belarus. In the soil fungi structural complex the genera *Penicillium*, *Trichoderma*, *Mortierella* and *Umbelopsis* prevailed. The dominating by character of spatial and temporal frequency of occurrence species were *Cladosporium herbarum* and Umbelopsis *vinacea*. *Umbelopsis isabellina*, *Penicillium canescens*, *P. expansum* and *P. frequentans* were often found practically in every phytocenosises and they formed the complex of typical species in the all investigated phytocenosises.

Поступилав редакцию 1.06.2011 г.

УДК 582.2/.3,582.4

В.Л. ШАЛАБОДА, С.А. ДМИТРИЕВА, О.С.ГАПИЕНКО

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СЕЗОННУЮ КОНЦЕНТРАЦИЮ ПЫЛЬЦЫ РАСТЕНИЙ И СПОР ГРИБОВ В АТМОСФЕРНОМ АЭРОЗОЛЕ Г. МИНСКА

Институт экспериментальной ботаники
им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Введение. Известно, что около 20% населения развитых стран страдают от аллергии и примерно половина из них от поллиноза. Чтобы вовремя предотвращать появление признаков поллиноза, врачи нуждаются в точной и ранней информации относительно даты пыления главных аллергенных видов и прогнозе их концентрации в атмосфере. На сегодняшний день не существует достаточно четкого определения допустимых уровней содержания пыльцы в атмосферном воздухе, так же как не существует достаточно четкого прогноза начала пыления. Анализируя накопленный опыт проведенных исследований и научные публикации, мы пришли к выводу, что эта проблема решается в отдельно взятом регионе и оценивать эти уровни нужно с учетом локальных условий. Долгосрочные прогнозы дают только приблизительные результаты. Так, обилие пыльцевых сережек у ольхи, лещины и березы, которые закладываются в предыдущем сезоне, позволяют дать приблизительную оценку уровню пыльцы в предстоящем сезоне. Но вмешательство метеорологических факторов (заморозки, дождь, засуха, сильный ветер и т.п.) может усилить или ослабить пыльцевую нагрузку. Применяя метод подсчета суммы положительных температур с начала сезона, можно примерно за пять дней предсказать пыление березы. Этого достаточно для людей, страдающих от ринитов и конъюнктивитов, чтобы начать эффективное профилактическое лечение за один или два дня до начала рассеивания пыльцы. Для больных, страдающих астмой, лечение должно начинаться заранее за одну или две недели. Чтобы ослабить или предотвратить влияние аллергенной пыльцы врачи нуждаются в точной информации о периодах рассеивания пыльцы у главных анемофильных видов. Пыльцевые ловушки, используемые на многих аэропалинологических станциях, рассчитаны на 7 дней, кроме этого требуется еще несколько дней для микроскопического анализа материала. Таким образом,

информация об аллергенной пыльце поступает к врачам с задержкой более 7 дней, в то время как для эффективной профилактики требуется достаточно ранняя информация. Поиски критериев для раннего прогноза появления аллергенной пыльцы и спор грибов в атмосфере связаны с выявлением определенных зависимостей пыления от метеорологических факторов. В данной работе мы рассматриваем зависимость пыления нескольких таксонов весеннего (ольха, береза) и летнего (мятликовые, полынь) пыления, а также появления спор грибов-аллергенов (альтернария, кладоспорий) в составе атмосферного аэрозоля в зависимости от метеоусловий. Данные о температуре и осадках в г. Минске взяты из открытых источников на сайтах Pogoda.by и Gismeteo.ru

Материалы и методы исследования. Объектом исследования являются пыльцевые зерна и споры грибов, циркулирующие в атмосферном воздухе. Пыльца и споры отбирались из воздуха при помощи стандартной стационарной семидневной ловушки Буркарда. Используемая методология обычна для этого типа осуществления выборки. На цилиндрический барабан ловушки, который вращается со скоростью 2 мм/час, наклеена лента Melinex, покрытая вазелино-восковой смесью. Через ловушку прокачивается воздух со скоростью 10 литров в минуту, что в среднем соответствует дыханию человека. Каждую неделю полоса ленты заменяется, разрезается на семь равных частей (48 мм), соответствующих семи дням недели. Лента помещается в глицериножелатиновую смесь с фуксином и фенолом между двумя стеклами: предметным и покровным. Образец просматривается в световом микроскопе продольными или поперечными транссектами, пыльца и споры подсчитываются. Результаты выражаются как количество пыльцы и спор в $м^3$ воздуха [1].

Изучение динамики пыления растений проводилось по схеме, в которой сумма пыльцы за весь сезон пыления (СП), принималась за 100%, т.е. СП включает всю пыльцу определенного таксона за сезон, в том числе заносную и переотложенную. За основу нашей градации мы взяли схему, предложенную польскими исследователями [2,3], в которой, чтобы охарактеризовать динамику сезонов пыления, каждый из сезонов делится на девять ступеней. Начало специфической ступени - день, когда совокупная сумма пыльцы достигает соответственно: 1%, 2,5%, 5%, 25%, 50%, 75%, 95%, 97,5% и 99% ежегодной суммы пыльцы. Анализ данных

показал, что первое и последние значения (1%, 99%) обычно соединяются со случайным местонахождением одиночных зерен пыльцы от дальнего переноса или с переотложенной пыльцой. В сезоне пыления выделен основной период пыления (ОПП), за начало которого принимается дата, когда совокупная сумма пыльцы достигает 2,5%, в то время как конец сезона дается датой, когда сумма достигает 97,5% ежегодного количества пыльцы. На основании этого была предложена следующая градация содержания пыльцы в ОПП:

2,5% - 25% - начало пыления,

25% - 75% - пик пыления,

75% - 97,5% - конец пыления.

На наш взгляд, эта схема позволяет наиболее полно отражать информацию о пылении древесных пород. Начальная и конечная ступень разбиваются на две части, что позволяет детализировать шкалу ОПП [4]:

от 2,5% до 12,5% - начало пыления,

от 12,5% до 25% - нарастание пыления,

от 25% до 75% - пик пыления,

от 75% до 95% - угасание пыления,

от 95% до 97,5% - конец пыления.

Для изучения динамики пыления травянистых растений также применялась эта схема. Учитывая, что у различных видов мятликовых (Poaceae Barnhard) и полыни (*Artemisia* L.) [5] сроки пыления не совпадают, а пыльца у всех, хотя не определяется до вида при аэропалинологических исследованиях, является аллергенной, мы отмечали ОПП всех мятликовых и всех полыней как единый период, растянутый по времени. Споры основных аллергенных грибов появляются в атмосфере периодически, не образуя единого, основного периода спороношения, тем не менее, мы также объединяем все их появления в один период, который отражает основной интервал присутствия этих спор в атмосферном аэрозоле.

Рис. 1. Многолетняя динамика пыления ольхи в зависимости от метеоусловий

Результаты и их обсуждение. Первыми в составе весеннего атмосферного аэрозоля появляется пыльца ольхи (*Alnus* Mill.) и лещины (*Corylus* L). Начало пыления ольхи и лещины связано с положительными среднесуточными температурами выше 5^0С. Этот параметр можно применить к пылению ольхи и лещины в Минске, а многолетний разброс в сроках пыления этих родов в Минске составляет больше месяца (от середины февраля до конца марта). В то время, как сроки пыления представителей этих родов практически совпадают, пыльца лещины присутствует в аэрозоле в низких концентрациях и может представлять аллергенную опасность только для особо чувствительных к этой пыльце людей, пыльца ольхи представлена в составе аэропалинологического спектра в умеренных концентрациях и может вызвать аллергическую реакцию у населения чувствительного к данному виду пыльцы. Весной, в марте, начало пыления носит взрывной характер, т.е. пыльца появляется в атмосферном аэрозоле сразу в больших количествах. Если пыление начинается в феврале, то концентрации пыльцы нарастают постепенно, а СП носит прерывистый затяжной характер. Мы не можем сказать, что аэропалинологический спектр в феврале сформирован дальнезаносной пыльцой ольхи и лещины, так как в городских парках и в закрытых дворах наблюдается пыление. На рисунке 1 представлена многолетняя динамика пыления ольхи в зависимости от метеоусловий. Продолжительность ОПП зависит от количества дождливых дней больше, чем от количества пыльцы за сезон и суммарных температур к началу пыления. Так, при небольших концентрациях пыльцы ольхи в 2008 г. период пыления был самый большой. При увеличении времени экспозиции аллергенной пыльцы ольхи и при небольших ее концентрациях реакция отмечается только у людей очень чувствительных к этой пыльце. Для остальной части населения эта пыльца в данный сезон опасности не представляет.

Береза (*Betula* L.) в Беларуси находится на первом месте в списке всех пыльцевых аллергенов, период ее пыления значительно изменяется от одного года к другому. У нее также взрывной характер пыления и обычно его начало связывают с появлением первых листьев у березы. Для Минска отмечено самое раннее начало ОПП в 2008 г. – 14 апреля, а самое позднее начало ОПП в

2003 г. – 29 апреля, продолжительность ОПП изменяется от 14 до 25 дней. Сопоставление данных ОПП со станциями соседних стран (Белосток, Вильнюс, Москва) показывает различия в 1-2 недели.

Таким образом, пыление березы является весьма изменчивым в месте и во времени, что имеет главное значение для прогноза. В 2011 году отмечалось два четких пика пыления березы. Второй пик пыления отмечен при полностью распустившихся листьях даже у берез в лесных массивах, следовательно, второй пик можно отнести к дальнезаносной пыльце, принесенной северными и северо-восточными ветрами из соседних стран. В настоящее время мы можем использовать прогнозы, рассылаемые всем странам, принимающим участие в пыльцевом мониторинге - European Aeroallergen Network Pollen Database (EAN). Но кроме таких прогнозов важно оценить свой материал за период наблюдений. Нами взят отрезок времени за 10 лет (с 2002 г. по 2011 г. включительно). Начало пыления березы связывают обычно с накоплением суммы положительных температур более 100^0С. Подсчет суммы начинают в разных странах по-разному. В северных областях Европы подсчет принято начинать с фиксированной даты – с 1 апреля [6], а в центральной и южной Европе с начала установления на территории постоянных плюсовых среднесуточных температур. Мы подсчитывали сумму положительных температур по первому типу. Как видно на рисунке 2, этот параметр в Минске колеблется значительно, в то время как колебания ежегодных сроков начала пыления березы имеют различия в 2 недели.

Рис. 2. Многолетняя динамика пыления березы в зависимости от метеоусловий

Некоторые исследователи [7] связывают продолжительность ОПП березы с температурами самого холодного зимнего месяца. Чем ниже температура в январе и феврале и чем более длительный срок она держится, тем более короткий ОПП у березы. Построенные графики (рис. 2) подтверждают действенность этого параметра в Минске. При более теплых зимах увеличивается количество дождливых дней и возрастает количество дней ОПП. За десятилетний период самые высокие концентрации пыльцы березы наблюдались в 2006 г., а самые низкие в 2005 и 2008 г.г. Особый интерес представляет пыление березы в 2006 г., которое началось 23 апреля. Концентрации пыльцы сразу отмечались, в соответствии с общепринятой схемой, высокие (от 100 до 1000 пыльцевых зерен в 1 м^3) и очень высокие (более 1000 пыльцевых зерен в 1 м^3), достигая максимальных значений 29 апреля, а 4 и 5 мая в образцах отмечено более 10000 пыльцевых зерен в 1 м^3. Такие концентрации отмечены нами впервые с 2001 г., времени начала наблюдений. Следует отметить, что практически с 25 апреля по 12 мая пыльца березы присутствовала в воздухе в огромных количествах – «пыльцевой смог». В ходе анализа аэропалинологической ситуации установили (EAN), что по всей Европе в это время также отмечены повторно высокие уровни пыльцы березы в воздухе. Сложившуюся ситуацию в Минске можно объяснить следующим: в Минске и на большей части Беларуси при холодных ветрах восточного направления, высоком давлении и ясной погоде сложилась уникальная ситуация, когда пыльца «зависала» в приземном слое воздуха. К местной пыльце добавилась пыльца северных районов России и юга Скандинавии, где в это время наблюдался ОПП. Оседая на поверхность асфальта, домов и различных промышленных объектов, эта пыльца снова поднималась в воздух уже с частицами грязи. В этом «пыльцевом смоге» Минск находился около трех недель (в то время как ОПП – 15 дней). После прошедших дождей (с 14 мая), пыльца березы в воздухе стала убывать, так как закончился ОПП, но ее высокие концентрации еще сохранялись какое-то время, возможно за счет повторного вовлечения пыльцы в воздушные потоки.

К летним аллергенам относится пыльца мятликовых (злаков) и полыней. В данной статье мы прослеживаем динамику пыльцы этих трав с 2006 г. по 2010 г. включительно.

Пыльца злаков появляется в начале лета, иногда даже в мае, присутствует в атмосфере все лето, с выраженным пиком в июне. Самые высокие содержания пыльцы мятликовых в атмосфере Минска отмечены в 2006 г., а самый высокий процент аллергенных концентраций – в 2010 г. (табл. 1, 2). Пыльца полыней появляется в атмосферном аэрозоле в июле, присутствует в атмосфере до сентября, пик ее концентраций приходится на август. Наиболее раннее ее появление отмечено в 2010 г. – 15 июля, а наиболее позднее - 27 июля в 2007 и 2009 г.г. ОПП продолжается от месяца до двух. Зависимость концентраций от среднемесячных температур и осадков не прослеживается.

Таблица 1. Динамика пыления мятликовых (2006 – 2010 г.г.)

Категория / Годы	2006	2007	2008	2009	2010
Начало ОПП	15.06	26.05	2.06	30.05	2.06
Конец ОПП	16.08	11.08	15.08	17.08	23.07
Продолжительность ОПП (дни)	62	78	74	79	51
Суммарное количество пыльцы в м^3 воздуха за сезон пыления	2836	1652	1061	1404	1489
Количество дней содержанием 5 - 19 п.з. в м^3 воздуха (дни / %)	12 19%	20 26%	28 39%	33 42%	17 33%
Количество дней с содержанием 20 – 199 п.з. в м^3 воздуха (дни / %)	25 32%	25 32%	14 19%	17 22%	23 45%
Количество дней с содержанием >200 п.з. в м^3 воздуха (дни / %)	2 3%	0	0	0	0
Количество дождливых дней за ОПП (дни / %)	15 24%	12 15%	18 24%	33 42%	16 31%

Для определения опасных уровней воздействия аллергенной пыльцы растений на население данной территории требуется взаимодействие аэропалинологов и аллергологов. В Беларуси этот вопрос разработан недостаточно, так как исследования по динамике пыльцы в атмосфере регулярно по стандартной методике проводятся только с 2006 г., поэтому за основу взяты уровни, разработанные в США. Американские исследователи [8,9] предлагают критерии определения уровней пыльцы в зависимости от уровней проявления симптомов у чувствительных к пыльце

пациентов (процент испытывающих признаки воздействия). Эти уровни приняты также в некоторых европейских странах – участвующих в EAN. Нами, совместно с ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены», разработаны и утверждены предельно допустимые уровни пыльцы в атмосфере (табл. 3) [10].

Таблица 2. Динамика пыления полыни (2006 – 2010 гг.)

Категория / Годы	2006	2007	2008	2009	2010
Начало ОПП	27.07	21.07	24.07	27.07	15.07
Конец ОПП	19.08	20.08	22.08	29.08	12.09
Продолжительность ОПП (дни)	25	31	30	33	59
Суммарное количество пыльцы в м^3 воздуха за сезон пыления (дни / %)	3102	1642	1179	1862	1860
Количество дней содержанием 10 - 49 п.з. в м^3 воздуха (дни / %)	5 20%	12 39%	19 63%	13 39%	18 31%
Количество дней с содержанием 50 – 499 п.з. в м^3 воздуха (дни / %)	15 60%	10 32%	7 23%	11 33%	16 27%
Количество дней с содержанием >500 п.з. в м^3 воздуха (дни / %)	1 4%	0	0	0	0
Количество дождливых дней за ОПП (дни / %)	8 32%	4 13%	6 20%	9 27%	13 22%

К числу наиболее важных в аллергенном отношении родов грибов относятся грибы с конидиальным типом спороношения, конидии которых наиболее часто вызывают аллергическую реакцию: 1) кладоспорий (*Cladosporium*), 2) альтернария (*Alternaria*), 3) аспергилл (*Aspergillus*) и 4) пеницилл (*Penicillium*). Последние два рода имеют конидии от 1 до 8 микрон, которые плохо различаются в световом микроскопе и многими исследователями объединяются в аспергилл/пеницилловую группу.

В данной статье мы рассматриваем ежегодную динамику в атмосфере г. Минска спор двух родов: альтернарии и кладоспория. Исследования содержания спор этих грибов в атмосфере города показали, что они обнаруживаются в воздухе на протяжении всего года, однако наибольшие их концентрации определяются весь период с апреля по сентябрь. В таблицах 4 и 5 представлены многолетние колебания содержания спор в атмосфере города.

Таблица 3. Ориентировочные опасные уровни воздействия пыльцы растений в атмосферном воздухе.

Количество пыльцевых зерен в м^3 воздуха			Градация уровней опасности	Количество людей, страдающих аллергией (%)	Наличие и выраженность реакции
деревья	злаки	сорняки*			
0	0	0	Отсутствует	0	Реакция отсутствует у населения чувствительного к данному виду пыльцы
1 - 14	1 - 4	1 - 9	Низкий	1 – 25	Реакция присутствует у чрезвычайно чувствительного населения к данному виду пыльцы
15 - 89	5 - 19	10 - 49	Умеренный	26 – 50	Реакция присутствует у населения, чувствительного к данному виду пыльцы
90 - 1499	20 - 199	50 - 499	Высокий	51 – 75	Реакция присутствует у большинства населения с любой чувствительностью к данному виду пыльцы
> 1500	> 200	> 500	Очень высокий	> 76	Реакция присутствует почти у всего населения с любой чувствительностью к данному виду пыльцы. У чрезвычайно чувствительного населения наблюдаются серьезные признаки заболевания.

*Примечание. Сорняки представляют гетерогенную группу растений. Важные аллергенные сорняки принадлежат семействам астровых (Asteraceae), амарантовых и маревых (Amaranthaceae/Chenopodiaceae), крапивных (Urticaceae), молочайных (Euphorbiaceae) и подорожниковых (Plantaginaceae). Главными пыльцевыми аллергенами среди них являются: амброзия (*Ambrosia*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), пижма (*Tanacetum*); постенница аптечная (*Parietaria officinalis*), крапива двудомная (*Urtica dioica*); лебеда (*Atriplex*), марь (*Chenopodium*) и другие маревые (Chenopodiaceae); подорожник (*Plantago*).

Сезонные колебания концентраций спор грибов в атмосфере не имеют четкого временного пика. Созревание колоний, спороношение и поступление спор в атмосферу может происходить каждые 7-10 дней и зависит от средней температуры, влажности, направления и интенсивности ветра и других микроклиматических особенностей. Споры альтернарий, иногда даже соединенные в цепочки, обнаруживают в воздушных массах везде, где есть растения [11]. Споры (конидии) кладоспория могут вызывать аллергию при концентрации 3000 спор в м^3 воздуха, альтернарии при концентрации 1200 спор в м^3 воздуха [12,13]. Из таблиц 4 и 5 видно, что самая высокая концентрация конидий кладоспория иальтернарии в атмосфере г. Минска отмечалась в 2006 г. Самая низкая у кладоспория – в 2009 г., у альтернарии – в 2008 г. Для сопоставления концентраций нами взяты данные с 2006 г., когда была установлена стационарная ловушка. В более ранний период наблюдений применялась гравиметрическая ловушка, на поверхности которой конидии грибов плохо фиксируются.

Таблица 4. Динамика присутствия спор альтернарии в атмосфере г. Минска (2006 – 2010 гг.)

Категория / Годы	2006	2007	2008	2009	2010
Начало спороношения	9.07	15.06	23.06	13.06	12.06
Конец спороношения	1.09	29.09	26.09	6.09	26.09
Общая продолжительность спороношения (дни)	55	107	95	85	106
Суммарное количество спор в м^3 воздуха за сезон	41740	8188	3884	6620	10071
Количество дней с содержанием спор более 1200 в м^3 воздуха (дни / %)	6 11%	0	0	1 1%	0
Количество дождливых дней за период спороношения (дни / %)	20 36%	18 17%	32 34%	34 40%	32 30%

Приведенные данные показывают, что самым аллергоопасным был 2006 год, когда пыльца и споры основных аллергенов достигли максимального уровня.

Таблица 5. Динамика присутствия спор кладоспория в атмосфере г. Минска (2006 – 2010 гг.)

Категория / Годы	2006	2007	2008	2009	2010
Начало спороношения	25.05	15.05	20.06	23.06	2.06
Конец спороношения	28.09	6.10	11.10	6.09	25.09
Общая продолжительность спороношения (дни)	96	144	133	75	115
Суммарное количество спор в $м^3$ воздуха за сезон	184586	48966	37637	14695	36756
Количество дней с содержанием спор более 3000 в $м^3$ воздуха (дни / %)	10 10%	1 0,6%	0	0	2 2%
Количество дождливых дней за период спороношения (дни / %)	21 22%	25 17%	38 29%	29 39%	33 29%

Заключение. На основании проведенных исследований можно констатировать, что концентрация пыльцы основных древесных аллергенов – ольхи и березы в атмосфере во многом зависит от количества дождливых дней, а начало их пыления от среднемесячных температур января и февраля. При теплом феврале у ольхи начинается раннее пыление, увеличивается продолжительность СП и снижается суточная концентрация пыльцы в $м^3$ воздуха. Таким образом, на основании среднемесячных температур января и февраля можно сделать прогноз об аллергенной опасности данной пыльцы в предстоящем сезоне. Начало СП у березы связано с суммой положительных температур апреля более 100^0С, но не происходит ранее середины апреля. Длительность ОПП у березы во многом зависит от среднемесячных температур самого холодного месяца перед началом пыления. Чем ниже температура в январе и феврале, тем короче ОПП и выше концентрации аллергенной пыльцы в $м^3$ воздуха.

Для травянистых аллергенов (мятликовых и полыней) начало СП отмечается в разные годы по-разному: у мятликовых начало СП колеблется от второй половины мая до начала июня, а у полыней связано со второй половиной июля. Нужно отметить, что концентрация пыльцы травянистых аллергенов в городских условиях во многом зависит от способа ведения городского хозяйства. Регулярная стрижка газонов снижает концентрацию

пыльцы в воздухе до безопасных уровней, а пыльца из пригорода попадает в городской аэрозоль только при сильных ветрах.

Конидии аллергенных грибов присутствуют в атмосфере практически весь сезон наблюдений с весны до осени. Зависимость их концентрации от среднесуточной температуры и влажности можно проследить на ежегодных графиках, а обобщенные данные, приведенные в статье, позволяют отметить только аллергоопасные концентрации.

Изучение содержания пыльцы растений и спор грибов в воздухе необходимо для установления этиологии, правильного подбора диагностических и лечебных аллергенов, оптимальных сроков проведения специфической диагностики и лечения, осуществления профилактики поллиноза. Решение этих вопросов в той или иной степени связано с проблемой мониторинга аэропалинологического состояния атмосферы, с развитием постоянно действующей сети станций слежения за качественным и количественным составом пыльцевого дождя. Конечным результатом проводимых исследований на станциях мониторинга является разработка календарей пыления и оповещение населения об опасной аэропалинологической обстановке в условиях реального времени. Расширение этих исследований на территории Беларуси позволит делать более точные прогнозы и отслеживать наступление критических ситуаций.

Литература

1 Мейер-Меликян Н.Р., Северова Е.Э., Гапочка Г.П., Полевова С.В., Токарев П.И., Бовина И.Ю. Принципы и методы аэропалинологических исследований. М.: МГУ, 1999. 48 с.

2 Kasprzyk I., Uruska A., Szczepanek K., Lataowa M., Gawel J., Harmata K., Myszkowska D., Stach A. and Stêpalska D. // Abstract Third European Symposium in Aerobiology (TESA). Worcester. P.132.

3 Uruska A., Lataowa M., Szczepanek K., Gaweł J., Harmata K., Kasprzak I., Myszkowska D., Stach A. and Stepalska D. // Abstract Third European Symposium in Aerobiology (TESA). Worcester. P.39.

4 Астафьева Н.Г. // Аллергология. 1999. № 5. С. 2.

5 Мейер Н.Р. [и др.] // Аэрозоли. М. 1997. Т. 3 в. С. 6-9.

6 Pollen. Daily Pollen Report. // w.w.w.forsyth.nc.us/envaffairs/).

7 The Analysis and Monitoring Division, Pollen Sampling Program //w.w.w. akojelg@co.forsyth.nc.us.

8 Соколов С.М., Науменко Т.Е., Гриценко Т.Д., Самодуров В.П., Шалабода В.Л., Андриянова С.Т., Шевчук Л.М., Пшегрода А.Е. // Современные методы диагностики, лечения и профилактики заболеваний:.

Сборник инструктивно-методических документов. Т.6 Организация и управление здравоохранением. Гигиена и эпидемиология. Фармация. Выпуск 8. РНМБ Минск, 2007. С. 202-216.

9 Lejoly-Gabriel M. // Acta Geograph. Lovaniensia. 1978.N 13. C.278.

10 Mohamed Laaidi. // Aerobiologia. 2001. N 17. P. 247–254.

11 Corden J.M., Stepalska D., Stach A., Millington W.M., Jackson F.A., Myszkowska D. and Jozefiak M.// Abstract Third European Symposium in Aerobiology (TESA). Worcester. P.19.

12 Caretta G. // Aerobiologia. 1992. N 8. P. 439-455.

13 Еланский С.Н., Рыжкин Д.В.// Микология и фитопатология.1999. Т. 33. № 3. С.188-192.

В.Л.ШАЛАБОДА, С.А.ДМИТРИЕВА, О.С.ГАПИЕНКО

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СЕЗОННУЮ КОНЦЕНТРАЦИЮ ПЫЛЬЦЫ РАСТЕНИЙ И СПОР ГРИБОВ В АТМОСФЕРНОМ АЭРОЗОЛЕ Г. МИНСК

Резюме

В статье представлены результаты изучения влияния метеорологических факторов на сезонную концентрацию пыльцы растений и спор грибов в атмосферном аэрозоле г. Минск. На рисунках представлены ежегодные графики зависимости концентраций пыльцы ольхи и березы от суммы положительных температур к началу основного периода пыления и от некоторых других метеопараметров. В таблицах приводятся данные о ежегодных колебаниях основного периода пыления аллергенных трав и спороношения аллергенных грибов, об аллергоопасных уровнях этих компонентов атмосферного аэрозоля.

V.L.SHALABODA, S.A. DMITRIEVA, GAPIENKO O.S.

INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON SEASONAL CONCENTRATION OF PLANTS POLLEN AND FUNGI SPORES IN ATMOSPHERIC AEROSOL OF CITY MINSK

Summary

The results of studying of influence of weather effect for seasonal concentration of pollen of plants and funguses spores in atmospheric aerosol of Minsk are presented in this article. Annual diagram of dependence of the alder and birch pollen concentrations of basic period pollination from of positive temperatures sum and some other weather effect are presented in drawings. The data about annual fluctuations of terms of basic period pollination allergenic herbs and sporulation allergenic funguses and about allergenic levels of these components in atmospheric aerosol are cited in tables.

Поступила в редакцию 22.06.2011 г.

Экология и физиология растений

УДК 574:539.1.04

С.П. АНТОХИНА, Е.С. ПАТЕЙ, Н.В. КАБАНОВА,
А.И. СОКОЛИК, В.М.ЮРИН

ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДНЫХ СУЛЬФОНИЛМОЧЕВИНЫ И ТРИАЗИНОВ НА РОСТ И ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ КОРНЕЙ ПРОРОСТКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Белорусский государственный университет

Введение. В настоящее время биосфера содержит большое количество загрязняющих веществ, являющихся продуктами деятельности человека. Многие из них негативно влияют на живые организмы и степень этого влияния необходимо оценивать, особенно в случаях, когда это касается продовольствия, например, при производстве сельскохозяйственной продукции. Значительную долю среди распространенных сегодня ксенобиотиков занимают пестициды.

Из пестицидов в растениеводстве широко применяются гербициды – химические вещества, предназначенные для уничтожения сорняков или другой нежелательной растительности в посевах сельскохозяйственных культур [1]. Из сравнительно новых гербицидов распространены производные сульфонилмочевины — избирательные гербициды, которые обладают высокой активностью и соответственно применяются при невысоких нормах расхода – порядка десятков грамм на гектар. Механизм их действия заключается в прекращении деления клеток сорняков путем ингибирования ацетолактатсинтазы — ключевого фермента биосинтеза аминокислот с разветвленной углеводородной цепочкой. В результате прекращается образование аминокислот валина и изолейцина, что нарушает биосинтез ДНК [2]. Другое распространенное семейство гербицидов – триазины – в данной работе представлено метрибузином (зенкор). Механизм действия метрибузина состоит в нарушении переноса электронов к пластохинону в фотосистеме II. Вследствие неидеальной избирательности к сорным растениям, которая определяется скоростью их деградации в растительном организме, гербициды

могут негативно влиять не только на защищаемые, но и, попадая в почву, на последующие культуры в ходе севооборота [3].

Задачей работы было выявить особенности действия гербицидов на индикаторные процессы состояния минерального питания растений – ацидофицирующую активность и скорость поглощения ионов K^+ корнями, а также изучить влияние данных загрязнителей на ростовые процессы путем регистрации морфометрических характеристик растений.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования использовались проростки сельскохозяйственных культур: пшеницы сорта «Мунк», ячменя «Тюрингия», гороха «Вегетативный желтый». Предварительно пророщеные семена высаживались в рулоны (по Журбицкому [4]) в раствор 10^{-4} моль/л $CaSO_4$; проростки выращивали в темноте при температуре 20 – 22˚С. Продолжительность культивирования (7 – 8 суток) выбрана исходя из того, что к этому возрасту растение начинает потреблять минеральные элементы из среды и роль корневого минерального питания в жизнедеятельности растения достигает нормального значения. По завершении культивирования для определения функциональной активности корней проростки помещали в сосуды с экспериментальными растворами.

В ходе опытов с применением иончувствительных электродов и потенциометрического титрования регистрировали скорости ацидофикации и поглощения ионов K^+ корнями проростков, помещенных в раствор $6 \cdot 10^{-5}$ моль/л KCl заданного объема с предварительно установленным pH 7,0 (контроль) [5]. В ходе опыта регистрировали объёмы растворов (моль/л) $5 \cdot 10^{-3}$ NaOH и $5 \cdot 10^{-3}$ КС1, затраченных на титрование для компенсации изменения pH раствора, вызванного ацидофицирующей активностью корней, и восстановления количества ионов K^+, поглощенных растением. Затем корни промывали и помещали в такой же раствор с добавлением определенной концентрации гербицида, измерения проводили аналогично. После каждого часа измерений раствор заменяли свежим; в общей сложности регистрация продолжалась до 3 суток. По окончании опыта корни отделяли от надземной части и измеряли их общую длину и сырую массу.

При изучении ростовых процессов использовали следующие морфометрические показатели: длину корней, высоту надземной части, сырую и сухую массу растений. Высоту надземной части у

пшеницы и ячменя измеряли вместе с листьями, у гороха – только стебель. Взвешивание надземной части растения производили целиком. Сухую массу определяли после высушивания в сушильном шкафу при температуре 70^0С до постоянного веса.

В варианте с гербицидами проростки также выращивали в рулонах на растворах 1/5 среды Кнопа [4] с заданными концентрациями гербицидов в течение 10 дней, после чего пересаживали на такие же водные растворы в банки, где они росли еще 10-12 дней на свету при комнатной температуре. Питательный раствор ежедневно барботировали по 5 минут. По окончании опыта измеряли длину, сырую и сухую массу корней и надземной частей растений.

Результаты и их обсуждение.

Влияние гербицидов на функциональное состояние корней

Исследовали влияние гербицида зенкор (метрибузин) в концентрациях 10, 20, 40 мг/л на поглощение K^+ корнями проростков гороха. По результатам экспериментов, приведенных на рисунке 1, видно, что зенкор влияет на поглощение K^+ двояко: вначале идет ингибирование, а затем стимуляция. При действии гербицида в концентрации 10 мг/л наблюдается ингибирование до 75 % в течении 18 часов. Повышение концентрации до 20 мг/л сопровождается ингибированием скорости поглощения K^+ в течение 3-х часов, после чего наблюдается стимуляция процесса, которая имеет место также и при отмыве.

Действие гербицида в концентрации 40 мг/л (рис. 1, В) на первых этапах проявляется в виде ингибирования. Однако ингибирование, как и при концентрации 20 мг/л, кратковременно (2 часа) и по истечении 2 часов происходит стимуляция, при этом значение скорости поглощения K^+ превышает начальное вдвое. При отмыве наблюдается увеличение скорости поглощения K^+ в течение 20 часов, затем скорость уменьшается. Таким образом, в интервале 20 – 40 часов при действии гербицида происходит стимуляция поглощения K^+, а при использовании раствора без гербицида (отмыве) наблюдается ингибирование.

Можно отметить следующие особенности действия гербицида зенкора на поглощение K^+ корнями проростков гороха:

– ингибирование поглощения K^+ ускоряется по мере роста концентрации гербицида: время до наступления максимального ингибирования уменьшалось от 20 до 2 часов;

– после того, как скорость поглощения K^+ в ходе первоначального ингибирования достигает минимального значения, происходит стимуляция, которая ускоряется с ростом концентрации;

– удаление зенкора из среды (отмыв) снижает эффект стимуляции при высокой концентрации гербицида (40 мг/л) и не изменяет его при более низкой концентрации 20 мг/л.

Далее определяли влияние гербицида зенкор на скорость выделения H^+ (ацидофицирующую активность) корней проростков гороха. Данные рисунка 2А показывают, что зенкор уже в концентрации 10 мг/л ингибирует ацидофицирующую активность корней проростков гороха. На первых этапах наблюдается сильное ингибирование, в течение 2 часов, скорость выделения H^+ уменьшается на 30 % по отношению к контролю. Затем происходит

Рис. 1. Действие гербицида зенкор на поглощение калия корнями проростков гороха

А – скорость поглощения калия при действии гербицида зенкор в концентрации 10 мг/л.
Б и В – аналогичная зависимость при концентрации гербицида зенкор в 20 и 40 мг/л.

незначительная стимуляция, после чего вновь наблюдается ингибирование. По истечении 48 часов действия зенкора скорость

ацидофикации ингибируется на 80 %. Влияние зенкора в концентрации 20 мг/л на скорость выделения H^+ (рис. 2 Б) происходит в две фазы. В первой скорость выделения H^+ уменьшается быстро за время 2 часа. Во второй фазе происходит более медленная стимуляция процесса, которая сохраняется при отмыве (начало стимуляции – момент максимального ингибирования).

Рис. 2. Действие гербицида зенкор на ацидофицирующую активность корней проростков гороха

А – изменение скорости выделения H^+ при действии гербицида (1) в концентрации 10 мг/л и после отмыва (2).

Б и В – аналогичная зависимость при действии гербицида в концентрации 20 и 40 мг/л.

При росте концентрации зенкора до 40 мг/л (рис. 2 В) наблюдается как быстрое ингибирование (продолжительность 2 часа), так и последующая стимуляция скорости ацидофикации, причем конечная скорость выделения H^+ превышает начальную. Продолжительность стимуляции составляет 20 часов.

Таким образом, можно констатировать, что зенкор влияет на ацидофикацию двухфазно. Первая – быстрая фаза ингибирования, которая по времени не меняется при росте концентрации гербицида от 10 до 40 мг/л. После достижения максимума ингибирования

ацидофикации начинается вторая фаза – стимулирование выделения H^+ до значения скорости, превышающего исходный уровень. Стимуляция ускоряется по мере роста концентрации гербицида, и ее степень возрастает.

По зависимостям доза-эффект влияния зенкора на поглощение K^+, показанным на рисунке 3 А, видно, что ингибирование с ростом концентрации гербицида возрастает по S-образной кривой с выходом на постоянную величину после 20 мг/л. Концентрация половинного ингибирования составляет 6 мг/л. Стимуляция начинается при концентрации 10 мг/л и возрастает в диапазоне от 20 до 40 мг/л. Видно, что концентрационные диапазоны обоих эффектов существенно различаются. Это позволяет предположить, что эффекты обусловлены взаимодействием гербицида с различными центрами в клетке.

Рис. 3. Зависимости доза-эффект (1 – стимуляция, 2 – ингибирование), скоростей поглощения калия (А) и ацидофикации (Б) при действии метрибузина на корни гороха

Аналогичные зависимости действия зенкора на выделение H^+ корнями гороха (рис.3Б) показывают, что подавление ацидофикации происходит также по S-образной кривой, но концентрация половинного эффекта здесь выше – 10 мг/л. Подобно поглощению калия кривая для стимуляции здесь также смещена в направлении боле высоких концентраций гербицида.

На основании полученных результатов можно заключить, что действие гербицида зенкор на ацидофицирующую активность и поглощения K^+ корнями проростков гороха включает два эффекта, соотношение которых зависит от концентрации гербицида. При относительно малых концентрациях (10 мг/л) зенкор подавляет оба

процесса. При более высоком уровне, начиная с 20 мг/л, вслед за подавлением наблюдали длительное (несколько суток) стимулирование обоих процессов, степень которого возрастала с концентрацией и превышала исходные уровни.

Подобные эксперименты проводились на проростках гороха, ячменя и пшеницы при действии гербицидов зенкора (метрибузин) и производных сульфонилмочевины: аккурата (метсульфурон-метил), кортеса (хлорсульфурон), милагро (никосульфурон). В целом выявлены аналогичные эффекты, но степень их проявления, временные и концентрационные параметры весьма различны.

В таблице 1 представлены сводные данные по всем испытанным гербицидам и культурам. Так, в опытах с проростками пшеницы метрибузин значительно ингибировал ацидофикацию, но величина эффекта уменьшалась с ростом концентрации гербицида от 85 (10 мг/л) до 50 % (20 мг/л) зато в последнем случае после ингибирования наблюдали мощную стимуляцию до 300 % от первоначального уровня. Поглощение K^+ здесь практически не ингибировалось, зато стимуляция, как и для ацидофикации, была значительно сильнее – до 300 % при концентрации 20 мг/л. Для данного гербицида можно расположить культуры в порядке убывания эффекта ингибирования ацидофикации следующим образом: горох > пшеница > ячмень, по подавлению поглощения K^+ – горох > пшеница. По убыванию эффекта стимуляции первоначально ингибированных процессов ряды получаются соответственно следующими: для ацидофикации – пшеница >> горох >> ячмень, для поглощения K^+ – пшеница> горох.

Добавление в среду гербицида аккурат (табл. 1) ингибирует ацидофицирующую активность и особенно поглощение K^+ корнями гороха при отсутствии эффекта восстановления или стимуляции процессов. Значительно сильнее ингибируется гербицидом ацидофикация для корней ячменя с небольшой последующей стимуляцией до 110 % при 20 мг/л аккурата; при дальнейшем повышении концентрации стимуляция снижается и проявляется как восстановление первоначальной активности до 60 % исходного уровня. Поглощение K^+ здесь ингибируется в меньшей степени, чем для гороха, но стимуляция до 160 % имеет место уже при 10 мг/л гербицида, и аналогично ацидофикации при росте концентрации гербицида степень стимуляции снижается до восстановления 60-80 % первоначального значения в течении 40 часов. В случае

пшеницы оба процесса ингибируются слабо: ацидофикация только на 40, а поглощение K^+ – на 30 % при концентрации 40 мг/л. В этом случае ацидофикация полностью восстанавливается за 20 часов только при 20 и не восстанавливается при 40 мг/л, а поглощение K^+ при отсутствии ингибирования стимулируется при 20 мг/л и следует за ингибированием при концентрации 40 мг/л, достигая в обоих случаях одинаковой величины 140 %.

Таблица 1. Степень (числитель, %) и время (знаменатель, час) максимального ингибирования или стимуляции (восстановления) скорости ацидофикации и поглощения K^+ корнями исследуемых культур при добавлении в среду гербицидов

			Горох		Ячмень		Пшеница	
	Концентрация гербицида, мг/л		Скорость ацидофика-ции	Скорость поглощения K^+	Скорость ацидофика-ции	Скорость поглощения K^+	Скорость ацидофика-ции	Скорость поглощения K^+
Аккурат	10	Ингиб	-	-	20/10	20/19	-	-
		Стим	-	-	-	160/40	-	-
	20	Ингиб	15/48	65/48	75/10	75/2	40/2	-
		Стим	-	-	110/50	60/40	100/20	140/50
	40	Ингиб	75/48	80/1	85/7	80/4	45/30	30/48
		Стим	-	-	60/50	85/40	-	140/75
	80	Ингиб	60/20	80/1		-		
		Стим	150/50	-				
Кортес	10	Ингиб	85/24	55/24	-	90/2		
		Стим	-	-	150/80	50/20		
	20	Ингиб	80/10	70/40	60/24	90/4		
		Стим	-	-	130/80	60/20		
	40	Ингиб			65/24	90/3		
		Стим			75/80	110/40		
Милагро	10	Ингиб	-	-	60/48	75/1.5	-	35/6
		Стим	-		-	80/60	-	100/20
	20	Ингиб	-	-	83/7	84/4	30/20	35/20
		Стим	200/10	300/5	25/45	65/60	130/0,5	170/0,5
	40	Ингиб	-	30/20	100/7	83/2	30/20	34/40
		Стим	-	200/25	15/45		160/0,5	250/0,5
Зенкор	10	Ингиб	80/35	73/18			85/1	-
		Стим	-	50/20	-		-	200/2
	20	Ингиб	62/2	89/2	30/72	-	50/1	-
		Стим	120/40	30/20			300/6	300/20
	40	Ингиб	74/2	89/2				
		Стим	140/20	200/25				

Аналогично вышеизложенному, можно составить ряды культур по степени чувствительности процессов к гербициду аккурат. Для ингибирования и стимуляции ацидофикации соответственно: ячмень > горох > пшеница, ячмень > пшеница > горох; аналогично для поглощения калия: ячмень ≥ горох >> пшеница и ячмень > пшеница >> горох. Видно качественное совпадение последовательности культур по степени ингибирования обоих процессов, причем наибольшую чувствительность проявил ячмень, а максимальную устойчивость – пшеница, особенно для поглощения калия. По степени стимуляции также наиболее чувствителен ячмень, но здесь более устойчивым оказался горох и также для поглощения калия.

Действие гербицида кортес на оба процесса для гороха и ячменя качественно подобно вышеизложенным результатам, полученным с аккуратом. Так, у гороха практически отсутствует стимуляция обоих процессов при достаточно выраженном ингибирующем эффект, причем сильно ингибируется ацидофикация и несколько менее – поглощение K^+. Для ячменя ингибирование ацидофикации несколько слабее, чем для гороха и начинается только с концентрации гербицида 20 мг/л, но здесь стимуляция проявляется в отсутствии ингибирования (10 мг/л гербицида). Отметим, что по мере роста концентрации кортеса стимуляция ацидофикации, как видно из таблицы 1, убывает по величине. Для поглощения K^+ ситуация обратная – здесь значительно сильнее ингибирование для ячменя, причем оно сопровождается стимуляцией.

Таким образом, здесь ряды культур несколько отличаются от случая с аккуратом: по степени подавления ацидофикации и поглощения K^+ соответственно – горох > ячмень и ячмень > горох, а по стимулированию обоих процессов – ячмень >> горох и ячмень > горох. Видно, что здесь, как и в случае с аккуратом, стимуляция отсутствует для гороха, но имеется у ячменя.

При тестировании следующего гербицида из группы производных сульфонилмочевины – милагро – получены следующие результаты (табл. 1). Практически не ингибировалась ацидофикация корней гороха, зато уже при уровне 20 мг/л наблюдалась двукратная стимуляция, которая исчезала при повышении концентрации до 40 мг/л. Отмечено небольшое подавление поглощения K^+ – на 30 % за 20 часов экспозиции на

фоне 40 мг/л гербицида. Как и для ацидофикации, здесь зарегистрирована значительная (2-3-х кратная) стимуляция начиная с 20 мг/л при отсутствии ингибирования. Значительно более высокую чувствительность к милагро проявили оба процесса в корнях ячменя и несколько меньшую (для ацидофикации) – в корнях проростков пшеницы. В последнем случае зафиксирована мощная стимуляция поглощения K^+: при концентрации гербицида 40 мг-л за 30 мин стимуляция достигала 250 %.

Результаты позволяют ранжировать культуры по чувствительности обоих процессов к гербициду милагро. По степени ингибирования ацидофикации: ячмень > пшеница > горох, по подавлению поглощения калия ряд аналогичен – ячмень > пшеница > горох. Отличается порядок культур по эффекту стимулирования. Для ацидофикации – пшеница > горох > ячмень, таков же он и для поглощения калия – пшеница ≥ горох > ячмень.

Анализ результатов, представленных в таблице 1, показывает, что быстрота восстановления первоначально ингибированных процессов, обратно пропорциональная времени достижения момента наибольшего стимулирования (восстановления) существенно различается для действия гербицидов на различные культуры. По этому показателю испытанные культуры можно расположить следующим образом (в порядке уменьшения скорости восстановления или стимуляции соответствующего процесса): гербицид аккурат, ацидофикация – пшеница > ячмень > горох, поглощение K^+ – пшеница> ячмень > горох; гербицид милагро, ацидофикация – пшеница > горох > ячмень, поглощение K^+ – пшеница > горох > ячмень; гербицид кортес, ацидофикация и поглощение K^+ дают совпадающие последовательности – ячмень > горох. Видно, что для обоих процессов ряды культур совпадают. Это обстоятельство позволяет предположить, что восстановление (стимуляция) процессов является результатом снижения действующих концентраций гербицидов в растениях в результате их биодеградации. Поэтому для обоих процессов получаем совпадение последовательностей культур по показателю скорости восстановления (стимуляции). Таким образом, видно, что имеется возможность оценивать интенсивность распада гербицидов в различных культурах и тем самым избирательность их действия.

Однако наличие в некоторых случаях стимуляции процессов без предшествующего ингибирования (например, аккурат –

пшеница, милагро – горох, зенкор – пшеница) может свидетельствовать о независимости стимуляции соответствующего процесса от его ингибирования.

Действие гербицидов на ростовые процессы сельскохозяйственных культур

Далее на рисунке 4 представлены результаты по изучению влияния гербицида милагро (никосульфурона) в концентрациях 0,01 – 40 мг/л на ростовые показатели проростков гороха. Результаты показывают, что уже в концентрации 0,01 мг/л милагро наблюдали ингибирование процесса роста корней в 2,5 раза по сравнению с контролем. Дальнейшее увеличение концентрации гербицида не изменяет значительно длину корней, она варьирует в небольших пределах (рис. 4, А). Милагро также ингибирует рост надземной части проростков гороха. Уже при концентрации гербицида 0,01 мг/л рост надземной части уменьшается в 2 раза, а при увеличении концентрации в 10 раз длина ростков уменьшается в 3,5 раза по сравнению с контролем. Дальнейшее возрастание концентрации гербицида увеличивает ингибирование роста надземной части и эффект достигает максимума (рост уменьшается в 6 раз) при концентрации милагро 10 мг/л. Зависимость доза-эффект действия милагро на рост корней и надземной части (рис. 4, В и Г) показывает, что подавление роста как корней, так и надземной части характеризуется кривой с выходом на плато. Другой показатель – масса корней и надземной части проростков также подавляется гербицидом милагро. Для корней практически весь эффект развивался до концентрации до 0,1 мг/л. Милагро вызывает уменьшение сухой массы надземной части проростков гороха: здесь концентрация выхода эффекта на плато несколько выше и составляет 0,3 мг/л. Зависимости доза-эффект (рис. 4, Д, Е) показывают достаточно высокую крутизну и в основных чертах совпадают с аналогичными кривыми для длины (рис. 4, А и Б).

Рис. 4. Влияние гербицида милагро на рост корней (А) и надземной части (Б) 20-ти дневных проростков гороха и зависимость доза-эффект для длин (В и Г) и сухой массы (Д и Е)

Представленные результаты показывают, что подавление ростовых процессов чувствительного к гербициду растения (гороха) происходит практически одинаково по всем измеряемым

параметрам – длина корней и надземной части, сухая и сырая массы. Поэтому в последующем изложении для анализа действия на растения гербицидов использовали только один параметр – длину корней и надземной части проростков.

Такие же эксперименты проводились на проростках устойчивых к гербицидам растений пшеницы и ячменя при действии аккурата (метсульфурон-метил), кортеса (хлорсульфурон), милагро (никосульфурон) и зенкора (метрибузин). Результаты представлены в таблице 2. Данные показывают, что гербициды – производные сульфонилмочевины в значительной степени ингибируют рост как надземной части, так и корней проростков гороха по сравнению с другими испытанными культурами.

Таблица 2. Концентрация половинного ингибирования (числитель, мг/л), относительная величина (%) и концентрация (мг/л) максимального ингибирования (знаменатель) гербицидами ростовых процессов исследуемых культур.

		Горох		Ячмень		Пшеница	
		корни	надземная часть	корни	надземная часть	корни	надземная часть
Производные сульфонилмочевины	аккурат	0,1/ 50% (0,1)	0,1/ 71% (0,3)	7,2/ 69% (10)	39/ 53% (40)	11,3/ 72 % (20)	19,6/ 64% (40)
	кортес	2,5/ 51% (2,5)	0,7/ 74% (2,5)	5,72/ 80% (40)	17,5/ 57% (20)	8,7/ 79% (40)	40,0/ 51% (40)
	милагро	0,006/ 83% (10)	0,009/ 83% (10)	19/ 63% (40)	20/ 57% (40)	0,1/ 82% (10)	9,0/ 71% (10)
Триазины	зенкор	- / 40% (10)	- / 40% (40)	- / 20% (40)	- / 32% (40)	- / 34% (20)	- / 23% (40)

Для разных гербицидов производных сульфонилмочевины – концентрация половинного ингибирования роста корней варьирует в диапазоне 0,006 – 2,5 мг/л. Надземная часть уменьшается на 50 % по сравнению с контролем при действии данных гербицидов в диапазоне концентраций 0,009 – 0,7 мг/л. При действии зенкора в концентрации до 40 мг/л на рост проростков величина эффекта ингибирования ростовых процессов не достигает 50 %.

Отметим, что милагро в наибольшей степени подавляет рост корней у всех культур – на величину от 63 до 83 %; несколько меньше степень подавления роста надземной части – 57 - 83 %.

Кортес и аккурат подавляют рост приблизительно одинаково, а зенкор значительно слабее: величина максимального подавления в этом случае составляет 20-40 % .

Наиболее чувствительными к гербицидам – как производным сульфонилмочевины, так и к триазину зенкору оказались ростовые процессы гороха. Среди гербицидов наибольшее подавление ростовых процессов гороха индуцировал милагро: концентрация половинного ингибирования составляет 0,006 мг/л для корней. Отметим, что концентрации половинного ингибирования роста надземной части оказались несколько выше, чем для корней.

Полученные результаты позволяют расположить исследуемые культуры по чувствительности ингибирования их роста производными сульфонилмочевины следующим образом. Для аккурата (корни) – горох >> ячмень > пшеница, надземная часть – горох >> пшеница > ячмень (табл. 2). Для гербицида кортес (корни) – горох > ячмень > пшеница, для надземной части – горох >> ячмень > пшеница. Наконец, для милагро (корни) – горох >> пшеница > ячмень и аналогично для надземной части – горох >> пшеница > ячмень.

Данные, представленные на рис. 4 А и Б, показывают, что максимальное ингибирование роста надземной части гороха при действии гербицида милагро происходит при более высокой концентрации. Аналогично, как видно из таблице 2, концентрация половинного ингибирования роста надземной части гороха заметно выше, чем корней. Подобная ситуация имеет место и для других гербицидов и культур. Например, для аккурата и кортеса – ячмень и пшеница, для милагро – горох и особенно пшеница. Можно сказать, что наблюдается некоторое концентрационное «запаздывание» эффекта в надземной части, зарегистрированное для большинства испытанных гербицидов и культур. Суммарные данные в количественном виде, как отношения концентраций, вызывающих одинаковое ингибирование роста надземной части и корней, приведены в таблице 3.

Это «запаздывание» можно связать со скоростью накопления гербицида в надземной части растения, которая в свою очередь, кроме подвижности вещества в растении, в некоторой степени

определяется быстротой его деградации. Тогда понятно, почему чувствительный горох проявляет наименьшее «запаздывание» по сравнению с устойчивыми ячменем и пшеницей: в злаковых, среди которых наибольшее запаздывание в целом проявляет более устойчивая пшеница [6].

Таблица 3. Концентрационное «запаздывание» эффекта ингибирования роста надземной части по отношению к корням (отношение концентрации гербицида, вызывающих одинаковое ингибирование роста надземной части корней проростков).

	Горох	Ячмень	Пшеница
Аккурат	-	5,5	1,92
Кортес	-	3	4,5
Милагро	1,5	-	90

Деградация гербицида происходит значительно быстрее. Отметим, что аналогичный результат был получен выше при анализе данных таблице 2. Действительно, минимальная величина и скорость восстановления (стимуляции) ингибированной ацидофикации и поглощения калия в растениях гороха соответствует максимальной чувствительности его ростовых процессов к аккурату, кортесу и зенкору.

Заключение. Накоплен значительный массив данных по действию гербицидов на ростовые процессы гороха, ячменя, пшеницы. Культуры ранжированы по степени ингибирования роста корней и надземной части. Наиболее чувствительны к гербицидам – как производным сульфонилмочевины, так и к триазину и зенкору ростовые процессы гороха. Среди гербицидов наибольшее подавление ростовых процессов гороха индуцировал милагро (не рекомендован к применению по этой культуре): концентрация половинного ингибирования составляет 0,006 мг/л для корней.

По влиянию гербицидов на скорость ацидофикации и поглощение калия наблюдается противоположная картина. В частности, милагро в концентрациях 10 – 40 мг/л стимулирует оба процесса. Влияние гербицида зенкора как на морфометрические показатели, так и на скорость ацидофикации и поглощения калия проростками ячменя приводит к незначительным подавлениям по сравнению с действием других исследуемых гербицидов.

Данные сопоставлены с информацией по действию гербицидов на физиологическое состояние корней по ацидофикации и поглощению калия. На примере растений гороха показано, что минимальная величина и скорость восстановления (стимуляции) ингибированной ацидофикации и поглощения калия соответствует максимальной чувствительности его ростовых процессов к гербицидам аккурат, кортес и зенкор. Таким образом, по восстановлению (стимуляции) процессов, отражающих физиологическое состояние корня, можно оценить интенсивность процессов детоксикации гербицидов в растении, что в целом определяет избирательность их действия.

Установлено, что концентрации половинного ингибирования роста надземной части растений оказались в целом несколько выше, чем для корней. Это различие отражает различную подвижность гербицидов в растении и может быть ее мерой.

Показано, что в случае действия гербицидов можно наблюдать ситуацию, когда ростовые процессы в растении ингибированы, но при этом ацидофицирующая активность возрастает; это может означать, что в целой ткани или органе растения нет прямой связи между активностью протонной помпы, обеспечивающей выделение ионов водорода в среду, и скоростью роста – это не соответствует известной теории «кислого роста».

Таким образом, проведенные исследования показали, что имеет место значительная вариабельность эффектов при действии различных гербицидов в зависимости от видовой принадлежности растений, а также вида гербицида. Накопленный массив данных позволяет сделать вывод, что использованные методы в совокупности дают достаточно полную картину негативного действия ксенобиотиков на растения и могут быть использованы как для оценки действия этих и других факторов на растительные организмы, так и для подбора устойчивых к ним видов и сортов растений.

Литература

1. Ганеев М.М., Недорезка В.Д. Химические средства защиты растений. Минск: Колас, 2006. 248 с.
2. Протасов Н.И., Саскевич Ю.А., Миренко А.И. и др. Применение гербицидов – производных сульфонилмочевины в борьбе с сорной растительностью. Рекомендации. Минск: Горки, 2000. 32 с.
3. Лунев М.И. Пестициды и охрана агрофитоценозов. М.: Колос, 1992. 269 с.

4. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. Москва: Наука, 1968. 266 с.

5. Соколик А.И., Кабанова Н.В., Сорока Ю.А., Юрин В.М. // Труды Белорусского государственного университета. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. 2008. Вып. 3, С. 50-59.

6. Лунев М.И., Кретова Л.Г. Экологические аспекты применения гербицидов в растениеводстве. Обзорная информация / ВНИИТЭИ агропром. М., 1992. 48 с.

С.П.АНТОХИНА, Е.С.ПАТЕЙ, Н.В.КАБАНОВА, А.И.СОКОЛИК, В.М.ЮРИН

ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДНЫХ СУЛЬФОНИЛМОЧЕВИНЫ И ТРИАЗИНОВ НА РОСТ И ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ КОРНЕЙ ПРОРОСТКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Резюме

Изучено влияния гербицидов – производных сульфонилмочевины и триазина – на функциональное состояние корней и ростовые процессы бобовых (горох) и злаковых (ячмень, пшеница). Показано, что под действием гербицидов как ацидофицирующая активность корней, так и поглощение ими ионов калия первоначально ингибируются, а затем в ряде случаев стимулируются. Рост корней и надземной части 20-22 дневных проростков подавлялся различными гербицидами по-разному. Проведен сравнительный анализ данных по функциональной активности корней и ростовым процессам. Результаты позволяют заключить, что развитые методические подходы дают возможность оценить негативное действие ксенобиотиков на растения.

S.P.ANTOHINA, E.S.PATEY, N.V.KABANOVA, A.I.SOKOLIK, V.M.YURIN

EFFECT OF SULFONYLUREA DERIVATIVES AND TRIASIN ON GROWTH AND FUNCTIONAL ACTIVITY OF CROP SEEDLINGS ROOTS

Summary

In the paper the influence of herbicides – derivatives of sulfonylurea and triasin – on root activity and growth of the pea and cereals seedlings were studied. It was shown, that both root acidification activity and potassium uptake reveal inhibition and then stimulation in the presence of herbicides in nutrient media. The growth of seedling root and shoot, measured as their length during 20 -22 days, were inhibited in different extents by the different herbicides. The comparative analysis of obtained results shows, that considerable variability of effects takes

place at influence of various herbicides depending on species of crops, and also a herbicide kind. The presented data suggest that used methods give us possibility to evaluate of negative xenobiotic impacts on plants.

Поступила в редакцию 18.05.2011

УДК 581.1:581.522.4:582.736

БУДКЕВИЧ Т.А.[1], ЗАБОЛОТНЫЙ А.И.[1],
ПИКУН П.Т.[2], ПИКУН М.Ф.[2], КОРОТКОВ М.М.[2]

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ КОРНЕВИЩНЫХ МОРФОТИПОВ ДИКОРАСТУЩИХ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ

[1] *Институт экспериментальной ботаники им.В.Ф.Купревича НАН Беларуси*
[2]*Полесский институт растениеводства НПЦ НАН Беларуси по земледелию*

Введение. Наряду с генетико-селекционной работой важная задача расширения фонда селекционного материала для создания устойчивых и продуктивных сортов многолетних кормовых трав может решаться путем пополнения его резерва за счет представителей естественной флоры. Как показывает мировой опыт, введение дикорастущих растений в культуру (*ex-situ*), является, как и охрана полезных видов в условиях естественных ареалов (*in-situ*), важным дополнительным фактором сохранения биоразнообразия природной флоры и восстановления экосистем [1]. Представители обширного семейства Бобовых, объединяющего, согласно [2], примерно 700 родов и около 18 тыс. видов, по хозяйственному значению стоят на втором месте после злаков. По данным [3], в списке семейств, включающих перспективные для введения в культуру виды, сем. Бобовые занимает 3-е место – 312 видов, из которых по хозяйственному использованию 212 относятся к группе кормовых, 5 – масличных, 49 – пищевых растений. Из группы многолетних дикорастущих бобовых растений кормового назначения наибольший опыт введения в культуру накоплен в отношении представителей родов *Lupinus* L., *Medicago* L., *Trifolium* L., *Vicia* L., *Lathyrus* L.

Селекционная работа с отобранными в естественных условиях произрастания экотипами трав направлена в основном на создание специализированных сортов с такими хозяйственно ценными признаками как высокая продуктивность зеленой массы и семян, оттавность, кормовые достоинства, зимостойкость, устойчивость к заболеваниям [4-7]. Под экотипом, по Е.Н.Синской [4], понимается совокупность нескольких или многих однородных и близкородственных по своему происхождению естественных популяций одного и того же вида, способных к самовоспроизведению при определенном комплексе факторов внешней среды. Основой отбора ценных экотипов бобовых трав служил и до настоящего времени является внутривидовой полиморфизм растений, при этом основное внимание уделяется разнообразию морфологических признаков и продукционных характеристик надземных органов исходных форм, прежде всего особенностям анатомо-морфологической структуры репродуктивных органов [4,7,8]. Введение в культуру и селекционная проработка перспективных для растениеводства экотипов бобовых трав на основе полиморфизма органов подземной сферы до настоящего времени используется крайне редко [9], хотя адаптация растений к воздействию факторов среды реализуется прежде всего через механизмы морфологических и функциональных адаптаций корневых систем растений. В ряду многолетних травянистых бобовых видов широкая экологическая пластичность морфологии корневых систем наиболее свойственна растениям из родов *Medicago* L и *Trifolium* L. [10-12]. Характерным представителем таких видов является люцерна серповидная (*Medicago falcata* L.), которая в одних условиях обитания проявляет себя как стержнекорневое растение, в других – как корневищно-стержнекорневое и корнеотпрысковое [13].

В ходе проводимого нами долговременного (1998-2007 гг.) экологического мониторинга растительности естественных лугов были выявлены занимающие значительные площади осоково-злаково-разнотравные ассоциации с устойчиво высоким долевым участием популяций люцерны серповидной и клевера среднего (*Trifolium medium* L.). [15]. В разные по погодным условиям вегетационные сезоны проективное покрытие *M. falcata* варьировало по годам наблюдений в пределах 33-45 %, достигая в отдельные периоды 50-60 % на участках с повышенной

влажностью почвы Было установлено, что стабильность устойчивого воспроизводства в составе ценозов обеспечивается у *M.falcata* и *Tr.medium* особенностями морфогенеза корневых систем, представляющих смешанный длиннокорневищно-стержнекорневой тип, что позволяет за счет побегов обогащения на интенсивно нарастающих корневищах обеспечивать ежегодно высокий процент проективного покрытия в сообществе [16,17].

Цель настоящего исследования заключалась в эколого-физиологической оценке выделенных в природной флоре морфотипов бобовых видов, перспективных с точки зрения устойчивого долголетнего продуцирования в травостоях. В задачи исследования входило изучение влияния эдафических факторов на развитие системы подземных органов растений и формирование семенной продуктивности надземных побегов; определение наследуемости признака корневищности у первичных интродуцентов; сравнительный анализ одной из наиболее важных для бобовых видов функциональных характеристик – развития симбиотического аппарата и уровня азотфиксирующей активности у диких (корневищных) и культурных форм.

Объекты и методы исследований. В природных луговых комплексах исследования проведены на двух стационарных пробных площадях из сети экологического мониторинга, приуроченных к разным уровням моренного ландшафта [15,16]. **ПП 46 -** низинно-суходольный луг с дерново-подзолистой почвой, развивающейся на моренной супеси и рыхло-гравийно-хрящеватом песке. Реакция среды по всему профилю нейтральная с переходом в слабощелочную (pH_{KCl} 7.2-7.4). **ПП 47** – низинно-суходольный луг с дерново-подзолистой почвой, с глубины 35 см подстилаемой суглинком. Реакция среды изменяется от нейтральной в дернине до среднекислой (pH_{KCl} 4.2-4.6) в аккумулятивном и подзолистом горизонтах, переходя в слабощелочную (pH_{KCl} 6.0-7.6) в иллювиальном горизонте. На обеих ПП увлажнение атмосферно-грунтовое, УГВ≥1.5-1.8 м. В летний период содержание влаги в почвенном профиле вплоть до подстилающей породы колеблется, в зависимости от особенностей рельефа и климатических условий года, на ПП 46 в интервале 2-18 %, на ПП 47 - 5-23 %. В слое 4-20 см (аккумулятивный горизонт) влажность почвы на ПП 47 двукратно превышает показатели на ПП 46.

Отбор объектов для изучения особенностей морфогенеза подземных органов и продукционной способности популяций доминирующих бобовых видов - люцерны серповидной (желтой) и клевера среднего проводили методом закладки трансект (по 3 на ПП) по направлению градиента влажности почвы. В пределах трансект выделяли учетные площадки 25х25 см^2 с выкопкой вместе с растениями почвенных монолитов размером 25 х 25 х 20 см. После отмывания проточной водой монолитов от почвы без нарушения архитектоники подземных органов растений производили морфолого-биометрические измерения, определяли весовые характеристики вегетативных и репродуктивных частей растений. Наблюдения осуществляли в периоды массового цветения и созревания семян. Влажность и pH_{KCl} почвы в аккумулятивном горизонте анализировали в сезонной динамике (май-август) с использованием стандартных методик [17].

Изучение азотфиксирующей способности растений проводили в условиях мелкоделяночного полевого и вегетационных опытов на окультуренной дерново-подзолистой почве. В вегетационном опыте проведен также сравнительный анализ устойчивости процесса азотфиксации у растений из культурных и диких популяций к техногенному загрязнению среды, для чего в схему опыта был введен вариант с повышенным содержанием в субстрате Cd - одного из наиболее токсичных элементов в ряду тяжелых металлов. Доза Cd, который вносили в почву перед высевом семян, составляла 70 мг/кг воздушно-сухой почвы. Кадмий вносили в почву в виде раствора соли $CdCl_2 \cdot 2,5\ H_2O$. В контрольном варианте (культурная форма люцерны желтой) исследовали растения люцерны желтой сорта Вера, выведенного в РНДУП «Полесский институт растениеводства» путем массового многократного отбора по признаку семенной продуктивности на основе 6 экотипов люцерны желтой (коллекция семян Всероссийского института растениеводства РАН). В 2009 году сорт Вера передан в Государственную комиссию по сортоиспытанию. Растения этого сорта характеризуются корневой системой стержневого типа, главный корень утолщен в базальной части, многоголовчатый, сильноразветвленный, глубоко проникающий в почву. Стебли до начала бутонизации прямые, затем полулежачие, иногда распластанные, высотой 50-85 см.

Семена в вегетационные сосуды высевали без предварительной инокуляции, инфицирование корней осуществлялось в почве дикими штаммами клубеньковых бактерий. Агрофон в почвенной культуре поддерживался на уровне Р90К120 д.в. Перед посевом семена скарифицировали механическим способом. В фазах цветение-начало плодообразования растения извлекали из вегетационных сосудов, корневые системы без нарушения архитектоники и повреждения отмывали от почвы, определяли биомассу корней и клубеньков, исследовали морфологические особенности развития подземных органов. учитывали зеленую массу растений. Азотфиксирующую активность корневых клубеньков определяли этилен-ацетиленовым методом [18] в собственной модификации [19] с использованием газового хроматографа “Chrom-5” (ЧССР), снабженного колонкой «Селипор 600».

Полученный экспериментальный материал обработан методами корреляционного и регрессионного анализов с применением стандартного пакета программ Exel.

Результаты исследований и их обсуждение.

Особенности морфогенеза корневых систем и семенная продуктивность дикорастущих доминантных бобовых видов - люцерны серповидной (Medicago falcata* L.*) и клевера среднего (Trifolium medium* L.*) в естественных луговых фитоценозах.

Как показано выше [10-13], *M. falcata* и *Tr.medium*, являющиеся поликарпическими стержнекорневыми или корневищно-стержнекорневыми видами и размножающиеся как семенным, так и вегетативным путем, могут в определенных экологических условиях отличаться высокой степенью морфологической поливариантности онтогенеза [12]. Нами установлено, что в условиях низинно-суходольных луговых комплексов на территориях с дерново-подзолистой почвой, развивающейся на моренной супеси и рыхло-гравийно-хрящеватом песке, в популяциях *M. falcata* и *Tr.medium* наблюдается крайнее проявление морфологической изменчивости в направлении длиннокорневищно-стержнекорневой жизненной формы растений. Аккумулятивный горизонт почвы насыщен симподиально ветвящимися гипогеогенными корневищами, масса которых в слое 4-20 см у *M. falcata* составляет 0,24-1,97 кг/м^2, у *Tr.medium* 0,35-

2,25 кг/м^2. «Вторично-стержневые» корни отсутствуют. Как в узлах вытянутых плагиотропных частей корневищ, так и в ортотропной их части, у оснований ассимилирующих надземных побегов, присутствуют пучки нитевидных придаточных корней. Диаметр мощно развитых стержневых корней материнского растения в базальной части (у корневой шейки) достигает 3-5 см. Перегнивающие участки на плагиотропных корневищах и партикулярно отделенные особи не обнаружены. Выявлены единичные экземпляры однопобеговых ювенильных растений семенного происхождения (<1/м^2). Ассимилирующая часть растений формируется преимущественно за счет генеративных «побегов обогащения», продуцируемых интенсивно разрастающимися корневищами.

В градиентах уровней влажности и кислотности почвы аккумулятивного горизонта, обусловленных особенностями рельефа, показатели семенной продуктивности *M. falcata* и *Tr. medium* обнаружили высокую корреляцию с влажностью и pH_{KCl} почвы (табл.1; рис. 1, 2). Установлено, что если показатели семенной продуктивности обоих видов по отношению к влажности и кислотности почвы в аккумулятивном горизонте характеризуются сходной (положительной) корреляционной зависимостью, то зависимость развития и накопления массы корневищ от этих почвенных факторов носит видоспецифический характер – в довольно узком диапазоне изменения кислотности почвы при переходе pH_{KCl} в щелочной диапазон отмечено ингибирование развития корневищ у клевера. Изменений в накоплении массы и развитии корневищ у люцерны в диапазоне показателей кислотности в аккумулятивном горизонте почвы на пробных площадях не отмечено.

Таблица 1. Влияние влажности и кислотности почвы на массу семян у растений *M. falcata* дикорастущих популяций длиннокорневищно-стержнекорневого морфотипа

Год	Масса 1000 семян, г	
	Пробная площадь 46 Влажность в 0-20 см слое почвы: 8,4 – 11,2 % pH_{KCl} : 7,0 – 7,45	***Пробная площадь 47*** Влажность в 0-20 см слое почвы: 15,4 – 22,3 % pH_{KCl} : 4,25 – 4,60
2007	1304 ± 53	1387 ± 87
2008	1272 ± 18	1404 ± 67

Сравнительная оценка культурных и первично интродуцированных дикорастущих форм бобовых растений по показателям продуктивности, азотфиксирующей активности и устойчивости к техногенному загрязнению почвы

Результаты исследования показали хорошую отзывчивость бобовых растений, выращенных из семян диких популяций, на агрофон окультуренной почвы (Р90К120 д.в.) и присутствие кадмия в почве в повышенной концентрации (табл.2).

Рост и развитие надземной и подземной сферы интродуцентов, а также развитие у них симбиотических клубеньков на корнях проходило по нормальному типу, уровень удельной азотфиксирующей активности сопоставим с аналогичными показателями растений культурных популяций. В сравнительном аспекте, однако, следует отметить более высокую заселенность корней симбиотическими клубеньками у растений из диких популяций, что отмечается также рядом других исследователей [20,21], которые показали, что количество корневых клубеньков у корнеотпрысковых и корневищных растений на порядок выше, чем у стержнекорневых.

Medicago falcata

Trifolium medium

Medicago falcata

Trifolium medium

Рис. 1. Влияние влажности и кислотности почвы на семенную продуктивность клевера среднего и люцерны серповидной длиннокорневищно-стержнекорневого морфотипа в условиях природного низинно-суходольного луга.

Trifolium medium

Medicago falcata

Рис. 2. Влияние влажности и кислотности почвы на развитие корневищ у клевера среднего и люцерны серповидной длиннокорневищно-стержнекорневого морфотипа в условиях природного низинно-суходольного луга.

Рис.3. Корневая система (фрагмент) с формирующимся корневищем и азотфиксирующими корневыми клубеньками у интродуцента люцерны серповидной (*Medicago falcata* L.), выращенной в условиях окультуренной почвы из семян дикой популяции.

Наиболее высокой азотфиксирующей способностью характеризовалась *Medicago falcata*, показатели которой незначительно уступают представителям культурного вида *Medicago sativa.* Растения люцерны, выращенные из семян как культурных, так и диких популяций показали достаточно высокую устойчивость к повышенному содержанию кадмия в почве.

Для изучения состояния и продуктивности люцерны желтой, выращиваемой из семян растений дикой популяции в полевом модельном опыте на окультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве использовали два способа посева – скарифицированными семенами и отрезками корневищ. Последние помещали в почву в составе почвенных монолитов размером 10х15 см, отобранных на пробных площадях исследуемых природных лугов (глубина выкопки 15 см). Посев семенами и размещение монолитов с корневищами на опытном участке осуществляли

рядовым способом с шириной междурядий 20 см. Для сравнительного анализа развития и продуктивности интродуцируемых растений были произведены посевы с использованием семян культурного вида люцерны желтой (сорт Вера) со стержневым морфотипом корневой системы. Площадь опытных делянок 3 $м^2$, повторность 3-кратная. Опыт со смешанными люцерно-злаковыми посевами осуществляли также рядовым способом высевом семян люцерны и злаков в один рядок из расчета общепринятой нормы высева семян на единице площади.

Таблица 2. Функциональная активность азотфиксирующего аппарата растений культурных и диких популяций бобовых трав при семенном возобновлении на окультуренной дерново-подзолистой почве. Вегетационный опыт, ЦБС НАН Беларуси.

Вид, популяция	Агрофон	Масса клубеньков, мг · $г^{-1}$ корней	Активность азотфиксации, мкмоль C_2H_4 · $ч^{-1}$ · $г^{-1}$ клубеньков
2008 г.			
Medicago falcata дикая	РК	46,9 ± 16,6	25,7 ± 5,1
Medicago sativa культурная, сорт Белорусская	РК	65,8 ± 25,0	33,2 ± 10,2
2009 г.			
Medicago falcata дикая	РК РК + Cd	85,9 ± 36,4 154,5 ± 65,3	22,0 ± 7,8 28,9 ± 11,1
Medicago falcata культурная, сорт Вера	РК РК + Cd	31,9 ± 9,8 59,9 ± 25,4	26,4 ± 5,4 26,4 ± 6,2
Medicago sativa культурная, сорт Белорусская	РК РК + Cd	35,8 ± 16,5 36,6 ± 20,3	42,7 ± 5,3 34,1 ± 5,2

Проведенные в опыте фенологические наблюдения не выявили различий в прохождении фенофаз растениями культурной и дикой форм люцерны в вариантах с семенным способом посева, в фазу цветения растения вступали одновременно, период от начала до полного цветения и начала плодообразования продолжался в течение 20-25 дней. В то же время в варианте с вегетативным способом возобновления отмечены более ранние, чем в семенных посевах сроки наступления фаз бутонизации и цветения.

Продуктивность надземной фитомассы интродуцированных и культурных растений в семенных посевах в год посева определяли в расчете на целое модельное растение, во 2-й год жизни ввиду интенсивного развития куста (ветвления) растений в рядках – на продуктивный побег. Показано (табл.3 и 4), что в 1-й год жизни растения интродуцента по накоплению зеленой массы существенно уступают растениям культурного вида, показатели продуктивности модельного растения соответственно составляли 4,84-5,81 и 7,70-15,4 г. Растения культурного вида во 2-й год жизни в вариантах семенных посевов по мощности развития и биомассе куста также значительно превосходили растения-интродуценты, которые однако в варианте с вегетативным способом возобновления характеризовались равнозначными с культурным видом показателями накопления зеленой массы. Это свидетельствует о том, что только с развитием системы корневищ, которое реализуетсяя к 3-му году жизни интродуцентов, растения люцерны желтой, выращиваемые из семян дикой популяции, характеризуются продукционным потенциалом, сопоставимым с показателями культурного вида. У интродуцентов 1-го года вегетации к фазе цветение-начало плодообразования корневищные побеги еще только начинают формироваться (рис.3).

Таблица 3. Продуктивность надземной части растений культурной (сорт Вера) и дикой популяции люцерны желтой (*Medicago falcata* L.) 2-го года жизни, выращенных на окультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве (фаза цветения). Полевой модельный опыт, 2010 г. ЦБС НАНБ.

Популяция	Способ посева	Зеленая масса 10 продуктивных побегов 1-го порядка, г
Культурная	Семенами (монокультура)	124 ± 35 (n = 50)
Дикая	Семенами (монокультура)	32 ± 6 (n = 50)
	Отрезками корневищ (смешанный травостой)	101 ± 32 (n = 50)

Таблица 4. Продуктивность надземной части растений культурной (сорт Вера) и дикой популяции люцерны желтой (*Medicago falcata* L.) 1-го года жизни в монокультуре и смешанных посевах со злаковыми травами на окультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве (фаза бутонизации-начала цветения). Полевой модельный опыт, 2010 г. ЦБС НАНБ.

Вариант опыта	Зеленая масса 1-го растения, г	
	Культурная популяция	Дикая популяция
Люцерна в монокультуре	9,34 ± 0,98 (n=15)	5,69 ± 1,98 (n=15)
Люцерна + ежа сборная	7,70 ± 1,00 (n=10)	5,81 ± 1,78 (n=10)
Люцерна + тимофеевка луговая	13,2 ± 2,7 (n=10)	4,84 ± 1,61 (n=10)
Люцерна + овсяница луговая	15,4 ± 4,9 (n=10)	5,12 ± 1,06 (n=10)
Люцерна + овсяница красная	11,6 ± 2,7 (n=10)	5,73 ± 1,80 (n=10)

Таблица 5. Активность азотфиксации корневых клубеньков растений культурной (сорт Вера) и дикой популяции люцерны желтой (*Medicago falcata* L.) 1-го года жизни в монокультуре и смешанных посевах со злаковыми травами на окультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве (фаза бутонизации-начала цветения). Полевой модельный опыт, 2010 г. ЦБС НАНБ.

Вариант опыта	мкмоль $C_2H_4 \cdot час^{-1} \cdot г^{-1}$ сырой массы клубеньков	
	Культурная популяция	Дикая популяция
Люцерна в монокультуре	9,28 ± 2,21 (n=7)	17,29 ± 3,58 (n=7)
Люцерна + ежа сборная	11,81 ± 1,50 (n=5)	11,62 ± 3,54 (n=5)
Люцерна + тимофеевка луговая	7,84 ± 1,84 (n=5)	14,73 ± 5,95 (n=5)
Люцерна + овсяница луговая	12,95 ± 1,70 (n=5)	25,06 ± 6,99 (n=5)
Люцерна + овсяница красная	5,63 ± 2,60 (n=8)	11,80 ± 3,14 (n=8)

Сравнительная оценка функциональной активности симбиотического аппарата растений люцерны желтой культурной и дикой форм в травостоях семенного происхождения, выращенных в условиях окультуренной почвы в полевом опыте (табл.5), подтвердила данные, полученные в условиях вегетационных опытов, о высокой адаптивной способности азотфиксирующей системы у растений-интродуцентов длиннокорневищно-стержнекорневого морфотипа. Активность азотфиксации корневых клубеньков интродуцированной люцерны в экстремальных условиях низкой почвенной влажности в вегетационном периоде 2010 года в 1,5-2 раза превосходила по уровню показатели растений культурной формы.

Заключение. За период исследований в природных луговых комплексах на территории Беларуси выделены морфотипы хозяйственно-ценных бобовых видов, перспективных, по признакам устойчивого самоподдержания и продуктивного долголетия – люцерны серповидной и клевера среднего. Эколого-физиологическая оценка растений этих морфотипов при семенном возобновлении в культуре показала, что характерный для выделенных морфотипов люцерны серповидной и клевера среднего признак - длиннокорневищно-стержневой тип корневой системы, обеспечивающий устойчивое ежегодное вегетативное возобновление их в ценозе, наследуется при введении в культуру на легких супесчаных почвах дерново-подзолистого типа. Рост и морфогенез надземной и подземной сферы интродуцентов, а также развитие у них симбиотических клубеньков на корнях и процесс азотфиксации проходят по нормальному типу. Уровень удельной активности азотфиксации и устойчивость этого процесса к техногенному (на примере Cd) загрязнению почвы у растений, выращенных из семян диких форм, сопоставимы с показателями культурных растений, а в засушливых почвенных условиях превышают их.

Исследованные первично интродуцированные дикие формы корневищно-стержнекорневых бобовых растений, в первую очередь, люцерны желтой (серповидной) показали хорошую отзывчивость на повышенный агрофон окультуренной почвы, что свидетельствует о перспективности их селекционной разработки с целью пополнения генофонда хозяйственно-ценных кормовых трав

для сенокосного и пастбищного использования в условиях Беларуси.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю признательность кандидату биологических наук Л.В. Семеренко за ценные консультации при выполнении данной работы по вопросам популяционного анализа и жизненных форм многолетних бобовых видов растений.

Литература

1. Фирсов Г.А., Волчанская А.В. // Эколого-популяционный анализ полезных растений : интродукция, воспроизводство, использование. Материалы докл. X Междунар.симпозиума (4-8 августа 2008 г., г.Сыктывкар, Россия). Сыктывкар, 2008. С.220-222.

2. Яковлев Г.П. Бобовые земного шара. Л.:Наука. Ленингр.отд-ние. 1991

3. Маевский В.В., Бояков М.Х., Николайченко Н.В., Ляшенко З.Д., Абдуллаев Б.Х. // Эколого-популяционный анализ полезных растений: интродукция, воспроизводство, использование. Материалы докл. X Междунар. симпозиума (4-8 августа 2008 г., г.Сыктывкар, Россия). Сыктывкар, 2008. С.113.

4. Синская Е.Н. // Успехи совр. биологии. Л., 1938. Т.9. Вып.1. С.1-15.

5. Семенов А.Л., Власова К.С. Селекция и семеноводство многолетних трав в Белоруссии.Минск : Ураджай, 1985. 152 с.

6. Шамсутдинов З.Ш., Писковацкий Ю.М., Козлов Н.Н. и др. Экотипическая селекция кормовых растений. М., 1999. 87 с.

7. Дзюбенко Н.И., Дзюбенко Е.А. // Научно-техн.бюлл. ВИР. 1991. Вып.211. С.49-53.

8. Новоселова Л.В. // Генетические ресурсы культурных растений: Материалы межд. конф. памяти Е.Н.Синской (9-11 декабря 2009, Санкт-Петербург). СПб, 1992. С.352-355.

9. Ламан Н.А., Прохоров В.Н., Росоленко С.И., Тимофеева И.В. // Ботаника (исследования) : Сб.научн.тр. Минск : Право и экономика, 2010. С. 349-361.

10. Григорьева Н.М. // Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. Ч.2. М., 1983. С.55-61.

11. Михайловская И.С. // Жизненные формы: структура, спектры, эволюция. М., 1981. С. 141-160.

12. Жукова Л.А. // Жизненные формы в экологии и систематике растений. М., 1986. С.104-112.

13. Культиасов И.М., Григорьева Н.М. Род Люцерна – Medicago L. / Биологическая флора Московской области. Вып.4. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. С. 96-112.

14. Будкевич Т.А., Якушев Б.И., Степанович И.М., Заболотный А.И., Кузьмич О.Т., Казей А.П., Сак М.М. // Сахаровские чтения 2003 года.

Экологические проблемы XXI века : Материалы межд.научн.конф. Минск, 2003. С.175-176.

15. Будкевич Т.А., Заболотный А.И., Якушев Б.И. // Генетические ресурсы культурных растений : Материалы междунар. конф., памяти Е.Н.Синской (9-11 декабря 2009, г. Санкт-Петербург). СПб., 2009. С. 38-42.

16. Будкевич Т.А., Заболотный А.И., Якушев Б.И. // Эколого-популяционный анализ полезных растений : интродукция, воспроизводство, использование. Материалы докл. X Междунар.симпозиума (4-8 августа 2008 г., г.Сыктывкар, Россия). Сыктывкар, 2008. С. 30-32.

17. Агрохимические методы исследования почв. М. : Наука, 1975. 656 с.

18. Hardy R.W.F., Burns R.S., Hebert et al. // Plant and Soil. Special vol. “Biol.Nitr.Fix. in Natural and Agric. Habit”. 1971. Part 2. P.561-590.

19. Заболотный А.И. Азотный обмен в растениях люпина в репродуктивный период онтогенеза: в норме и при экзогенном воздействии. Дисс. ... докт.биол.наук. Минск, 2003. 285 с.

20. Пленник Р.Я. Роль бобовых в растительных сообществах Горного Алтая // Сибирский экологический журнал. 1999. № 3. С. 515-522

21. Гордиенко Н.Я. Строение и особенности развития корневых клубеньков при естественном инфицировании дикорастущих бобовых растений Юго-Восточного Алтая. Автореф. дисс... канд. биол.наук. Алма-Ата, 1983.

БУДКЕВИЧ Т.А., ЗАБОЛОТНЫЙ А.И., ПИКУН П.Т., ПИКУН М.Ф., КОРОТКОВ М.М.

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ КОРНЕВИЩНЫХ МОРФОТИПОВ ДИКОРАСТУЩИХ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ

Резюме

В природных луговых комплексах на территории Беларуси выделены морфотипы хозяйственно-ценных бобовых видов, перспективных, по признакам устойчивого самоподдержания и продуктивного долголетия – люцерны серповидной и клевера среднего. Эколого-физиологическая оценка растений этих морфотипов при семенном возобновлении в культуре показала, что характерный для выделенных морфотипов люцерны серповидной и клевера среднего признак - длиннокорневищно-стержневой тип корневой системы, наследуется при введении в культуру на легких супесчаных почвах дерново-подзолистого типа, растения характеризуются высокой азотфиксирующей активностью и устойчивостью к загрязнению почвы кадмием.

BUDKEVICH T.A., ZABOLOTNY A.I., PIKUN P.T., PIKUN M.F., KOROTKOV M.M.

ECOLOGICAL AND PHISIOLOGICAL CARACTERISTICS OF SOME WILD FABACEOUS RHIZOME SPECIES WITH GOOD PROSPECTS FOR INTRODUCTION

Summary

The results of edaphophytocenotical research of lowland and elevated land meadow complexes showed the constant domination of wild fabaceous species – *Medicago falcata* L. and *Trifolium medium* L. The characteristics of their reproduction modes were given. The dependences of fabaceous plants seed productivity and development of its root systems from the level of water and mineral regime of soils were reveald. It was shown that in culturing conditions introduced plants of wild *Medicago falcata* L. inherit the rhizome morphotype of root system and have the high nitrogen fixation and cadmium resistance.

Поступила в редакцию 17.08.2011 г.

УДК 631.466

Г.И. БУЛАВКО, А.П. ЯКОВЛЕВ, Ж.А. РУПАСОВА

ПОЧВЕННАЯ МИКРОБИОТА ПРИ ФИТОРЕКУЛЬТИВАЦИИ ВЫБЫВШИХ ИЗ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА БЕЛАРУСИ

Центральный ботанический сад НАН Беларуси

Введение. Фиторекультивация площадей выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений севера Беларуси на основе культивирования таксонов сем. *Ericaceae* предполагает совмещение двух процессов противоположной направленности – интенсивного использования остаточного слоя торфяной залежи и при этом его сохранения от дальнейшего разрушения. Вместе с тем совокупное действие почвенных микроорганизмов и корневых выделений культиваров может усилить протекание в нем деструктивных процессов и привести к существенной трансформации и деградации органического вещества. Логично также предположить, что внесение на этих малоплодородных землях минеральных удобрений, включающих биогенные элементы, может спровоцировать усиление метаболической активности микробоценоза и тем самым усилить разрушение остаточного слоя торфа.

С целью выявления степени влияния разных таксонов Вересковых на основные характеристики его почвенной микробиоты, в Глубокском районе Витебской обл. в 2008-2010 гг. было проведено сравнительное исследование их сезонной динамики на открытом целинном участке и под экспериментальными посадками растений, дающее наиболее объективное представление об интенсивности протекающих в нем деструктивных процессов.

Объекты и методы исследования. Исследования были выполнены на остаточном слое залежи торфа в рамках полевого эксперимента с 8-вариантной схемой, в котором в качестве контроля использовали целинный участок, полностью лишенный растительного покрова, а в остальных вариантах в качестве культиваров были привлечены пушица влагалищная, голубика топяная, голубика узколистная, межвидовой гибрид голубики *Northblue* и клюква крупноплодная. При этом были предусмотрены два варианта с внесением минеральных удобрений – $P_{16}K_{16}$ и $N_{16}P_{16}K_{16}$, в которых в качестве модельного объекта использовали голубику топяную.

Определение биомассы физиологически активных микроорганизмов (ФАМ) в торфяном субстрате осуществляли 3-5 раз за сезон с использованием метода [1], основанного на измерении интенсивности дыхания образца, обогащенного легкоокисляемым и универсально доступным субстратом, в качестве которого использовали глюкозу, а также на предположении, что интенсивность дыхания пропорциональна суммарной биомассе микроорганизмов [2]. Оценку деструкционной активности почвенных микроорганизмов проводили по степени разложения целлюлозы в контролируемых (лабораторных) условиях по методу, основанному на определении активности целлюлазы – фермента, обеспечивающего разложение основного компонента растительных тканей, целлюлозы [3].

Все измерения производили в 3-5-кратной повторности. Значение метаболического коэффициента вычисляли как отношение микробной биомассы, заключенной в 1 г субстрата, к количеству выделенной ею в течение часа углекислоты [4].

Результаты и их обсуждение. Результаты данных исследований полностью подтвердили высказанное выше предположение о существенной, причем неадекватной роли разных

таксонов болотных растений в изменении ряда свойств сформированных под ними микробоценозов.

Наиболее важной характеристикой последних является величина биомассы функционирующих в нем микроорганизмов [5]. По нашим оценкам, в корнеобитаемой зоне субстрата экспериментального участка она соответствовала значениям, свойственным слаборазвитому микробоценозу и в основном не превышала 200-400 мкг С/г почвы. Для сравнения покажем, что, по имеющимся литературным данным [6, 7], масса физиологически активных микроорганизмов в серой лесной почве Московской области составляет 1084 мкг С/г, в дерново-подзолистой – 644 мкг С/г, в аллювиально-луговой – 623 мкг С/г.

Вместе с тем в период наблюдений были выявлены весьма выразительные межвариантные, а также внутри- и межсезонные различия массы ФАМ в корнеобитаемой зоне субстрата, что объясняется не только индивидуальной спецификой условий, создаваемых разными культиварами для развития и функционирования микроорганизмов, но и существенным влиянием на данные процессы метеорологических факторов. При этом в годы с близким к многолетней норме гидротермическим режимом вегетационного периода (2008, 2009) в сезонной динамике массы ФАМ в большинстве вариантов опыта прослеживалась определенная общность тенденций, заключавшаяся в постепенном снижении данного показателя на протяжении вегетационного периода, наименее выраженном под посадками голубики узколистной и межвидового гибрида *Northblue*. При этом лишь в двух случаях – на целинном участке, испытывавшем влияние только абиотических факторов, а также в варианте с пушицей влагалищной, в оба сезона в июле наблюдалось весьма заметное (в 1,2-1,4 раза) увеличение массы ФАМ, по сравнению с весенним сроком.

В отличие от сезонов 2008-2009 гг., в условиях чрезвычайно жаркого сезона 2010 г., характеризовавшегося в июле острым дефицитом влаги, в абсолютном большинстве вариантов опыта в сезонной динамике биомассы микроорганизмов были отмечены совершенно иные закономерности – существенное ее снижение (в 1,1-2,7 раза) к середине лета с последующим значительным (в 1,1-3,2 раза) увеличением к осени, обусловленным оптимизацией температурного режима при достаточном увлажнении

корнеобитаемого слоя субстрата. Заметим, что аналогичный этому характер сезонной динамики массы ФАМ, с наличием весеннего и осеннего максимумов активности почвенных микроорганизмов, при некотором ее снижении летом, в связи с потерей влаги, по заключению ряда авторов [8-10], является типичным для почв средней полосы с ее умеренным климатом.

Наиболее выразительно внутрисезонные изменения массы ФАМ в 2010 г. проявились под пушицей влагалищной и клюквой крупноплодной, наименее выразительно, как и в предыдущие годы – под голубикой узколистной и межвидовым гибридом *Northblue*, а во второй половине лета также под сортом *Bluecrop* высокорослой голубики, но особенно на целинном участке. При этом амплитуда сезонных колебаний данного показателя под аборигенным видом – голубикой топяной оказалась заметно большей, нежели под интродуцированными таксонами голубики. Нивелирующее влияние последних на сезонную динамику массы ФАМ, на наш взгляд, могло быть обусловлено, с одной стороны, экранирующим действием их хорошо развитой надземной сферы, в какой-то мере предохраняющей субстрат от перегрева, с другой – специфическим составом корневых выделений, отличным от такового аборигенных видов, к которому еще не адаптирована микробиота зоны ризогенеза, что могло в определенной степени ослабить проявление ее ответной реакции на сезонные изменения внешних воздействий.

Показанная выше периодичность в сезонных изменениях численности микроорганизмов также может быть связана с флуктуациями активности фотосинтеза растений и обусловленными ею изменениями темпов поступления в почву органических соединений в виде корневых выделений. При этом для микроорганизмов, находящихся в корнеобитаемом слое субстрата, основными факторами их жизнеобеспечения становятся состав корневых выделений и динамика поступления в почву органического вещества [8,11]. Выявленные в условиях эксперимента различия сезонной динамики массы ФАМ под разными таксонами опытных растений, даже при наличии в ней определенной общности тенденций, убедительно свидетельствуют об индивидуальном характере влияния продуктов метаболизма каждого из них на жизнедеятельность микробиоты остаточного слоя торфа.

Наиболее объективное представление о степени данного влияния в отдельные годы можно составить на основе сравнения относительных различий данного показателя на лишенном растительности целинном участке, принятом в качестве контроля, и в отдельных вариантах полевого опыта. Оказалось, что на протяжении большей части каждого вегетационного сезона преобладающей тенденцией в характере данных различий являлось либо отставание от контроля большинства вариантов опыта по биомассе активно функционирующей микрофлоры в корнеобитаемой зоне субстрата, либо отсутствие различий с ним по данному признаку. Лишь в мае 2008 г. и в сентябре 2010 г. наблюдалась противоположная этой картина – существенное превышение его контрольного уровня под посадками большинства опытных растений.

Вместе с тем относительные размеры выявленных различий существенно варьировались не только в сезонном, но и в многолетнем цикле наблюдений, что не позволяло выявить таксоны культивируемых растений с наиболее выраженным влиянием на развитие микроорганизмов в корнеобитаемом слое субстрата. В этой связи, для оценки интегрального эффекта в изменении массы ФАМ в каждом варианте опыта на протяжении вегетационного периода, мы ориентировались на усредненные за 2008-2010 гг. ее значения, приведенные в таблице 1.

Анализ этих данных не выявил существенных внутрисезонных различий диапазонов варьирования массы ФАМ в рамках эксперимента, составивших в усредненном виде для мая 234,6-463,2 мкг С/г почвы, для июля 234,3-371,2 и для сентября 249,9-339,1 мкг С/г почвы. При этом наиболее высокие ее значения в весенний период наблюдались под голубикой топяной, особенно на фоне внесения полного минерального удобрения, а также под клюквой крупноплодной, тогда как в середине лета – на целинном участке, а в осенний период - под голубикой топяной, но уже в варианте опыта с внесением фосфорно-калийного удобрения. Наиболее же низкие значения данного показателя в течение сезона были отмечены преимущественно в корнеобитаемой зоне субстрата вариантов с интродуцированными таксонами голубики и, в первую очередь, с межвидовым гибридом *Northblue.*

Таблица 1. Усредненные в трехлетнем цикле наблюдений основные характеристики микробиоты корнеобитаемого слоя торфа на целинном участке и под посадками болотных растений на разных этапах сезонного развития

Вариант опыта	С биомассы ФАМ, мкг С/г почвы		Интенсивность дыхания, CO_2 мкг/г почвы в сутки		Метаболический коэффициент, %	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*V, %*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*V, %*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*V, %*
Май						
Целина	360,6±32,1	8,9	31,0±6,0	19,3	0,07±0,01	12,0
E. vaginatum	310,7±20,2	6,5	33,0±6,7	20,3	0,09±0,02	17,0
V. uliginosum	435,4±95,3	21,9	30,9±12,1	39,1	0,10±0	15,6
V. uliginosum+ $P_{16}K_{16}$	299,1±29,2	9,8	31,3±3,1	9,9	0,09±0,01	15,6
V. uliginosum+ $N_{16}P_{16}K_{16}$	463,2±185,3	40,0	34,4±10,6	30,7	0,07±0	5,0
Northblue	234,6±39,6	16,9	38,1±1,9	4,9	0,15±0,03	19,7
V. angustifolium	352,9±97,1	27,5	33,3±3,6	10,7	0,09±0,02	17,0
Bluecrop	350,2±0	не опр.	21,2±0,0	не опр.	0,05±0	не опр.
O. macrocarpus	439,2±111,1	25,3	36,9±4,8	12,9	0,08±0,01	11,5
Июль						
Целина	371,2±86,1	23,2	23,8±3,5	14,6	0,06±0,02	29,3
E. vaginatum	307,5±98,8	32,1	21,3±2,4	11,1	0,07±0,02	32,8
V. uliginosum	251,5±36,8	14,6	26,0±4,9	18,9	0,09±0,01	11,1
V. uliginosum+ $P_{16}K_{16}$	300,5±57,7	19,2	21,9±4,1	18,6	0,07±0,01	10,0
V. uliginosum+ $N_{16}P_{16}K_{16}$	335,8±105,5	31,4	24,1±7,9	32,7	0,06±0,01	9,6
Northblue	234,3±47,6	20,3	19,4±1,2	6,3	0,08±0,02	27,2
V. angustifolium	265,3±84,1	31,7	22,8±1,8	7,8	0,07±0,01	16,5
Bluecrop	212,6±0,1	не опр.	15,4±0,1	не опр.	0,06±0,01	не опр.
O. macrocarpus	319,0±101,8	31,9	25,3±7,0	27,5	0,08±0,02	23,0
Сентябрь						
Целина	293,9±62,0	21,1	36,7±17,7	48,3	0,10±0,04	39,8
E. vaginatum	308,2±59,3	19,3	36,6±15,9	43,5	0,10±0,04	38,4
V. uliginosum	305,5±44,2	14,5	38,5±12,4	32,2	0,05±0,01	14,3
V. uliginosum+ $P_{16}K_{16}$	339,1±67,8	20,0	35,6±11,6	32,5	0,09±0,02	19,2
V. uliginosum+ $N_{16}P_{16}K_{16}$	249,9±48,4	19,4	40,3±15,9	39,6	0,13±0,05	36,3
Northblue	257,7±37,9	14,7	21,1±0,4	1,9	0,08±0,01	16,3
V. angustifolium	279,9±78,2	27,9	31,1±8,5	27,4	0,09±0,01	15,6
Bluecrop	260,0±0,6	не опр.	22,4±0,1	не опр.	0,07±0,01	не опр.
O. macrocarpus	256,7±63,3	24,6	33,3±10,0	30,0	0,11±0,01	6,2
Среднее за сезон						
Целина	341,9	17,7	30,5	27,4	0,08	27,0
E. vaginatum	308,8	19,3	30,3	25,0	0,09	29,4
V. uliginosum	330,8	17,0	31,8	30,1	0,08	13,7
V. uliginosum+ $P_{16}K_{16}$	312,9	16,7	29,6	20,3	0,09	14,9
V. uliginosum+ $N_{16}P_{16}K_{16}$	349,6	30,3	32,9	34,3	0,09	17,0
Northblue	242,2	17,3	26,2	4,4	0,11	21,1
V. angustifolium	299,4	29,0	29,1	15,3	0,09	16,4
Bluecrop	274,3	не опр.	19,7	не опр.	0,06	не опр.
O. macrocarpus	338,3	27,3	31,8	23,5	0,09	13,6

Несмотря на показанные выше межсезонные различия в динамике микробной биомассы, для ее усредненных в многолетнем цикле значений в большинстве вариантов опыта прослеживалась общая тенденция их снижения в 1,3-1,7 раза к середине лета, наиболее выраженная под голубикой топяной, и последующего их незначительного увеличения (в 1,1-1,2 раза) в осенний период**.** При этом в единственном варианте опыта с пушицей влагалищной величина данного показателя оставалась неизменной на всем протяжении вегетационного периода. При этом отсутствием сколько-нибудь выраженных ее изменений в первой половине сезона, наряду с целинным участком, характеризовались варианты опыта с голубикой топяной при внесении фосфорно-калийного удобрения, а также с гибридом *Northblue*. Во второй же половине сезона исключением из общей закономерности являлось снижение в 1,2-1,4 раза массы ФАМ в корнеобитаемой зоне целинного участка, а также вариантов опыта с клюквой крупноплодной и голубикой топяной, на фоне внесения полного минерального удобрения.

Как видим, в многолетнем цикле наблюдений наибольшая численность микроорганизмов в корнеобитаемом слое субстрата большинства вариантов опыта установлена в весенний период, что, на наш взгляд, обусловлено наиболее благоприятными для их развития эдафическими условиями – достаточной влажностью при постепенном повышении температуры грунта. При этом источником энергии могла быть рециклизация отмершей микробной биомассы и поступивших экзогенных органических остатков. Показанное выше в большинстве вариантов опыта заметное ослабление активности микробоценозов в середине лета, скорее всего, обусловлено перегревом верхнего слоя субстрата при дефиците влаги, тогда как ее осеннее оживление обязано нормализации его гидротермического режима и поступлению дополнительных трофических и энергетических ресурсов с опадающими частями растений [12].

Несмотря на это, по средним многолетним данным, в большинстве вариантов опыта, за исключением вариантов с пушицей влагалищной, голубикой топяной на фоне $P_{16}K_{16}$ и голубичным гибридом *Northblue,* масса ФАМ в корнеобитаемом слое субстрата в осенний период уступала таковой в начале сезона

в 1,2-1,9 раза, при наиболее выраженных различиях под клюквой крупноплодной и особенно под голубикой топяной на фоне $N_{16}P_{16}K_{16}$.

Нетрудно убедиться, что внесение полного минерального удобрения оказывало более заметное влияние на размеры и динамику микробоценоза, по сравнению с фосфорно-калийным удобрением. По мнению И.П. Бабьевой [11], только половина дополнительно поступающих в почву элементов усваивается растениями, тогда как остальная их часть вымывается либо депонируется микроорганизмами, последующее отмирание которых приводит к высвобождению необходимых для растений количеств питательных веществ. В нашем случае, при внесении фосфорно- калийного удобрения, скорее всего, имело место ограничение для микроорганизмов их дополнительных фондов, за счет более полного использования культиварами, в сравнении с внесением полного минерального удобрения.

Сравнение усредненных в многолетнем цикле наблюдений показателей массы ФАМ в корнеобитаемом слое субстрата целинного участка и вариантов опыта, занятых посадками болотных растений, выявило весьма неоднозначную картину на разных этапах их сезонного развития, что наглядно иллюстрируют данные таблице 2.

Так, в весенний период, характеризовавшийся наибольшей активностью микробозенозов, превышение контрольного уровня численности ФАМ на 21-28% отмечено лишь в трех вариантах опыта – под клюквой крупноплодной, а также под голубикой топяной на неудобренном агрофоне и особенно при внесении $N_{16}P_{16}K_{16}$, тогда как при внесении $P_{16}K_{16}$, равно как в вариантах с пушицей влагалищной и голубичным гибридом *Northblue*, наблюдалось отставание данного показателя от контрольного уровня на 14-35%, наиболее выраженное в последнем случае. При этом под *V. angustifolium* и сортом *Bluecrop* высокорослой голубики сколь-либо значимых различий с контролем в этом плане выявлено не было.

Таблица 2. Относительные различия с целинным участком усредненных в трехлетнем цикле наблюдений основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфа под посадками болотных растений на разных этапах сезонного развития, %

Вариант опыта	С биомассы ФАМ	Интенсивность дыхания	Метаболический коэффициент
Май			
E. vaginatum	-13,8	+6,5	+28,6
V. uliginosum	+20,8	-	+42,9
V. uliginosum+ $P_{16}K_{16}$	-17,1	-	+28,6
V. uliginosum+ $N_{16}P_{16}K_{16}$	+28,5	+11,0	–
Northblue	35,0	+22,9	+114,3
V. angustifolium	-	+7,4	+28,6
Bluecrop	-	-31,6	-28,6
O. macrocarpus	+21,8	+19,0	+14,3
Июль			
E. vaginatum	-17,2	-10,5	+16,7
V. uliginosum	-32,2	+9,2	+50,0
V. uliginosum+ $P_{16}K_{16}$	-19,0	-8,0	+16,7
V. uliginosum+ $N_{16}P_{16}K_{16}$	-9,5	-	–
Northblue	-36,9	-18,5	+33,3
V. angustifolium	-28,5	-4,2	+16,7
Bluecrop	-42,7	-35,3	–
O. macrocarpus	-14,1	+6,3	+33,3
Сентябрь			
E. vaginatum	+4,9	-	–
V. uliginosum	+4,0	+4,9	-50,0
V. uliginosum+ $P_{16}K_{16}$	+15,4	-	-10,0
V. uliginosum+ $N_{16}P_{16}K_{16}$	-15,0	+9,8	+30,0
Northblue	-12,3	-42,5	-20,0
V. angustifolium	-4,8	-15,3	-10,0
Bluecrop	-11,5	-39,0	-30,0
O. macrocarpus	-12,7	-9,3	+10,0
Среднее за сезон			
E. vaginatum	-9,7	-	+12,5
V. uliginosum	-	+4,3	-
V. uliginosum+ $P_{16}K_{16}$	-8,5	-	+12,5
V. uliginosum+ $N_{16}P_{16}K_{16}$	-	+7,9	+12,5
Northblue	-29,2	-14,1	+37,5
V. angustifolium	-12,4	-4,6	+12,5
Bluecrop	-19,8	-35,4	-25,0
O. macrocarpus	-	+4,3	+12,5

Примечание: прочерк означает отсутствие различий с контролем

В середине лета, по средним многолетним данным, наиболее высокой численностью ФАМ характеризовался верхний слой торфа на целинном участке, тогда как во всех без исключения вариантах

опыта с болотными растениями отмечены на 10-43% более низкие ее значения. Наибольшим отставанием по этому признаку характеризовался вариант с сортом *Bluecrop* высокорослой голубики, но, поскольку исследования с данным объектом проводились лишь в течение одного сезона, то полученной информации можно доверять лишь отчасти. Более убедительным представляется весьма выразительное (в пределах 28-37%) отставание от контрольного уровня массы ФАМ под остальными видами голубики – топяной, узколистной и особенно межвидовым гибридом *Northblue*. При этом внесение минеральных удобрений заметно нивелировало данные различия, особенно в варианте с $N_{16}P_{16}K_{16}$. В наименьшей же и примерно равной степени (на 14 и 17%) отставали от контроля по этому признаку варианты опыта с клюквой крупноплодной и пушицей влагалищной. Показанное выше снижение, по сравнению с целинным участком, численности микроорганизмов в субстрате под посадками Вересковых, наиболее выраженное под таксонами голубики, на наш взгляд, может быть обусловлено ингибирующим их развитие действием микоризных грибов, участвующих в питании растений на основе симбиоза с их корневыми системами.

В осенний период подобное отставание от контроля по данному признаку, хотя и выраженное слабее, чем летом (не более чем на 5-13%), сохранилось во всех вариантах опыта, занятых посадками интродуцентов сем. *Ericaceae*, тогда как в вариантах с аборигенными видами – пушицей влагалищной и голубикой топяной имело место незначительное (в пределах 4-5%) превышение контрольного уровня массы ФАМ. Обращает на себя внимание, что внесение фосфорно-калийного удобрения способствовало увеличению данного показателя на 15%, относительно контроля, тогда как внесение полного минерального удобрения, напротив, обусловливало выраженный в такой же степени, но противоположный по знаку эффект.

Как видим, на протяжении вегетационного периода в большинстве случаев имело место ингибирование развития микробоценозов в корнеобитаемом слое субстрата под посадками болотных растений, по сравнению с целинным участком, на что указывали меньшие значения массы ФАМ. Возвращаясь к данным табл. 2, нетрудно убедиться в отсутствии сколь-либо значимых различий с контролем по данному показателю в вариантах опыта с

клюквой крупноплодной, а также с голубикой топяной на неудобренном агрофоне и при внесении $N_{16}P_{16}K_{16}$ В остальных же вариантах опыта имело место выраженное в разной степени (на 9-29%) отставание от контроля массы ФАМ в верхнем слое субстрата, что указывало на ингибирующее действие корневых выделений всех культиваров на развитие в нем микрофлоры. Наиболее отчетливо это проявилось под посадками интродуцированных видов голубики, особенно в варианте с межвидовым гибридом *Northblue*.

На наш взгляд, данное явление следует рассматривать как позитивное, поскольку ограничение развития микрофлоры в зоне действия корневых выделений этих растений при их плантационном выращивании будет способствовать сохранению торфяного слоя от деструктивных изменений при разложении органического вещества, что, собственно, и является одной из основных задач фиторекультивации выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений.

Наряду с численностью ФАМ, важнейшим показателем функциональной активности микробоценоза является интенсивность выделения из почвы углекислого газа, определяемая темпами окисления органических веществ в процессе дыхания эдафобионтов, поставляющего энергию для их метаболизма [13; 14]. Известно также, что благоприятные гидротермические условия сезона, а также наличие энергетических и трофических ресурсов способствуют усилению данного процесса. Для определения в лабораторных условиях интенсивности выделения CO_2 микробоценозами разных вариантов полевого опыта, из соответствующих им образцов торфа проводили удаление корней растений, что позволяло экспериментальным путем объективно оценить вклад микробиоты в дыхательный процесс, исключив из него долю корневых систем высших растений.

По нашим оценкам, величина данного показателя заметно варьировалась как в рамках полевого эксперимента, так и в сезонном и многолетнем циклах наблюдений, что свидетельствовало о выраженной его зависимости от комплекса биотических и абиотических факторов. Вместе с тем в сезонной динамике активности выделения углекислоты из корнеобитаемой зоны субстрата в большинстве вариантов опыта прослеживались однотипные тенденции, не всегда, правда, совпадавшие с

установленными выше для массы ФАМ, но при этом характеризовавшиеся сходным с ней снижением значений летом и последующим их увеличением в осенний период. Тем не менее, если для биомассы микроорганизмов подобный ход сезонных изменений, напомним, наблюдался лишь в экстремальном по погодным условиям 2010 г., тогда как в предыдущие годы, отличавшиеся умеренным гидротермическим фоном, имело место устойчивое ее снижение на протяжении всего вегетационного периода, то для показателя интенсивности дыхания параболический ход сезонных изменений отмечен в 2008 и 2010 г., тогда как в 2009 г. он характеризовался снижением его значений также и в осенний период. Указания на отсутствие строгой зависимости между этими основными показателями жизнедеятельности микробоценоза имеются также в работе Т.Г. Зименко [15], что, по мнению автора, обусловлено тем, что выделение углекислого газа из почвы зависит не только от численности населяющих ее микроорганизмов, но и от их активности.

Сравнение интенсивности дыхания микробоценозов на лишенном растительности целинном участке, принятом в качестве контроля, и в отдельных вариантах полевого опыта в отдельные годы показало существенное влияние на данный процесс культивируемых растений, причем степень этого влияния в значительной мере определялась фазой их сезонного развития и гидротермическим режимом сезона. Установлено, что на протяжении большей части вегетационных сезонов 2008 и особенно 2009 гг. преобладающей тенденцией в характере данных различий являлось превышение контрольных значений интенсивности дыхания в большинстве вариантов опыта, тогда как в экстремальных погодных условиях сезона 2010 г. наблюдалась противоположная этой картина – существенное ее отставание от контрольного уровня под посадками большинства опытных растений.

Вместе с тем относительные размеры выявленных различий существенно варьировались не только в сезонном, но и в многолетнем цикле наблюдений, что не позволяло выявить таксоны культивируемых растений с наиболее выраженным влиянием на дыхательный процесс микробиоты в корнеобитаемом слое субстрата. В этой связи, для оценки интегрального эффекта в изменении его интенсивности на протяжении вегетационного

периода в каждом варианте опыта, мы ориентировались на усредненные за 2008-2010 гг. значения данного признака, приведенные в таблице 2.

Анализ средних многолетних значений интенсивности выделения CO_2 выявил сходную, но при этом более выразительную, чем у показателя массы ФАМ, картину внутрисезонных различий диапазонов варьирования в рамках эксперимента, соответствовавших областям значений: в мае – 21,2-38,1, в июле – 15,4-26,0, в сентябре – 21,1-40,3 мкг/г почвы в сутки**.** Для сравнения покажем, что если снижение массы ФАМ в летний период, относительно весеннего срока, наблюдалось далеко не во всех вариантах опыта и не превышало 1,7 раза, то ослабление потока CO_2 в это время отмечено в каждом его варианте и составляло 1,2-2,0 раза, при наиболее выразительном проявлении данного эффекта в варианте с голубичным гибридом *Northblue*. Аналогичная ситуация наблюдалась и в осенний период, для которого было показано увеличение микробной биомассы лишь в 1,1-1,2 раза и опять же не во всех вариантах опыта, тогда как активизация дыхательного процесса в это время в 1,1-2,0 раза установлена в каждом его варианте, особенно под голубикой узколистной.

При этом наиболее высокие значения интенсивности дыхательного процесса в весенний период наблюдались под клюквой крупноплодной и особенно под голубичным гибридом *Northblue***,** тогда как в середине лета – под клюквой крупноплодной и голубикой топяной, а в осенний период **-** под голубикой топяной, особенно на фоне внесения полного минерального удобрения. Наиболее же низкие значения данного показателя в течение сезона, как и массы ФАМ, были отмечены преимущественно в вариантах опыта с интродуцированными таксонами голубики и, в первую очередь, с межвидовым гибридом *Northblue***.**

Обращает на себя внимание, что, если усредненный показатель микробной биомассы в осенний период в большинстве вариантов опыта заметно уступал таковому в начале сезона, то интенсивность дыхания микроорганизмов в верхнем слое целинного участка и под посадками аборигенных видов пушицы влагалищной и голубики топяной в это время превышала таковую в весенний период в 1,1-1,2 раза, тогда как под межвидовым гибридом *Northblue* она, напротив, уступала ей в 1,8 раза при отсутствии сколь-либо

значимых различий в этом плане под посадками остальных интродуцентов.

Внесение минеральных удобрений, особенно $N_{16}P_{16}K_{16}$, несколько активизировало дыхательный процесс под голубикой топяной в начале и в конце сезона и ингибировало его в летний период.

Сравнение усредненных в многолетнем цикле наблюдений показателей интенсивности выделения углекислого газа из верхнего слоя торфяного субстрата целинного участка и вариантов опыта, занятых посадками болотных растений, выявило весьма неоднозначную картину на разных этапах их сезонного развития, что наглядно иллюстрируют данные таблицы 2.

Так, в весенний период в большинстве вариантов опыта значения данного показателя были выше, чем в контроле, на 6-23%, что свидетельствовало о стимулирующем дыхательный процесс у микроорганизмов действии корневых выделений болотных растений. Наиболее выразительно это проявилось под клюквой крупноплодной и межвидовым гибридом *Northblue*, тогда как в наименьшей степени под пушицей влагалищной и голубикой узколистной. Усиление в это время дыхательного процесса под голубикой топяной наблюдалось исключительно при внесении полного минерального удобрения, тогда как на неудобренном агрофоне, как и в варианте с $P_{16}K_{16}$, каких-либо значимых различий с целинным участком в этом плане выявлено не было. Существенное отставание (на 32%) от контрольного уровня интенсивности выделения CO_2 под голубикой высокорослой, устойчиво сохранявшееся на протяжении всего сезона, может рассматриваться с большой долей допущения, т.к. отражает результаты однолетних наблюдений.

В середине лета в большинстве вариантов опыта заметно изменилась ориентация различий с целинным участком в скорости выделения углекислого газа из верхнего слоя субстрата, что указывало на преимущественное ингибирование в нем дыхательного процесса продуктами метаболизма культиваров на 4-18%, что в основном коррелировало со снижением массы ФАМ относительно контроля. Наиболее значительным ослабление потока CO_2 оказалось в варианте опыта с межвидовым гибридом *Northblue.* Вместе с тем в двух случаях – под клюквой крупноплодной и голубикой топяной, напротив, наблюдалось превышение

контрольного уровня скорости выделения CO_2 на 6-9%, причем внесение удобрений, особенно $P_{16}K_{16}$, заметно ингибировало данный процесс.

В осенний период заметно усилились расхождения между вариантами опыта с аборигенными и интродуцированными видами болотных растений в ориентации и степени различий с целинным участком интенсивности дыхания их микробиоты. Так, если для первых было показано либо превышение ее контрольного уровня на 5-10% (голубика топяная), либо отсутствие выраженных различий с ним (пушица влагалищная), то для вторых – отставание от него на 9-42% по данному признаку, при наибольшем ингибировании дыхательного процесса в варианте опыта с межвидовым гибридом голубики *Northblue*.

Как видим, на протяжении большей части вегетационного периода в основном имело место ослабление интенсивности выделения углекислого газа под посадками болотных растений, по сравнению с целинным участком, на что указывали меньшие в этих вариантах опыта значения данного показателя. Вместе с тем для получения интегральной картины этого явления, отражающей вклад каждого культивара в изменение интенсивности дыхательного процесса микробиоты, на наш взгляд, следует ориентироваться на усредненные в сезонном и многолетнем циклах наблюдений значения межвариантных различий по данному признаку.

Возвращаясь к данным таблицы 2, нетрудно убедиться в отсутствии сколь-либо значимых различий с контролем в этом плане в вариантах опыта с пушицей влагалищной, а также голубикой топяной при внесении фосфорно-калийного удобрения, тогда как на неудобренном агрофоне и особенно в варианте с $N_{16}P_{16}K_{16}$, установлено незначительное (в пределах 4-8%) превышение контрольного уровня скорости потока CO_2. Аналогичная картина незначительной активизации дыхательного процесса, относительно целинного участка, наблюдалась и в варианте с клюквой крупноплодной. В остальных же вариантах опыта с интродуцированными видами голубики, напротив, отмечено его ингибирование на 5-35%, и, если абстрагироваться от варианта с голубикой высокорослой, в связи с краткосрочностью периода наблюдений, то наиболее выразительно ослабление потока CO_2 проявилось в варианте с межвидовым гибридом *Northblue.* Это

коррелировало с показанным выше наиболее выраженным ингибирующим действием корневых выделений данного таксона также на численность микроорганизмов в верхнем слое субстрата.

Интегральным показателем активности микробоценоза считается метаболический коэффициент (qCO_2), представляющий собой отношение интенсивности дыхания почвы к микробной биомассе. По нашим оценкам, его величина в вариантах полевого опыта не превышала 0,2, что свидетельствовало о слабой микробной активности в них корнеобитаемого слоя торфяного субстрата. Для сравнения покажем, что, по оценкам Г.И. Булавко [16, 17], в почвах лесных экосистем она составляет 0,28-0,34, достигая в луговой почве 0,61.

Вместе с тем значения метаболического коэффициента, как и других показателей жизнедеятельности микробиоты, заметно варьировались как в рамках полевого эксперимента, так и в сезонном и многолетнем циклах наблюдений, что свидетельствовало о выраженной его зависимости от комплекса биотических и абиотических факторов. При этом в его сезонной динамике в большинстве вариантов опыта прослеживались сходные тенденции, не всегда, правда, совпадавшие в годы наблюдений, но при этом характеризовавшиеся преимущественным снижением данного показателя летом и последующим увеличением в осенний период.

Сравнение значений метаболического коэффициента в корнеобитаемой зоне субстрата на лишенном растительности целинном участке, принятом в качестве контроля, и в отдельных вариантах полевого опыта в годы наблюдений выявило весьма выразительные различия, что однозначно указывало на его зависимость от видовой принадлежности культивируемых растений, причем степень этой зависимости в значительной мере определялась фазой их сезонного развития и гидротермическим режимом сезона. К примеру, в 2008 г преобладающей тенденцией в характере данных различий являлось превышение контрольных значений данного показателя летом и отставание от них весной и осенью. На протяжении вегетационного периода 2009 г. значения метаболического коэффициента под всеми культиварами существенно превосходили таковые в контроле, при прогрессирующем усилении данных различий к концу сезона. На фоне же экстремальных погодных условий сезона 2010 г.,

превышение контрольных значений данного показателя, причем не во всех вариантах опыта, отмечено лишь в весенний период, тогда как в дальнейшем наблюдалось прогрессирующее отставание от них под посадками всех опытных растений, за исключением голубики узколистной.

При этом относительные размеры выявленных различий существенно варьировались не только в сезонном, но и в многолетнем циклах наблюдений, что не позволяло выявить таксоны культивируемых растений с наиболее выраженным влиянием на величину метаболического коэффициента в корнеобитаемом слое субстрата. В этой связи, для оценки интегрального эффекта в изменении его значений, как и вышерассмотренных характеристик активности микробиоты, в каждом варианте опыта на протяжении вегетационного периода, мы ориентировались на усредненные за 2008-2010 гг. значения данного признака, приведенные в таблице 2.

Анализ этих данных выявил маловыразительную картину внутрисезонных различий диапазонов их варьирования в рамках эксперимента, соответствовавших областям значений: в мае – 0,05-0,15, в июле – 0,06-0,09, в сентябре – 0,05-0,13. При этом отчетливо прослеживалось сходство тенденций в сезонных изменениях данного показателя и рассмотренных выше характеристик микробиологической активности корнеобитаемого слоя торфа, при наиболее выраженной его корреляции с динамикой потока CO_2 . Так, в первой половине сезона практически во всех вариантах опыта, особенно под голубичным гибридом *Northblue,* наблюдалось снижение значений метаболического коэффициента в 1,1-1,9 раза, сменявшееся во второй половине сезона их увеличением в 1,2 – 2,2 раза, наиболее выразительным на целинном участке и под голубикой топяной, на фоне внесения полного минерального удобрения.

При этом в весенний период наибольшие значения метаболического коэффициента наблюдались под голубикой топяной, но особенно под голубичным гибридом *Northblue***,** тогда как в середине лета – опять-таки под голубикой топяной, а в осенний период **–** под клюквой крупноплодной и голубикой топяной, но уже на фоне внесения полного минерального удобрения. Наиболее же низкие значения данного показателя в первой половине сезона были отмечены преимущественно в

корнеобитаемой зоне субстрата целинного участка, тогда как во второй - в варианте опыта с голубикой топяной. Внесение минеральных удобрений, особенно $N_{16}P_{16}K_{16}$, способствовало снижению метаболического коэффициента под этой культурой весной и летом и его увеличению в осенний период.

Сравнение усредненных в многолетнем цикле наблюдений значений данного показателя в верхнем слое торфяного субстрата целинного участка и вариантов опыта, занятых посадками болотных растений, выявило весьма неоднозначную картину на разных этапах их сезонного развития, что наглядно иллюстрируют данные табл. 2. Так, в весенний и летний периоды года в большинстве вариантов опыта его значения были выше, чем в контроле, соответственно на 14-114% и 17-50%, при наиболее выразительных контрастах в первом случае под голубичным гибридом *Northblue***,** во втором – под голубикой топяной, при полном нивелировании различий на фоне $N_{16}P_{16}K_{16}$. В осенний же период в большинстве вариантов опыта отмечена противоположная этой картина – на 10-50% более низкие, чем в контроле, значения данного показателя, особенно под голубикой топяной, причем минеральные подкормки способствовали их увеличению. Заметим, что в варианте опыта с внесением полного минерального удобрения величина метаболического коэффициента в это время оказалась наибольшей в рамках эксперимента и даже превышала контрольный уровень на 30%.

Вместе с тем для получения интегральной картины межвариантных различий по данному признаку, как и по рассмотренным выше другим характеристикам активности микробиоты, мы сочли необходимым ориентироваться на их значения, усредненные в сезонном и многолетнем циклах наблюдений (см. табл. 2). Оказалось, что в большинстве вариантов опыта величина метаболического коэффициента корнеобитаемого слоя субстрата превышала таковую на целинном участке на 12-38%, при наибольших различиях в варианте с межвидовым гибридом *Northblue* и сходстве их относительных размеров под остальными культиварами. Исключением в этом плане явился вариант опыта с голубикой топяной, для которого не было выявлено сколь-либо значимых различий с контролем по данному признаку.

Как видим, несмотря на показанное выше наиболее выраженное ингибирующее действие корневых выделений голубичного гибрида *Northblue* на численность микроорганизмов в верхнем слое субстрата и активность выделения из него углекислого газа, метаболическая активность сформированного в нем микробозеноза в целом оказалась примерно втрое выше, чем под другими видами болотных растений.

Важнейшей характеристикой микробного сообщества торфяного субстрата является его деструкционная способность, определяющая темпы трансформации органического вещества. В этой связи в контролируемых (лабораторных) условиях была проведена оценка данной способности у почвенных микроорганизмов по степени разложения целлюлозы в сезонном цикле наблюдений, что, на наш взгляд, может служить интегральным показателем интенсивности трансформации в ней утлеродсодержащих органических соединений.

Ежемесячное повариантное определение активности целлюлазы в корнеобитаемом слое торфа в нашем эксперименте убедительно показало существенную зависимость деструкционного звена агроценоза от его флористического состава и фазы сезонного развития растений. Установлено, что на протяжении большей части вегетационного периода наблюдались довольно близкие диапазоны варьирования в рамках полевого опыта степени разрушения целлюлозы микробиотой корнеобитаемого слоя торфа, соответствовавшие следующим областям значений: в июне – 6-21%, августе – 4-17% и в сентябре – 9-18%. Более высокие значения данного показателя (9-35%) были получены в мае, но все же наибольшими (9-92%) они оказались в июле, что в обобщенном виде позволяет описать ход сезонных изменений целлюлозолитической активности микробиоты корнеобитаемого слоя торфа двухвершинной кривой с небольшим максимумом в начале вегетационного периода и наиболее выразительным в середине лета. Нетрудно убедиться, что самые высокие значения данного признака в сезонном цикле наблюдений приходились на период наиболее низких значений основных характеристик микробиоты – биомассы ФАМ, интенсивности дыхания и метаболической активности

Вместе с тем картина сезонных изменений целлюлозолитической активности микробиоты в таксономическом

ряду выглядела несколько сложнее, поскольку степень их выразительности под разными культиварами была строго индивидуальной. При этом усредненные за вегетационный период значения данного показателя изменялись в рамках полевого эксперимента в диапазоне значений от 12% под целинным участком и под пушицей влагалищной до 30% под межвидовым гибридом *Northblue* и сортом *Bluecrop* высокорослой голубики. Показано также, что внесение минеральных удобрений способствовало незначительной активизации целлюлозолитической активности микробиоты.

Анализ внутрисезонных изменений степени различий ее значений в контроле и в вариантах опыта с болотными растениями выявил весьма неоднозначную картину (рис). Оказалось, что предполагаемые под целинным участком наименьшие значения данного признака наблюдались лишь в июле, тогда как в остальное время наименьшая целлюлозолитическая активность микробиоты, уступавшая контрольным значениям на 23-52%, была характерна для варианта опыта с голубикой топяной. Аналогичная этой тенденция, при различиях с контролем в пределах 7-42%, наблюдалась в мае, августе и сентябре еще под одним аборигенным видом - пушицей влагалищной. Менее выразительным (на 13-22%) отставанием от целинного участка по данному признаку в июне, августе и сентябре был отмечен также вариант опыта с сортом *Bluecrop* высокорослой голубики. Наряду с этим меньшая, чем в контроле, степень разрушения целлюлозы была показана в августе под межвидовым гибридом *Northblue* и под голубикой топяной при внесении полного минерального удобрения, а в сентябре – под голубикой узколистной. Во всех же остальных случаях имело место превышение контрольных значений данного признака, наиболее выраженное в июне (на 55-180%), но особенно в июле, когда размер указанного превышения в вариантах с межвидовым гибридом *Northblue* и с сортом *Bluecrop* высокорослой голубики достигал 9-10 крат, а в остальных вариантах варьировался от 45% под клюквой крупноплодной до 470% под голубикой топяной.

Рисунок. Относительные различия с целинным участком целлюлозолитической активности микробиоты корнеобитаемого слоя торфа под посадками болотных растений на разных этапах сезонного развития, *%*

На основании повариантного сравнения с контролем средних за сезон значений целлюлозолитической активности микробиоты корнеобитаемого слоя торфа, было установлено, что под всеми без исключения таксонами Вересковых она оказалась на 44-156% выше, чем под целинным участком, при наименьших, причем достаточно сходных различиях под голубикой топяной и голубикой узколистной и наибольших под межвидовым гибридом *Northblue* и сортом *Bluecrop* высокорослой голубики. При этом сколь-либо выраженных различий в этом плане между целинным участком и вариантом опыта с пушицей влагалищной выявлено не было.

Нетрудно убедиться, что не только в сезонной динамике целлюлозолитической активности микробиоты, но и в характере ее межвариантных различий прослеживалась отчетливая обратная взаимозависимость с биомассой ФАМ и интенсивностью дыхания, обнаруживших в многолетнем ряду минимальные значения под межвидовым гибридом *Northblue* и сортом *Bluecrop* высокорослой голубики, тогда как максимальные под голубикой топяной и голубикой узколистной. При этом наблюдалась ее отчетливая прямая корреляция со значениями метаболического коэффициента.

Это наводит на мысль о наличии регуляторного механизма в жизнедеятельности микробиоты, способствующего поддержанию равновесия в природных экосистемах, ограничивающего развитие в них деструкционных процессов.

Заключение. Сравнительное исследование основных характеристик микробиоты верхней части остаточного слоя торфа – биомассы физиологически активных микроорганизмов (ФАМ), интенсивности выделения ими углекислого газа и уровня метаболической активности на открытом целинном участке и под экспериментальными посадками Вересковых в сезонном и многолетнем циклах наблюдений выявило весьма выразительные межвариантные, а также внутри- и межсезонные различия данных показателей, что объясняется не только индивидуальной спецификой условий, создаваемых разными культиварами для развития и функционирования микроорганизмов, но и существенным влиянием на данные процессы абиотических факторов.

Показано, что усредненные в многолетнем цикле наблюдений показатели массы ФАМ соответствовали значениям, свойственным слаборазвитому микробоценозу, и варьировались в рамках эксперимента в следующих диапазонах: в мае 235-463, в июле 234-371 и в сентябре 250-340 мкг С/г почвы, для интенсивности дыхания они составляли соответственно 21-38, 15-26 и 21-40 мкг/г почвы в сутки и для метаболического коэффициента соответственно 0,05-0,15, 0,06-0,09 и 0,05-0,13. Наиболее высокие значения данных характеристик микробиоты в большинстве вариантов опыта установлены в весенний период, причем в них прослеживалась общая тенденция их снижения в 1,3-2,0 раза к середине лета, наиболее выраженная для массы ФАМ под голубикой топяной, а для потока CO_2 и метаболической активности под голубичным гибридом *Northblue,* и последующего их увеличения в 1,1-2,2 раза в осенний период, особенно под гибридом голубики *Northblue*. При этом для осеннего увеличения микробной биомассы не установлено существенных межвариантных различий, тогда как для интенсивности выделения углекислого газа и метаболической активности данное увеличение в наибольшей степени проявилось соответственно под голубикой узколистной и голубикой топяной (на фоне внесения полного минерального удобрения).

На протяжении вегетационного периода имело место ингибирование развития микробоценозов в корнеобитаемом слое субстрата под посадками болотных растений, по сравнению с целинным участком, на что указывали на 9-29% меньшие в первом случае запасы микробной биомассы и на 3-35% меньшие показатели интенсивности дыхания, при наибольших контрастах под голубичным гибридом *Northblue*.

Вместе с тем метаболическая активность микробиоты под посадками большинства культиваров в среднем за сезон оказалась на 12-37% выше, чем под целинным участком, что проявилось в наибольшей степени под межвидовым гибридом *Northblue*.

Сравнительное исследование целлюлозолитической активности микробиоты корнеобитаемого слоя торфа в рамках эксперимента выявило существенную зависимость деструкционного звена агроценоза от его флористического состава и фазы сезонного развития растений. На протяжении вегетационного периода изменения данного признака описывались двухвершинной кривой с небольшим максимумом в начале вегетационного периода и наиболее выразительным в середине лета. При этом усредненные за вегетационный период показатели целлюлозолитической активности микробиоты изменялись в рамках полевого эксперимента в диапазоне значений от 12% под целинным участком и под пушицей влагалищной до 30% под межвидовым гибридом *Northblue* и сортом *Bluecrop* высокорослой голубики. Показано также, что внесение минеральных удобрений под голубику топяную способствовало незначительной активизации целлюлозолитической активности микробиоты, на фоне ослабления ее внутрисезонных различий.

Под всеми без исключения таксонами Вересковых разрушение целлюлозы в среднем за сезон протекало на 44-156% активней, чем под целинным участком, при наименьших, причем достаточно сходных различиях с ним под голубикой топяной и голубикой узколистной и наибольших под межвидовым гибридом *Northblue* и сортом *Bluecrop* высокорослой голубики. При этом сколь-либо выраженных различий в этом плане между целинным участком и вариантом опыта с пушицей влагалищной выявлено не было.

Установлена выраженная обратная взаимосвязь целлюлозолитической активности микробиоты с биомассой ФАМ и интенсивностью дыхания не только в сезонной динамике, но и в

характере межвариантных различий, при наличии прямой корреляции со значениями метаболического коэффициента.

Таким образом, полученные результаты убедительно показали, что деструкционные процессы в зоне действия продуктов метаболизма Вересковых не должны привести к разрушению остаточного слоя торфа, поскольку направленность изменений численности микроорганизмов и интенсивности их дыхания в соответствующих им микробоценозах противоположна по знаку изменениям их метаболической, в том числе целлюлозоразрушающей активности, что обеспечивает сбалансированность в нем процессов разрушения и накопления органического вещества.

Литература

1. Мирчинк Т.Г., Паников Н.С. //Успехи микробиологии. 1985. Т. 20. С. 198-226.

2. Anderson J.P.S., Domsch K.H. //Soil Biol. Biochem. 1978. V. 10. P. 215-221.

3. Востров И.С., Петрова А.Н. //Микробиология. 1961. Т. 39. № 4. С. 665-672.

4. Ананьева Н.Д. Микробиологическая оценка почв в связи с самоочищением от пестицидов и устойчивостью к антропогенным воздействиям. Автореф. дисс. … д-ра биол. наук: 03.00.07. М., 2001. 50 с.

5. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 746 с.

6. Благодатский С.А., Благодатская Е.В. // Почвоведение. 1996. № 12. С. 1485-1490.

7. Головченко А. В., Добровольская Т.Г., Инишева Л.И. // Почвоведение. 1992. № 12. С. 1468-1473.

8. Аристовская, Т.В. Микробиология процессов почвообразования. Л.: Наука, Ленингр. отд, 1980. 187 с.

9. Богоев В.М., Гильманов Т.Г. // Биологические науки. 1982. № 7. С. 80-83.

10. Горбенко А.Ю., Паников Н.С. // Журнал общей биологии. 1989. Т.1, № 1. С. 38-59.

11. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 336 с.

12. Degens B.P. // Soil Biol. Biochem. 1998. V 30. P. 1981-1988.

13. Ананьева Н. Д. и др. // Почвоведение. 2009. № 9. С. 1108-1116.

14. Звягинцев, Д.Г. // Тезисы докладов III съезда Докучаевского общества почвоведов. Кн. 2. Суздаль, 2000. С. 19–20.

15. Зименко, Т.Г. // Микроорганизмы почвы и растения. Минск: Наука и техника, 1972. С. 168-191.

16. Булавко Г.И. Комплекс микроорганизмов в условиях моделирования загрязнения почвы свинцом: автореф. дис. … канд. биол. наук. Алма-Ата, 1989. 24 с.

17. Булавко Г.И. // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. тр. Института леса НАН Беларуси. Гомель, 2007. Вып. 67. С. 341-350.

Г.И. БУЛАВКО, А.П. ЯКОВЛЕВ, Ж.А. РУПАСОВА

ПОЧВЕННАЯ МИКРОБИОТА ПРИ ФИТОРЕКУЛЬТИВАЦИИ ВЫБЫВШИХ ИЗ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА БЕЛАРУСИ

Резюме

Приведены результаты многолетнего сравнительного исследования сезонной динамики биомассы, интенсивности дыхания и метаболической активности микроорганизмов в корнеобитаемой зоне остаточного слоя торфа верхового типа на открытом целинном участке и под посадками пушицы влагалищной, а также ряда таксонов Вересковых. Показано, что под посадками болотных растений на протяжении вегетационного периода имело место снижение, относительно контроля, на 9-29% запасов микробной биомассы и на 3-35% интенсивности дыхания, при наибольших контрастах под голубичным гибридом *Northblue*. Вместе с тем метаболическая активность микробиоты под посадками большинства культиваров в среднем за сезон оказалась на 12-37% выше, чем на целинном участке, что проявилось в наибольшей степени под межвидовым гибридом *Northblue.* Установлена выраженная обратная взаимосвязь целлюлозолитической активности микробиоты с биомассой ФАМ и интенсивностью дыхания не только в сезонной динамике, но и в характере межвариантных различий, при наличии прямой корреляции со значениями метаболического коэффициента.

G. BULAVKO, A. YAKOVLEV, Z. RUPASOVA

THE SOIL MICROBIOTA UNDER PLANTINGS ON OPENCAST PEAT PITS OF THE NORTH OF BELARUS

Summary

The results of perennial relative research of seasonal dynamics of a biomass, respiration intensity and metabolic activity of microorganisms in a rooting zone of a residual high-moor peat layer on open virgin land and under plantings of a *E. vaginatum* and also a some of *Ericaceae* taxa are resulted.It is shown, that throughout a vegetative period under plantings of helads, concerning the control, decrease on 9-29 % of stores of a microbial biomass and on 3-35 % of respiration intensity took place. The greatest contrasts of the given reading are noted under half-high blueberries *Northblue*. Metabolic activity of a microbiota under plantings of the majority of cultivars has appeared on 12-37 % above on the average for a

season, than on open virgin land. The expressed anatropic interrelation cellulolytic activity of a microbiota with RAM biomass and respiration intensity is established.

Поступила в редакцию 26.04.2011

УДК 581.143:577.175

А.П. ВОЛЫНЕЦ[1], В.П. ШУКАНОВ[1], Н.В. ПОЛЯКОВА[1], Н.Е. МАНЖЕЛЕСОВА[1], Л.А. КОРЫТЬКО[1], С.Н. ПОЛЯНСКАЯ[1], Ю.К.ШАШКО[2]

РОЛЬ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ СОСТАВОВ В ПОВЫШЕНИИ БОЛЕЗНЕУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ

[1]*Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси*
[2]*НПЦ НАН Беларуси по земледелию*

Введение. Повышение болезнеустойчивости растений является одним из основных приемов повышения продуктивности растений. На первом этапе она достигалась за счет повышения дозировок химических средств, в частности фунгицидов. Однако вскоре было обнаружено наличие остаточных количеств препаратов в растениеводческой продукции, которые оказывали отрицательное воздействие на живую природу. Это побудило специалистов пойти по линии повышения защитного эффекта препаратов при одновременном снижении дозировок. Тем не менее, радикального улучшения экологической ситуации не произошло. Случаи обнаружения остаточных количеств фунгицидов в сельскохозяйственной продукции и гибели полезных насекомых изредка встречались. В последнее время выход из, казалось бы, тупикового положения найден – это производство комплексных препаратов, включающих собственно фунгицид и регулятор роста [1]. Благодаря этому достигается не только защита растений, но одновременно активируются обменные процессы самого растения. Этим же требованиям отвечает составление и применение защитно-стимулирующих составов, взятых на вооружение учеными-специалистами в области защиты растений. В зависимости от целей и назначения такие композиции могут включать два и более компонентов, состоящих обязательно из веществ фунгистатического и рострегулирующего действия. При этом защита растений достигается не только за счет прямого воздействия на патогенов, но и в результате интенсификации обмена веществ и

создания условий, неблагоприятных для жизнедеятельности вредных микроорганизмов [2-4].

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили растения яровой пшеницы сортов Ростань и Рассвет и ярового ячменя сортов Гостинец и Прима Белоруссии, их отдельные органы и споры фитопатогенных грибов.

Опыты проводили в лабораторных и полевых условиях в течение 5 лет. В лабораторных опытах изучали действие регуляторов роста на прорастание семян и начальный рост пшеницы, а также воздействие их на характер и степень поражения листьев на модельной фитопатосистеме ячмень+гельминтоспориозный гриб *Helminthosporium teres* Sacc. Ячмень выращивали до возраста двух листьев. Первые листья разрезали на отрезки длиной 4 см и раскладывали в кюветы на фильтровальную бумагу, смоченную 0,004%-ным раствором бензимидазола. На каждый отрезок наносили 40 мкл исследуемых веществ и равномерно распределяли их шпателем по поверхности отрезков, а через сутки в центр отрезка помещали каплю суспензии спор гриба с инфекционной нагрузкой 5-6 тыс/мл. Наблюдения за развитием гриба осуществляли в течение 5 суток. Оценку антигрибного действия фиторегуляторов и их смесей проводили по характеру и величине пятен поражения и наличию мицелия на отрезках листьев. Контролем служили отрезки листьев, обработанные водой и спорами гриба.

Полевые мелкоделяночные опыты закладывали на биологической опытной станции Института генетики и цитологии НАН Беларуси на среднеокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве. Предшественник – картофель. Обработка почвы – зяблевая вспашка и предпосевная культивация. Внесение удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$. Опрыскивание посевов фиторегуляторами проводили в фазе кущения. Полевые опыты также проводили экспериментальной базе научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию (г. Жодино), используя принятую методику закладки и технологию выращивания яровой пшеницы. Опрыскивание посевов эпибрассинолидом и его смесями с фунгицидом Рекс Дуо проводили в фазе кущения ранцевым опрыскивателем модели НД300.

В течение вегетации вели наблюдения за ростом и состоянием листьев яровой пшеницы, распространением и степенью поражения

растений грибной инфекцией. Степень поражения растений фитопатогенными грибами учитывали по методам [1] и определяли видовой состав возбудителей в течение вегетации. Идентификацию возбудителей проводили по характеру спороношения [5] в чашках Петри на агаре.

Для оценки болезнеустойчивости и рострегулирующего действия фиторегуляторов на растения пшеницы определяли некоторые защитные физиолого-биохимические показатели, в частности содержание пигментов, продуктов перекисного окисления липидов (так называемых ТБК-продуктов) и выход водно-растворимых веществ из листьев обработанных растений. Анализ содержания хлорофилла и каротиноидов осуществляли по методу Wettstein D. [6], ТБК-продуктов по De Vos C.H.R. [7] и выход водно-растворимых веществ по методу Н. Кожушко [8].

Результаты и их обсуждение. Первичная оценка ростовой активности ряда фиторегуляторов и их смесей проводилась на проростках пшеницы сорта Ростань. Способ обработки – погружение корешков отобранных проростков в возрасте четырех суток и одинаковых по развитию в растворы исследуемых веществ (табл. 1). Как и следовало ожидать, фиторегуляторы и их смеси в концентрации (10^{-6} М) ингибировали рост корешков. Максимальный ингибирующий эффект оказывала анисовая кислота (АК). Другие фенольные кислоты, оксикумарин и эскулетин (ЭК) ингибировали рост корешков одинаково с фитогормоном или значительно слабее. Рост колеоптилей фенольные соединения чаще не изменяли или слабо стимулировали. Более сильное стимулирующее влияние на рост колеоптилей оказывал фитогормон эпибрассинолид. Такое же действие проявляла смесь фитогормона с феруловой кислотой (ФК). Ингибирование корешков пшеницы происходило из-за их высокой чувствительности к регуляторам роста при погружении непосредственно в раствор. Таким образом, среди регуляторов роста наиболее активным оказался фитогормон ЭПБ, а среди смесей фитогормон с ФК. В дальнейшем необходимо было выяснить особенности действия фиторегуляторов на проявление антибиотической активности по степени поражения листьев и характеру развития мицелия. Для этого использовали два сорта ячменя: сравнительно устойчивый сорт Прима Белоруссии и восприимчивый сорт Гостинец.

Таблица 1. Влияние фиторегуляторов и их смесей на рост проростков пшеницы сорта Ростань

Вещество	Прирост, % к контролю	
	колеоптили	корешки
Контроль (вода)	100	100
Эпибрассинолид (ЭПБ)	114	48
Салициловая кислота (СК)	109	88
Анисовая кислота (АК)	102	6
Феруловая кислота (ФК)	107	44
Эскулетин (ЭК)	102	67
ЭПБ+СК	95	16
ЭПБ+АК	103	25
ЭПБ+2,4-Д	113	52
ЭПБ+ФК	118	99
ЭПБ+ЭК	102	67

Опыты показали, что инфицирование отрезков листьев ячменя сильнее проявлялось на сравнительно восприимчивом сорте Гостинец, у которого по большинству вариантов площадь пораженной поверхности достигала 2,0-3,0 мм, тогда как у сравнительно устойчивого сорта Прима Белоруссии она составляла 1,0-1,5 мм (табл. 2). Максимальная зона поражения отрезков листьев отмечалась у сорта Гостинец и Прима Белоруссии при воздействии смеси ЭПБ+эскулетин и достигала соответственно 3,5-4,0 мм и 2-3 мм. Развитие мицелия наблюдалось по большинству вариантов даже при слабом и сильном некрозе. Это означает, что фиторегуляторы в концентрации 10^{-6}М оказывали незначительное антигрибное действие на развитие фитопатогенных грибов.

Учитывая полученные результаты, для составления защитно-стимулирующих смесей использовали наиболее активный фиторегулятор – фитогормон ЭПБ и заведомо известный комплексный фунгицид последнего поколения - Рекс Дуо, включающий эпоксиконазол и тиофанат-метил в количествах 187 и 310 г/л. В дальнейших опытах применяли ЭПБ в дозировке 5 мг/га и Рекс Дуо в полной дозе (0,5 л/га), половинной и 1/5. ЭПБ включали в смесь для расширения спектра и усиления рострегулирующего действия, а также для снижения дозы импортного фунгицида.

Таблица 2. Влияние фиторегуляторов и их смесей на поражение листьев ячменя грибом *H. teres*

Вещество	Гостинец		Прима Белоруссии	
	размер пораженной зоны, мм	наличие мицелия	размер пораженной зоны, мм	наличие мицелия
Контроль (вода)	2,5-3,5	+	1,0-1,5	-
ЭПБ	2,5-3,0	+	1,0-2,0	+
СК	2,5-3,0	++	1,0-1,5	+
АК	1,5-2,5	+	0,5-1,5	+
ФК	2,0-2,5	_	0,5	-
ЭК	2,0-2,5	+	1,0	-
ЭПБ+СК	1,5-2,0	-	2,0-3,0	++
ЭПБ+АК	1,7-2,0	-	1,0-1,5	-
ЭПБ+2,4-Д	2,0-2,5	-	2,0-2,5	+
ЭПБ+ФК	1,7-2,5	-	1,5-2,0	+
ЭПБ+ЭК	3,5-4,0	++	2,0-3,0	+

Влияние фитогормона ЭПБ, фунгицида Рекс Дуо и их смесей на рост пшеницы сорта Рассвет не проявлялось: высота стебля не изменялась (табл. 3). В то же время в конце вегетации пшеницы отчетливо проявлялось действие использованных веществ на окраску листьев. Опытные растения в начале молочной спелости имели вполне зеленые флаговые листья, тогда как листья контрольных растений уже побурели. Этот факт указывает на то, что испытанные вещества и их смеси увеличивают продолжительность функционирования листьев.

Такой эффект действия фитогормона вполне закономерен, в то время как аналогичное влияние фунгицида казалось необычным. Как отдельные вещества, так и их смеси не оказывали заметного влияния на показатели продуктивной и непродуктивной кустистости пшеницы сорта Рассвет. В то же время по некоторым вариантам они повышали биомассу растений (соломы).

Наблюдения за развитием грибных болезней пшеницы проводили в течение пяти лет. Погодные условия по годам существенно различались, что по-разному сказывалось на распространении и развитии болезней и в конечном счете на эффективности действия фиторегуляторов и их смесей. Ограниченное распространение болезней наблюдалось в 2006 и

2007 гг.: в первый год только в фазе стеблевания, а во второй – в период цветение - молочная спелость. В последующих годах (2008 – 2010) оно отмечалось практически в течение всей вегетации. Основной болезнью пшеницы была преимущественно мучнистая роса (возбудитель *Erysiphe graminis DC.f.tritici* Marchal.), и только в 2007 г. – фузариоз (*Fusarium sp.*). Основным болезням сопутствовали септориоз (*Septoria nodorum* Berk.), альтернариоз (*Alternaria tenuis* Nees.), ржавчина (*Puccinia graminis f.sp.tritici*), аскохитоз (*Ascochyta tritici).*

Таблица 3. Влияние фиторегуляторов и их смесей на морфологические особенности растений пшеницы сорта Рассвет

Вариант	Кустистость, шт.		Длина главного стебля, см	Масса соломы одного растения, г
	продуктив-ная	непродуктивная		
Контроль (вода)	2,70±0,2	0,25±0,1	89,43±3,8	3,98±0,2
ЭПБ, 5 мг/га	3,00±0,2	0,25±0,1	92,85±2,2	4,75±0,6
Рекс Дуо, 0,5 л/га	2,45±0,3	0,05±0,0	91,05±1,3	3,80±0,4
Рекс Дуо, 0,25 л/га	2,90±0,4	0,25±0,1	89,55±2,1	4,45±0,5
Рекс Дуо, 0,1 л/га	3,10±0,3	0,28±0,1	91,23±2,5	4,81±0,7
ЭПБ, 5мг/га+Рекс Дуо, 0,25 л/га	2,85±0,4	0,33±0,1	93,20±2,5	4,65±0,6
ЭПБ, 5мг/га+Рекс Дуо, 0,1 л/га	2,60±0,4	0,20±0,1	86,00±6,9	4,02±0,6

Рассмотрим особенности распространения и развития грибных болезней пшеницы при раннем (фаза кущения) и более позднем (флаговые листья) их появлении. В условиях 2009 г. первые признаки поражения растений листовыми болезнями отмечались в фазе кущения, однако существенного развития они достигли в фазе трубкования (32,5%). В фазе молочной спелости подфлаговые листья поражались до 87,5%, а флаговые листья в период созревания до 62,5% (табл. 4). Обработка посевов фунгицидом Рекс Дуо и смесями с ЭПБ (фаза трубкования) сдерживали распространение и снижали развитие болезней. Эффект сдерживания наиболее заметно проявлялся на молодых листьях. В это же время сильнее проявлялось и защитное действие фиторегуляторов и смесей. По мере старения растений распространение болезней возрастало, а защитный эффект

снижался. Судя по внешним признакам поражения, максимальное действие оказывал фунгицид Рекс Дуо в дозе 0,5 л/га. Практически такую же эффективность действия показал фунгицид в половинной дозировке. Дальнейшее снижение дозы фунгицида приводило к уменьшению защитного эффекта, однако не столь существенно, как можно было ожидать. ЭПБ и его смеси с фунгицидом оказывали защитное действие на пшеницу в одинаковой мере, уступая фунгициду в начальный период и выравниваясь с ним к концу вегетации. При более позднем развитии болезней, что наблюдалось в 2008 г., защитное действие фиторегуляторов и их смесей снижалось и в дальнейшем практически выравнивалось по всем вариантам опыта, начиная с фазы колошения (табл. 5). Оценка развития болезней по внешним морфологическим признакам (хлороз, некроз) не очень совершенна в силу специфики самого метода учета. С другой стороны, защита растений может осуществляться и без видимых признаков поражения, за счет активирования обмена веществ в неблагоприятную для возбудителя сторону. В силу этого биохимические показатели защитного действия фитрегуляторов и их смесей характеризуют направленность и величину формирования болезнеустойчивости растений, а внешние признаки защитного действия не всегда есть адекватное их отражение.

Как указывалось ранее, при биохимической оценке защитного действия фиторегуляторов и их смесей учитывали содержание пигментов, продуктов перекисного окисления липидов и выход водно-растворимых веществ из листьев пшеницы. Первый показатель является косвенным свидетельством о повышении защитного эффекта в случае увеличения накопления этих веществ. Два других показателя есть прямое отражение защитного действия фиторегуляторов и их смесей.

Физиолого-биохимические показатели определяли в обработанных растениях в течение нескольких вегетационных периодов. Их количественные характеристики варьировали по годам как и развитие самих болезней, но неизменной оставалась сама направленность изменения обмена веществ: при обработке растений фиторегуляторами и их смесями количество пигментов возрастало, а содержание ТБК-продуктов и выход водно-растворимых веществ из листьев резко снижались. Однако по вариантам были свои особенности в изменении уровня этих

веществ, что удобно рассмотреть на примере одного года (2009), когда степень поражения растений возрастала от фазы трубкования до молочной спелости с 32 до 66,2 %.

Таблица 4. Развитие болезней по фазам роста пшеницы сорта Ростань, в %

Вариант	трубкова-ние	колоше-ние	цветение	молочная спелость	восковая спелость
контроль (вода)	32,5	30,0	45,0	66,2	62,5
ЭПБ 5 мг/га	20,0	23,7	36,2	47,5	55,0
Рекс Дуо, 0,5 л/га	5,0	11,2	18,7	31,2	57,5
Рекс Дуо 0,25 л/га	7,5	6,30	26,2	43,7	55,0
Рекс Дуо 0,1 л/га	12,5	10,0	33,7	57,5	47,5
ЭПБ+ Рекс Дуо, 5 мг/га + 0,25 л/га	20,0	31,2	38,7	58,7	62,5
ЭПБ+ Рекс Дуо, 5 мг/га + 0,1 л/га	25,0	21,2	33,7	51,2	52,5

Таблица 5. Сравнительное развитие болезней пшеницы сорта Ростань по фазам роста (в % к контролю)

Вариант	флаго-вый лист	колошение	цветение	молочная спелость	восковая спелость
Контроль(вода)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ЭПБ, 5мг/га	105,2	95,8	77,7	95,2	74,3
Рекс Дуо, 0,5л/га	52,6	70,8	50,0	90,4	71,7
Рекс Дуо, 0,25л/га	100,0	75,0	100,0	90,4	69,2
Рекс Дуо, 0,1л/га	78,9	79,1	72,2	95,2	74,3
ЭПБ, 5мг/га+Рекс Дуо, 0,25л/га	52,6	75,0	83,3	71,4	97,4
ЭПБ, 5мг/га+Рекс Дуо, 0,1л/га	68,4	83,3	83,3	104,7	71,7

Все регуляторы роста и их смеси повышали содержание хлорофилла и каротиноидов в растениях пшеницы, однако разное по величине и продолжительности (табл. 6). Наиболее сильное накопление пигментов вызывала малая доза фунгицида, а самое продолжительное время оно отмечалось при обработке пшеницы смесью фитогормона и фунгицида 0,1 л/га. Максимум накопления пигментов отмечался в фазах колошения и цветения. Регуляторное действие хорошо проявлялось не только при воздействии на пшеницу фитогормоном, но и фунгицидом. Об этом

свидетельствует возрастающее накопление пигментов при снижении дозировок фунгицида, особенно наглядно выраженное в фазе колошения.

Таблица 6. Изменение содержания пигментов в листьях пшеницы сорта Ростань под влиянием фиторегуляторов и их смесей (% к контролю)

Вариант	Фаза развития				
	трубкова-ние	коло-шение	цвете-ние	начало молочной спелости	конец молочной спелости
хлорофилл а+б					
Контроль(вода)	100	100	100	100	100
ЭПБ, 5мг/га	120*	145*	161*	121*	93
Рекс Дуо, 0,5л/га	91	111*	157*	139*	90*
Рекс Дуо, 0,25л/га	117*	148*	120*	108	113*
Рекс Дуо, 0,1л/га	109	176*	175*	116*	116*
ЭПБ, 5мг/га+Рекс Дуо, 0,25л/га	108	152*	154*	129*	81*
ЭПБ, 5мг/га+Рекс Дуо, 0,1л/га	102	143*	138*	113*	124*
Каротиноиды					
Контроль(вода)	100	100	100	100	100
ЭПБ, 5мг/га	132*	101	163*	112*	93
Рекс Дуо, 0,5л/га	92	116*	141*	145*	78*
Рекс Дуо, 0,25л/га	120*	139*	119*	109	120*
Рекс Дуо, 0,1л/га	123*	166*	163*	101	119*
ЭПБ, 5мг/га+Рекс Дуо, 0,25л/га	112*	115*	153*	113*	76*
ЭПБ, 5мг/га+Рекс Дуо, 0,1л/га	111*	120*	112*	143*	118*

Примечание. *Достоверность различий по отношению к контрольной группе: – $P \leq 0,05$

Судя по содержанию продуктов перекисного окисления липидов (ТБК-продуктов) наиболее сильное защитное действие оказывал фунгицид Рекс Дуо в полной дозе (табл. 7). Мало уступали ему смеси фунгицида с фитогормоном и половинная доза фунгицида.

Выход водно-растворимых веществ из листьев пшеницы фиторегуляторы и их смеси в основном снижали (табл. 8), особенно сильно в период молочной спелости, когда развитие болезней достигало максимума (66,2%). Максимальный защитный эффект оказывал фунгицид в полной дозе и его смеси с ЭПБ. При этом различие в действии фунгицида и его смесей с фитогормоном исчезало, тогда как влияние одного фитогормона проявлялось в меньшей степени.

Таблица 7. Снижение содержания ТБК-продуктов в листьях пшеницы сорта Ростань под влиянием фиторегуляторов и их смесей (% к контролю)

Вариант	флаговый лист	колошение	цветение	начало молочной спелости	Конец молочной спелости
Контроль(вода)	100	100	100	100	100
ЭПБ, 5мг/га	94	132*	60*	77*	95
Рекс Дуо, 0,5л/га	83*	98	65*	61*	73*
Рекс Дуо, 0,25л/га	111*	124*	81*	76*	55*
Рекс Дуо, 0,1л/га	95	118*	92	111*	82*
ЭПБ, 5мг/га+Рекс Дуо, 0,25л/га	89*	105	77*	77*	62*
ЭПБ, 5мг/га+Рекс Дуо, 0,1л/га	90*	122*	92	71*	68*

Примечание. * Достоверность различий по отношению к контрольной группе – $P \leq 0,05$

Еще сравнительно недавно защитное действие фунгицидов сопоставляли только с токсическим эффектом этих препаратов. Однако исследования последнего времени убедительно показывают, что повышение устойчивости растений от возбудителей болезней связана с перестройкой обмена веществ [2-4]. Чем сильнее и продолжительнее перестройка, тем эффективнее оказывается защита. Особенно важное значение имеет период от цветения до восковой спелости, когда происходит формирование и налив зерна и отмечается максимальное развитие грибных болезней. Такая фитосанитарная ситуация для посевов злаков наиболее характерна. Тем не менее, в связи с изменением климата в последнее время часто наблюдается кратковременное развитие грибных болезней, ограниченное одной фазой: колошением, цветением или молочной спелостью. Естественно подходы к защите растений от болезней при сильном, продолжительном развитии и кратковременном будут разные. Прежде всего, это будет относиться к дозировкам защитных веществ. Они должны быть эффективными при внесении их в максимально низкой концентрации. Во-вторых, это касается учета состояния растений и особенностей обмена веществ. При раннем развитии болезней, когда действие фунгицида проявляется в максимальной степени, дозировку его следует уменьшать. При среднесрочном развитии болезней (фаза цветения) дозу внесения фунгицида увеличивают. Обработки в таких случаях проводятся в фазе кущения. При позднем развитии болезней количество вносимого фунгицида опять

снижают, т. к. активность фитогормона возрастает. Одновременно такая смесь позволяет продлить работу листового аппарата и усилить отток ассимилятов в колос. Обработка совершается в фазе трубкования. Следовательно, дифференциация сроков обработки растений пшеницы и минимизация расхода защитных веществ – главные факторы в повышении эффективности защитных мероприятий.

Таблица 8. Выход водно-растворимых веществ из листьев пшеницы сорта Ростань под влиянием фиторегуляторов и их смесей (% к контролю)

Вариант	флаго-вый лист	колошение	цветение	начало молочной спелости	конец молочной спелости
Контроль(вода)	100	100	100	100	100
ЭПБ, 5мг/га	145*	88*	105	54*	135*
Рекс Дуо, 0,5л/га	103	82*	94	52*	66*
Рекс Дуо, 0,25л/га	62*	121*	85*	69*	50*
Рекс Дуо, 0,1л/га	91*	75*	97	59*	77*
ЭПБ, 5мг/га+Рекс Дуо, 0,25л/га	81*	70*	143*	51*	56*
ЭПБ, 5мг/га+Рекс Дуо, 0,1л/га	114*	146*	96	52*	68*

Примечание. *Достоверность различий по отношению к контрольной группе – $P \leq 0,05$

Сказанное в общей форме можно выразить конкретными цифрами. Из приведенных результатов вытекает, что эффективность защитного действия фунгицида Рекс Дуо в дозе 0,25 л/га не уступает по эффекту его в полной дозировке как при оценке по морфологическим, так и по биохимическим показателям. Дозировка 0,25 л/га должна рассматриваться как основная при сильном и продолжительном поражении пшеницы грибными болезнями. При раннем и позднем краткосрочном инфицировании пшеницы дозировки фунгицида Рекс Дуо можно снижать до 0,1 л/га.

Объективным показателем эффективности защитных мероприятий на посевах пшеницы может служить величина урожая и масса 1000 семян, которые колебались по годам в зависимости от действия погодных факторов и степени развития грибных болезней (табл. 9 и 10). В благоприятные годы действие фиторегуляторов и их смесей сказывалось положительно на величине урожая и массе

1000 семян. В крайне неблагоприятном 2010 г. эти показатели по большинству вариантов оставались на уровне контроля.

Таблица 9. Влияние фиторегуляторов и их смесей на зерновую продуктивность пшеницы

Вариант	Урожай по годам					
	2008		2009		2010	
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Контроль (вода)	45,2	100	45,0	100	32,3	100
ЭПБ, 5 мг/га	47,7	105	55,0	122*	29,9	93
Рекс Дуо 0,5 л/га	48,5	107*	64,5	144*	–	–
Рекс Дуо 0,25 л/га	46,4	103	55,8	124*	31,4	97
Рекс Дуо 0,1 л/га	53,3	118*	42,5	95	31,4	97
ЭПБ + Рекс Дуо 0,5 мг/га + 0,25 л/га	43,1	95	40,7	91*	33,5	104
ЭПБ + Рекс Дуо 0,5 мг/га + 0,1 л/га	45,3	100	52,7	117*	30,9	96

Примечание. * Достоверность различий по отношению к контрольной группе – $P \leq 0,05$

Таблица 10. Масса 1000 семян пшеницы под влиянием фиторегуляторов и их смесей

Вариант	2008		2009		2010	
	г	%	г	%	г	%
Контроль (вода)	42,6	100	31,3	100	28,6	100
ЭПБ, 5 мг/га	45,1	105	30,8	98	30,0	105*
Рекс Дуо 0,5 л/га	44,9	105	32,6	104	–	–
Рекс Дуо 0,25 л/га	45,1	106*	33,9	108*	29,4	103
Рекс Дуо 0,1 л/га	45,5	107*	33,9	108*	29,0	101
ЭПБ + Рекс Дуо 0,5 мг/га + 0,25 л/га	44,6	105	32,0	102	28,0	98
ЭПБ + Рекс Дуо 0,5 мг/га + 0,1 л/га	45,4	106*	32,1	103	28,7	100

Примечание. * Достоверность различий по отношению к контрольной группе – $P \leq 0,05$

Заключение. Доказано, что комплексные защитные препараты (фунгициды) можно заменить защитно-стимулирующими составами. Таким составом может быть фунгицид последнего поколения Рекс Дуо с добавкой фитогормона ЭПБ в дозе 5 мг/га. Показано, что фунгицид Рекс Дуо обладает как фунгицидными, так

и рострегулирующими свойствами, у которого при снижении дозировок возрастает рострегулирующий эффект и немного снижается фунгицидное действие. Эффективность защитного действия фунгицида в дозах 0,5л/га и 0,25 л/га была примерно одинаковая, поэтому последняя дозировка рассматривается как основная при применении смесей. Защита растений пшеницы сопровождается перестройкой обмена веществ: содержание пигментов увеличивается, а количество продуктов перекисного окисления липидов и выход водно-растворимых веществ из листьев снижаются. Одновременно выяснено, что защитное влияние фунгицида Рекс Дуо сильнее проявляется на молодых растениях пшеницы, тогда как аналогичный эффект ЭПБ – в период формирования зерна. Сочетание этих компонентов в одной смеси выравнивает защитное действие в течение вегетации и позволяет продлить работу листового аппарата и усилить отток ассимилятов в колос. При раннем и позднем кратковременном развитии болезней целесообразно проводить только профилактическую обработку пшеницы смесью фунгицида в дозе 0,1 л/га и фитогормона в дозировке 5 мг/га.

Литература

1. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации в 2-х книгах / Под ред. Сороки С.В. Минск, 2003. Кн.1. 248 с. Кн.2. 250 с.

2. Тютерев С.Л. Научные основы индуцированной болезнеустойчивости растений. СПб, 2003. 330с.

3. Шуканов В.П. Полякова Н.В., Манжелесова Н.Е. и др. // Ботаника (исследования): Сборник научн.тр. Минск:Право и экономика, 2008. Вып.36. С.496-506.

4. Волынец А.П., Шуканов В.П. // Наука и инновации. 2010. №2 (84). С.31-33.

5. Билай В.И., Гвоздяк Р.И., Скрипаль и др. Микроорганизмы – возбудители болезней растений (справочник). / Под ред. Билай В.И.. Киев, 1988. 552 с.

6. Wettstein D., Koahn A., Nielsen F. at all. // Science. 1974. Vol. 184. P. 800-802.

7. De Vos C.H.R., Schat H., Vooijs R., Ernst W.H.O. // J. Plant Physiol. 1989. Vol. 135. P.164-169.

8. Кожушко Н.Н. // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Л., 1976. С. 33–43.

А.П. ВОЛЫНЕЦ, В.П. ШУКАНОВ, Н.В. ПОЛЯКОВА,
Н.Е. МАНЖЕЛЕСОВА, Л.А. КОРЫТЬКО, С.Н. ПОЛЯНСКАЯ,
Ю.К.ШАШКО

РОЛЬ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ СОСТАВОВ В ПОВЫШЕНИИ БОЛЕЗНЕУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ

Резюме

Изучено защитное действие смеси фунгицида Рекс Дуо+фитогормон эпибрассинолид в дозировках 0,5; 0,25; 0,1 л/га и 5мг/га соответственно на посевах яровой пшеницы на развитие грибных болезней при обработке растений в фазе кущения. Установлено, что оптимальная доза фунгицида составляет 0,25 л/га, в 2 раза уменьшенная по сравнению с рекомендуемой дозировкой (0,5 л/га). Обработка посевов пшеницы смесью фунгицида и фитогормона в дозах 0,25 л/га и 5 мг/га сдерживает распространение болезней и повышает болезнеустойчивость культуры. Защита растений указанной смесью сопровождается увеличением содержания хлорофилла и каротиноидов, снижением продуктов перекисного окисления липидов и выхода водно-растворимых веществ из листьев пшеницы. Она не сказывается отрицательно на величине урожая и развитии растений в первом поколении потомства.

A.P. VOLYNETS, V.P. SHUKANOV, N.V. PALIAKOVA,
N.Y. MANZHALESAVA, L.A. KARYTSKO,
S.N. POLJANSKAJA, Y. K. SHASHCO

THE ROLE OF SAFETY-STIMULATING SUBSTANCES IN HIGHER EFFECTIVITY ON DISEASE-PLANT

Summary

The impact of mix of fungicide Rex Duo + phytohormone epibrassinolid in 0,5; 0,25; 0,1 l/ha and 5 mg/ha was studied on crops of spring wheat from fungus disease treating it in a phase of bushing. It was found out that the optimal dose of fungicide is 0,25 l/ha, that is in two time less than recommended dose. The treatment of crops of spring wheat with the mix of fungicide Rex Duo and phytohormone in doses like 0,25 l/ha and 5 mg/ha holds back the spread of diseases and develop the disease resistance of the spring wheat. Saving plants with this mixture also help to increase the content of chlorophyll and carotenoids and decrease of lipid peroxidation products, and outlet water soluble substances from spring wheat`s leaves. It doesn`t have a bad influence on the size of grain productivity and on the development of plants in the first generation.

Поступила в редакцию 22.02.2011 г.

УДК 575.1/.2’ 316:504.73.05:628.5(476)

С.А. ДМИТРИЕВА, Т.О. ДАВИДЧИК

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НОВОПОЛОЦКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ НА ОСНОВЕ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ У МОДЕЛЬНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Введение. В период научно-технического прогресса неуклонно возрастает антропогенная нагрузка на природу, одной из наиболее значимых форм которой по своим масштабам и вызываемым негативным последствиям является загрязнение окружающей среды. Важнейшими источниками загрязнения являются промышленные предприятия, автомобильный транспорт, химизация сельского хозяйства.

Исследования, по выявлению последствий загрязнения окружающей среды, развернувшиеся в 70-ые гг. 20 ст., когда данная форма антропогенного прессинга проявила себя как новый экологический фактор, показали, что многие загрязнители при воздействии на организмы вызывают мутагенный, канцерогенный и тератогенный эффекты [3, 9, 10, 17, 23, 31, 33, 34]. Следует также отметить, что многие загрязнители имеют глобальное распространение вследствие их стойкости, пространственной миграции и переноса по трофическим цепям [17, 19, 22]. В связи с этим оценка качества природной среды, постоянный контроль и мониторинг за ее состоянием является важнейшей задачей, определяющей организацию разумного природопользования.

Новополоцкий промышленный комплекс включает ряд важных, необходимых для народного хозяйства производств. Здесь расположены такие крупнейшие предприятия как нефтеперерабатывающий завод (ПО «Нафтан»), завод пластмассовых изделий (ПО «Полимир»), ТЭЦ, заводы белково-витаминных концентратов (БВК) и железобетонных изделий (ЖБИ), «Измеритель» и др. К тому же, в г. Полоцке, находящемся в 12 км от Новополоцка, функционируют заводы стекловолокна, литейно-механический, авторемонтный, комбинат строительных материалов и др. Вследствие этого данный промышленный

комплекс представляет собой крупнейший в Республике Беларусь источник промышленных эмиссий.

Изучение многолетней динамики состояния окружающей среды Новополоцкой промышленной зоны свидетельствует о том, что уровень загрязнения достаточно высокий. В воздушной среде содержится около 200 вредных примесей. При этом по 16 вредным веществам наблюдаются превышения ПДК от 1,5 до 15 раз [18]. Ежегодно в атмосферу выбрасывается более 16 тыс. тонн сернистого ангидрида, более 3 тыс. тонн оксида углерода, 3,3 тыс. тонн оксидов азота, 32 тыс. тонн летучих органических соединений, 1958 тонн бензола, 36 тонн сероводорода, 42,2 тонны серной кислоты. К тому же значительная доля выбросов приходится и на такие вещества как ксилол, толуол, аммиак [24]. Загрязненными, хотя и в разной степени, являются и земли г. Новополоцка, санитарно-защитной зоны и сельскохозяйственного использования [27]. На основании комплексной экологической оценки состояния атмосферы, почвы и воды большая часть г. Новополоцка и прилегающей к нему территории охарактеризована как зона экологического дисбаланса и значительная ее часть – как зона экологического риска [2].

Среди негативных последствий техногенеза заслуживает внимания возможность вызываемых им генетических изменений организмов и природных популяций. Для оценки и прогнозирования генетической опасности антропогенного прессинга используется ряд высоко информативных тест-систем и отдельных признаков (тестов). Наибольшее значение приобрели цитогенетические показатели стабильности онтогенеза [12-15, 20]. Анализ аберраций хромосом является одним из основных тестов, используемых для этих целей.

В последние годы наряду с анализом структурных повреждений хромосомного аппарата все чаще используются иные цитогенетические тесты, в частности митотический индекс, продолжительность отдельных фаз митотического цикла, ядрышковые характеристики (качество и количество ядрышек, их морфофункциональные особенности, ядрышковая активность) и др. [1, 13, 15, 16, 21, 25]. Однако эти тесты, скорее всего, отражают лишь изменения физиологии клеточного деления и могут представлять интерес при биотестировании для выявления неблагоприятных воздействий трансформированной среды.

Первостепенного внимания заслуживает оценка степени повреждений хромосомного аппарата, что является отражением мутагенной активности неблагоприятных факторов и свидетельствует об их потенциальной возможности увеличивать мутационный и генетический груз и, таким образом, изменять наследственность.

Для оценки генотоксичности окружающей среды и ее мутагенного фона чаще всего используется ана-телофазный метод анализа хромосомных аберраций, который ранее апробирован нами при изучении последствий Чернобыльской катастрофы [6-8]. На ряде травянистых растительных объектов нами были зарегистрированы отчетливо выраженные мутагенные эффекты, которые в наибольшей мере проявились в первые послеаварийные годы. Однако дальнейшие исследования с помощью данного метода, проведенные как нами, так и другими учеными показали, что существует ряд не достаточно выясненных вопросов, не позволяющих дать адекватную оценку его значимости и информативности для целей биотестирования, в особенности в мониторинговых исследованиях. Прежде всего, не определены обоснованные подходы и рекомендации для выбора видов растений в качестве модельных тест-объектов. Спектр видового флористического состава того или иного региона, как известно, очень широк как в отношении систематической принадлежности, так и по биологическим признакам и свойствам видов растений – продолжительности жизненного цикла, способам опыления и размножения, структурной организации кариотипа (величине и степени симметрии хромосом, уровню плоидности), принадлежности к определенным биоморфам и др. В настоящее время практически не исследованы уровни естественной изменчивости тех или иных признаков и свойств, которые предполагается использовать в качестве тестовых признаков. Для этих целей особенно важны те из них, которые характеризуется невысоким уровнем изменчивости в оптимальных или близких к ним условиях среды. Уровень спонтанной изменчивости признаков определяет, как было показано еще в работах Дубинина с соавторами [12], разрешающую способность тест-признаков и тест-систем. Предварительные представления о выборе объектов для цитогенетического мониторинга отражены в нашей монографии [7].

Материалы и методы исследования. Материалом для исследований служили 15 видов травянистых растений природной флоры республики, представителей преимущественно луговых фитоценозов: тысячелистник обыкновенный *(Achillea millefolium* L.*)*, цикорий обыкновенный *(Cichorium intybus* L.*),* бодяк полевой *(Cirsium arvense* (L.) Scop.*),* ястребинка волосистая *(Hieracium pilosella L.),* ястребинка зонтичная *(H. umbellatum* L.*)*, гипохерис укореняющийся *(Hypochoeris radiata* L.*),* кульбаба осенняя *(Leontodon autumnalis* L.), ромашка непахучая *(Matricaria inodora* L.), мицелис стенной *(Mycelis muralis* (L.) Dumort.*),* одуванчик лекарственный *(Taraxacum officinale* Wigg.), морковь дикая *(Daucus carota* L.), дрёма белая *(Melandrium album* (Mill.) Garcke), подорожник ланцетолистный *(Plantago lanceolata* L.), подорожник большой *(P. major* L.), василек луговой *(Centaurea jacea* L.).

План расположения пробных площадей (ПП) в зоне воздействия Новополоцкого промкомплекса представлен на рисунке. ПП заложены лабораторией продуктивности и устойчивости лесных экосистем Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси в 5-км зоне по радиусу вокруг источников выброса с целью проведения долгосрочного мониторинга за состоянием древесных пород. На некоторых из них (расположенных в разных экспозициях и на разном расстоянии от источников выброса) мы осуществляли популяционные сборы семян в 2003 и 2005 гг. Вместе с тем дополнительно мы собирали материал из новых районов, удаленных от источников выброса примерно на 10 км. Так, ПП 104 расположена к северо-востоку от источников выброса в окрестностях дер. Азино, ПП 105 – к западу, в окрестностях дер. Горчаки и ПП 106 – к западу, в окрестностях дер. Островщина. В качестве контроля использовались образцы из Березинского биосферного заповедника, собранные в окрестностях деревни Переходцы и в зоне абсолютной заповедности (на месте ранее отселенной деревни Пострежье).

Цитогенетический анализ проводился в корневой системе проростком с помощью ана-телофазного метода. Семена проращивались в термостате в чашках Петри на увлажненной фильтровальной бумаге при температуре 25-27°C.

Рисунок . Схема расположения пробных площадей (ПП) в Новополоцкой зоне.

Проростки с длиной первичных корешков 2-3 мм фиксировались фиксатором Карнуа, состоящим из 3 частей абсолютного этилового спирта и 1 части ледяной уксусной кислоты. Мацерация корневой меристемы проводилась 1-нормальной HCl в течение 5 минут при 60° С. Окрашивание проводилось 2%-ным раствором орсеина в 45% уксусной кислоте. Изготовление давленных препаратов осуществлялось по общепринятой методике. Цитогенетический анализ проводился на микроскопе Nicon Eclipse E 200 при увеличении 15x40x1,5. Основными, учитываемыми нами, типами нарушений были фрагменты хромосом, хромосомные и хроматидные мосты, отставшие или выброшенные за пределы веретена деления хромосомы. В материале из каждой популяции анализировалось около 1000 клеток. Исследованы образцы семян из 147 популяций, в том числе из 126 опытных, 21 контрольной. Всего проанализировано 4568 проростков (3856 опытных и 712 контрольных) и 138249 делящихся клеток (117796 опытных и 20453 контрольных). Полученные результаты обработаны статистически с использованием критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Выявлена не однозначная ответная реакция исследованных видов, выражающаяся в наличии широкой амплитуды цитогенетических эффектов (от уровня мутагенеза, одинакового со спонтанным или даже более низкого, до статистически достоверно его превышающего). Распределение видов растений и их популяций по чувствительности к воздействию загрязнения представлено в таблице, из которой следует, что количество популяций с частотой аберрантных клеток, достоверно превышающей контроль, составляет 33 (26,2%), с частотой ниже контрольного уровня – 20 (15,9%). Популяции, не достоверно отличающиеся от контроля, преобладали; их количество составило 73 (57,9%). Однако следует подчеркнуть, что более половины опытных популяций со статистически недостоверной разницей с контролем проявили тенденцию к более высокому, чем в контроле, содержанию аберрантных клеток.

Из 15 исследованных видов растений 8 оказались не чувствительными к воздействию промышленных поллютантов при оценке по тесту «аберрации хромосом». К ним относятся:

Cichorium intybus, Hieracium pilosella, Hypochoeris radiata, Daucus carota, Melandrium album, Achillea millefolium, Plantago lanceolata, P. major. У двух видов растений – *A. millefolium и P. major* обнаружена даже достоверно более низкая частота аберрантных клеток, чем в контроле.

Так, из 14 опытных популяций *A. millefolium* лишь одна (ПП 104) достоверно превышала контроль, у 3-х популяций (ПП 14, 65, 90) различия были не достоверными, и остальные 10 популяций (ПП 5, 10, 20, 21, 38, 52, 63, 99, 105, 106) характеризовались достоверно более низким уровнем мутагенеза. В среднем частота аберрантных клеток составила 3,59 % при варьировании в отдельных популяциях от 1,28 до 11,04 %, а в контроле – 6,09%. Однако следует подчеркнуть, что опытные популяции отличались более высоким уровнем повреждения клеток. Если в контроле число аберраций на одну аберрантную клетку составило 1,17, то в опыте - 1,33, причем в популяции ПП 99 при содержании аберрантных клеток 1,28 %, этот показатель достиг даже 2,78 %. Содержание клеток с прочими нарушениями в опытном материале также было значительно выше, чем в контроле - 1,03% против 0,59 %. О неблагоприятных эффектах загрязнения свидетельствует соотношение мостов и фрагментов. В контроле оно составило 92,86:7,14 %, в опыте – 78,11:21,89 %. Преобладание количества мостов над фрагментами отражает наличие более высокой интенсивности репарационных процессов, что может привести к соединению фрагментов в новых комбинациях и возникновению дицентриков, выявляемых в виде мостов, или же к воссоединению фрагментов и восстановлению прежней структуры хромосом. Восстановительная способность клеток в условиях загрязнения выражена слабее, чем в «чистой» зоне.

Этот вид явился объектом наших исследований при изучении последствий Чернобыльской катастрофы. При дозовых нагрузках от 0,6 до 5,3 мР/ч частота аберрантных клеток достоверно превышала контрольные значения, достигая в материале из отдельных популяций 11%. Отметим также, что в те годы зарегистрирован более низкий уровень спонтанных мутаций (3,01 – 4,57 %).

В исследованиях Андрощука [26], выполненных на материале с территории Украины еще до Чернобыльской катастрофы, отмечен более высокий уровень мутагенеза, коррелирующий при этом с

уровнем плоидности. Частота мутаций у диплоидных видов данного полиморфного комплекса (*A millefolium s.l.)* составила 5,44-7,16 %, у тетраплоидов, аналогичных изучаемым нами, -

Таблица. Чувствительность видов растений к воздействию промышленного загрязнения

№ п/п	Вид	Количество исследованных популяций		Количество популяций с частотой аберрантных клеток		
		опытных	конт-рольных	достовер-но превы-шающей контроль	достовер но ниже контроля	не досто-верно отличаю-щейся от контроля
1	*Achillea millefolium*	14	2	1	10	3
2	*Cichorium intybus*	3	-	-	-	3
3	*Cirsium arvense*	4	1	2	-	2
4	*Hieracium pilosella*	2	2	-	-	2
5	*Hieracium umbellatum*	11	2	8	-	3
6	*Hypochoeris radiate*	8	1	-	-	8
7	*Leontodon autumnalis*	15	2	3	-	12
8	*Matricaria inodora*	8	1	1	-	7
9	*Mycelis muralis*	8	1	3	-	5
10	*Taraxacum officinale*	14	2	14	-	-
11	*Daucus carota*	2	1	-	-	2
12	*Melandrium album*	9	2	-	-	9
13	*Plantago lanceolata*	15	2	-	-	15
14	*P. major*	10	1	-	10	-
15	*Centaurea jacea*	3	1	1	-	2
Всего		126	21	33	20	73

11,2%, у гексаплоидов – 16,0 % и у близкородственного октоплоидного вида (выделенного из данного полиморфного комплекса) – *A. pannonica Scheele* – 18,9 %. К сожалению, в данной работе отсутствует информация об уровне антропогенной нагрузки и трансформации местообитаний исследуемых растений.

У *Plantago major* исследованы образцы из 10 популяций. Все они отличались достоверно более низким уровнем мутагенеза в

сравнении с контрольной популяцией. Частота аберрантных клеток в среднем составила 0,64% при варьировании от 0,20 до 0,73%. Неожиданным является факт очень высокого содержания аберрантных клеток в контроле (в материале из зоны абсолютной заповедности Березинского биосферного заповедника) – 2,89%. Уровень спонтанного мутирования у этого вида при проведении цитогенетических исследований в постчернобыльский период составлял в разные годы лишь 0,3-0,4%. Отметим также, что подорожник большой проявил себя как практически не чувствительный объект к воздействию ионизирующей радиации [19]. По нашему мнению, пониженная радиочувствительность данного вида является экологически обусловленной. Ввиду приуроченности к дорогам, его адаптивная эволюция протекает на фоне воздействия широкого спектра соединений, входящих в состав выбросов автомобильного транспорта, и, поскольку устойчивость к неблагоприятным воздействиям носит неспецифический характер [11], то механизмы, обеспечивающие резистентность к химическим загрязнителям, оказались действенными и для обеспечения радиорезистентности. В нашем случае, ввиду того, что контрольный материал собран на дороге с незначительным автомобильным прессингом, где передвижение на легковых автомобилях уже длительное время осуществляется лишь изредка в научных целях, адаптация к воздействию выбросов автомобилей не произошла. Редкие «удары» этих выбросов по генетическому аппарату подорожника большого, по-видимому, вызывают резкий рост (в 6-9 раз по отношению к обычному контролю) цитогенетических повреждений, выражающихся в наличии фрагментов (в количестве около 60%) и мостов (около 40 %), что обусловило высокий уровень мутационного груза.

Ряд видов растений можно отнести к слабо чувствительным. Так, у *Mycelis muralis* достоверно выраженные отрицательные эффекты обнаружены в 3-х из 8 популяций, у *Leontodon autumnalis* - в 3-х из 15, у *Cirsium arvense* – в 2-х из 4-х, у *Centaurea jacea* - в 1 из 3-х, у *Matricaria inodora* - в 1 из 8.

Наиболее чувствительными видами к воздействию промышленных выбросов оказались 2 вида – *Taraxacum officinale* и *Hieracium umbellatum*. Все 14 опытных популяций одуванчика лекарственного достоверно отличались от контроля более высокой частотой аберрантных клеток. В контроле частота аберраций

хромосом составила 1,39%, а в опытных образцах – в среднем 5,47 при варьировании между отдельными микропопуляциями от 2,77 до 9,56%. Разница достоверна при уровне значимости P < 0,01, и лишь одна популяция различалась от контроля при P < 0,05. При этом обнаружена положительная корреляция между интенсивностью загрязнения и уровнем хромосомных повреждений. В материале из ПП 22, расположенной в 5 км к северо-востоку от промкомплекса и условно соответствующей контролю, количество поврежденных клеток было самым низким – 2,77%. Незначительное количество аберрантных клеток по сравнению с другими опытными образцами выявлено в г. Новополоцке (3,23% в районе автовокзала и 3,8% в парке культуры и отдыха). В популяциях, находящихся в наиболее загрязненных местообитаниях (ПП 25, 28, 31, 43, 50) содержание аберрантных клеток было самым высоким – 7,15% в среднем при варьировании от 5,24 до 9,56%. На более удаленных участках (ПП 22, 29, 39, 51) количество нарушений было заметно ниже – 4,35% в среднем при варьировании от 2,77 до 6,30%. Степень поражения клеток в опыте и контроле, измеряемая показателем число аберраций на 1 аберрантную клетку, была почти равной. В контроле этот показатель составил 1,46, а в опыте 1,47 при варьировании от 1,30 до 1,64. Однако опытные популяции отличались более высоким содержание клеток с прочими нарушениями - в среднем 1,69% при варьировании от 0,63 до 4,07%. В контроле - 0,46%. Опытные и контрольные образцы четко разлились по соотношению основных типов аберраций – мостов и фрагментов, характеризующих качественную сторону нарушений. В контроле оно было следующим – 4,55%:95,45%, а в опыте в среднем – 30,36%:69,64%. Различия между отдельными опытными образцами незначительны.

Таким образом, проведенный нами цитогенетический анализ корневой меристемы проростков одуванчика лекарственного показывает, что комплекс загрязнителей почвенной и воздушной среды Новополоцкой промышленной зоны является мутагенно активным. Уровень повреждений хромосомного аппарата, выявляемых в виде фрагментов, мостов, хромосом, не включенных в дочерние клетки, превышает контрольное значение этого показателя в среднем в 4 раза, а в отдельных образцах это превышение варьирует от 2-х до 7-и раз. Уровень выявленных отклонений положительно коррелирует с интенсивностью

загрязнения, определяемой ретроспективно по расстоянию до источников выброса.

Изменение соотношения мосты:фрагменты в сторону увеличения доли мостов, обнаруженное в опытных образцах на фоне высокого уровня повреждений хромосомного аппарата, по-видимому, свидетельствует о способности репарационных систем организма в определенной мере нивелировать мутагенные эффекты воздействия промышленных загрязнителей, а также об адаптогенезе популяций к данным условиям.

У ястребинки зонтичной (*H. umbellatum*) достоверные отличия между опытом и контролем обнаружены у 8 из 11 исследованных популяций. В контроле частота аберрантных клеток составила 0,53 %, в опытных образцах в среднем 2,79 при варьировании от 1,05 до 5,53 %. Опытные образцы превышали контроль по уровню повреждения хромосомного аппарата. Количество аберраций на клетку в контроле составило 1,0, в опыте в среднем - 1,49.

Данный вид ранее также исследовался нами в связи с изучением воздействия выбросов Чернобыльской катастрофы. В его ответных реакциях на действие повышенного радиационного фона проявились черты как сходства, так и различий с другими видами растений. Динамика мутационных событий в последовательных поколениях была примерно такой же, как и у других видов. Вместе с тем в результате анализа частоты аберрантных клеток у каждого растения отдельно установлен высокий уровень внутрипопуляционной мутационной изменчивости. Отдельные растения по частоте аберраций хромосом в контрольной популяции различались в 2-3 раза, а в опытных даже в 6-8 раз, что является отражением гетерогенности популяций по радиочувствительности вследствие присущего виду апомиктического способа размножения. Ранее нами также установлена более высокая частота в отношении спонтанных хромосомных мутаций, и к тому же высокий уровень изменчивости данного показателя, варьирующий по годам от 2,66 до 5,08 %. Отмечена также высокая степень поражаемости клеток как при воздействии радиационного фактора, так и без него.

В целом, при сравнении результатов изучения последствий воздействия промышленных и радиоактивных выбросов можно констатировать наличие различий в чувствительности к ним видов растений [18]. Такие виды *как Hypochoeris radiata, Achillea*

millefolium, Mycelis muralis, Leontodon autumnalis проявили высокую степень радиочувствительности. Частота аберраций хромосом возрастала в разных популяциях в 2-8 раз по сравнению с контролем. Отрицательные эффекты обнаружены также и у относительно резистентных к неблагоприятным воздействиям видов - *Plantago lanceolata*, в меньшей мере они проявились и у *P. major*. Динамика мутационных изменений в материале из Чернобыльской зоны, несмотря на некоторые специфические для каждого вида особенности, имела ряд общих черт. В первый послеаварийный вегетационный период различия между опытными и контрольными популяциями в целом были не велики и статистически значимы лишь для некоторых видов растений. Во второй вегетационный период наблюдалось резкое возрастание уровня мутаций, затем происходил его спад и к 1990 г. (5-му послеаварийному году) различия между опытом и контролем становились статистически не достоверными. В дальнейшем отчетливо проявилась волновая кинетика мутагенеза, т.е. частота аберраций хромосом в целом, и в особенности из отдельно взятых конкретных популяций, то возрастала, то снижалось до уровня спонтанного мутирования, а иногда и ниже. Нами выдвинута гипотеза [5], что волновая кинетика мутагенеза обусловлена наличием чувствительной фракции, которая всегда присутствует в природных популяциях в виде стареющих, ослабленных, слабо жизнеспособных особей. При оптимальных для данной популяции или близких к ним экологических условиях такая чувствительная фракция сохраняется, что сопровождается повышением частоты мутаций. При неблагоприятных природных условиях она элиминирует, что проявляется в снижении частоты индуцированных мутаций и ее приближении к уровню спонтанного мутирования. С большой долей вероятности можно ожидать, что такие явления имеют общебиологический характер, поскольку чувствительность к химическим мутагенам и другим отрицательным воздействиям имеет неспецифический характер [11, 28].

Выявленная в наших экспериментах неоднозначная ответная реакция видов растений природной флоры на воздействие промышленных выбросов, выражающаяся в наличии широкой амплитуды цитогенетических эффектов, по-нашему мнению, обусловлена процессами адаптации к пролонгированному,

продолжающемуся в течение ряда десятилетий, воздействию комплекса промышленных загрязнителей. Процессы повышения устойчивости зарегистрированы для разных видов организмов по отношению и действию пестицидов, тяжелых металлов, выбросов автомобильного транспорта, газообразных поллютантов, ионизирующей радиации, коммунальных сточных вод и других промышленных загрязнителей [4, 12, 29, 30, 33 и др.]. Цитогенетическая адаптация, выражающаяся именно в снижении уровня хромосомных аберраций, зарегистрирована также при продолжительном воздействии повышенного радиационного фона [12, 29, 30].

Об адаптации природных популяций к воздействию промышленного загрязнения свидетельствует тот факт, что отрицательные эффекты в наибольшей мере мере выражены у одуванчика лекарственного и ястребинки зонтичной, которые по системе размножения относятся к апомиктам [32]. Апомиктическое (бесполосеменное) размножение ограничивает или сводит до минимума рекомбинационную изменчивость, что снижает интенсивность стабилизирующего отбора и адаптогенеза к новым (в данном случае неблагоприятным или даже экстремальным) условиям среды. У видов-амфимиктов, к которым относится большинство исследованных нами видов растений, быстрее достигается функциональное соответствие популяций измененным условиям среды, вследствие высокого коэффициента размножения, отбора устойчивых рекомбинантных форм и, возможно, вновь возникающих мутантов.

Наряду с аберрациями хромосом у всех исследуемых видов растений нами учитывались иные цитогенетичекие повреждения. Одна из наиболее обычных аномалий - отставание отдельных хромосом при расхождении их к полюсам делящихся клеток. Реже отмечался выброс хромосом за пределы веретена деления. Оба типа аномалий свидетельствуют о нарушениях функционирования ахроматинового веретена, нити которого имеют белковую природу, а, следовательно, и о нарушениях синтеза определенных белков. Отклонение в расхождении хромосом к полюсам делящихся клеток ведут к числовой хромосомной несбалансированности – анеуплоидии. Содержание клеток с прочими нарушениями в популяциях как контрольных, так и опытных было не велико. Оно варьировало от их полного отсутствия до более частых ситуаций,

когда их содержание выражалось в десятых или даже сотых долях процента. Однако в опытных популяциях большинства видов растений содержание таких клеток было выше, чем в контроле. Так, у *A. millefolium* и *T. officinale* их содержание достигало 1-3 %. В одной популяции *T. officinale* (ПП 50) оно составило даже 4,07 %.

Важным показателем поражающего действия тех или иных факторов является не только содержание аберрантных клеток, но и степень повреждения клеток, т.е. количество аберраций на 1 аберрантную клетку. В опытных популяциях большинства исследуемых видов растений этот показатель был выше, чем в контроле, где он обычно был равен 1 или незначительно превышал это значение. Например, у *H. umbellatum* количество аберраций на 1 пораженную клетку составило в среднем 1,49.

Что касается соотношения в опытном и контрольном материале основных учитываемых нами типов нарушений – мостов и фрагментов, то определенные закономерности отсутствуют. Как известно, преобладание мостов над фрагментами свидетельствует о лучшей репарационной способности организма, о его «попытках залечить разрывы хромосом». Как в опытных, так и в контрольных популяциях отмечены случаи, когда все нарушения были представлены только мостами или только фрагментами. Однако чаще всего в конкретных популяциях наблюдались оба типа нарушений в различных соотношениях. В опытных образцах некоторых видов (*Achillea millefolium, Cirsium arvense, Hieracium umbellatum, Hypochoeris radiata)* было меньше мостов, чем в контроле, а у других (*Cichorium intybus, Leontodon autumnalis, Mycelis muralis, Taraxacum officinale, Plantago lanceolata, P. major*) – больше. У *Hieracium pilosella* отмечено примерно равное соотношение обоих типов нарушений – 50:50 %.

Заключение. Исследования 15 видов травянистых растений природной флоры Беларуси показали, что комплекс загрязнителей почвенной и воздушной среды Новополоцкой промышленной зоны способен вызывать значительные цитогенетические повреждения, выявляемые в виде фрагментов, хромосомных и хроматидных мостов, что свидетельствуют о мутагенной активности загрязнения. Нарушения, наблюдаемые при расхождении хромосом к полюсам делящихся клеток, являются отражением отклонений в функционировании ахроматинового веретена и физиологических механизмов митоза.

Наибольшее значение в качестве модельных объектов для биотестирования состояния окружающей среды, а также для цитогенетического мониторинга с помощью теста «аберрации хромосом» среди травянистых растений (в особенности при пролонгированном воздействии неблагоприятных факторов) имеют апомиктически размножающиеся виды – в данном случае одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*) и ястребинка зонтичная (*Hieracium umbellatum*). Именно у этих видов цитогенетические эффекты и дозовые зависимости выражены наиболее четко, так как вследствие апомиктической репродукции, которая по своей сути устраняет рекомбинационную изменчивость и снижает интенсивность стабилизирующего отбора, они отличаются замедленным адаптогенезом к воздействию неблагоприятных факторов.

Вместе с тем, полученные нами данные свидетельствуют о наличии сложных, но закономерных в данной ситуации общебиологических процессов адаптации природных популяций к широкому спектру промышленных загрязнителей. Это находит отражение в отсутствии четко выраженной и не всегда проявляющейся положительной связи между интенсивностью загрязнения и вызываемыми эффектами. Однако даже при некоторой неоднозначности полученных данных, что вызвано как процессами адаптации, так и сочетанным действием природных и антропогенных факторов, которое способно модифицирорвать ответные реакции растительных организмов, негативные эффекты (повышенная мутагенная активность и «сбои» в функционировании регуляторных систем) воздействия промышленного загрязнения несомненны.

В целом, полученные нами данные свидетельствуют о неблагоприятном состоянии окружающей среды в Новополоцкой промышленной зоне. Озабоченность вызывает тот факт, что в этих условиях существует реальная опасность генетических нарушений и как следствие их – изменение гомеостаза (стабильности индивидуального развития организмов). В качестве практических рекомендаций на основе проведенных исследований можно рекомендовать разработку и внедрение рекомендаций по рациональному природопользованию в данной зоне, а также внедрение новых технологий производства, которые бы

ограничивали или сводили до минимума опасные выбросы промышленных предприятий в окружающую среду.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (*грант Б05-051-2005*).

Литература

1. Артюхов В.Г., Калаев В.Н., Сенькевич Е.В. и др. // Радиоэкология. 2004. Т. 44. № 4. С. 445-457.

2. Бережной А.В., Романовский Ч.А., Шульга Н.М. // Экологические проблемы природно-технических комплексов: Тез. докл. I Межд. экол. симп. в г. Полоцке. Т. 1. (г. Полоцк, 10-11 сентября 2004 г.). Полоцк, 2004. С. 24-25.

3. Бочков Н.П., Чеботарев А.Н. Наследственность человека и мутагены внешней среды. М.: Медицина, 1989. 269 с.

4. Гриних Л.И., Шевченко В.В., Шевченко В.А. // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов: Обзор. информ. ВИНИТИ Акад. наук СССР. 1991. № 5. С. 26-27.

5. Дмитриева С.А. Кариология флоры Беларуси. Дисс. … докт. биол. наук. Минск, 2000. 486 с.

6. Дмитриева С.А., Парфенов В.И. // Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси / Под ред. В.И. Парфенова, Б.И. Якушева. Минск::Навука і тэхніка, 1995. С. 275-337.

7. Дмитриева С.А., Парфенов В.И. Кариология флоры как основа цитогенетического мониторинга. Минск: Наука и техника, 1991. 231 с.

8. Дмитриева С.А., Парфенов В.И., Давидчик Т.О. // Тематич. доклады «Европа – наш общий дом». Минск. 2000. Ч. 2. С.108-119.

9. Дубинин Н.П. // Успехи. соврем. биол. 1978. Т. 85, №2. С. 210-225.

10. Дубинин Н.П., Пашин Ю.В. Мутагенез и окружающая среда. М.: Наука, 1978. 127 с.

11. Дубинин Н.П., Шевченко В.А., Алексеенок и др. // Успехи современной генетики. 1972. Вып. 4. С. 170-205.

12. Дубинин Н.П., Шевченко В.А., Кальченко В.А. и др. // Мутагенез при воздействии физических факторов. М., 1980. С. 3-44.

13. Захаров В.М., Кларк Д.М. Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. Московское отделение Междунар. Фонда «Биотест». М., 1993. 68 с.

14. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г. Здоровье среды: практика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 320 с.

15. Ильинских Н.Н., Новицкий В.В., Ванчугова Н.Н. Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность. Томск, Изд-во ТГУ. 1992. 271 с.

16. Калаев В.Н. Цитогенетические реакции лиственных древесных растений на стрессовые условия и перспективы их использования для оценки

генотоксичности окружающей среды. Автореф дисс. … доктора биол. наук. Воронеж, 2009. 47 с.

17. Куринный А.И., Пилинская М.А. Исследование пестицидов как мутагенов внешней среды. Киев: Наукова думка, 1976. 114 с.

18. Маркович Е.Н. // Экологические проблемы природно-технических комплексов: Тез. докл. I Межд. экол. симп. (г. Полоцк, 10-11 сентября 2004 г.). Полоцк, 2004. Т. 1. С. 29.

19. Медведь Л.И. Справочник по пестицидам. Киев: Наук. думка, 1974. 128 с.

20. Миронов А.Н., Панкратьева Е.А. // Цитология. 1999. Т. 41, № 12. С. 1070-1071.

21. Муратова Е.Н., Седельникова Т.С., Карпюк Т.В. // Сибирский экологический журнал. 2005. Т. 12. № 4. С. 573-583.

22. Пилинская М.А. // Итоги науки и техники. Сер. Общая генетика (Химический мутагенез). ВИНИТИ Акад . наук СССР. М., 1986. Т. 9. С. 97-151.

23. Рапопорт И.А.. Филиппова Л.М. // Журн. Всесоюзн. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева,1970. № 6. С. 681-689.

24. Савенок В.Е., Осипов В.Ю. // Региональные проблемы экологии: Пути решения: Тез. докл. Ш Межд. экол. симп. (г. Полоцк, 14-15 сентября 2006 г.). Полоцк, 2006. Т. 1. С. 32-33.

25. Соболь М.А. // Цитология и генетика. 2001. Т. 35. № 3. С. 72-84.

26. Тысячелистники / Под ред. К.М. Сытина. Киев: Наук. думка, 1984. 270 с.

27. Феденя В.М., Матвеева В.И. // Экологические проблемы природно-технических комплексов: Тез. докл. I Межд. экол. симп. (г. Полоцк, 10-11 сентября 2004 г.). Полоцк, 2004. Т. 1. С. 89-90.

28. Чережанова Л.В., Алексахин Р.М. // Журн. общ. биологии. 1975. Т. 36. № 2. С. 303-311.

29. Чережанова Л.В., Алексахин Р.М., Смирнов Е.Г. // Генетика. 1971. Т. 7. № 4. С. 30-37.

30. Шевченко В.А., Померанцева М.Д. Генетические последствия действия ионизирующих излучений. - М.: Наука, 1985. 279 с.

31. Эркис Ф.Б., Раптан М.М // Цитология и генетика, 1973. Т. 7, № 6. С. 543-544.

32. Darlington C.D., Wylie A.P. Chromosome atlas of flowering plants. London, 1955. 520 p.

33. Grant W.F. // Symp. Biol. Hung. 1972. № 12. P. 43-50.

34. Dieter H. // Natur und Umwelt. 1985. Vol. 65, № 3. P. 10-11.

С.А. ДМИТРИЕВА, Т.О. ДАВИДЧИК

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НОВОПОЛОЦКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ НА ОСНОВЕ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ У МОДЕЛЬНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

Резюме

На примере 15 видов травянистых растений природной флоры Республики Беларусь установлено, что пролонгированное воздействие выбросов Новополоцкого промышленного комплекса вызывает цитогенетические повреждения, проявляющиеся в повышении частоты аберраций хромосом, а также аномалий в функционировании ахроматинового веретена. Негативные эффекты в наибольшей мере были выражены у апомиктически размножающихся видов растений - *H. umbellatum* L. и *Taraxacum officinale* Wigg.

S.A. DMITRIEVA, T.O. DAVIDCHIK

THE ESTIMATION OF ENVIROMENTAL CONDITIONS OF NOVOPOLOTSK INDUSTRIAL ZONE ON THE BASIS OF CYTOGENETIC DISTURBANCES IN THE MODEL PLANT SPECIES

Summary

It was established by the example of 15 herbaceous species plants of natural flora in the Republic of Belarus that the prolonged impact of the emissions from the Novopolotsk industrial complex caused cytogenetic damages, resulting in an increased frequency of chromosome aberrations and anomalies in the functioning of achromatinic spindle. Adverse effects were expressed to the greatest extent in apomictic propagating plant species - *H. umbellatum* L. and *Taraxacum officinale* Wigg.

Поступила в редакцию 4.04.2011г.

УДК 577.152.34: 581.1.03

В.И. ДОМАШ, Т.П. ШАРПИО, С.А.ЗАБРЕЙКО

РОЛЬ СИСТЕМЫ ПРОТЕОЛИЗА В ФОРМИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К СТРЕССАМ

Институт экспериментальной ботаники им.В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Введение. Протеолиз участвует во многих аспектах жизнедеятельности растительной клетки. Деградация белков с помощью протеолитических ферментов является конечным этапом

каскада событий, контролирующих функции генов. В каждой растительной клетке присутствует более 10000 белков, поэтому существуют сложные механизмы для распознавания белков-мишеней, что позволяет исключить повреждение других белков [1]. Большинство протеаз специфично в отношении гидролиза пептидных связей, образованных определенными аминокислотами. Следует отметить и тот факт, что протеолиз является высокоизбирательным процессом. Период полужизни белков может варьировать от нескольких минут до нескольких недель. Многие механизмы деградации белков, происходящие в ходе их процессинга при созревании, транспорта веществ из вегетативных органов, при формировании продуктивности, белковости, защитных реакциях и др. до сих пор не выяснены. Один из способов регуляции активности протеолитических ферментов в клетках растений, как и в клетках животных и микроорганизмов, реализуется через белки-ингибиторы, способные связывать ферменты в неактивный комплекс [2].

Растения, произрастающие в зонах техногенного загрязнения находятся при постоянном воздействии стрессовых факторов, таких как закисление и засоление почв, действие тяжелых металлов, фитопатогенов и др. Влияние неблагоприятных факторов сопряжено с изменением роста и развития растений, ряда физиолого-биохимических процессов. Те или иные неблагоприятные факторы среды вызывают появление первичных сигналов, вовлекающих в ответную реакцию каскад сигнальных систем клеток, происходит экспрессия генов, кодирующих белки [3]. Несмотря на большое число публикаций в этом направлении, неясен механизм формирования стрессового ответа растительного организма и роль в этом процессе протеиназно-ингибиторной системы. Наши исследования показали, что компоненты системы протеолиза играют существенную роль в формировании устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам [4]. Целью работы было изучение изменения компонентов системы протеолиза при воздействии стресс-факторов.

Материалы (объекты)) и методы исследования. Объектом исследования служили семена различных сортов тритикале, люпина узколистного, гороха посевного, клубни картофеля.

Устойчивость люпина к засолению, воздействию тяжелых металлов и другим негативным факторам исследовали при

выращивании растений на растворе Кнопа. Индекс толерантности (ИТ) определяли как отношение средней длины корней в опытном варианте к средней длине корней к контрольном [5].

Активность нейтральных протеиназ определяли по методу Ансона [6] в нашей модификации. За единицу активности принимали количество фермента, вызывающего образование 1 мкМ тирозина за 1 мин инкубации.

Кислые протеазы определяли по методу Каверзневой [7] в нашей модификации с использованием в качестве субстрата 0,5%-ного гемоглобина в 0,2 М натрий-ацетатном буфере (pH 4,0-4,5). Реакционная смесь состояла из 1 мл буфера, 0,5 мл субстрата, 1 мл ферментного экстракта. Смесь термостатировали при 37^0С и реакцию останавливали добавляя 1 мл 20% ТХУ. Оптическую плотность раствора измеряли при 280 нм.

Активность БАПАазы определяли по методу Эрлангера [8]. За единицу активности принимали количество фермента в экстракте, которое катализирует образование 1 мкМ п-нитроанилина за мин инкубации. Величину экстинкции переводили в мкМ по калибровочному графику.

Активность ингибиторов трипсина определяли по уменьшению скорости гидролиза субстрата ферментом в присутствии белков-ингибиторов. В основу определения взят метод Гофмана и Вайсблая [9]. В качестве субстрата использовали Nα -бензоил- DL-аргинин- π-нитроанилид (БАПА).

Активность ингибиторов химотрипсина определяли с использованием казеина в качестве субстрата.

Определение антиоксидантной активности проводили по методике, описанной в работе [10]. Метод основан на генерировании радикалов супероксида в ходе реокисления фотовосстановленного рибофлавина. Образующийся супероксид-анионрадикал регистрировали спектрофотометрически на СФ-26 (Россия) по восстановлению нитросинего тетразолия до фиолетового формазана (при λ=560 нм).

Повторность опыта четырехкратная. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Stadia.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований компонентов протеиназно-ингибиторной системы у сортов тритикале, различающихся по устойчивости к кислотности почвы, показали наличие вариабельности в активности нейтральных,

кислых и щелочных протеаз. У яровых форм тритикале активность нейтральных протеаз составляет 3,13-16,0 единиц активности (ЕА), а у озимых – 2,20-9,80 ЕА/г абс.сух.массы. Активность кислых протеаз у яровых форм варьирует от 8,0 до 22,7 и от 1,4 до 23,3 – у озимых. Отмечен довольно высокий уровень активности щелочной протеазы (БАПАазы). У яровых форм активность этого фермента составляет 24,2-83,5, а у озимых –17,9-64,9 ЕА. Исследования показали наличие тесной корреляционной связи между активностью БАПАазы и устойчивостью сортообразцов озимых форм тритикале к закислению среды. Тесная корреляционная связь (+0,87) обнаружена также между активностью ингибиторов трипсина у яровых форм тритикале и устойчивостью к закислению среды. Полученные результаты дают возможность использовать эти показатели в селекции [11].

Изучение состояния системы протеолиза в прорастающих семенах люпина желтого (*Lupinus luteus* L.) в присутствии ионов алюминия при pH среды 3,5 показало снижение активности нейтральных протеаз в семядолях и зародышевой оси на третьи сутки прорастания (на 15-20%).Однако на пятые сутки прорастания наблюдалось увеличение их активности в зародышевой оси. В отношении кислых протеаз наблюдается увеличение их активности на третьи сутки прорастания, а к пятым – падение активности. Активность БАПАазы при закислениии среды возрастает в первые сутки прорастания в зародышах и семядолях, а к пятым суткам наблюдается снижение активности в семядолях на 40%. Существенные изменения наблюдаются и в отношении ингибиторов трипсина. Результаты исследований действия закисления на активность системы протеолиза в листьях люпина желтого в условиях вегетационного опыта показали, что при pH 3,5 наблюдается снижение активности нейтральных протеаз в фазе цветения на 48%, при pH 3,0 – на 52% и при pH 2,5 – на 63%. Наблюдалось снижение и активности кислых протеаз (на 22-50%). Активность ингибиторов трипсина снижалось при pH 3,0 и ниже. Закисление среды до pH 3,5 вызывало накопление ингибиторов протеиназ (трипсина, химотрипсина) в листьях в фазу бутонизации и плодообразования.

Одним из направлений физиологии растений является выяснение механизмов адаптации растительных организмов к неблагоприятным факторам окружающей среды, в том числе к

такому абиотическому стрессору как засоление. На клеточном и молекулярном уровне интенсивно изучаются процессы, связанные с ответными реакциями растений на действие солевого стресса, изменения в экспрессии генома, метаболизме, физиологических функциях и гомеостазе. Высокие концентрации NaCl в среде вызывают осмотический стресс и ионный дисбаланс, ограничивая рост и продуктивность растений. Водный дефицит, возникающий в условиях засоления, сказывается, прежде всего на способности клеток к росту растяжением. Поддержание роста в этих условиях связано как с регуляцией водного и осмотического гомеостаза, так и с изменением свойств клеточных стенок растений [12]. Работами ряда исследователей [13-15] показаны особенности функционирования клеточных стенок как природных ионообменников в условиях засоления. Ионообменные реакции в клеточных стенках являются важным специфическим звеном в развитии реакций устойчивости растений к стрессовым факторам. Их роль заключается в поддержании более низкого, по сравнению с внешней средой, осмотического давления в растворе у плазмалеммы, что позволяет клетке изменять направление жизненно важных процессов. Показано, что солевой стресс может изменять физиологические показатели роста и азотный обмен у растений [16].

Нами проведено исследование устойчивости сельскохозяйственных культур к действию ионов хлора. Скрининг толерантности проведен при выращивании растений на среде Кнопа с разными концентрациями хлористого натрия. Результаты исследований показали (табл. 1), что наиболее высокий индекс толерантности (0,79 и 0,73 соответственно) для растений люпина узколистного и гороха на 5 сутки роста характерен при 0,05 М NaCl. Более высокая толерантность к этой концентрации ионов хлора сохраняется и через 10 суток роста. Следует отметить, что растения люпина более устойчивы к засолению на ранних стадиях роста, чем растения гороха. На более поздней стадии разница в, основном, нивелируется. Индекс толерантности снижается при повышении концентрации ионов хлора.Так, при определении на 5 сутки роста у растений люпина узколистного он изменяется с 0,79 (0,05 М NaCl.) до 0,62 при 0,2 М NaCl.

Результаты исследований влияния разных концентраций NaCl на активность компонентов протеиназно-ингибиторной системы

показали, что действие 0,1 М NaCl вызывает угнетение активности нейтральных, кислых протеаз и БАПАазы как в семядолях, так и зародышах в процессе прорастания семян узколистного кормового люпина сорта Першацвет.

Таблица 1. Устойчивость растений люпина узколистного и гороха к ионам хлора

Варианты опыта	Длина корней (см) через 5 дней	Индекс толерантности (ИТ)	Длина корней (см) через 7 дней	Индекс толерантности
Люпин узколистный (сорт Владлен)				
Контроль (вода)	5,95 ± 0,23	1,00	8,35 ± 0,34	1,00
0,05 М NaCl	4,71 ± 0,43	0,79	5,41 ± 0,34	0,64
0,1 М NaCl	4,02 ± 0,.32	0,67	3,87 ± 0, 21	0,46
0,15 М NaCl	3,75 ± 0,12	0,63	3,56 ± 0,12	0,43
0,2 М NaCl	3,70 ± 0,22	0,62	3,62 ± 0,16	0,43
Горох кормовой (сорт Агат)				
Контроль (вода)	7,98 ± 0,31	1,00	9,20 ± 040	1,00
0,05 М NaCl	5,86 ± 0,43	0,73	6,19 ± 0,41	0,67
0,1 М NaCl	4,28 ± 0,32	0,53	4,10 ± 0,12	0,44
0,15 М NaCl	3,98 ± 0,18	0,49	3,61 ± 0,32	0,39
0,2 М NaCl	4,31 ± 0,28	0,54	4,17 ± 0,43	0,45

Так, в первые сутки прорастания снижение активности нейтральных протеаз в зародышах составляет 40%, а на третьи -- 60% по сравнению с контролем. В семядолях же снижение активности наблюдается в меньшей степени (на 6 и 11%). Активность БАПАазы в зародышах и семядолях в первые сутки составляет соответственно 66 и 43% по отношению к контролю. На третьи и седьмые сутки в зародышах семян наблюдается повышеие активности щелочных протеаз в среднем на 60%. Активность же ингибиторов трипсина в первые трое суток повышается как в семядолях, так и зародышах в среднем на 60% по сравнению с контролем. Исследование действия засоления на растения люпина

желтого сорта Жемчуг, выращенных в водной культуре на питательном растворе Кнопа показали, что использование 0,05 М NaCl вызывает в виде ответной реакции повышение активности нейтральных протеаз в листьях и корнях соответственно на 22,4 и 40%. Активность БАПАазы повышалась в листьях на 9 и на 50% в корнях. Активность же кислых протеаз снижалась в листьях (на 30%), а в корнях была на уровне контроля. Активность ингибиторов трипсина под действием засоления повышалась в листьях на 48%, а в корнях на 55%. Наблюдалось и повышение антиоксидантной активности в прорастающих семенах и листьях. Следует отметить, что уровень активности как протеаз, так и ингибиторов трипсина значительно меньше в корнях, чем в листьях, что связано с их функциональной ролью, которую они выполняют в различных органах растений. Подобные изменения происходили в листьях и корнях люпина узколистного сорта Миртан, выросшего в водной культуре в присутствии 0,1 М NaCl. Результаты вегетационных опытов показали, что в зрелых семенах люпина, выращенного в присутствии 0,1М NaCl, существенных изменений в активности компонентов протеиназно-ингибиторной системы не наблюдается. Следует отметить лишь увеличение активности БАПАазы и ингибиторов трипсина на 22%. Таким образом, изучение действия ионов хлора на активность системы протеолиза в процессе онтогенеза показало, что реакция растений на стресс-фактор наблюдается уже на ранних стадиях прорастания семян с.х. культур. Исследования позволили установить, что компоненты системы протеолиза очень чувствительны к солевому стрессу. Под действием засоления наблюдается накопление антистрессовых белков, белков-ингибиторов протеаз [17]. Ингибиторы протеаз предотвращают гидролиз белков. Они способны также защищать и мембраны клеток от разрушения протеазами [12]. Полученные нами результаты согласуются с литературными данными [18].

Важным является изучение и действия тяжелых металлов на физиолого-биохимические показатели растений. Известно, например, что кадмий оказывает токсическое действие на рост, фотосинтез, активность некоторых ферментов даже в маленьких концентрациях [19-22]. Установлено ингибирующее действие кадмия на активность фосфатазы, протеазы и уреазы [23].

Авторами установлено, что наиболее чувствительными к тяжелым металлам являются протеазы, что согласуется с нашими данными.

Наши исследования по изучению толерантности растений люпина и гороха к ионам кадмия показали, что устойчивость люпина узколистного и желтого снижается с увеличением концентрации ионов. Так, если при 0,1 мМ $CdCl_2$ индекс толерантности у люпина узколистного и желтого составляет соответственно 0,73 и 0,80, то при 0,5 мМ – 0,39 и 0,41. Индекс толерантности у гороха значительно выше. Он составляет даже при 0,5 мМ $CdCl_2$ величину 0,81, т.е эта культура более устойчива к действию тяжелых металлов.

Исследование действия различных концентраций ионов кадмия на активность системы протеолиза растений люпина узколистного сорта Миртан (фаза три пары листьев), выращенных в водной культуре позволили установить, что 0,2 мМ $CdCl_2$ вызывал повышение активности нейтральных протеаз на 12%, активность кислых протеаз была на уровне контроля. Действие 0,1 и 0,2 мМ $CdCl_2$ вызывало снижение активности БАПАазы на 12 и 20%. Активность ингибиторов трипсина повышалась в 2-3 раза по сравнению с контролем (рис.1).

Рис. 1. Влияние ионов кадмия на активность ингибиторов трипсина в листьях люпина узколистного (сорт Миртан)

Электрофорез белков ингибиторосодержащей фракции показал, что основные зоны электрофоретического спектра расположены в области ОЭП 0,30; 0,50 и 0,60. Ионы кадмия (0,1 М) вызывают

появление новых зон с ОЭП в области 0,1 и 0,15, а 0,2 М - в области ОЭП 0,035; 0,06; 0,10; 0,15; и 0,165.

Активация системы протеолиза наблюдается и в листьях люпина узколистного и желтого в условиях вегетационного опыта.

Одним из загрязнителей окружающей среды является и свинец. Имеющиеся сведения [24,25] говорят о том, что корневые системы выполняют барьерную роль, накапливая большую часть поглощенного металла и ограничивая его поступление в надземные органы. Наши исследования показали, что ионы свинца оказывают влияние на активность системы протеолиза как зародышей, так и семядолей люпина узколистного сорта «Гулливер». Под влиянием ионов свинца в концентрации 0,1 мМ происходило ингибирование активности нейтральных протеолитических ферментов в семядолях на 13%, а в зародышах – на 30%. Концентрация 0,3 мМ снижала активность в семядолях и зародышах на 29 и 60% соответственно. Активность же БАПАзы в семядолях повышалась на 12-17%, а зародышах активность была на уровне контроля. Активность ингибиторов протеиназ повышалась в семядолях и зародышах в среднем на 18% по отношению к контролю.

Наши исследования позволили установить тесную отрицательную корреляционную связь (r=-0,92) между активностью отдельных компонентов протеиназно-ингибиторной системы и устойчивостью различных сортов люпина к тяжелым металлам. Эти данные послужили основой для разработки тест-метода отбора образцов люпина узколистного по устойчивости к свинцу [26] Активизация системы протеолиза наблюдалась в листьях люпина узколистного и желтого и в условиях вегетационного опыта.

Что касается злаковых культур, то как показали исследования, угнетение активности нейтральных протеаз в листьях ячменя сорта «Гастинец» было в меньшей степени, чем у бобовых. При действии 0,1 мМ $Pb(NO_3)_2$ активность нейтральных протеаз оставалась на уровне контроля. При 0,2 и 0,3 мМ снижение составляло около 15%. Активность щелочной протеазы при действии этих доз соли снижалась соответственно на 11 и 15%. Активность же ингибиторов трипсина повышалась в среднем на 60%. В листьях ржи сорта «Спадчына» снижение активности нейтральных протеолитических ферментов составляло в среднем 8%. Активность БАПАазы снижалась на 7%, т.е была практически на уровне

контроля. Повышение же активности ингибиторов протеиназ при воздействии 0,1, 0,3 и 0,5 мМ $Pb(NO_3)_2$ составляла соответственно 2, 13 и 18%. Анализируя эти данные можно заключить, что активность различных типов протеаз и ингибиторов трипсина зависит от толерантности растений к ионам свинца. У злаковых культур, имеющих более высокий индекс толерантности, угнетение активности ферментов наблюдалось в меньшей степени, чем у менее толерантных бобовых культур. Определение содержания остаточных количеств ионов свинца в листьях и корнях сельскохозяйственных культур показало, что свинец в наибольшей степени накапливается в корнях бобовых культур. В корнях злаковых культур накопление ионов металла происходило в 8 раз меньше, чем у бобовых, с чем, возможно, связана более высокая толерантность к свинцу злаковых культур [27]. Анализ данных показал, что благодаря адаптационным перестройкам в исследованных растениях различные концентрации ионов свинца не оказывали существенного влияния на содержание белка в зрелых семенах. С устойчивостью растений к ионам тяжелых металлов связана и антиоксидантная активность. Так, если у более толерантных к ионам свинца злаковых культур (рожь, тритикале, ячмень) общая антиоксидантная активность в среднем равна 84%, то у менее устойчивых к ионам металла бобовых культур (люпин, горох) она составляет в среднем 55%.

Имеющиеся немногочисленные литературные сведения относительно протеиназно-ингибиторной системы касаются, в основном, запасающих органов растений. Но процессы протеолиза могут происходить не только в семенах, но и в отдельных клеточных структурах (хлоропласты, митохондрии, ядра и др.). [28]. Известно, что 50% массы хлоропластов занимает белок [29]. Протеолиз, протекающий в хлоропластах играет большую роль в функционировании органелл при нормальных и стрессовых условиях [30-32]. Стрессовые условия могут изменять содержание белка в хлоропластах, активность РДФК и др. Так, тяжелые металлы оказывают негативное действие на хлоропласты, снижая содержание хлорофилла в листьях и активность фотосинтеза [33]. Наши исследования показали изменение системы протеолиза, происходящего в хлоропластах, при воздействии закисления, засоления среды и действия тяжелых металлов. Так, закисление среды до pH 3,5-2,5 вызывает повышение кислых, щелочных

протеаз и ингибиторов трипсина соответственно на 5, 16% и 11%. Анализ данных по действию ионов хлора на систему протеолиза хлоропластов листьев люпина желтого сорта «Жемчуг» (фаза цветения) показал повышение активности нейтральных, щелочных протеаз и ингибиторов трипсина. Так, в пересчете на абсолютно сухую массу активность нейтральных протеаз повышается на 31%, а щелочных протеаз и ингибиторов трипсина – на 5 и 7%. В пересчете же на мг белка засоление вызывает увеличение накопления щелочных протеаз на 12%, а ингибиторов трипсина на 24%. С повышением активности ингибиторов трипсина наблюдается и повышение общей антиоксидантной активности (на 25% по отношению к контролю).

Изменения в активности компонентов протеиназно-ингибиторной системы в хлоропластах наблюдаются и под действием тяжелых металлов. Так, внесение в почву 0,1 мМ $CdCl_2$ вызывает ответную реакцию растений люпина узколистного сорта Миртан в виде увеличения накопления активности нейтральных и щелочных протеаз на 15% и активности ингибиторов трипсина в хлоропластах на 16%. Под действием 0,3 мМ $Pb(NO_3)_2$ наблюдается повышение активности нейтральных протеаз и БАПАазы в среднем на 30% по отношению к контролю. Повышение активности ингибиторов трипсина составляет около 50%. Увеличение антиоксидантной активности составляет 30 %.

Одним из биотических стрессовых факторов для растений, вызывающих каскад метаболических изменений, является фитопатогенная микрофлора Патогены способны синтезировать и секретировать в окружающую среду физиологически активные соединения, гидролитические ферменты и др. В культуральной жидкости целого ряда патогенов обнаружены гормоны, токсины, пектины, целлюлаза, а также экстрацеллюлярные протеазы, которые обеспечивают микроорганизмы пептидами и аминокислотами для роста и развития. Присутствие в растениях белков-ингибиторов протеаз обеспечивает подавление активности протеолитических ферментов фитопатогенных микроорганизмов, что позволяет считать ингибиторы важной частью защитного механизма растений. Биотический стресс способствует накоплению полисахаридов, фенолов, фитонцидов и увеличению патоген-связанных (PR)-белков, хитиназ, глюконаз, ингибиторов протеиназ и др. стрессовых белков [34]. Наши исследования

показали, что замачивание в течение суток в культуральной жидкости семян, различных по устойчивости к фузариозу сортов люпина желтого и дальнейшее их проращивание в дистиллированной воде способствует повышению активности нейтральных, кислых и щелочных протеаз в первые и третьи сутки прорастания в среднем на 45%, причем у устойчивого сорта (Юлита) в большей степени, чем у неустойчивого (Академический). Обнаружено и повышение активности ингибиторов протеаз (трипсина) на 24%. Интересным является тот факт, что в листьях и семенах растений наряду с ингибиторами трипсина, химотрипсина и субтилизина присутствуют специфические белки, инактивирующие протеазы фитопатогенных грибов рода *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Botrytis* и др. Следует отметить, что индуцирование синтеза ингибиторов протеаз может происходит и при действии элиситоров, салициловой и жасмоновой кислот [35]. Стрессом для растений является и вирусная инфекция, которая наносит существенный ущерб урожайности многих с.х. культур. Особенно заметны потери урожая от этой болезни у картофеля. Представляло интерес исследовать роль белковых ингибиторов протеиназ в устойчивости картофеля к вирусной инфекции. Для работы использована модельная система клонов картофеля, созданная в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси методом многоступенчатого отбора по устойчивости к X- и L-вирусам на естественном инфекционном фоне при вегетативном размножении разных по резистентности сортов.

Результаты исследований показали (табл. 1), что активность ингибиторов трипсина и химотрипсина в клубнях картофеля зависит от устойчивости сорта к вирусной инфекции.

Таблица 1. Активность ингибиторов протеиназ в клубнях картофеля, различных по устойчивости к вирусной инфекции

№ пп	Варианты	Активность ингибиторов трипсина (ИЕ/г возд. сух. массы)	Активность ингибиторов химотрипсина (ИЕ/г возд. сух. массы)
1.	«Альтаир» X^-, L^-	157,8 ± 7,01	68,3 ± 7,3
2.	«Альтаир» X^+, L^+	194,7 ± 1,8	77,7 ± 4,0
3.	«Лошицкий» X^+, L^+	154,2 ± 1,2	111,7 ±1,7
4.	«Лошицкий» X^-, L^-	196,5 ± 3,1	67,0 ± 4,6
5.	«Явор» X^-, L^+	168,3± 4,2	101,7± 1,7

6.	«Явор» X^+, L^-	141,5± 3,2	68,0 ± 5,0

Так, у устойчивого к X и L-вирусам сорта «Лошицкий» активность ингибиторов выше, чем у неустойчивого. Повышение содержания ингибиторов как трипсина, так и химотрипсина наблюдается у картофеля сорта Явор, устойчивого к X-вирусу. Различна и величина соотношения активности ингибиторов трипсина и химотрипсина. Так, у клонов сорта «Лошицкий» это отношение более чем в два раза выше, чем у неустойчивого. Это же относится и к L- устойчивому клону картофеля сорта «Явор». Результаты электрофореза ингибиторных белков в ПААГ показали, что устойчивые к вирусной инфекции клоны картофеля обладают значительно большим количеством ингибиторных белков, что говорит об их роли в устойчивости картофеля к вирусной инфекции.

Заключение. Таким образом, в результате проведенных исследований получены данные, которые показывают, что компоненты протеиназно-ингибиторной системы принимают участие в устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам среды. Компоненты системы протеолиза являются чувствительным звеном метаболизма растений при воздействии стрессовых факторов. Показано, что реакция растений на стрессовые факторы проявляется уже на первых этапах прорастания семян. Действие закисления, засоления и тяжелых металлов вызывают заметные изменения в активности системы протеолиза на ранних стадиях роста растений. Установлено, что различные сорта исследованных видов люпина узколистного, гороха, тритикале и др., обладающие разной толерантностью к ионам металлов имеют и различный уровень антиоксидантной активности. Причем, как установлено, в ответную реакцию вовлекаются компоненты системы протеолиза не только запасающих органов, но и субклеточных структур. На более поздних стадиях развития наблюдаются адаптивные реакции растительного организма в виде накопления отдельных компонентов системы протеолиза. Растительная клетка переходит на новый уровень и наблюдаемые при этом функциональные перестройки направлены на сохранение живой системы. Стрессовый фактор способствует накоплению активных форм кислорода, инактивация которых происходит благодаря

антиоксидантным веществам, к которым относятся и белки-ингибиторы протеиназ. Эта группа белков, как и другие, имеющиеся в арсенале растений механизмы защиты от стресс-факторов вызывают большой интерес у исследователей, о чем свидетельствует большое число публикаций [36]. Показатели активности компонентов системы протеолиза и антиоксидантной активности могут быть использованы в селекционной практике.

Литература

1. Viestra R.D. // Plant Mol. Biology. 1996.V. 32. P. 275-302.

2. Мосолов В.В., Валуева Т.А. Растительные белковые ингибиторы протеолитических ферментов. /Ред. Кретович В.Л. Ин-т биохимии им.А.Н. Баха РАН. 1993. 207с.

3. Zhu J.K., Hasegawa B., Bressan R.A. // Krit. Rev.Sci. 1997. V.16. P. 255-277.

4. Домаш В.И., Каминская Л.Н., Пелагейчик Т.Я., Волохович Н.Ф и др. // Докл. НАН Беларуси. Т.45. № 4. С.79-82.

5. Aniol F. Triticale: Today and Tomorrow. Dordrecht, Netherlands. Kluwer. Academic Publishers, 1966. P. 461-465.

6. Anson M .Z. // J. Gen. Physiol. 1938. Vol. 2. N 1. P. 79- 89.

7. Каверзнева Е.Д. //Прикл.биохимия и микробиол. 1971. Т. 7. № 5. С.225-228.

8. Erlanger F., Kokowsky N., Cohen W. //Arch.Biochem. and Biophys. 1961. Vol. 96. P. 271-278.

9. Гофман Ю.Я., Вайсблай И.М. // Прикл. биохимия и микробиол. 1975. Т.11. № 5. С. 777-787

10. Beauchamp C.O., Fridovich I. // Anal. Biochem. 1971. Vol. 44, N 1. P. 276-287.

11. Патент № 8112. Способ оценки устойчивости зерновых культур к повышенному содержанию ионов алюминия в почве. Оп.21.02.2006г.

12. Zhu J.K., Hasegawa B., Bressan R.A. // Crit. Rev. Plant. Sci. 1997. Vol. 16. P. 253-277.

13. Николаева Ю.И. Влияние засоления на ионный статус растений и ионообменные свойства полимерного матрикса клеточных стенок галофита и гликофита". Автореф… дисс. канд.наук. М., 2005 г. 24 с.

14. Meychik N.R., Nikolaeva J.I., Yermakov I.P. // Proceeding of 13-th FESPP CONGRESS, 1-6 September 2002. Hersonisse, Greece. P. 278.

15. Мейчик Н.Р, Николаева Ю.И., Ермаков И.П. // Регуляция роста, развития и продуктивности растений : Материалы 1У Международной научной конференции (26-28 октября 2005 г. , г.Минск). Минск,2005. С. 147.

16. Arshi A., Abdin M.Z., Iqbal M. // Biol. Plantarum. 2002. Vol. 45. N 2. P. 295-298.

17. Дунаевский Я.Е., Цыбина Т.А., Белякова Г.А., Домаш В.И., Шарпио Т.П., Забрейко С.А., Белозерский М.А. //Прикл. биохимия и микробиол. 2005. Т.41.С. 392-396.

18. Downing W.I., Mation F., Fauvarque M.O., Reviron O.P., de Vienne Д., Vartanian N.A.. // Plant J. 1992. Vol. 2. P. 685-693.

19. Van Asshe F., Clijsters H. // Plant Cell Environ. 1990. Vol. 13. P. 195-206.

20. Sanita di Toppi L., Gabbrielli R. // Environ. Exp. Bot. 1999.Vol. 41. P.105-130.

21. Kevresan S., Kirsek S., Kandrae J., Petrovic N., Kelemen Dj. // Biol.Plant. 2003. Vol. 46. P.85-88.

22. Astolfi S., Zuchi S. and Passera C.. // Biologia Plantarum. 2004. Vol. 48 (3). P. 413-424.

23. Effron D., Horra A.M., Defrieri R.L., Fontative V., Palma R.M. //Communicacation in Soil Science and Plant Analysis. 2004. Vol. 35 (9/ 10). P.1309-1321.

24. Серегин И.В., Иванов В.Б.. // Физиол. растений. 1997. Т.44. № 6. С. 922-925.

25. Серегин И.В., Иванов В.Б. // Физиол. раст. 1998. Т.45. С. 899-905.

26. Патент 10874. Способ оценки устойчивости сорта люпина узколистного к ионам свинца, оп. 23.04. 2008.

27. Домаш В.И., Шарпио Т.П., Забрейко С.А., Сосновская Т.Ф., Красная С.Д., Касюль С.В. // Здоровье и окружающая среда. 2007. Вып. 10. С.277-282

28. Palma J.M., Sandalio I.M., Corpas F.J., Romero Pourtas M.C., McCarthy I., del Rio L.A. // Plant Physiol. Biochem. 2002. Vol. 40. P. 521-530.

29. Peoples M.B., Dalling M.J. // Planta. 1978. Vol. 138. P. 153-160.

30. Adam Z. // Plant Mol. Biol. 1996. Vol. 32. P. 773-783.

31. Adam Z. // Biochemie. 2000. Vol.82. P.647-654.

32. Nair J.S., Ramaswamy N.K. // Biologia Plantarum. 2004. Vol. 48 (3). P. 321-326.

33. Zeshem Y.Y. // Biologia Plantarum. 2000. Vol. 43(3). P. 471-475.

34. Мосолов В.В., Григорьева Л.И., Валуева Т.А. //Прикл. биох. и микробиол. 2001. Т.37. № 7. С.131-140.

35. Ryan C. // Biochem. Biophys. acta. 2000. Vol. 1477. P. 112-121.

36. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем, 2001. 160 с.

В.И.ДОМАШ, Т.П. ШАРПИО, С.А.ЗАБРЕЙКО

РОЛЬ СИСТЕМЫ ПРОТЕОЛИЗА В ФОРМИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К СТРЕССАМ

Резюме

Исследовали действие ионов алюминия, хлора, кадмия, свинца и фитопатогенов на систему протеолиза бобовых, злаковых и пасленовых

культур. Установлена роль системы в адаптации к стрессам и намечены перспективы исследований.

V.I. DOMASH, T.P. SHARPIO, S.A. ZABREIKO

ROLE OF PROTEOLYSIS SYSTEM OF PLANT DURING STRESS FORMATION OF TOLERANCE

Summary

The effect of aluminium, chlorine, cadmium, lead ions and plant pathogens on proteolysis system of plants from *Fabaceae*, *Craminacea*, *Solanaceae* families was studied. Role of this system during stress adaptation was ascertained. It is contemplated the perspectives of investigations.

Поступила в редакцию 14.06.2011 г.

УДК 577.112:504.73

О.Л. КАНДЕЛИНСКАЯ[1], Е.Р. ГРИЩЕНКО[1],
С.Н. ЧЕРЕНКЕВИЧ [2], П.А. КРАСОЧКО[3]
И.В. ГОРУДКО[2], А.Ф. ТОПУНОВ[4]

ЛЕКТИНЫ РАСТЕНИЙ: СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ

[1]*Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси*
[2]*Белорусский государственный университет*
[3]*Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н Вышелесского*
[4]*Институт биохимии им. А.Н.Баха РАН*

Введение. Среди механизмов, обеспечивающих идентификацию молекул, важнейшая роль принадлежит белок-углеводным взаимодействиям, в реализации которых принимает участие обширное семейство белков лектинов, способных обратимо и избирательно связывать разнообразные углеводы [1].

Открытие лектинов относится к 1887-1888 гг., когда П.Г.Штильмарк, изучавший влияние растительных ядов на живые организмы в Тартуском университете, впервые обнаружил эффект агглютинации и гемолиз эритроцитов, вызванных веществом из семян клещевины *Ricinus communis* L., который получил название рицин. Позднее, У. Бойд, который инициировал систематический поиск и идентификацию фитоагглютининов, ввел для их обозначения термин «лектин» (от латинского *lectus*, причастия от глагола *legere* - выбирать) [2]. К настоящему времени лектины обнаружены во всех живых организмах от вирусов до человека, что

свидетельствует об общебиологическом значении данных белков. Неослабевающее внимание к лектинам определяется рядом их уникальных свойств, что позволяет использовать указанные белки в качестве эффективных инструментов: при изучении гликоньюгатов и ассоциированных с ними процессов в клетках; при определении групп крови; в качестве маркеров клеток и тканей в норме и при патологии; в иммунохимии; при изучении механизмов симбиотических взаимоотношений и устойчивости растений к широкому спектру патогенов и др. Однако, несмотря на многочисленные открытия большого числа новых лектинов различного происхождения и выявление новых свойств данных белков, все еще остается далеким от полной ясности ряд вопросов об их функциях в организме [3, 4].

Целью данного обзора является анализ совокупности данных литературы о свойствах, предполагаемых функциях и применении лектинов растений.

Общие сведения. Согласно мнению большинства исследователей, лектины - это полидентантные углевод-связывающие белки, относящиеся к классу гликопротеидов, которые, благодаря наличию в своем составе углеводсвязывающих доменов, обладают свойством обратимо и избирательно связывать гликоконъюгаты без изменения их химической структуры [1, 2]. По мнению W.Peumans и E.Damme (1995), присутствие в составе белка хотя бы одного некаталитического домена, который обратимо связывает моно- и олигосахариды, уже позволяет относить его к лектинам [5].

Классификация лектинов растений представляет большую сложность, поскольку невозможно составить удовлетворяющую всем требованиям классификацию данных белков на основе какого-либо одного признака. В связи с этим, существует несколько параллельных и дополняющих друг друга классификаций, которые согласуются с требованиями, принятыми для классификации белков, т.е. по структуре, строению и функциям [1, 2, 4-6]. При этом учитывается: происхождение; локализация; соотношение числа молекул белка и углеводов; число субъединиц; углеводная специфичность; биологическая активность (степень токсичности; способность активировать митотическую активность иммунных клеток; антигенная специфичность в отношении форменных элементов крови; устойчивость к действию высоких температур,

pH и др.). Так, классификация лектинов по месту их локализации позволяет выделять два типа лектинов: растворимые, которые обнаруживаются во флоэме и ксилеме, перидерме и сердцевинной паренхиме растений; мембранносвязанные, локализованные в мембранах суммарной фракции клеточных органелл, как это было показано на примере стебля винограда *Vitis vinifera* L. [6, 7]. Согласно структурному принципу классификации, среди лектинов растений выделяют 3 основных типа: меролектины, хололектины, химеролектины. Первые имеют моновалентную природу, то есть, обладая только одним углеводсвязывающим центром, не способны инициировать преципитацию гликоконьюгатов и агглютинацию клеток. Вторые, так называемые классические лектины, содержат более одного углеводсвязывающего центра и способны к агглютинации. Химеролектины обладают одновременно и углеводсвязывающим доменом, и каталитическим центром, функционирующими независимо друг от друга, причем, в зависимости от количества углеводсвязывающих сайтов, данная категория белков может проявлять свойства либо меролектинов, либо хололектинов [5]. В соответствии с принципом классификации по особенностям строения углеводсвязывающих доменов, выделяют следующие классы лектинов растений: лектины бобовых; лектины злаков и хитинсвязывающие лектины, содержащие гевеиновый домен (wheat germ agglutinin, WGA); белки, инактивирующие рибосомы II типа (ribosome inactivating proteins, RIPs); маннозоспецифичные лектины однодольных; жакалиноподобные лектины; лектины амаранта; флоэмные лектины тыквенных [6,7]. В классификации лектинов по углеводной специфичности выделяются группы, которые специфичны к N-ацетил-D-галактозамину (GalNAc), N-ацетил-D-глюкозамину (GlcNAc), D-маннозе (DMan), D-глюкозе (DGlc), L-фукозе (DFuc) и др. На рисунке показано, что углеводная специфичность некоторых растительных лектинов к углеводным детерминантам тканевых и клеточных гликоконьюгатов может варьировать по степени сродства лектина к углеводам.

Лектин чечевицы (LCA)	NeuNAc – Gal – GlcNAc – Man Man – GlcNAc – GlcAc – R NeuNAc – Gal – GlcNAc – Man (Fuc)
Конканавалин А (Con A)	Gal — GlcNAc — Man Man — GlcNAc — R Gal — GlcNAc — Man
Лектин клещевины (RCA I)	NeuNAc – Gal — GlcNAc — Man — Man — R
Лектин арахиса (PNA)	Gal β1 → GalNAc α1 → Ser/Thr

Рисунок. Углеводная специфичность некоторых фитолектинов [8]

На рисунке жирной чертой обозначены места сильного связывания олигосахаридного лиганда с лектином, тонкой чертой – места слабого связывания [8]. Особенно важна «тонкая» углеводная специфичность лектинов, т.е. сродство к сложным углеводным структурам типа хитоолигосахаридов, олигосахаридов и гликопептидов. В подобных случаях лектины проявляют себя как уникальные биомолекулы с «супертонкой» специфичностью, что особенно важно при формировании молекулярных ансамблей.

Структура молекул лектинов весьма разнообразна. Их молекулярная масса находится в пределах от 5 до 400 кДа; молекулы содержат от 1 до 20 субъединиц. Большинство лектинов - гликопротеины, многие содержат координационно связанные Ca^{2+} и Mn^{2+}, которые определяют в значительной мере уровень функциональной активности данных белков [1, 2]. Лектинам свойственно низкое содержание α-спиралей, но высокое - β-структур. Так, конканавалин А содержит лишь 2% α-спиральных областей, тогда как β-структурных - 51% [6]. В таблице представлены данные о физико-химических свойствах некоторых лектинов на примере таковых из лекарственных растений [9].

Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что лектины растений характеризуются изоформами. Отмечено, что отдельным видом множественности форм лектинов является присутствие в одном растении нескольких лектинов с различной углеводной специфичностью, которые кодируются родственными генами, в частности, у бобовых *Vicia cracca* L., *Grifonia simplicifolia* L., *Phaseolus vulgaris* L. [2, 10-13].

Таблица. Свойства лектинов некоторых лекарственных растений [9]

Название растения	Изоформы Лектина	М.М., кДа	Углеводная специфичность
Aloe arborescens	Алоктин А Алоктин В - -	18 24 40 35	- - D-Gal, D-Man, D-Glc, D-Man,methyl-α-D-Man
Urtica dioica	-	8.3-9.5	$(GLcNAc)_n$
Datura stramonium	-	86	$(GlcNAc)_{n=2-4}$; Gal(1-4) GlcNAc

Лектины обнаружены в различных органах растений – в стеблях, листьях, корнях, клубеньках, луковицах, корневищах, пыльце и др. Их количество также варьирует в широких пределах и зависит от фазы развития растений, условий окружающей среды. Наибольшая активность лектинов зафиксирована в коре растений, более низкая - в семенах по мере их созревания и в листьях, где максимальное значение определяется на начальных этапах вегетации и снижается к концу вегетации. Аналогичные результаты были получены для растений робинии *Robina* L., ракитника *Cytisus* L. [13-14].

Отмечено, что компонентный состав лектинового комплекса находится под контролем эндогенных фитогормонов, в том числе брассиностероидов, и может изменяться при абиотических и биотических стрессах, под влиянием индукторов устойчивости. Большинством исследователей отмечается, что синтез лектинов в различных органах и тканях растений при действии стрессовых факторов среды различной природы носит индуцибельный характер и ассоциирован с активацией устойчивости растений [15, 16, 22]. Для генотипов, восприимчивых к заражению патогенами, было характерно более выраженное увеличение количества лектинов, чем у устойчивых форм [16].

Самой многочисленной среди фитолектинов является группа лектинов бобовых, так называемых L-лектинов, которые по структуре близки к Ca^{2+}-зависимым С-лектинам животных [1, 2, 17]. Анализ лектинов бобовых различных систематических групп позволил установить различия их углеводной специфичности при общем сходстве других физико-химических параметров [18]. Выявленные особенности генетически детерминированы. Так, на

примере растений умеренного климата с помощью методов клонирования и секвенирования участков генов лектина, кодирующих углеводсвязывающие последовательности (УСП) данного белка, проведен анализ более двух десятков представителей видов бобовых, относящихся к 17 родам. На основании сравнительного анализа секвенированных нуклеотидных и установленных для них аминокислотных последовательностей лектинов построены древа сходства данных белков. Показано, что у представителей рода *Caragana* имеется три класса различных генов, кодирующих лектины. Было установлено также, что гены одного класса лектинов разных растений могут быть филогенетически ближе, чем гены лектина разных классов у одного и того же вида растений. У клеверов *Trifolium repens*, *T. pratense* и *T. trichocephalum,* входящих в одну группу перекрестной инокуляции, секвенированы фрагменты генов лектинов, которые имеют различающиеся по аминокислотной последовательности УСП. Согласно мнению ряда исследователей, лектины бобовых растений обладают высоким уровнем гомологичности, несмотря на то, что содержат значительное количество инвариантных остатков аминокислот [2, 19, 20]. Анализ данных по гибридизации ДНК и секвенирования нуклеиновых кислот позволил сделать заключение, подтверждающее высказанное ранее предположение о происхождении лектинов бобовых от одного предкового гена [19]. При этом для большинства исследованных бобовых растений гены лектинов семян родственны генам лектинов вегетативных тканей [11].

Представляют интерес фитолектины, относящиеся к классу RIPs II типа (рицин, абрин, модецин, лектины омелы белой (mistletoe lectins II и II), которые ингибируют биосинтез белка в клетках и являются токсинами для человека и животных. Для всех белков данного класса характерно наличие двух полипептидных субъединиц, соединенных дисульфидной связью. Причем, одна из субъединиц обеспечивает проникновение токсина в клетку, другая блокирует биосинтез белка. Наиболее изученным представителем группы растительных токсинов является рицин, выделенный из семян клещевины *Ricinus communis*. Рицин состоит из двух субъединиц – каталитической (А) и лектиновой (В). В-субъединица (binding) определяет цитотоксический эффект рицина благодаря специфическому взаимодействию с галактозосодержащими

рецепторами на поверхности клеток, в результате которого посредством рецептор-опосредованного эндоцитоза осуществляется интернализация токсина внутрь клетки. Захваченный в везикулы токсин проникает в компартменты клетки. В эндоплазматическом ретикулуме происходит диссоциация белка на составляющие его субъединицы. Затем посредством трансмембранного переноса каталитическая А-субъединица (active) оказывается в цитозоле. А-субъединица представляет собой N-гликозидазу, которая способна к избирательному выщеплению остатка аденина из GAGA-последовательности в петле 28S-РНК большой (60S) субъединицы рибосомы у эукариот. Модифицированная таким образом рибосома оказывается не способной связываться с фактором элонгации 2, что приводит к инактивации белок-синтезирующей системы клетки [21].

Функции фитолектинов. Среди множества функций, которые приписываются лектинам, наиболее значимыми являются [3, 22, 23]:

1) регуляторная, которая определяется способностью лектинов изменять активность ферментов и состояние цитоскелета;

2) информационная, которая заключается в узнавании и иммобилизации элиситоров и патогенов;

3) структурная (участие в организации мембран и ферментных комплексов);

4) транспортная (участие в процессах транспорта углеводов и белков, в том числе вироидных патогенов и других РНК).

В целом же исследователи выделяют эндогенные функции, такие как участие в белок-углеводных и белок-белковых взаимодействиях, в формировании ферментных комплексов и организации внутриклеточного матрикса, регуляции деления и клеточной дифференцировки, передаче сигналов как внутри, так и между клетками, стимуляции прорастания и эмбриогенезе; в механизмах защиты и транспорта; функции, которые связаны с реализацией межклеточных взаимоотношений от процессов оплодотворения до симбиотических взаимодействий между макро- и микросимбионтами (симбиотическими и патогенными микроорганизмами) [13, 22]. Несомненно, что подобное деление весьма условно, поскольку реализация межклеточных взаимоотношений в первую очередь зависит от белок-углеводных взаимодействий.

Эндогенные функции лектинов в растениях. Многочисленные данные свидетельствуют о том, что в растениях экспрессируются отдельные группы лектинов, которые способны выполнять роль эндогенных регуляторов интегральных процессов роста и развития, а также интермедиаторов в процессе реализации белок-углеводных взаимодействий [22].

Особый интерес в этом отношении вызывают лектины флоэмы. Известно, что флоэме отводится важнейшая роль в системной регуляции процессов развития растений и дистанционной коммуникации между органами благодаря способности данного вида ткани транспортировать питательные вещества и гормоны, а также белки, мРНК, низкомолекулярные РНК, обнаруженные во флоэмном экссудате, в ситовидных элементах и клетках-спутниках [24-27]. Использование тыквенной флоэмной ткани в качестве модели позволило выявить в составе последней мажорные флоэмные белки, среди которых двумерный поли-ClcNAc-связывающий лектин, так называемый PP2 белок, способен осуществлять взаимодействие с P-белковыми филаментами флоэмы и плазмодесм между клетками мезофилла. Полученные результаты свидетельствует о том, что PP2 не только принимает участие в реализации коммуникаций между клетками, но и вовлекается в общий поток ассимилятов, сохраняя при этом свою лектиновую активность [24]. Аналогичные данные были получены и для других видов растений и, более того, идентифицированы гены, ответственные за экспрессию флоэмных лектинов, установлены места их синтеза – в клетках-спутниках – и пути транслокации по всему растению через плазмодесмы и ситовидные элементы [28]. Тот факт, что PP2-подобные лектины вовлечены в процессы развития и функционирования проводящей системы сосудистых растений, позволяет предполагать и их важную роль во внутриклеточной и/или межклеточной сигнализации [24, 28]. На основании анализа нуклеотидной последовательности гена PP2 огурца и аминокислотной последовательности обнаружен в N-концевой области вторичной структуры белка РНК-связывающий мотив без выраженной специфичности к РНК, что свидетельствует о возможном участии PP2 белков в формировании РНП-комплексов с эндогенными и чужеродными РНК и регуляции их транслокации в растениях [28]. Получены ценные сведения и об участии PP2 белков в

поддержании целостности и регуляции архитектоники ситовидных элементов флоэмы [29]. Учитывая высокое сродство лектиноподобного белка PP2 к GlcNAc и свойство взаимодействовать с флоэмным белком филаментов, можно предположить, что данный хитинспецифичный лектин принимает участие и в защите растений путем иммобилизации фитопатогенов [30].

Таким образом, флоэмные лектины, способные к организации белок-белковых и РНК-белковых комплексов, являются характерными для сосудистых растений. Более того, лектинам флоэмы приписывается участие в трансдукции сигналов в клетках при формировании межклеточных взаимоотношений, в регуляции интегральных процессов в растениях.

Представляется интересным обнаружение в цитоплазме и ядрах листьев табака GlcNAc-специфичного лектина Nicotiana tabacum agglutinin (Nictaba), индукция синтеза которого наблюдается при действии метилжасмоната, - представителя группы эндогенных регуляторов роста и развития растений жасмонатов, выполняющих ключевую роль в запуске механизмов устойчивости растений к абиотическим стрессовым факторам среды и индуцированной системной устойчивости растений к патогенам [31]. Предполагается, что при неблагоприятных воздействиях Nictaba принимает участие в регуляции генной экспрессии путем белок-углеводных взаимодействий с регуляторными цитоплазматическими/ядерными гликопротеинами и модулирования O-GlcNAc-зависимых сигналов трансдукции [32]. Доказательством того, что лектины принимают участие в регуляции процессов формирования устойчивости в растениях, являются также данные, указывающие на активацию экспрессии генов лектинов, родственных жакалину, в тканях злаков при стрессовых воздействиях и экзогенной обработке жасмонатом [22].

Межклеточные взаимоотношения. Данный тип взаимоотношений особенно актуален при формировании симбиозов, в частности, между бактериями рода *Rhizobium* и бобовыми растениями [13]. К настоящему времени накоплен значительный экспериментальный материал, свидетельствующий о том, что уже на начальных стадиях микробно-растительных взаимоотношений лектины вовлекаются в механизмы взаимного узнавания партнеров [12]. Так, согласно гипотезе о вовлечении

лектинов в процессы симбиотических взаимоотношений и роли данных белков в реализации комплементарных взаимодействий микро- и макросимбионта по аналогии с системой «антиген-антитело», основную последовательность событий, происходящих в организме макросимбионта, можно представить следующим образом:

1) синтез индукторов экспрессии *nod*-генов ризобиями - флавоноидов и бетаинов;

2) идентификация того или иного фактора микросимбионтом;

3) инициация синтеза в нем *nod*-факторов, обеспечивающих инфицирование макросимбионта;

4) ответная реакция последнего в виде экспрессии определенных генов [13].

Лектины растений выполняют роль рецепторов для бактериальных метаболитов, выступающих в качестве пускового, или сигнального механизма в процессах инвазии и нодуляции [33]. На примере растений долихоса было показано, что ряд *nod*-факторов микросимбионтов способны связываться с лектинами, сосредоточенными на поверхности корневых волосков [11]. У бобовых для адсорбции ризобий синтезируются лектины, способные взаимодействовать с находящимися на поверхности клеток ризобий углеводными детерминантами [12]. В целом же, комплементарность симбиотических партнеров и «успех» инфицирования макросимбионта тем или иным штаммом определяются степенью сродства экзополисахаридов микросимбионта и лектина растения-хозяина [34].

Необходимо отметить, что в формировании симбиозов принимают участие также и лектины злаковых, что было показано на примере WGA, который способен взаимодействовать с бактериями рода *Azotobacter,* усиливая их азотфиксирующую активность. Интересным представляется тот факт, что лектины клеточной поверхности указанных микроорганизмов не только участвуют в реализации их адгезии на корнях макросимбионта, но и способны взаимодействовать с WGA [3].

Роль лектинов в механизмах формирования устойчивости растений к фитопатогенам. Механизмы биологического узнавания оказываются весьма актуальными при формировании защитных барьеров у растений, возникающих в присутствии патогенов [35]. Причем взаимодействие «лектин-углевод» в

системе «патоген-хозяин» является, по-видимому, одним из важнейших. Лектин в этом случае может выполнять функции либо рецептора, либо лиганда (элиситора) и быть ответственным за реализацию процессов специфического узнавания как внутри клетки, так и снаружи [36]. Например, лектины, подобные лектину картофеля экстенсину, который способен избирательно связываться с углеводными детерминантами на поверхности мембран фитопатогенов, могут быть рецепторами чужеродных агентов, инициируя каскад защитных реакций у растения-хозяина.

Защитными функциями обладают, по-видимому, классические лектины растений, обнаруженные в цитоплазме и вакуолях, а также ассоциированные с мембранами и плазмалеммой. Можно предполагать, что подобным лектинам свойственно выраженное фунгистатическое действие благодаря способности агглютинировать споры фитопатогенных грибов и других патогенов. Хитинсвязывающим лектинам отводится существенная роль в формировании механизмов защиты растений от насекомых и грибных патогенов за счет высокого сродства к GlcNAc (лектин картофеля, лектин корневища крапивы, WGA и некоторые др.) [22].

Существует мнение, что лектины могут выступать в качестве элиситоров, индуцирующих в растенях образование фитоалексина. В то же время элиситоры различной химической природы способны инициировать экспрессию гена лектиноподобных белков в растениях, как это было показано на примере арабидопсиса, фасоли. Лектины обладают фунгистатической и инсектицидной активностью. Данное утверждение относится прежде всего к представителям хитинсвязывающих лектинов семейства WGA, крапивы, амаранта, астрагала и орхидеи [17, 22, 32].

В растениях обнаружена группа лектиноподобных рецепторных киназ (LecRK-lectin-like receptor kinase), являющихся представителями класса рецепторных киназ (RLKs-receptor-like protein kinase), которые обеспечивают высокоспецифичное взаимодействие лиганда и рецептора и передачу сигнала. Для данных белков характерно присутствие домена, который генетически близок лектинам арабидопсиса и бобовых растений, и каталитического домена, представленного серин-треониновой киназой. Показано, что уровень экспрессии генов рецепторных киназ может возрастать при различных воздействиях – поранении,

окислительном стрессе, под влиянием салициловой кислоты, олигогалактуронидов, патогенов [3, 22].

Применение фитолектинов. В настоящее время среди множества направлений исследований фитолектинов можно выделить следующие наиболее важные и актуальные [1, 12, 13, 17, 31, 32, 37-50]:

1) поиск и идентификация в составе культурной и дикорастущей флоры новых фармакологически значимых фитолектинов; изучение их физико-химических свойств и биологических функций;

2) использование фитолектинов в качестве молекулярных зондов для идентификации гликоконьюгатов, изучения их динамики у человека и животных в норме и при патологии;

3) применение фитолектинов в клинической диагностике в качестве селективных гистохимических маркеров для изучения различных этапов морфогенеза, патогенеза и канцерогенеза, в патоморфологических и клинико-лабораторных исследованиях и фитотерапии иммунодефицитных состояний человека и животных;

4) использование фитолектинов для конструирования новых симбиотических систем с целью создания устойчивых и эффективных эндосимбиотических компартментов в растениях различных систематических групп;

5) конструирование на основе фитолектинов комплексных экологически безопасных биопрепаратов для растениеводства, ветеринарии и медицины.

Заключение. Таким образом, участие фитолектинов в белок-углеводных взаимодействиях, обеспечивающих реализацию интегральных процессов роста и развития растений, не вызывает сомнений.

Считается доказанной и важная роль лектинов в обеспечении процессов межклеточного узнавания, защиты от патогенов, при действии неблагоприятных факторов среды биотической и абиотической природы.

Представляются вполне обоснованными данные об участии лектинов в процессах транспорта стратегически важных биомолекул, передачи генетической информации, трансдукции сигналов между клетками, при формировании симбиотических взаимоотношений.

Подобная полифункциональность фитолектинов обусловлена наличием в их составе сайтов гидрофобного связывания, обеспечивающих в значительной мере пространственную организацию молекулы белка, его физико-химические свойства и биологичесие функции, а также углеводсвязывающих доменов, определяющих способность данных белков к высокоспецифическому взаимодействию с гликолигандами различной степени сложности.

Представленные сведения позволяют рассматривать фитолектины в качестве важных инструментов для практического использования в различных областях биологии, ветеринарии, медицины, сельского хозяйства и полагать перспективным проведение более систематических и целенаправленных исследований данных белков в Республике Беларусь.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта БРФФИ-РФФИ № Б10Р-211/10-04-90043Бел_А.

Литература

1. Essentials of Glycobiology / Edited by Ajit Varki, Richard D. Cummings, Jeffrey D. Esko, Hudson H. Freeze, Pamela Stanley, Carolyn R. Bertozzi, Gerald W. Hart, and Marilynn E. Etzler. Cold Spring Harbor (NY): Cold Spring Harbor Laboratory Press; 2009. 2nd edition.

2. Луцик М.Д., Панасюк Е.Н., Луцик А.Д. Лектины. Львов: Вища школа, 1981. 155 с.

3. Бабоша А.В. // Журнал общей биологии. 2008. Т. 69. № 5. С. 379-396.

4. Кукарека Н.Н., Черников О.В., Чикаловец И.В., Молчанова В.И., Курика А.В., Волков Ю.Г., Козловская З.Н. // Успехи современной биологии. 2007. Т. 127. № 5. С.452-457.

5. Peumans W.J., van Damme E.J.M. //Plant Physiol. 1995.V.109.P. 347-352.

6. Кудряшова Е.В., Гладилин А.К., Левашов А.В. // Успехи биологической химии. 2002. Т. 42. С. 257-294.

7. Титов Е.В., Соколова О.С.. Володарский А.Д. Распределение лектина по тканям стебля винограда // Физиология растений. 1992. Т.39. № 1. С.40-47.

8. Игнатов В.В. // Соросовский образовательный журнал. 1997. № 2. С. 14-20.

9. Тимошенко А.В. // Весці НАН Беларусі. 2003. № 2. С.104-113.

10. Марков Е.Ю., Хавкин Э.Е. // Физиология растений. 1983. Т. 30. № 5. С. 852-867.

11. Etzler M.T. // Trends in Glycosci. and Glycotechnol. 1998. V. 10. N 53. P. 247-255.

12. Коць С.Я., Сытников Д.М. // Физиология и биохимия культ.растений. 2007. Т. 39. № 6. С. 463-475.

13. Сытников Д.М., Коць С.Я. // Физиология и биохимия культурных растений. 2009. Т. 41. № 4. С. 279-296.

14. Лазарева Е.А. Лектины оболочки пыльцевого зерна *Nicotiana tabacum* L. и их роль в активации прорастания // Автореф. дисс. … канд. биол.наук. Москва, 2009. 24 с.

15. Канделинская О.Л., Грищенко Е.Р., Домаш В.И., Топунов А.Ф. //Агрохимия. 2008. № 9. С. 1-6.

16. Бабоша А.В. //Биохимия. 2008. Т. 73. Вып. 7. С. 1007-1022.

17. Sharon N., Lis H.Lectins.Second edition. Dordrecht: Springer,2007.454 p.

18. Баймиев А.Х.Структура углеводсвязывающих участков лектинов бобовых растений как детерминанта специфичности взаимодействия с клубеньковыми бактериями // Автореф. дис.…д-ра биол.наук.Уфа, 2007.50 с .

19. Королев Н.П., Выскребенцева Э.И. // Уч. зап. Тартус. ун-та. 1989. Т. 1. Вып. 869. С. 19-49.

20. Ямалеева А.А. Лектины растений и их биологическая роль. Уфа: Изд- во Башкирского университета, 2001. 204 с.

21. Челнокова О.В. Конформационные изменения растительных токсинов в ходе внутриклеточного транспорта // Дисс. … канд. биол.наук. 2002. 121 с.

22. Шакирова Ф.М., Безрукова М.В. //Журнал Общей биологии. 2007. Т.68. № 2. С. 109-125.

23. Owens R.A., Blackhurn M., Ding I.J. // Mol. Plant-Microbe Interactions. 2001. V.14. N 7. P. 905-909.

24. Dinant S., Clark A.M., Zhu Y., Vilaine F., Palauqui J.C., Kusiak C., Thompson G.A. // Plant Physiol. 2003. V. 131. P. 114-128.

25. Aoki K., Suzui N., Fujimaki S., Dohmae N., Yonekura-Sakakibara K., Fujiwara T., Hayashi H., Yamaya T., Sakakibara H. // The Plant Cell. 2005. V. 17. P. 1801-1814.

26. Giavalisco P., Kapitza K., Kolasa A., Buhtz A., Kehr J. // Proteomics. 2006. V.6. P. 896-909.

27. Akkaladevi Narahari and Musti J. Swamy // Bioscience Reports. 2010. V. 30. P. 341–349.

28. Gomez G., Torres H., Pallas V. // Plant J. 2005. V. 41. P. 107-116.

29. Smith L.M., Sabnis D.D., Johnson P.C. // Planta. 1987. V.170. P.461-470.

30. Chisholm S.T., Parra M.A., Anderberg R.J., Carrington J.C. // Plant Physiol. 2001. V. 127. P. 1667-1675.

31. Vandenborre G., Groten K., Smagghe G., Lannoo N., Baldwin I. T., Van Damme E. J. M. // J. Exp. Bot. 2010. V. 61. N 4. P. 1003-1014.

32. Schouppe D., Ghesquière B., Menschaert G., Winnok De Vos, Stéphane Bourque, Geert Trooskens, Paul Proost, Kris Gevaert, Van Damme E. J.M. // Plant Physiology. 2011. V. 155. P. 1091-1102.

33. Martihus M.F., Regina G.S., Franco A.A. // Rev. Univ. rural. Ser. Cie.vida /Univ.fed.rur.Rio-de-Janeiro. 2022. V. 22. N 1. P.65-81.

34. Кириченко Е.В., Маличенко С.М. // Физиология и биохимия культ.растений. 2000. Т. 32. № 5. С. 410-414.

35. Конев С.В., Мажуль В.М. Межклеточные контакты. Минск: Наука и техника, 1977. 312 с.

36. Серова З.Я., Юшко Л.С., Подчуфарова Г.М. Функции белков в фитопатогенезе. Минск: Наука и техника, 1992. 269 с.

37. Красочко П.А. Методические рекомендации по оценке функциональной активности В-лимфоцитов сельскохозяйственных животных. Москва, 1991. 14 с.

38. Антонюк В.А., Яценко А.М. // Морфология. 1999. № 4. С.48-51.

39. Волошин Н.А., Григорьева Е.А. // Журнал АМН Украины. 2005. Т.11. № 2. С. 223-237.

40. Потапов М.И. // Судебно-медицинская экспертиза.2006.№1. С. 17-19.

41. Горудко И.В., Буко И.В., Черенкевич С.Н. // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук. 2008. № 3. С.91-96.

42. Вершинина З.Р. Лектины бобовых растений как инструмент для создания новых симбиотических систем // Автореф. дисс. … канд.биол.наук. Уфа, 2010. 23 с.

43. Якшибаева Ю.Р. //Экспериментальная онкология.2001.№4.С.274-277.

44. Киричук В.Ф., Воскобой И.В. // Цитология. 2000. № 11. С.1094-1096.

45. Ребров А.П., Киричук В.Ф., Воскобой И.В. // Вестник Российской Академии медицинских наук, 2002. № 2. С.24-28.

46. Николаева Т.Н., Пронин А.В., Григорьева Е.А., Соболев С.М. // Медицинская иммунология, 2010. № 1-2. С.13-20.

47. Ющук Н.Д., Еремина О.Ф., Балмасова И.П., Малова Е.С., Шмелева Е.В. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии, 2010. № 6. С.48-52.

48. Киселевский М.В., Ситдикова С.М., Доненко Ф.В., Аманджолов Б.С. //Бюллетень экспериментальной биологии и медицины,2005.№ 10. С.446-449.

49. Пащенко С.Н., Волошин Н.А., Паламарчук И.Д. // Онкология. 2005. № 3. С.205-208.

50. Корсун В.Ф., Лахтин В.М., Корсун Е.В., Мицконас А. Фитолектины. Руководство по клинической фитотерапии. Москва: Практическая медицина, 2007. 288 с.

О.Л. КАНДЕЛИНСКАЯ, Е.Р. ГРИЩЕНКО, С.Н. ЧЕРЕНКЕВИЧ,
П.А. КРАСОЧКО, И.В. ГОРУДКО, А.Ф. ТОПУНОВ

ЛЕКТИНЫ РАСТЕНИЙ: СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ

Резюме

Проведен анализ данных литературы о структуре, локализации, физико-химических свойствах и биологических функциях лектинов растений в контексте применения данной категории белков в биологии, ветеринарии, медицине и сельском хозяйстве.

O.L. KANDELINSKAYA, H.R.GRISCHENKO, S.N.CHERENKEVICH,
P.F.KRASOCHKO, I.V.GORUDKO, A.F.TOPUNOV

LECTINS OF PLANTS: PROPERTIES AND FUNCTIONS

Summary

It has been analysed the literature data about phytolectin: their structure, localization, physico-chemical properties and biological functions in context of application of this proteins in biology, veterinary, medicine and agriculture.

Поступила в редакцию 5.07.2011 г.

УДК 581.19: 543.544.42

Н.А. ЛАМАН, Н.А. КОПЫЛОВА, В.М. БЕЛЯКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ КАРОТИНОИДОВ И ТОКОФЕРОЛОВ В ПЛОДАХ И ЛИСТЬЯХ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ И ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Введение. В связи с ухудшением экологической обстановки, загрязнением воды, воздуха и почвы, изменением климата возрастает потребность в препаратах биологически активных веществ природного происхождения, обладающих антиоксидантной, антиканцерогенной, иммуностимулирующей активностью. Среди них особое место занимают каротиноиды и токоферолы. Длительное время считалось, что основная функция каротиноидов в животном организме обусловлена превращением в витамин А, который участвует в процессах фоторецепции, регуляции пролиферации и дифференциации клеток [1,2]. В настоящее время доказано, что каротиноиды обладают ценными специфическими качествами, связанными не только с А-витаминной активностью. В живых организмах они действуют как антиоксиданты и фотопротекторы, на молекулярном и клеточном уровне предотвращают трансформации, индуцируемые окислителями, генотоксическими веществами, рентгеновским и УФ-излучением [3,4], поддерживают стабильность генома и резистентность организма к мутагенезу и канцерогенезу, увеличивают иммунокомпетентность и контактное взаимодействие клеток, участвуют в экспрессии генов [5-7]. Кроме того, они способствуют экономному расходованию антиоксидантных витаминов и ферментов, проявляют антистрессорные свойства [5, 8].

Учитывая важную роль каротиноидов в физиологических процессах, актуальным является поиск новых их источников, который позволит использовать дешевое отечественное сырье для создания высокоэффективных БАД, полезных для здоровья человека. В связи с вышеизложенным, важнейшей задачей представляется разработка селективной и точной методики определения каротиноидов и токоферолов в плодах и вегетативных органах растений.

Подавляющее большинство накопленных к настоящему времени в научной литературе данных по содержанию каротиноидов получено на основе расчетного метода с использованием величины оптического поглощения экстрактов из тканей растений при длинах волн 440-470 нм без оценки качественного состава. Между тем каротиноиды, как группа соединений, обладающих высокой биологической активностью, требуют более глубокого изучения, особенно когда речь идет о создании перспективных БАД. В этом случае недостаточно установить их суммарное содержание в объекте; необходимо разделение смеси каротиноидов на индивидуальные компоненты, проведение их идентификации и количественного определения. Метод ВЭЖХ является наиболее подходящим для данной цели, т.к. обладает высокой чувствительностью и селективностью.

Не менее важным этапом исследования является пробоподготовка, включающая подбор методов извлечения, концентрирования и очистки определяемых компонентов от мешающих проведению последующего анализа веществ. Основной задачей данной работы явилась разработка методики экстракции и количественного определения каротиноидов методом ВЭЖХ в плодах и листьях растений.

Методика. Оптимизацию методики ВЭЖХ для определения каротиноидов и токоферолов проводили на жидкостном хроматографе «Цвет 4000» (Россия) со спектрофотометрическим детектором и программным обеспечением Цвет-Аналитик v 1.03 D. Хроматографическое разделение проб осуществляли с помощью стальной колонки размером 4x150 мм, заполненной фазой ODS Separon SGX (размер частиц 7 μм), в изократическом режиме. В качестве подвижной фазы использовали смесь растворителей ацетонитрил: этилацетат: метанол: вода в соотношении 85: 7: 7: 1. Расход подвижной фазы составил 500 мкл/мин; аналитическая

длина волны - 470 нм для каротиноидов и 292 нм для токоферолов. Количественное определение каротиноидов и токоферолов проводили методом абсолютной калибровки, используя соответствующие стандарты (β-каротин, ликопин, лютеин (ксантофилл), «Fluka», Швейцария; α-токоферол, «BioChemica», Германия). Данный метод позволяет определить абсолютное количество исследуемого компонента пробы.

Пробоподготовка заключалась в следующем. Плоды измельчали, растирали в фарфоровой ступке (или использовали гомогенизатор) до однородной массы. Из нее брали навеску (масса зависит от предполагаемого количества каротиноидов в растительном материале), которая представляла собой усредненную пробу [9]. Далее производили экстракцию, целью которой было не только извлечение каротиноидов, но и, по возможности, удаление сопутствующих веществ. В экстракт добавляли 3-4 кристаллика ионола для предотвращения окисления. Степень экстракции, определенная методом добавок, составила 85-90% для каротиноидов и 80,5% для токоферолов.

Экстракция каротиноидов из плодов с высоким содержанием антоцианов и сравнительно небольшой концентрацией каротиноидов (черника, клюква, калина, голубика, арония и т.д.). К усредненной пробе добавляли 70%-ный этанол в объемном соотношении 1: 3 для извлечения антоцианов. Окрашенный раствор удаляли декантацией либо фильтрованием. Процедуру повторяли один или несколько раз, в зависимости от содержания антоцианов. Твердый отжим растирали с безводным Na_2SO_4 для удаления воды и производили 4-6-кратную экстракцию каротиноидов этилацетатом методом подвижной мацерации. Экстракцию продолжали до прекращения окрашивания новых порций растворителя. Экстракт пропускали через двойной слой фильтровальной бумаги с помощью шприцевого фильтра диаметром 25 мм, промывали фильтр чистым этилацетатом во избежание потерь. Затем пробу упаривали досуха в токе азота, сухой остаток растворяли в 2-3 мл подвижной фазы, центрифугировали 20 минут при 12 000 об/мин. Супернатант отбирали для анализа методом ВЭЖХ.

Экстракция из плодов с высоким содержанием каротиноидов (томаты, облепиха, рябина, шиповник). Усредненную пробу, растертую с безводным Na_2SO_4, экстрагировали попеременно

этилацетатом и ацетонитрилом, добавляя их до прекращения выхода каротиноидов в растворитель. При совместном использовании этилацетата и ацетонитрила (например, в соотношении 1: 1) происходит одновременная экстракция липидов, которые могут загрязнять колонку [10]. Максимальный выход каротиноидов наблюдали примерно через 10 минут после начала экстракции.

Экстракт фильтровали, как описано выше, упаривали в токе азота до минимального объема (1--2 мл), центрифугировали 20 минут при 12 000 об/мин. Если экстракт получался слишком концентрированным, его разводили ацетонитрилом или подвижной фазой (до светлого окрашивания пробы), затем анализировали методом ВЭЖХ.

Экстракция каротиноидов из листьев зеленных культур (укроп, петрушка, сельдерей, любисток, кинза). Экстракцию каротиноидов из листьев проводили согласно методике Н.В. Бажановой и др. [11], которая предусматривает раздельное получение каротинов и ксантофиллов и омыление экстракта для удаления хлорофиллов. Фракции каротинов и ксантофиллов выпаривали в токе азота досуха, сухой остаток растворяли в подвижной фазе, центрифугировали 20 минут при 12 000 об/мин, супернатант анализировали методом ВЭЖХ.

Экстракция токоферолов из плодов. К усредненной пробе добавляли этилацетат и проводили 4-6-кратную экстракцию методом подвижной мацерации. Совместно с токоферолами в жидкую фазу переходят каротиноиды, поэтому процедуру извлечения повторяли до прекращения окрашивания растворителя. Каротиноиды не мешают детектированию при 292 нм, т.к. имеют электронные спектры поглощения с максимумами при 422-428, 444-450 и 472-484 нм. Экстракт упаривали в токе азота, растворяли в подвижной фазе и анализировали.

Результаты и их обсуждение. Самый распространенный и удобный метод исследования каротиноидов – обращено-фазовая ВЭЖХ. К ее преимуществам относятся: гидрофобные взаимодействия с сорбентом, возможность контролировать условия разделения, отсутствие контакта препарата со светом и кислородом воздуха.

Каротиноиды интенсивно поглощают в видимой части спектра, поэтому контроль над их содержанием обычно осуществляют с

помощью спектрофотометров. ВЭЖХ со спектрофотометрическим детектором совмещает в себе преимущества хроматографического разделения и спектрофотометрического определения содержания различных каротиноидов. Приведем несколько примеров определения.

Определение содержания ликопина в отжиме плодов томатов белорусской селекции.

Известно, что основную долю каротиноидов томатов составляют ликопин, β-каротин и, в меньшей степени, лютеин [12, 13]. Мы провели определение ликопина в отжиме плодов 5 сортов белорусской селекции. Жидкая фракция плодов отделялась и отбрасывалась. Пробоподготовка, экстракция и условия ВЭЖХ-анализа описаны выше. Результаты представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1. Содержание ликопина в плодах томатов

Сорт	**Окраска плода**	**Содержание ликопина, мг/100 г**
Ранний 310	Красная	34,4
Эллипс	Оранжево-красная	23,5
Кроха	Ярко-красная	52,2
Пожар	Ярко-красная	51,2
Оранж-1	Желто-оранжевая	11,3

Полученные результаты хорошо согласуются с литературными данными о повышенном содержании ликопина в ярко-красноплодных томатах. Плоды с желто-оранжевой окраской (Оранж-1) содержат меньше ликопина, но больше β-каротина и, по-видимому, лютеина. Кроме того, высокое содержание ликопина во всех вариантах (согласно литературным источникам, в среднем содержание ликопина в плодах томатов варьирует в пределах 0,72 - - 20 мг/г сырой массы [14, 15]) говорит о том, что он локализуется главным образом в кожице и твердой фракции плода, исключая семена. По данным H.Al-Wandawi и др., M.D′Souza и др., S.Sharma и N.Le Maguer, в кожице содержится в 3-5 раз больше ликопина, чем в мякоти плода [12, 16, 17].

Рис. 1. Хроматограммы каротиноидного состава плодов томатов. На оси абсцисс указано время в минутах, на оси ординат – сигнал спектрофотометрического детектора. Сорта:I— Ранний 310; II – Эллипс; III – Кроха; IV – Пожар; V- Оранж-1. Пики: 1 – стандарт ликопина (концентрация 5,4 мкг/мл), 2 – ликопин в экстракте, 3 - β-каротин.

Определение состава каротиноидов в плодах и листьях плодово-ягодных и зеленных культур.

Кроме томатов, нами исследовано содержание ликопина, β-каротина и лютеина в плодах и листьях различных видов растений (табл. 2).

Полученные данные свидетельствуют о том, что среди исследованных плодово-ягодных культур наиболее

перспективными потенциальными источниками β-каротина могут быть плоды рябины обыкновенной (10,43 мг/100г сырой массы), боярышника мягковатого (6,07 мг/100г сырой массы) и облепихи крушиновидной (5,3 мг/100г сырой массы). Согласно литературным данным, окраска плодов различных сортов облепихи может варьировать от желтой до оранжевой и темно-оранжевой. Более высоким содержанием β-каротина отличаются формы с темно-оранжевой окраской плодов. Поэтому концентрация этого каротиноида у разных форм облепихи может меняться в довольно широких пределах (от 1,98 до 18,71 мг/100г сырой массы) [18, 19].

Что касается боярышников, то содержание каротиноидов в мякоти их плодов также является лабильным признаком и зависит от условий выращивания, видовой принадлежности, географического происхождения, погодных условий в фазу созревания. Например, исследования биохимического состава плодов 63 интродуцированных видов боярышника ЦБС НАН Беларуси показали, что содержание каротина может колебаться от 0,8 до 19,2 мг% на сырое вещество [20].

Этот факт следует принять во внимание при отборе перспективных растений для получения препаратов биологически активных веществ.

Высокое содержание лютеина и β-каротина обнаружено в листьях растений семейства Зонтичные (укроп, сельдерей, любисток, петрушка, кинза). У растений родов Vaccinium и Oxycoccus биологически активные вещества представлены, главным образом, антоцианами, флавонолами и катехинами [21], тогда как количество каротинодов в плодах крайне незначительно (табл. 2).

Определение содержания α-токоферола в плодах различных видов растений.

Данные о содержании токоферолов представлены в таблице 3. Среди исследованных видов наибольшее количество токоферола обнаружено в плодах облепихи крушиновидной и рябины обыкновенной.

Таблица 2. Концентрация каротиноидов (β-каротин, ликопин, лютеин) в плодах и листья различных видов растений

Объект	Содержание каротиноидов, мг/100 г сырой массы		
	β-каротин	Ликопин	Лютеин
Crataegus sanguinea (боярышник кроваво-красный)	1,99	0,153	--
Crataegus macracantha (б. крупноколючковый)	2,87	--	0,26
Crataegus submollis (б. мягковатый)	6,07	--	--
Crataegus curvisepala (б. отогнуточашелистиковый)	1,19	--	0,12
Vaccinium vitisidaea (Брусника обыкновенная)	0,03	--	0,065
Oxycoccus palustris Pers. (Клюква болотная)	0,099	--	0,011
Oxycoccus macrocarpa (Клюква крупноплодная)	0,035	--	0,029
Viburnum opulus L. (Калина обыкновенная)	1,17	0,02	0,025
Vaccinium uliginosum L. (Голубика обыкновенная)	0,044	--	--
Aronia melanocarpa (Арония черноплодная)	1,06	0,016	0,088
Sorbus aucuparia (Рябина обыкновенная)	10,43	1,052	0,061
Sorbus aria (Рябина круглолистная)	1,9	0,32	--
Vaccinium myrtillus (Черника обыкновенная)	0,13	0,053	0,55
Hippophae rhamnoides (Облепиха крушиновидная); желтоплодный сорт	5,3	0,72	0,35
Apium graveolens L. (Сельдерей пахучий), листья	32,76	--	17,28
Petroselinum crispum (Mill.) (Петрушка кудрявая или огородная), листья	15,1	--	10,2
Levisticum officinale L. (Любисток лекарственный), листья	27,15	--	12,71
Coriandrum sativum L. (Кинза огородная) , листья	17,21	--	5,88
Anethum graveolens L. (Укроп пахучий), листья	35,92	--	11,82

Таблица 3. Содержание токоферолов в плодах различных видов растений

Объект	Содержание токоферолов, мг/100 г сырой массы
Crataegus sanguinea (боярышник кроваво-красный)	1,302
Crataegus macracantha (б. крупноколючковый)	1,93
Crataegus submollis (б. мягковатый)	1,83
Crataegus curvisepala (б. отогнуточашелистиковый)	1,93
Vaccinium vitisidaea (Брусника обыкновенная)	0,04
Oxycoccus palustris Pers. (Клюква болотная)	0,065
Viburnum opulus L. (Калина обыкновенная)	1,78
Aronia melanocarpa (Арония черноплодная)	0,99
Sorbus aucuparia (Рябина обыкновенная)	5,77
Sorbus aria (Рябина круглолистная)	1,015
Hippophae rhamnoides (Облепиха крушиновидная); желтоплодный сорт	4,27

В качестве примера хроматографического разделения методом ВЭЖХ приводим хроматограмму экстракта аронии черноплодной.

Наблюдения, проведенные в 1970-х годах в ЦБС НАН Беларуси, показали, что содержание суммы токоферолов в плодах облепихи различных сортов в условиях нашей страны составляет 4,4–14,95 мг/100 г сырой массы [22]. Согласно данным, приведенным в таблице 3, плоды рябины обыкновенной также богаты α-токоферолом и могут служить перспективным видом сырья для производства пищевых продуктов и лекарственных препаратов.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что использованный нами метод позволяет достаточно эффективно и с небольшими временными затратами определить каротиноидный состав растительного сырья и количественное содержание липофильных антиоксидантов (каротиноидов и токоферолов).

Рис. 2. Хроматограмма экстракта плодов аронии черноплодной. На оси абсцисс указано время в минутах, на оси ординат – сигнал спектрофотометрического детектора.

Заключение. Актуальные тенденции в современной биологии, медицине и диетологии связаны с поиском способов увеличения содержания в продуктах питания компонентов, важных для здоровья человека. Известно, что наиболее высокой степенью усвоения человеческим организмом обладают именно природные биологически активные соединения. Поэтому большое значение приобретает селекция сельскохозяйственных культур с высоким содержанием каротиноидов и токоферолов, а также поиск наиболее перспективных видов природной флоры, которые можно использовать как потенциальный сырьевой источник для получения липофильных антиоксидантов.

Поскольку содержание каротиноидов и токоферолов в плодах растений различных видов сильно варьирует, существует необходимость постоянного контроля за динамикой содержания исследуемого компонента. Широко распространенные физико-химические методы требуют больших временных затрат, мало специфичны и часто дают завышенные результаты. В отличие от них метод ВЭЖХ отличается высокой информативностью и селективной чувствительностью. Использование прецизионных жидкостных хроматографов дает возможность с небольшими затратами времени определять концентрации веществ до 10^{-7}г.

Литература

1. Выродова А.П., Андрющенко В.К., Затуливетер В.И..//Физиология и биохимия культурных растений. 1988. Т. 20. №2. С. 167-171.

2. Goodwin T. W. The biochemistry of the carotenoids. 1980. Vol. 1. Plants. P.1.

3. Nguyen M.L..// Food Technol. 1999. Vol. 53. N2. P.38-49.

4. Strazzullo G., Guilio A.D., Tommonaro G. e.a. // Inern. J. of Food Properties. 2007. Vol. 10. P.321-329.

5. Стржалка К., Костецкая-Гугала А., Латовски Д. // Физиология растений. 2003. Т. 50. С. 188-193.

6. Jenab M., Ferrari P., Mazuir M. e.a. // J. Nutr. 2005. Vol. 135. P.2032S-2036S.

7. A.B. Ross, L.T. Vuong, J. Ruckle e.a..// Am. J. Clin. Nutr. 2011. Vol. 93. N 6. P.1263.

8. Шашкина М.Я., Шашкин П.Н., Сергеев А.В. // Вопросы медицинской химии. 1999. № 2. С. 1-9.

9. Rodrigues-Amaya D. B., Kimura M. HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis. Washington. 2004. P. 58.

10. Xu F., Yuan Q.R., Dong H.R. // J. Chromatography B. 2004. Vol. 838. P. 44-49.

11. Бажанова Н.В., Маслова Т.Г., Попова И.А. и др. Пигменты пластид зеленых растений и методика их исследования. М. Наука, 1964. 121 с.

12. Sharma S.K., Le Maguer N. // Ital. Food Sci. 1996. Vol.2. P.107—113.

13. Korsell D.A., Korsell D.E. // Trends Plant Sci. 2006. V. 11. P. 499--507.

14. Mangeles A.R. e.a. //J. Am. Diet. Assoc. 1993. Vol. 33. P. 384—396.

15. Shi J., Le Maquer M. // Critical Rev. Food Sci. and Nutr. 2000. Vol. 40, N1. P. 1-42.

16. Al-Wandawi H., Abdul-Rahman M. // J.Agric. Food Chem. 1985. Vol. 33. P.804-807.

17. D′Souza M.C., Singha S., Ingle M. // Hort Science. 1992. Vol. 27. P.465-466.

18. Сократова Э.Г., Фаустов В.В. Облепиха в Бурятии. Улан-Удэ. 1974. С. 12.

19. Шапиро Д.К., Манциводо Н.И., Михайловская В.А. Дикорастущие плоды и ягоды. Минск.: Ураджай. 1988. 128 с.

20. Бобореко Е.З. Боярышник. Минск:Наука и техника. 1974. 223 с.

21. Петрова В.П. Биохимия дикорастущих плодово-ягодных растений. Киев, «Вища школа». 1986. 287 С.

22. Чаховский А.А., Шапиро Д.К., Чекалинская И.И. Бобореко Е.З. Черноплодная рябина, облепиха и другие перспективные плодово-ягодные растения. Минск : Ураджай. 1976. 80 С.

Н.А. ЛАМАН, Н.А. КОПЫЛОВА, В.М. БЕЛЯКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ КАРОТИНОИДОВ И ТОКОФЕРОЛОВ В ПЛОДАХ И ЛИСТЬЯХ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ И ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ.

Резюме

Разработан метод с использованием ВЭЖХ, позволяющий достаточно эффективно и с небольшими временными затратами определять каротиноидный состав растительного сырья и количественное содержание липофильных антиоксидантов (каротиноидов и токоферолов).

N.A. LAMAN, N.A. KOPYLOVA, V.M. BELYAKOV

THE RESEARCH OF CAROTENOIDS AND TOCOPHEROLS IN FRUITS AND LEAVES OF FRUITERS, BERRY CULTURES AND GREENS BY HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY

Summary

The method is developed by usage of high-performance liquid chromatography, allowing efficiently and with small temporary expenses is define the carotenoid composition of vegetative raw material and quantitative contents of lipophilic antioxidants (carotenoids and tocopherols).

Поступила в редакцию 1.09.2011

УДК 581.522.4: 631.529

Н.А. ЛАМАН, В.Н. ПРОХОРОВ

СПОСОБЫ ОГРАНИЧЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ИСКОРЕНЕНИЯ ГИГАНТСКИХ БОРЩЕВИКОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Институт экспериментальной ботаники им.В.Ф.Купревича НАН Беларуси

В последние годы в научной литературе, в средствах массовой информации, на многочисленных интернет-сайтах обсуждается проблема широкого распространения в странах Европы и СНГ несвойственных аборигенной флоре растений из рода *Heracleum* L., так называемых гигантских борщевиков [1]. Обладая быстрым ростом, зимостойкостью, устойчивостью к вредителям и болезням, исключительно высокой семенной продуктивностью, мощным

конкурентным потенциалом, эти «пришельцы» теснят местные виды травянистых растений на открытых пространствах – вдоль дорог и линий электропередач, по берегам рек, озер и каналов, на заброшенных землях, пустырях, парках и местах массового отдыха людей.

Особую остроту проблеме борщевиков придает тот факт, что они содержат фотодинамически активные соединения - фотосенсибилизаторы из класса фурокумаринов, которые при попадании с соком растений на открытые части тела и последующим их облучении солнечным светом способны вызывать воспаления в коже или так называемые дерматиты, протекающие по типу ожогов 1-й, 2-й и даже третьей степени.

Анализ ситуации с гигантскими борщевиками, как опасными инвазивными видами, показывает [1-6], что борщевик Сосновского широко распространен в Восточной Европе и только начинает свою экспансию на запад. Другой вид гигантских борщевиков – Мантегацци повсеместно произрастает в Западной и Центральной Европе, постепенно продвигается на восток. Борщевик персидский распространен в Скандинавских странах. Беларусь находится как бы в центре территории, куда устремился с востока борщевик Сосновского, с запада – борщевик Мантегацци, с севера – борщевик персидский. Анализ публикаций западно-европейских исследователей, результатов выполнения программ по борьбе с борщевиком Мантегацци в странах ЕС свидетельствует, что эта проблема не снижает свою остроту. Данные Pysek P. и Holme P.E. [7] по скорости распространения опасных инвазивных видов показывают, что за период с 1998 по 2005 год этот показатель для борщевика Мантегацци только в Нижней Саксонии (Германия) составил более 1000 квадратных километров в год.

Признание общественностью и организациями различного ранга значимости проблемы, связанной с проникновением чужеродных видов растений и животных на новые территории и их влиянием на экосистемы, привело к тому, что этому вопросу уделяется все большее внимание. Международные соглашения и программы, направленные на решение этой проблемы, опираются на статью «8Ph» Конвенции о биологическом разнообразии. Одна из пяти главных целей Европейской стратегии сохранения растений – борьба с инвазивными видами. Совет Европы разрабатывает Европейскую стратегию по видам-колонизаторам. Во многих

европейских странах уже выполнялись и разрабатываются новые специальные программы по ограничению распространения и искоренению гигантских борщевиков.

В «Национальной стратегии по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Беларусь» (1997) инвазивные виды растений и животных названы одной из основных угроз биоразнообразию. С 2001 в Беларуси создается Государственный кадастр растительного мира, одна из кадастровых книг которого посвящена инвазивным видам. В 2007 году в ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам» создан центр по инвазивным видам. Его задачей является организация, проведение и координация работ по выявлению, оценке и прогнозированию проникновения и распространения инвазивных чужеродных видов растений и животных на территорию Республики Беларусь, а также разработка мер по предотвращению, минимизации и снижению ущерба от распространения этих видов, накоплению, обобщению и предоставлению информации заинтересованным.

Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды от 26 ноября 2008 года №106 установлен перечень дикорастущих растений, запрещенных к интродукции и (или) акклиматизации.

Значительным шагом по реализации мер борьбы с вредоносными организмами стало принятие в 2008 году Советом Министров Республики Беларусь «Плана действий по предотвращению и минимизации ущерба от распространения вредоносного чужеродного вида растения – борщевика Сосновского», а также постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды «О некоторых вопросах регулирования распространения и численности дикорастущих растений отдельных видов». Разработаны и утверждены «Правила о порядке проведения мероприятий по регулированию распространения и численности видов дикорастущих растений, которые оказывают вредное воздействие и (или) представляют угрозу биологическому разнообразию, жизни и здоровью граждан», «Методические рекомендации и типовые планы мероприятий и мер борьбы с борщевиком Сосновского».

В соответствии с принятыми нормативными документами многое сделано для решения проблемы ограничения

распространения гигантских борщевиков. Институтом экспериментальной ботаники им.В.Ф.Купревича НАН Беларуси в рамках ведения Государственного кадастра растительного мира создаются топографическая ГИС и базы данных по опасным борщевикам. Для оценки состояния и динамики отдельных популяций заложены специальные учетные площадки. Учтено и закартировано более 1000 популяций борщевика Сосновского, выявлено несколько центров концентрации данного вида, административные районы и особо охраняемые природные территории, где численность этого инвазивного вида особенно высокая.

В 2009-2010 гг. проведены многочисленные обучающие семинары с представителями различных землепользователей, природоохранных и коммунальных служб с разъяснением опасности распространения борщевика Сосновского для природных экосистем и населения, начаты систематические исследования по обоснованию эффективных экологически безопасных методов ограничения его распространения и искоренения.

К настоящему времени появилось значительное число научно-практических рекомендаций по контролю за распространением и уничтожением гигантских борщевиков [1,2,8-10]. Одним из первых было «Практическое пособие по борьбе с гигантскими борщевиками (на основе европейского опыта борьбы с инвазивными сорняками)» [2]. Данное наставление разработано на основе результатов комплексных научных исследований по проекту «Giant Alien Project», выполнявшемуся в 2002-2005 гг. с участием более 40 ученых из 7 стран. Проект финансировался Европейской комиссией в рамках 5-й базовой Программы EESD (Energy, Environment and Sustainable Development). Пособие издано на 8 языках, в т.ч. и на русском. Следует однако подчеркнуть, что радикальных мер по ограничению гигантских борщевиков в многочисленных рекомендациях пока не предложено.

Становится все более очевидным, что уже принятые и предпринимаемые усилия недостаточны, чтобы ситуацию с распространением гигантских борщевиков взять под контроль. В этой связи необходим критический анализ предложенных мер и выполненных экспериментальных исследований, чтобы наметить наиболее эффективные подходы к решению данной проблемы.

Вместе с тем, накопленный опыт борьбы с инвазивными видами растений в целом, и гигантскими борщевиками в частности, показывает, что для полного искоренения гигантских борщевиков требуется применение не отдельных методов, а интегрированный комплексный подход. Как подчеркивают зарубежные исследователи [11], целесообразно использование подходов, заложенных в интегрированной стратегии управления сорными видами (Integrated Weed Management Strategy, IWMS). Выбор методов будет определяться площадью популяции, ее плотностью, доступностью участка для проведения мероприятий, их стоимостью и т.д.

На наш взгляд, при разработке мер по регулированию распространения и искоренению борщевика Сосновского необходимо знать и в максимальной степени учитывать как сильные, так и слабые стороны в цикле индивидуального развития этого растения.

Борщевик Сосновского – монокарпик, т.е. растения данного вида цветут и плодоносят один раз в жизни, после чего отмирают, оставляя многочисленное семенное потомство [12-14]. Однако время вступления растений в генеративный период сильно растянуто. Отдельные растения могут зацвести на 2-й год жизни, третий, четвертый и даже 10-й. Это сильно усложняет борьбу с этим инвазивным видом. С точки зрения формирования многолетних плантаций борщевика Сосновского как кормовой культуры монокарпичность признавалась серьезным недостатком, поскольку перешедшие к цветению растения отмирали и посев изреживался. Это вызывало необходимость закладывать плантации повышенными нормами высева, т.к. для значительной части семян борщевика характерен период глубокого покоя, или сдвигать уборку зеленой массы на период образования жизнеспособных семян у зацвёвших растений, чтобы поддерживать плотность плантации за счет самосева. Поиски регуляторов роста, обработка которыми индуцировала бы переход особей к генеративному морфогенезу и последующему их отмиранию, является в этой связи перспективным подходом в решении проблемы.

Борщевик Сосновского размножается только семенами, при этом семенная продуктивность растения исключительно высокая. Потенциальная семенная продуктивность одного растения борщевика Мантегацци определяется в 60000 цветков, каждый из

которых дает 2 полуплодика, т.е. в сумме 120000 семян [15]. Чешские исследователи [16] зафиксировали растение борщевика Мантегацци, на котором сформировалось 107800 семян. Наиболее часто в популяциях присутствуют растения, семенная продуктивность которых колеблется в пределах 10-40 тысяч семян [17]. Большинство их при созревании легко осыпается при малейшем соприкосновении с растением. Это также определялось как недостаток борщевика Сосновского, поскольку сложно было в производственных условиях налаживать его семеноводство. При осыпании семян в непосредственной близости от генеративного побега, на почве и в почве формируется «семенной банк», который, с учетом растянутого периода покоя семян, обеспечивает возобновление популяции на протяжении многих лет, даже если в последующие годы не происходит его пополнение. Тщательные многолетние исследования популяций борщевика Сосновского на Сахалине и выполненные на их основе расчеты [18] показывают, что имеющиеся в 0-3 см слое запасы семян, даже при отсутствии новых семенных поколений, будут достаточны для существования устойчивого ценоза борщевика Сосновского по крайней мере в течение 15 лет. Это самый трудный и сложный барьер, который необходимо будет преодолеть в решении проблемы искоренения борщевика Сосновского. С учетом этого обстоятельства, цитируемые выше авторы приходят к неутешительному выводу, что «…полное уничтожение борщевика Сосновского на острове Сахалин в настоящее время, наверное, невозможно».

В связи с вышеизложенным, основные мероприятия по искоренению борщевиков, особенно на начальном этапе, должны базироваться на том, чтобы не дать растениям пополнять запас семян в почве, т.е. из популяции всеми доступными средствами необходимо удалять цветоносы до начала раскрывания цветков.

Еще одна важная биологическая особенность борщевика Сосновского – явление геофилии. Она заключается в том, что по мере развития проростка во взрослое растение верхушечная почка (точка роста) постепенно погружается в почву за счет сжатия гипокотиля и верхней части корня. В итоге она оказывается в почве на глубине 8-10 см и более, где формируется характерная для борщевиков морфоструктура – стеблекорень. Стеблекорень – это фактически корнеплод, который образуется и у других представителей зонтичных (морковь, пастернак, петрушка).

Головка стеблекорня представляет собой сильно укороченный вегетативный побег растения борщевика (от нескольких миллиметров до 1-1,5 см). На ней находится верхушечная почка, апикальная меристема которой вычленяет зачатки листьев. В пазухах листьев закладываются пазушные почки, однако у борщевика Сосновского они в дальнейшем не развиваются и находятся в состоянии глубокого покоя [13]. Они могут трогаться в рост при удалении верхушечной почки. При переходе в генеративную фазу в верхушечной почке начинают формироваться зачатки соцветий и цветков. К генеративному морфогенезу переходят и все пазушные почки растения. Поэтому при срезании цветоносов на уровне поверхности почвы, из находящихся в покое пазушных почек на подземной части побега формируются только генеративные побеги. Возобновление растений, в этом случае, как на это часто указывается во многих работах, не может произойти. Также неверным является утверждение, что борщевик Сосновского может возобновляться из почек на корнях.

Нахождение укороченного вегетативного побега в почве на глубине до 10-12 см обеспечивает высокую устойчивость гигантских борщевиков при скашивании, поедании листьев животными, высокую зимостойкость. Выкапывание стеблекорня является эффективным приемом искоренения борщевиков. Эффективным будет и срезание головки стеблекорня, но при условии, что будут удалены и все покоящиеся почки, сформировавшиеся в пазухах листьев.

Разработка мероприятий по ограничению распространения и искоренению гигантских борщевиков должна учитывать ряд узловых моментов:

- гораздо эффективнее предотвратить появление гигантских борщевиков на новых территориях, чем потом проводить в течение многих лет комплекс мероприятий по их искоренению;

- нельзя допускать для устройства новых газонов использование почвы с участков, где ранее произрастали борщевики. В последние годы по этой причине произошло сильное засорение борщевиком Сосновского новых микрорайонов г.Минска и вдоль кольцевой дороги;

- борьба с борщевиком Сосновского должна вестись поэтапно. Сначала нужно взять под контроль отдельные экземпляры растений

и их небольшие заросли, постепенно переходя к уничтожению более крупных популяций;

- должны быть запрещены посевы и разведение гигантских борщевиков как декоративных растений на землях любой формы собственности;

- наличие цветущих особей на землях любой формы собственности должно рассматриваться как чрезвычайное происшествие, землепользователи должны за нарушение этого требования нести административную ответственность и наказываться штрафами;

- осуществлять наблюдение за реками, ручьями и городскими ливневыми системами. Если рядом с участком есть водные коридоры, то выше по течению не должно быть популяций этих растений, иначе с них будет идти постоянное засорение новыми семенами. Вода является одним из главных факторов распространения семян гигантских борщевиков [19]. Эксперименты в Шотландии показали, что семена остаются на плаву 1,5 дня в бурной воде и 3 дня в спокойной [20]. При скорости водного потока всего лишь 0,1 м/сек они за это время могут быть перенесены на расстояние до 10 км [11].

- контроль за автомобильными и железнодорожными транспортными путями (там, где ведется постоянное скашивание растительности на обочинах борщевики встречаются редко);

- проведение разъяснительной работы с населением через средства массовой информации, обучение населения идентификации гигантских борщевиков и методам предотвращения распространения их на участках. Так в Литве и Эстонии сняты специальные фильмы, показывающие особенности мер борьбы с гигантскими борщевиками и безопасности при контакте с ними [21]. Проведение практической учебы (семинаров) для специалистов, осуществляющих мониторинг и контроль за уничтожением популяций гигантских борщевиков;

- осуществление мониторинга, - несмотря на то, что семена при хранении в лабораторных условиях быстро теряют всхожесть (на второй год всхожесть составляет около 50%, на третий только 10%), в почве жизнеспособные семена могут сохраняться до 10 лет. В этой связи за участками, где раньше росли гигантские борщевики, необходим длительный мониторинг.

Для эффективного контроля за распространением гигантских борщевиков необходимо утвердить План мероприятий для каждого административного района, обязать землепользователей и руководителей учреждений и организаций всех форм собственности своевременно и в полном объеме выполнять мероприятия разработанного Плана с представлением отчета по их проведению.

Важное значение в Плане мероприятий придается обследованию земельных участков с целью выявления мест локализации всех зарослей борщевика, их картированию и определению занимаемой ими площади.

В США борщевик Мантегацци еще в 1974 включен федеральный закон о карантинных сорняках (Federal Noxious Weeds Act of 1974) и сейчас во всех районах распространения борщевика Мантегацци существуют специальные университетские программы, включающие определение растений, контроль за динамикой распространения популяций, работу с общественностью и СМИ, проведение научно-практических семинаров, работу добровольцев по выявлению новых популяций. В Великобритании в 1981 году принят закон о контроле и уничтожению растений борщевика Мантегацци (Wildlife and Countryside Act,1981).

Уничтожение гигантских борщевиков включает ручные и механические методы, использование гербицидов. Некоторые методы искоренения лучше применять на маленьких участках, другие на больших. Выбор метода зависит от среды обитания, стадии развития растений, площади популяции и др. Чаще всего используется целый комплекс способов для их уничтожения. Рассмотрим более подробно предлагаемые в настоящее время методы.

Полное удаление стеблекорня. Полное удаление стеблекорня - трудоемкий, но и самый эффективный метод, благодаря которому растение уничтожается после одной операции. Ручной метод эффективен и экономически выгоден для уничтожения отдельных экземпляров или небольших популяций, - менее 200 растений. На больших популяциях данный метод применяется редко, и только при наличии времени и достаточной рабочей силы. Плотность популяций может колебаться в значительных пределах, от 1-3 до 20 и более взрослых особей на 10 м^2 [11].

Срезание верхней части стеблекорня. Если на данном участке семена не будут попадать в почву в течение нескольких лет, то

путем срезания головки стеблекорня можно добиться полного уничтожения популяции за это время. Головку стеблекорня срезают под землей, используя лопату или мотыгу с острым лезвием, чтобы на оставшейся в почве его части не было почек, которые могут потом дать побеги возобновления. Чтобы сделать этот метод уничтожения более эффективным, спустя 1-2 недели после операции участок снова осматривают и подрезают стеблекорни, пропущенные в первый раз. Эффект будет еще выше, если после этих операций отрастающие растения обработать гербицидом, что гарантирует полное уничтожение растений гигантских борщевиков [1].

Вытягивание растений с корнем. Молодые растения могут быть легко удалены с корнем, путем вытаскивания их рукой из почвы в самом начале весны, когда почва сырая, а ее поверхность свободна от других видов растений. Поскольку стебли у молодых растений борщевика еще не одревесневшие, они могут легко обламываться, поэтому тянуть их надо мягко, чтобы гарантировать полное удаление корня. Можно использовать лопатку или другой маленький ручной инструмент, который может помочь вытаскиванию корней из почвы. Для более взрослых растений данный метод очень трудоемок.

Удаление соцветий или цветоносов в период бутонизации и начала цветения. Удаление соцветий эффективный метод уничтожения борщевиков на небольших площадях, но в то же время он и один из самых опасных, так как при проведении данной операции сок растений может попасть на открытые участки тела. Удаление соцветий может быть столь же эффективным как и уничтожение целого взрослого растения. Растение после цветения отмирает, поэтому основная задача, как уже отмечалось выше, не дать ему оставить потомство. Выбор времени удаления соцветий является определяющим для данной операции. Если удаление происходит слишком рано, то растение может сформировать боковые побеги и дать жизнеспособные семена. Наиболее эффективно удаление зонтиков в период бутонизации – начала цветения краевых цветков на главном соцветии. Удаление зонтиков может быть проведено и после формирования семян, но до их созревания, чтобы при срезании соцветий семена не опадали на почву. Через несколько недель после проведения данной операции нужно повторно проверить участок и удалить появившиеся

соцветия. Для срезания может использоваться секатор или любой другой острый режущий инструмент с длинной ручкой, чтобы исключить соприкосновение с растением. Срезанные зонтики помещают в крепкие полиэтиленовые мешки для мусора. В мешках на солнце происходит нагревание соцветий, при высокой температуре и влажности в этих условиях семена быстро теряют жизнеспособность. В некоторых странах, например в Латвии, после удаления зонтиков специальными механизированными бригадами полиэтиленовые мешки, в которые помещаются зонтики, уничтожаются путем сжигания. Если сроки для обрезки бутонов и соцветий борщевика вручную всё же были упущены, а все растения просто скошены, необходимо контролировать участок и при появлении новых боковых побегов с зонтиками сразу их уничтожать.

Нами опробован и показал высокую эффективность способ подрезания цветоносов обыкновенной лопатой с длинным черенком. Цветонос подрезают вровень с поверхностью почвы. Наиболее оптимальный срок удаления цветоносов – начало раскрывания краевых цветков на центральном зонтике [22].

Сжигание. Очень эффективный способ уничтожения семян борщевиков в период их созревания. Самое главное в данном случае точно определить время проведения мероприятия. Лучше его проводить до начала полного созревания плодов на центральном, самом крупном зонтике. Этот метод требует максимальной осторожности и аккуратности. Перед поджиганием можно облить растения горючей жидкостью так, чтобы она попала на зонтики с плодами. В период горения зонтиков важно соблюдать меры предосторожности, так как из плодов борщевика будут выделяться горючие эфирные масла. Необходимо соблюдать противопожарную безопасность, стараться не допускать попадания сока растений на открытые участки тела и одежду.

Вспашка. Это один лучших методов механического уничтожения гигантских борщевиков, хотя и должен применяться для полного их уничтожения в течение нескольких лет, так как крупные стеблекорни способны к прорастанию даже после оборота плугом почвенного пласта. Крупные стеблекорни при перепашке желательно выбирать вручную и удалять за пределы поля. Вспашка значительно снижает и количество проросших семян. Лучшие результаты получаются, если перед вспашкой применены

гербициды. Несмотря на видимый быстрый эффект нужно постоянно помнить о возможности появления новых растений борщевика на участке, даже после оборота пласта.

Скашивание растений. Скашивание растений должно применяться для уничтожения популяций борщевиков, по крайней мере, 2-3 раза за вегетацию в течение нескольких лет, пока не будут исчерпаны запасы питательных веществ в стеблекорнях. После скашивания у борщевиков через несколько недель быстро отрастают новые листья. Повторное кошение должно проводиться не позже, чем через 3-4 недели после первого. Этот приём эффективен для уничтожения генеративных побегов борщевика, несущих соцветия. Ручное кошение применяется на небольших участках, неудобных для применения техники. Кошение необходимо проводить до цветения растений. Если цветоносы удаляются в период цветения и начала завязывания плодов, они сразу же должны быть убраны в кучи и сожжены, так как генеративный побег имеет запас питательных веществ, достаточный для того, чтобы в главном зонтике упавшего растения дозрели завязавшиеся семена. Не рекомендуется скашивание борщевиков в момент осыпания семян с растений, ибо это будет приводить к рассеиванию семян на еще большой площади и распространению их на новые территории. В местах, где регулярно проводится скашивание вегетирующих растений (обочины ведущих автомагистралей), распространение борщевика не происходит, поскольку растения не могут оставить семенное потомство. Наиболее эффективно скашивание при появлении цветоносов. При скашивании в фазе розетки листьев цветоносные побеги практически не удаляются, а лишь ослабляется растение в целом, что приводит в дальнейшем к уменьшению числа и массы семян [23]. Наличие борщевиков на сенокосных угодьях не должно пугать производственников. Зеленая масса с их участием поедается животными и хорошо силосуется. Главное производить уборку до массового цветения растений. Если это сделать невозможно, необходимо удалять цветоносы вручную.

Использование укрывных затеняющих материалов. Это эффективный метод при правильном его применении. Рекомендуется на небольших участках, в первую очередь на территориях населенных пунктов. В качестве укрывающего материала используется черная полиэтиленовая пленка толщиной 100 мкм. Пленку закрепляют на поверхности участка, на

определенном расстоянии по всей ее площади раскладывают груз, например полиэтиленовые мешочки, наполненные почвой или песком. Это необходимо для того, чтобы растущие из стеблекорня листья и побеги не приподняли пленку. Черная пленка не пропускает свет и не допускает развития проростков борщевиков, как и других сорняков. Кроме черной пленки, используют геотекстильные материалы или геополотно – нетканые иглопробивные материалы, которые успешно применяются в настоящее время при строительстве, реконструкции и ремонте автодорог. Геополотно выполняет функции армирования, гидроизоляции, защиты дорожных конструкций, откосов, насыпей от эрозии почвы. Геополотном закрывают вегетирующие растения борщевика (обычно после скашивания), сверху на него насыпают грунт 5 см толщиной и производят посев злаковых трав. Такой прием не дает возможности развиваться растениям борщевика из стеблекорня, а также появиться всходам из семян, имеющихся в почве [8].

Укрытие растений и семян большим слоем грунта. Это очень эффективный метод, особенно при благоустройстве. Для того, чтобы семена не могли прорасти, а вегетирующие растения погибли, участок необходимо засыпать чистым грунтом слоем 30-50 см. Данный метод широко используется при реконструкции Лошицкого парка в Минске.

Применение гербицидов. Одновременно с введением борщевика Сосновского в культуру возникла необходимость разработки системы мероприятий по ликвидации его старовозрастных посевов. В учхозе «Михайловское» Московской сельскохозяйственной академии им.К.А.Тимирязева в 1984-1986 гг. с этой целью проводились специальные исследования [24, 25]. Изучали применение гербицидов: 2,4ДА, 2,4Д октиловый эфир, 2М-4Х, раундап, тордон 22К, диален; десикант реглон. Растения обрабатывали в фазе розетки листьев, фазе стеблевания, цветения, начале созревания плодов на центральном зонтике. Для ликвидации старовозрастного посева борщевика Сосновского рекомендована обработка раундапом при норме расхода 7,2-14,4 кг/га в фазу розетки листьев после первого укоса, последующее через 30 дней лущение на глубину 7-9 см, затем вспашка на глубину 20-22 см и предпосевная подготовка почвы под посев озимой ржи.

С целью уничтожения борщевика Сосновского по обочинам дорог и другим угодьям несельскохозяйственного использования цитируемый выше автор рекомендует применять лонтрел при норме расхода 4,8 кг/га в фазе цветения, раундап – 14,4 кг/га в фазу розетки листьев, тордон 22К – 1,25 кг/га в фазу розетки листьев и стеблевания.

Специалисты Латвийского исследовательского центра защиты растений [21] в качестве наиболее эффективного гербицида также рекомендуют раундап в дозе 5 л/га рано весной с последующей глубокой вспашкой и посевом смеси многолетних трав – ежа сборная, овсяница красная, мятлик луговой (40:30:30).

В западноевропейских странах для уничтожения борщевика Мантегацци предлагается лишь раундап в максимально рекомендуемой дозе (до 6 л/га) [2, 3].

Сотрудники Санк-Петербургского НИИ лесного хозяйства с 1998 года занимаются разработкой и совершенствованием технологий борьбы с борщевиком Сосновского с применением гербицидов [26]. В статье приводятся наиболее интересные результаты, полученные в последние 4 года. Обработку проводили в 2-3 срока. Первый – фаза семядолей и 2-х листьев; второй – выдвижение цветоноса; третий – фаза плодоношения. При обработке раундапом в первый и второй сроки через месяц проективное покрытие почвы растениями борщевика Сосновского снижалось до 3-4%. Однако уже через 2 месяца происходило интенсивное восстановление популяции за счет сохранившихся экземпляров и обильного развития молодых растений из семян. Анкор-85 (0,3 кг/га) действовал медленнее, но продолжительнее раундапа. Смесь раундапа с анкором-85 (5л/га+0,2кг/га) эффективно и быстро подавляла разновозрастные растения. В ряде случаев через 2-3 месяца достигалась 100% эффективность, однако с середины следующего года популяция постепенно восстанавливалась из имеющегося в почве запаса семян.

Специалисты Института защиты растений НАН Беларуси на землях несельскохозяйственного пользования рекомендуют применять глифосатсодержащие гербициды в норме до 6 л/га, а также гербициды на основе сульфурон метила – анкор-85 и террсан в норме 0,12-0,35 кг/га. Для эффективного подавления растений предлагается баковая смесь анкора-85 (0,35 кг/га) с раундапом (4 л/га) [27].

Сотрудники Мордовского госуниверситета (г.Саранск, РФ) делают вывод, что применение гербицидов наиболее эффективно на однолетних растениях, чем на растениях 2-го и 3-го годов жизни. Они рекомендуют применять системный гербицид ковбой в дозе 0,19-0,23 л/га или раундап – 5 л/га [28]. Инъекционное введение в стебли в фазе бутонизации рекомендуется на коллекциях в ботанических садах, а также в городской черте, где наземное опрыскивание растений недопустимо по экологическим соображениям. Для инъекций в прикорневую зону использовали шприц объемом 10 мл и раундап в концентрации 25 мл/л воды [29].

В рекомендациях НИИСХ Северо-Востока им.Н.В.Рудницкого, г.Киров [9] предлагается использовать обработку вегетирующих растений глифосатсодержащими гербицидами в дозе 3-8 л/га, инъекцию гербицида в стебель для одиночных растений, а в садах и приусадебных участках – засыпать место среза растения 0,5-1,0 см слоем поваренной соли или опрыснуть гербицидом.

Как показывает уже накопленный опыт, применение глифосатсодержащих гербицидов наиболее эффективно в сочетании с агротехническими мерами в первую очередь на молодых или ослабленных растениях.

При анализе экспериментального материала, полученного цитируемыми выше авторами, обращает на себя внимание факт применения гербицидов на растениях, вступивших в генеративный период развития, т.е. проведение обработки в фазы бутонизации, начала цветения, начала созревания семян путем инъекции гербицидов в цветоносы. Естественно возникает вопрос, зачем применять гербициды с целью уничтожения цветущих растений, которые и так отомрут, поскольку они монокарпики. Экологически безопаснее удалять цветоносы механическим способом. Можно предполагать, что введение в эксперименты вариантов по уничтожению гербицидами растений, находящихся в генеративном периоде развития, является следствием недостаточных сведений по особенностям цикла индивидуального развития растений борщевика Сосновского. В научной и научно-технической литературе очень часто встречаются утверждения, что борщевик Сосновского возобновляется «от корней», «от корневищ» и т.д. В наших многолетних наблюдениях после удаления цветоносов отмечалось появление только генеративных побегов из спящих почек (как правило, расположенных на подземной части побега).

Возобновляться может лишь розетка листьев у растений, которые не перешли к генеративному морфогенезу.

Стравливание путем выпаса скота. В этом случае плантацию борщевика огораживают и используют как пастбище. Хорошие результаты получены при выпасе овец (20-30 овец на 1 га), а также коз и лошадей. Период начала интенсивного роста растений – лучшее время для выпаса [30, 31]. В местах естественного распространения гигантских борщевиков на Кавказе овцы являются хорошим регулятором численности их популяций. Кроме поедания надземной части растений, они острыми копытами в значительной степени повреждают стеблекорень, и особенно почки возобновления. В отдельных местах выпасают крупный рогатый скот и свиней [19].

Использование природных патогенов и вредителей гигантских борщевиков. Уже имеющийся мировой опыт по ограничению распространения и уничтожению вредоносносных инвазивных видов растений подтверждает высокую эффективность использования естественных возбудителей болезней и вредителей-фитофагов для ограничения их распространения. Это наиболее экологичные методы, применение которых позволяет поддерживать численность популяций инвазивного вида на экономически и экологически допустимом уровне.

Вредители и болезни, развивающиеся на борщевике Сосновского, были исследованы в 1980-х годах при введении его в культуру. За 8 лет наблюдений в Московской области на борщевике Сосновском выявлено 14 видов насекомых, однако по своей многочисленности и потенциальной вредоносности выделены 2 вида [32]. Это борщевичная пестрокрылка (буравница) и борщевичная фитомиза. Оба насекомых откладывают яйца в ткани листьев. Появляющиеся личинки пестрокрылки прокладывают характерные пузыревидные коричневые ходы различной конфигурации. Личинки борщевичной фитомизы делают ходы в виде узких извилистых ленточек. Борщевичная фитомиза специализированный вредитель, встречается только на растениях рода Heracleum.

Другим потенциально опасным вредителем борщевика Сосновского является борщевичная моль. Ее личинки развиваются внутри цветоносов, продвигаются до соцветия, проделывают ходы в лучах зонтиков, успевая в значительной степени объесть цветки

до распускания, что существенно снижает семенную продуктивность растения [33].

Позже М.Г.Кривошеина [34] поставила цель выявить насекомых – вредителей у набора зонтичных растений в Московской области и оценить возможность их использования в борьбе с борщевиком Сосновского. Всего на борщевике собрано 23 вида, относящихся к 4 отрядам. По сравнению с другими видами это немного. Так на дуднике лесном выявлено 118 видов, на других видах зонтичных от 28 до 60 видов. Автор делает вывод о меньшей привлекательности борщевика Сосновского для насекомых по сравнению с другими видами зонтичных. Кроме того, было проведено одновременное обследование 5 дикорастущих и культурных видов (дудник, сныть, тмин, укроп, любисток), чтобы выявить, какие виды насекомых охотно посещают борщевик Сосновского и которых не отпугивает специфический запах его эфирных масел. Установлено, что из 118 видов насекомых, отловленных на дуднике, 10 посещают цветки борщевика. Однако если на дуднике доминирующим является жук *Oedemera flavescens*, то на борщевике таким была складчато крылая оса *Dolichovespula saxonica*. Из 23 видов, отмеченных на борщевике, потенциальную опасность для растения представляют два вида - зонтичная (борщевичная) моль и фитомизы (мухи-агромизиды).

Фитопатогенное обследование посевов борщевика Сосновского в 1975-1982 гг. в ряде хозяйств Ленинградской области показало, что из грибных болезней на растениях наиболее распространена мучнистая роса (возбудитель *Erysiphe umbelliferatum f. heraclei*), аскохитоз (возбудитель *Ascohyta heraclei*), цилиндроспороз (возбудитель *Cylindrosporium heraclei*) [33].

В странах Западной Европы при разработке биологического метода особое внимание уделяется изучению энтомофауны (фитофагов), которые заселяют и питаются на различных видах рода *Heracleum* L. [3, 35], при этом наряду с изучением местных фитофагов, исследуются вредители борщевиков в местах их естественного произрастания. Отмечается [35], что заслуживают внимания следующие виды насекомых: *Cavariella theobaldi* Gill-Bragg, *Dysaphis laubertii* Born., *Paramyzus heraclei* Burner, *Phytomyza spondylii* R.-D., *Phylophylla heraclei* L., *Depressaria pastinacella* Dup, *Orthops campestris* L. и *Orthops kalmi* L.

Таким образом, анализ современного состояния проблемы ограничения распространения и искоренения борщевика Сосновского показывает ее сложность и тот факт, что предложенные меры пока не позволяют взять ситуацию под контроль. Из приведенных выше экспериментальных данных, опыта борьбы с этим опасным инвазивным видом вытекают несколько наиболее важных выводов:

1) необходимо всеми предложенными на сегодняшний день средствами удалять из зарослей борщевика цветоносы, чтобы остановить его дальнейшее расселение и пополнение запаса семян в почве;

2) самой сложной представляется задача уничтожения семян в почве, запасы которых будут обеспечивать восстановление популяций борщевика Сосновского на протяжении 10 и более лет, даже при отсутствии новых семенных поколений;

3) с учетом того, что за последние благоприятные для роста и развития борщевика Сосновского годы в почве накопился большой запас его семян, применение самых эффективных гербицидов не приведет к быстрому уничтожению этих инвазивных видов и, во многом, не оправдывает возлагаемые на этот химический метод надежды, к тому же применение гербицидов разрешается лишь на ограниченных площадях;

4) на наш взгляд, более эффективным и экологически безопасным представляется применение регуляторов роста, стимулирующих переход наибольшего числа особей в популяции к цветению и, следовательно, их последующему отмиранию, а также гаметоцидов, что приведет к стерилизации генеративных органов (пыльцы, пестиков) и не позволит растениям формировать жизнеспособное потомство (семена);

5) накопленный опыт показывает, что наиболее эффективным будет интегрированный подход к уничтожению борщевика Сосновского, оптимально сочетающий использование агротехнических, механических и химических методов в зависимости от численности популяции, наличия материальных ресурсов, экологического статуса территории. В целом же становится очевидным, что борьба с этим инвазивным видом будет долгой и трудной.

Литература

1. Ламан Н.А., Прохоров В.Н., Масловский О.М. Гигантские борщевики – опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси / Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси: Минск, 2009. 40 с.

2. Практическое пособие по борьбе с гигантскими борщевиками (на основе европейского опыта борьбы с ивазивными сорняками) / ред. Ш.Нильсен, Г.П.Равн, В.Нетвиг, М.Вэйд. Hoersholm, Dennmark, 2005. 43 с.

3. Ecology and management of giant hogweed (Heracleum mantegazzianum) / editted by P. Pyšek, M.J.W.Cock, W.Nentwig, H.P.Ravn. CABI, 2007. 324 p.

4. Ламан Н.А., Шикалов Р.Ю. // Белорус.сел.хоз-во. 2009. № 11. С.60-62.

5. Прохоров В.Н., Ламан Н.А. // Проблемы биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: Материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 18-20 ноября 2009 г.). 2009. Ч. 2. С.134-136.

6. Виноградова Ю.К., Куклина А.Г., Майоров С.Р. Внимание: Борщевик Сосновского. М.:ГЕОС, 2009. 8 с.

7. Pyšek P., Hulme P.E. // Ecoscience. 2005, Vol.12. P.302-315.

8. Методические рекомендации по борьбе с неконтролируемым распространением борщевика Сосновского (составители Н.В.Далбкэ, И.Ф. Чадин). Сыктывкар, 2008. 28 с.

9. Борщевик (меры борьбы). Киров, 2009. 12 с.

10. Ткаченко К. // В мире растений. 2010. № 2. С.20-23.

11. Page N.A., Wall R.E., Darbyshire S. J., Mulligan G.A. // Canadian J. Plant Science. 2006. Vol.86. P.569-589.

12. Кудинов М.А., Касач А.Е., Чекалинская И.И., Черник В.В., Чурилов А.К. Интродукция борщевиков в Белоруссии. Минск.: Наука и техника, 1980. 280 с.

13. Шумова Э.М. Изучение онтогенетического морфогенеза борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) и борщевика Монтегацци (*Heracleum mantegazzianum* Somm. et Levier.)в связи с введением в культуру. Автореф.дисс. на соиск. ученой степени канд.биол.наук. Москва, 1970. 15 с.

14. Сацыперова И.Ф. Борщевики флоры СССР – новые кормовые растения: перспективы использования в народном хозяйстве. Л.:Наука, 1984. 218 с.

15. Tiley G.E.D., Philp B. Heracleum mantegazzianum (giant hogweed) and its control in Scotland / In: L.C. de Waal, L.E. Child, P.M. Wade, P.M. and J.H. Brock (eds). Ecology and management of invasive riverside plants. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 1994. P.101-109.

16. Pyšek P., Pyšek A. // J. Veg. Sci. 1995. Vol. 6. № 5. P.711-718.

17. Ткаченко К.Г. // Растительные ресурсы. 1989. Т.25, Вып. 1. С.52-61.

18. Смирнов А.А., Корнева И.Г. // Растительные ресурсы. 2010. Т.46. Вып. 2. С.18-23.

19. Morton J.K. // Canadian Field Naturalist. 1978. Vol.92. № 2. P.182-185.

20. Clegg L.M., Grace J. // Transactions from the Proceedings of the

Botanical Society of Edinburgh. 1974. Vol. 42, № 2. P.223-229.
21. Ванага И., Гуркина Е. // Ин-т защиты растений Нац. акад. наук Беларуси. Минск, 2006. Вып. 30, ч. 1. Стратегия и тактика защиты растений. С.81-84.
22. Ламан Н.А., Прохоров В.Н. Гиганстские борщевики – злостные инвазивные виды растений. Минск: РУП «Минсктиппроект», 2010. 4 с.
23. Tiley G.E.D., Philp B. // Asp. Appl. Biol. 1992. Vol. 29. P.463-466.
24. Полянский Н.В. // Защита растений. 1989, № 8. С. 29.
25. Полянский Н.В. Агротехнические и химические способы ликвидации старовозрастных посевов борщевика Сосновского. Автореферат кандидатской диссертации. М., 1987. 20 с.
26. Егоров А.Б., Бубнов А.А., Павлюченкова Л.Н. // Защита и карантин растений. 2010. № 3. С.74-75.
27. Сорока С.В., Якимович Е.А., Ивашкевич А.А. Методические рекомендации по борьбе с борщевиком Сосновского на территориях населенных пунктов. Минск: ВЮА, 2011. 40 с.
28. Бочкарев Д.В., Зайчикова Т.Ф., Никольский А.Н. // Научные основы семеноводства и агротехнологий сельскохозяйственных культур в условиях Евро-Северо-Востока РФ, 2007. С.429-432.
29. Бочкарев Д.В., Никольский А.Н., Зайчикова Т.Ф. // Применение средств химизации в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия: Материалы международной научной конференции молодых ученых и специалистов, 2009. С.28-30.
30. Andersen U.V. Sheep grazing as a method of controlling Heracleum mantegazzianum // in: de Waal, L.C., L.E. Child, P.M. Wade & J.H. Brock (eds). Ecology and management of invasive riverside plants. Chichester, John Wiley & Sons Ltd., 1994. P.71-91.
31. Andersen U.V., Calov B. // Hydrobiologia. 1996. Vol. 340. P.277-284.
32. Кабыш Т.А. // Защита растений. 1985, №7. С.25-26.
33. Вахрушева Т.Е., Переверзев Д.С. // Защита растений. 1984, №3. С.53.
34. Кривошеина М.Г. // Бюл.Моск.о-ва испытателей природы. Отд.биол. 2009. Т.114. № 1. С. 26-28.
35. Wrzesinska D. // Postepy nauk rolniczych. 2006. Vol.53. № 3. P.39-50.

Н.А. ЛАМАН, В.Н. ПРОХОРОВ

СПОСОБЫ ОГРАНИЧЕНИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ИСКОРЕНЕНИЯ ГИГАНТСКИХ БОРЩЕВИКОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Резюме

В статье обсуждается современное состояние проблемы ограничения распространения и искоренения опасных инвазивных видов растений – гигантских борщевиков – на примере, главным образом, борщевика

Сосновского. Приведены сведения по предложенным к настоящему времени методам уничтожения этих растений – агротехническим, механическим, химическим и биологическим. С учетом анализа уже накопленного опыта борьбы с гигантскими борщевиками обосновываются наиболее эффективные способы ограничения распространения этих инвазивных видов. Сделан вывод, что борьба с гигантскими борщевиками будет долгой и трудной.

N. LAMAN, V. PROKHOROV

METHODS OF LIMITATIONS OF ERADICATION GIANT HOGWEED: CURRENT STATE OF PROBLEM

Summary

The article discusses the current state of limiting the spread and eradication of dangerous invasive species - Giant Hogweed - for example, mainly Heracleum sosnowskyi. Provides information on the proposed to date methods for the destruction of these plants - agro-technical, mechanical, chemical and biological. An analysis of the already accumulated experience in the fight to the giant Hogweed settle the most effective ways to curb the spread of these invasive species. Concluded that the fight against Giant Hogweed is a long and difficult.

Поступила в редакцию 14.03.2011 г

УДК 631.589:635.21:631.532.2

В.Г. РЕУЦКИЙ, Е.С. ЗУБЕЙ, Т.А. СКУРАТОВИЧ,
П.А. РОДИОНОВ

АЭРОПОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНИКЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Введение. Одним из наиболее узких звеньев технологической цепи производства семенного картофеля является получение необходимого объема гарантированно оздоровленных миниклубней. Процесс этот включает в себя несколько этапов. Вначале не содержащее вирусов растение черенкуют и помещают в пробирки на среду Мурасиге-Скуга. Через 15-20 суток подросшие микроклоны извлекают из пробирки и 1,5 - 2,0 недели доращивают на каком-либо твердом субстрате. За этот период пробирочные растения полностью адаптируются к новым условиям. Далее, чтобы довести их до генеративной фазы, получить миниклубни,

последующую пролиферацию растений осуществляют в условиях теплицы на искусственных субстратах или в почве.

Такой, с одной стороны, необходимый, а с другой, сопряженный с множеством травматических последствий этап резко снижает эффективность данной технологии, поскольку после пересадки в теплицу растения вынуждены продуцировать в среде, резко отличной от пробирочной. Возникающие при этом адаптивные перестройки растительного организма (водопроводящая система, ризогенез, структура хлоропластов, устьичная регуляция, система фотосинтеза и многое другое) чрезвычайно негативно влияют как на последующие этапы продукционного процесса, так и на урожай миниклубней. Но даже не это главное. Главное заключается в том, что биология картофеля, особенно реализация задачи получения максимально возможного урожая клубней, требует гораздо более тонкой регуляции абиотической среды, чем это позволяет режим открытого грунта, пусть даже условия теплицы.

Во всех случаях, где для производства миниклубней используется твердый субстрат, возможность оперативной регуляции среды функционирования корневой системы, смены режима ее минерального питания существенно ограничена. Последнее особенно справедливо, когда необходимо поддерживать не просто тот или иной газовый, температурный режимы среды жизнедеятельности, а их градиенты между корневой и стеблевой зонами. Так, в начальный период вегетации картофеля градиент температуры между надземной и подземной частями растения должен поддерживаться в интервале от 2 до 16ºС, при этом в дневной период градиент должен быть положительным, в ночной – отрицательным. Причем, его модуль не должен быть постоянным, а в процессе вегетации возрастать, достигая максимума в период клубнеобразования. Аналогичным образом, необходимо менять pH питательной среды. И таких требований множество, вплоть до спектрального состава света. Например, на этапе активного наращивания надземной биомассы растений необходимо подбирать спектры, в которых доминирует область с максимумами 660 нм, а в период клубнеобразования необходимы источники света с максимумом 450 нм.

Есть и еще один немаловажный фактор. В условиях теплицы, а тем более открытого грунта трудно или почти невозможно

поддерживать режим стерильности, аналогичный технологии in vitro. Всегда существует опасность заражения растений и клубней патогенами, причем не только вирусами.

Большинства перечисленных недостатков лишена, по нашему мнению, аэропонная технология выращивания миниклубней картофеля. Согласно литературным данным, урожайность с/х культур, полученная в режиме аэропоники, в 3-4 раза превосходит урожай, получаемый традиционными методами. Кроме того, большие возможности регуляции условий жизнедеятельности растений в аэропонном модуле позволяют существенно (на 1,5-2,0 месяца) удлинить генеративную фазу развития, что также способствует увеличению объема конечной продукции.

Цель настоящей работы заключалась в оценке эффективности аэропонной технологии производства оздоровленных миниклубней картофеля. Для ее достижения был разработан и изготовлен аэропонный модуль, оснащенный светодиодным излучателем, а также выполнен научный поиск оптимальных для роста и развития микроклонов картофеля режимов регуляции температуры зоны ризосферы и фотосинтезирующей части, освещения, влажности воздуха, состава и pH питательной среды.

Развитие аэропонной технологии (историческая справка)

Начальные этапы развития аэропонной технологии представлены в статье Шайдорова [1]. Согласно его обзору, первое упоминание этого метода содержится в работе 1911 г. В. Арциховского, который предложил его для исследования газового обмена корневой системы, названный им методом «воздушной культуры». Среди предложенных Арциховским конструкций были и приборы для выращивания растений в стерильных условиях. Питательный раствор подавался либо методом подтопления, либо периодическим опрыскиванием корней из пульверизатора.

В 1921 Barker, работая с подвоями яблонь, пришел к выводу, что наиболее удовлетворительной методикой для данных исследований является метод воздушной культуры. В его установке питательный раствор наносился на корни в распыленном состоянии посредством аэролифта. При данном способе распыления в установке происходит многократная циркуляция одного и того же раствора. В условиях слабой подачи воздуха распыляется

незначительная часть раствора, а основная масса его вновь стекает в сосуд. При увеличении скорости воздуха возникает опасность иссушения и потери большого количества раствора.

В 1942 г. Carter предложил использовать метод воздушной культуры для облегчения исследования корней ананаса после их заражения цитрусовым червецом и описывает схему установки. По словам автора, растения ананаса, выращенные из вегетативных побегов этим методом, по энергии роста не "отставали от растений, выращенных на песчаных и водных культурах". Отмечается хорошее развитие корневой системы. Недостатком указанной схемы для исследовательских целей является невозможность повторного использования питательного раствора.

В 1944 г. Klotz предложил упрощенный способ выращивания растений методом воздушной культуры. Для этой цели он предложил использовать стеклянный сосуд, в который на 1/4 налит питательный раствор. Растения крепят в отверстиях крышки сосуда. Питательный раствор наносят на корни при помощи пульверизатора, работающего от сжатого воздуха. В этой установке обеспечена многократная циркуляция питательного раствора, что позволяет проводить исследования по питанию растений. Однако распыление раствора посредством сжатого воздуха может привести к изменению его концентрации за счет сильного испарения и потери части раствора в туманообразном состоянии вместе с воздухом через отверстия в крышке сосуда.

В I960 г. Мураш [2] предложили установку для выращивания овощей методом воздушной культуры в производственных условиях. Установка представляет собой бетонный стеллаж, борта которого наращены досками. Внутренняя поверхность досок и бетон покрыты битумом. Сверху стеллаж закрывается деревянной крышкой с отверстиями. В эти отверстия опущены сетки из капрона, в которые помещается овощная рассада вместе с торфо-перегнойным горшочком.

В 1964г. появилась публикация Шайдорова [1], разработавшего более совершенный для того времени метод воздушной культуры и установку для его реализации. Аэропонным методом осуществлялось проращивание семян и выращивание рассады ряда овощных культур.

Здесь следует отметить, что, несмотря на, казалось бы, простоту принципа аэропонной культуры выращивания растений,

каждый элемент регуляции в этой системе требует современных технологических решений. В противном случае его эффективность будет минимальной. К такой разработке, содержащей ряд оригинальных решений, следует отнести патент Абрамова и Арефьевой [3]. Его содержание подтверждает широкие возможности регуляции продукционного процесса растений, в том числе интенсификации клубнеобразования картофеля методом аэропоники.

Подобное утверждение доказывает и интернет-сайт американской фирмы AeroGrow International [4], рекламирующий свою разработку аэропонного способа выращивания овощных культур. В рекламном материале содержится утверждение, что аэропонный способ выращивания растений как минимум в 3-4 раза эффективнее любой технологии, использующей твердый или водный субстраты.

На принципе аэропонного метода основаны и другие сельскохозяйственные технологии. Так, Гриднев [5] разработал способ повышения всхожести семян бобовых растений, где семена за 2-3 часа до облучения подвергают аэрозольному увлажнению водным раствором до влажности семян 25-30%, после чего в течение 50-60 секунд их подвергают ультрафиолетовому облучению с длиной волны 300-350 нм. Такая процедура позволяет существенно повысить эффективность обработки семян перед посевом.

Сытник [6] разработал аэропонный способ выращивания виноградных саженцев, который включает обработку черенков питательным раствором в течение 5,5 - 6 месяцев. Питательный раствор распыляется в автоматическом режиме на базальные концы черенков. Обработку проводят в первый месяц в течение 4-х часов, в следующие три – по 2 часа и последние два месяца по 1 часу в сутки. Результат такой обработки гарантирует получение качественных саженцев с хорошо развитой корневой системой.

В 2006 году в американском журнале American Journal of Potato Research авторы Farran и Mingo-Castel [7] опубликовали результаты своих исследований влияния плотности посадки растений и интервалов сбора урожая в условиях аэропоники. Было выявлено, что количество клубней на столонах значительно увеличивалось в варианте с более низкой плотностью посадки растений. Авторы также отмечают, что для перехода к клубнеобразованию растения

должны быть подвергнуты стрессовым воздействиям: либо механическому стрессу, либо резкому изменению условий выращивания, например, снижению концентрации азота в питательном растворе. О схожих результатах докладывал Wheeler с соавторами [8] и Kim с соавторами [9].

Представленные Farran [7] результаты показали, что аэропоника может быть подходящей технологией для производства миниклубней. В данной системе может быть получено до 800 миниклубней/м^2, используя только 60 раст./м^2 с повторами сбора урожая каждую неделю. Произведенные таким путем миниклубни были здоровыми, свободными от инфекций, и их физиологическое состояние обеспечивало качество, аналогичное с таковым миниклубней, полученных в режиме гидропоники.

Аэропонная культура является альтернативным методом беспочвенным культурам в контролируемых условиях выращивания. Подземные органы заключаются в темные камеры и снабжаются питательным растворам при помощи установок для образования тумана. Аэропоника оптимизирует аэрацию корней, что является главным фактором увеличения урожая. Существует также и ряд других преимуществ, таких как перемешивание раствора, ограниченное количество используемой воды и удобный мониторинг за питательными веществами и pH. Эта методика успешно применяется для производства различных сельскохозяйственных и декоративных видов растений. Сбор урожая в системе аэропоники удобен, чист и высокоэффективен благодаря многократному последовательному сбору урожая.

Еще одним преимуществом аэропоники по сравнению с традиционными схемами выращивания семенного картофеля является боле продолжительный период вегетации растений. По данным Farran [7], растения в аэропонике заканчивали свой жизненный цикл почти через 5 месяцев после пересадки, что является более длительным периодом для раннего сорта Zorba, чем при выращивании в почве. В предшествующих работах с сортом Nagore (среднепоздний сорт) растения выращивались до 7 месяцев, прежде чем полностью состарились.

NASA рассматривает эту технологию как самый чистый и эффективный способ выращивания зелени на будущих космических станциях.

Дальнейшее развитие аэропонной технологии связано с использованием светодиодных источников освещения. Мартиросян с соавторами [10] провели исследования по влиянию дополнительного низкоэнергетического облучения растений светодиодами различного спектрального состава на рост и развитие картофеля сорта Ильинский. Растения выращивали в аэропонной установке в культивационном помещении, оборудованном контрольным климатическим блоком. В течение первой недели вегетации растения находились в условиях повышенной влажности и водного питания без минеральных солей. В дальнейшем питательный раствор впрыскивали в зону корневой системы. В интервалах между подачей питательного раствора происходила аэрация корней. Уровень интенсивности света в контрольном варианте составлял 250 мкмоль фотонов $м^{-2} \cdot с^{-1}$. Опытные растения дополнительно облучали светодиодами с максимумами излучения в области оранжево-красного (λ_{max} 625 нм) и синего (λ_{max} 455 нм) света. Дополнительное облучение составляло 2,5 – 3,0% от общего потока радиации. Анализ ростовых параметров свидетельствовал, что дополнительное низкоэнергетическое облучение растений с помощью современных светодиодных источников дает возможность направленного регулирования продукционного процесса. Авторы учитывали различную спектральную чувствительность картофеля в зависимости от периода вегетации, в частности, возможность ускорения ростовых процессов в начале вегетации в результате применения красных источников освещения и необходимость изменения спектра излучения в синюю область в конце вегетации.

В другой серии опытов Мартиросян с соавторами [11] исследовали ростовые, фотосинтетические и продукционные процессы растений картофеля сорта Невский, выращиваемых в аэропонной установке при дополнительном облучении растений светодиодами, а также при постоянном их выращивании под светодиодным облучением в вегетационных сосудах. В первом случае использовали светодиоды с максимумами излучения в красной (λ_{max} =630 нм) и синей (λmax=450 нм) областях спектра на фоне основного облучения люминесцентными фитолампами (150 мкмоль фотонов $м^{-2} \cdot с^{-1}$). Дополнительное облучение светодиодами составляло 2,5-3% от общего уровня освещения. Ускорение роста в начальный период вегетации связано с увеличением скорости

ассимиляции углекислоты растениями. Скорость ассимиляции CO_2 растениями в опыте была выше по сравнению с контролем в 1,4 раза. Одновременно наблюдалось снижение скорости темнового дыхания. Растения более эффективно использовали свет низкой интенсивности. Во второй период вегетации происходило изменение направленности оттока ассимилятов, обусловленное изменением донорно-акцепторных отношений в системе целого растения – началом клубнеобразования. Наблюдалось снижение скорости роста растений в высоту и образования новых листьев по сравнению с контролем. В этот период наиболее эффективным становится дополнительное облучение растений картофеля синим светом. Увеличение количества клубней по сравнению с контролем составило 20%.

Материалы и методы. Объектом исследований являлся среднеранний сорт картофеля Одиссей.

Аэропонная установка нашей конструкции имеет размеры 1,0 х 1,0 х 0,4 м и состоит из девяти основных узлов (рис. 1):

Рис. 1. Аэропонная установка.

Описание конструкции:
а - непосредственно модуль, на верхней поверхности которого располагаются растения;
б – светонепроницаемой зоны ризосферы, где располагаются корневые системы;
в – распылителя питательного раствора;
г – микрохолодильника, с помощью которого регулируется температура зоны ризосферы;
д – системы, обеспечивающей равномерное распределение питательной взвеси;
е – системы возврата конденсата;
ж – осветителя;
з - кронштейна, на котором крепятся модуль с растениями и осветитель;
и - блока управления.

Рис. 2. Схема стерильного бокса.

Стерильность внутри бокса достигается с помощью использования установки “ПОТОК 150-М-01”. Установка позволяет создавать в помещении стерильный воздух без негативного влияния на растительный организм. Она нашла широкое применение в бактериологических и вирусологических лабораториях. Ее производительность до 150 $м^3$ стерильного воздуха / час.

Наличие бокса позволяет более рационально решить проблему

регуляции температуры и влажности растений аэропонных модулей – исчезает необходимость создания системы регуляции каждого из них.

Регуляция абиотической среды бокса и аэропонной установки в процессе онтогенеза растений картофеля

Как неоднократно отмечалось выше, основное преимущество аэропонной технологии заключается в возможности оперативной регуляции практически всех средообразующих составляющих. Это условие принципиально важно, поскольку требование картофеля к внешним условиям в процессе роста, развития и клубнеобразования меняются. Поэтому онтогенез этой культуры в режиме аэропоники мы подразделили на фазы переадаптации, активного роста биомассы и клубнеобразования. На основании проведенных нами морфо-физиологических исследований для каждой фазы разработаны режимы регуляции факторов среды, описание которых приводится ниже.

Режим питания

Фаза переадаптации

По режиму питания фазу переадаптации мы разделили на два периода. Непосредственно после пересадки растений из бокса после доращивания в аэропонный модуль они испытывают глубокий стресс. Его причиной является замена твердого субстрата на капельно-воздушную взвесь. Под влиянием последней корни, сформировавшиеся на твердом субстрате, отмирают и нарастают новые. Этот процесс длится 6 суток. В данный период, чтобы не допустить солевого стресса, питание растений осуществляется дистиллированной водой.

На втором этапе фазы переадаптации (его продолжительность 4 дня), растения подготавливают к полноценному минеральному питанию. Для этого концентрацию макросолей стандартного раствора Мурасиге-Скуга необходимо уменьшить в 2,5 раза.

Фаза активного роста вегетативной массы

Продолжительность этой фазы определяется сортом. У сорта Одиссей, по нашим наблюдениям, она составляет порядка 20 суток. В этот период интенсифицируется скорость нарастания надземной биомассы и начинается процесс клубнеобразования. Поэтому в первые 10 дней этой фазы, согласно результатам исследования, оптимальный режим питания обеспечивается полноценной средой

Мурасиге-Скуга. Но в последующие 10 дней данной фазы, когда кроме нарастания зеленой массы, начинается и клубнеобразование, среду Мурасиге-Скуга мы существенно модернизировали за счет уменьшения концентрации аммонийного азота и увеличения содержания в растворе нитратной формы азота. При этом общее содержание азота в питательной взвеси остается неизменным. Такая модификация среды обеспечивает растениям более эффективную подготовку к последующему клубнеобразованию, увеличению размеров клубней.

Фаза клубнеобразования

Продолжительность фазы клубнеобразования в условиях аэропоники, по нашим данным, для скороспелых сортов составляет 1,5-2,0 месяца. В этот период и до конца вегетации оптимальным режимом питания остается модифицированная среда Мурасиге-Скуга.

Таким образом, общая схема минерального питания растений картофеля при выращивании в аэропонной установке с целью получения миниклубней выглядит следующим образом (табл. 1):

Таблица 1. Минеральное питание растений картофеля в режиме аэропонной установки.

Период развития (условно)	Количество суток после перенесения растений в аэропонный модуль	Минеральное питание
Переадаптация		
1 этап	5	Дистиллированная вода
2 этап	6-10	Среда Мурасиге-Скуга с уменьшенной в 2,5 раза концентрацией макроэлементов, pH 7,1-7,2
Активный вегетативный рост		
1 этап	11-15	Среда Мурасиге-Скуга, pH 5,8-6,0
2 этап	16-30	Модифицированная среда Мурасиге-Скуга, pH 7,0
Клубнеобразование	31- окончание вегетации	Модифицированная среда Мурасиге-Скуга, pH 7,0

Режим освещения

Фаза переадаптации

В первые пять дней после перенесения растений из факторостата в аэропонный модуль их анатомо-морфологическая структура, функциональная активность существенно модифицируется. Причиной этих перестроек является замена твердого субстрата на воздушно-капельную взвесь. Как отмечалось выше, корни, сформировавшиеся на твердом субстрате, отмирают и нарастают новые. В результате у растений в этот период резко уменьшается водопоглотительная функция. Чтобы не допустить обезвоживания ткани и активизировать процесс корнеобразования, необходимо, чтобы в спектре светового воздействия доминировала синяя составляющая. Известно, что фотоны синего диапазона способствуют корнеобразованию и существенно уменьшают транспирационный поток.

Согласно результатам исследований, продолжительность фотопериода в течение первых пяти дней нахождения растений в аэропонном модуле не должна превышать 9 часов. Затем фотопериод следует увеличить до 12 часов. Фаза переадаптации заканчивается на 10-й день.

Фаза активного роста биомассы

На 11-й день после помещения растений в аэропонный модуль продолжительность фотопериода должна составлять 16 часов, соотношение красной (660 нм) и синей (450нм) областей спектра – 2:1. Плотность потока красных фотонов на расстоянии 20 см от осветителя – 200 мкМоль/($м^2$·с), синих – 100 мкМоль/($м^2$·с).

Фаза клубнеобразования

В период интенсивного столонообразования с целью активизации клубнеобразования фотопериод уменьшается до 9 часов. Соотношение красной и синей областей спектра должно составлять 1:3.

Через пять суток после начала инициации клубнеобразования спектральный состав необходимо восстановить, т.е. он должен стать таким, каким был в фазу активного роста, а фотопериод следует увеличить до 14 часов. Такие изменения светового режима в начале этого этапа индуцируют процесс клубнеобразования, на втором – рост клубней.

Температурный режим

Картофель относится к наиболее отзывчивым к колебаниям температуры растениям. Любые отклонения этого параметра от нормы негативно сказываются на процессах роста и клубнеобразования. Аэропонная технология предполагает раздельную регуляцию температуры объема, занимаемого фотосинтезирующей частью растений и зоны ризосферы. При этом для регуляции температуры зоны ризосферы каждый аэропонный модуль комплектуется отдельным микрохолодильником, а температура объема, в котором находятся надземные части растений всех расположенных в боксе модулей, регулируется одной, закрепленной на стенке бокса, сплит-системой (кондиционером). Как и ранее, оптимальные величины температуры приводятся раздельно для каждой фазы развития растений.

Фаза переадаптации

Сразу после перенесения растений в аэропонный модуль температура воздуха в боксе составляла 20°С, а температура зоны расположения корней несколько ниже – 18°С. В этот период, когда отмирают образовавшиеся ранее корни и нарастают новые, пониженные температуры способствуют стабилизации влагосодержания растений.

Фаза активного нарастания вегетативной массы

Через 10 дней после пересадки растений в аэропонный модуль, когда период переадаптации растений закончен, темература воздуха в боксе должна быть повышена до 23°С, а температура зоны расположения корней – 18-20°С.

Фаза клубнеобразования

Через 30 дней после пересадки растений в аэропонный модуль температура воздуха в боксе снижается до 15°С, а температура зоны ризосферы поддерживается на уровне 12°С. Такой температурный режим сохраняется до конца вегетации.

Регуляция влажности воздуха

Регуляция влажности воздуха осуществлялась с помощью стандартного увлажнителя воздуха марки SC-984 фирмы SCARLETT и только в объеме бокса.

Фаза переадаптации

В течение первых 10 дней после перенесения растений в аэропонный модуль влажность воздуха в боксе, по результатам

наших исследований, должна составлять порядка 90%, что необходимо для минимизации транспирационных потерь.

Фаза активного нарастания вегетативной массы

Начиная с 11 дня и по 30 после перенесения растений в аэропонный модуль влажность воздуха в боксе необходимо уменьшить до 70-75%, что, как показали наблюдения, является оптимальной величиной для процесса нарастания вегетативной массы.

Фаза клубнеобразования

На 31 день после пересадки растений в аэропонный модуль и до конца вегетации величина влажности воздуха составляет 80-85%.

Регуляция pH питательной среды

Фаза переадаптации

В течение первых 10 дней после пересадки растений в аэропонный модуль pH питательной среды поддерживали на уровне 7,1-7,2.

Фаза активного нарастания вегетативной массы

В течение фазы активного нарастания вегетативной массы pH питательной среды должна составлять 5,8-6,0.

Фаза клубнеобразования

В период клубнеобразования pH питательной среды поддерживается на уровне 7,0.

Урожай миниклубней в условиях аэропоники

В таблице 2 представлены результаты оценки урожая миниклубней картофеля сорта Одиссей, полученного в аэропонной установке. На всем протяжении эксперимента параметры абиотической среды регулировались в последовательности, описанной в предыдущих разделах. Растения вегетировали в установке в течение 4,5 месяцев. Приведенные данные свидетельствуют, что с помощью аэропонной технологии можно получить не менее 65 полноценных миниклубней с одного растения, что на порядок больше урожая, традиционно получаемого на твердом субстрате.

Таблица 2. Продуктивность клубней картофеля сорта Одиссей

	Диаметр от 10мм и больше	Диаметр от 3 до 9 мм	Всего
Количество на 1 растение, шт.	35,8	32,2	68,0
Средняя масса 1 клубня, г	1,60	0,28	0,94

Учитывая плотность посадки растений (100 шт. на 1м^2), нетрудно подсчитать, что за ротацию на 1м^2 установки можно вырастить около 7 тыс. миниклубней. Соответственно, минизавод площадью 10 м^2 позволит за год (две ротации) получить порядка 140 тыс. миниклубней.

Заключение. Таким образом, разработанная нами технология производства миниклубней методом аэропоники позволяет решить остро стоящую в республике проблему получения оздоровленного семенного материала картофеля.

Литература

1. Шайдоров Ю.И. // Физиология растений. 1964. Т. 11. №2. С. 340-345.

2. Мураш И.Г. // Физиология растений. 1963. Т. 11. №5. С. 608-615.

3. Способ промышленного производства миниклубней картофеля в искусственном климате культивационного сооружения (фитотроне): патент RU 2157064 Российская Федерация, 7 A01G1/00, A01G31/00 / З.Т. Абрамов, Т.В. Арефьева, № 99105070/13; заявл.19.03.1999; опубл. 10.10.2000 [Электронный ресурс] / Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент) – Режим доступа: http://www.fips.dll? – Дата доступа: 30.03.2006

4. AeroGrow International. AeroGarden [Electronic resource] – 2004. – Mode of access: http://www.aerogrow.com/howdoesitgrow.php. – Date of access: 06.09.2010.

5. Способ повышения всхожести семян бобовых растений: патент RU 2312481 C1 Российская Федерация, / Н.И. Гриднев, С.А. Бекузарова, Х.М. Унежев № 2006118458/13; заявл. 29.05.2006; опубл. 20.12.2007 [Электронный ресурс] / Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент).

6. Способ аэропонного выращивания виноградных саженцев: патент MD 2468 C1 Молдова /М. Сытник, Е. Сытник, О. Колесник [и др.], № a 20010426; заявл. 22.12.2001 [Электронный ресурс] / Государственное агентство по интеллектуальной собственности Республики Молдова.

7. Farran I., Mingo-Castel A.M. // American Journal of Potato Research. Orono: Jan/Feb. 2006. Vol. 83. Iss. 1. P. 47-54.

8. Wheeler R.M., Mackowiak C.L., Sager J.C., Knott W.M., Hinkle C.R. // Am. Potato J. 1990. № 67. P. 177-187.

9. Kim K.T., Kim S.B., Ko S.B., Park Y.B. // RDA J. Hort. Sci. 1997. № 39. P. 65-69.

10. Мартиросян Ю.Ц. // Картофелеводство : Сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. Центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: В.Г. Иванюк [и др.]. Минск, 2008. Т. 15. С. 37-42.

11. Мартиросян Ю.Ц. // Физиолого-биохимические основы продукционного процесса у культивируемых растений: Материалы Всероссийского симпозиума с международным участием, посвященного 85-летию со дня рождения В.А. Кумакова (Саратов, 13-15 октября 2010 г.). Саратов, 2010. С. 56-57.

В.Г. РЕУЦКИЙ, Е.С. ЗУБЕЙ, Т.А. СКУРАТОВИЧ, П.А. РОДИОНОВ

АЭРОПОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНИКЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Резюме

В работе излагаются результаты разработки технологии получения миниклубней картофеля методом аэропоники. Изложен регламент регуляции абиотической среды, включающий температурный режим зоны ризосферы, надземной части растений, рецептура минерального питания, режим освещения. На основе исследований продукционного процесса и урожая картофеля показана эффективность данного способа. Аэропонная технология позволяет получать с одного растения не менее 50 мини- и микро- клубней.

V.G. REUTSKY, E.S. ZUBEI, T.A. SKURATOVICH, P.A. RODIONOV

AEROPONIC TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF POTATO MINITUBERS

Summary

The paper presents the results of the development of aeroponic technology for potato minitubers obtaining. Set forth regulations of the abiotic environment, including temperature conditions of zone of the rhizosphere and of the aboveground part of plants, mineral nutrition formulation, lighting conditions. Based on studies of the production process and the potato crop, the effectiveness of this method are shown. Aeroponic technology allows to get from one plant not less than 50 mini- and micro- tubers.

Поступила в редакцию 7.04.2011 г.

УДК 635.64:58.035:[631.524.84+631.559]

В.Г. РЕУЦКИЙ [1], Д.С. МОРОЗ [1], Ю.В. ТРОФИМОВ [2],
С.К. РАХМАНОВ [3], Н.И. АСТАСЕНКО [2]

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА

[1]Институт экспериментальной ботаники им. .Ф.Купревича НАН Беларуси
[2] ГП «ЦСОТ НАН Беларуси»,
[3] Президиум НАН Беларуси

Введение. Разработка и внедрение энергосберегающих технологий в различные области человеческой деятельности является на современном этапе развития экономики практически всех стран мира одной из наиболее актуальных задач. Перспективное направление такой деятельности – замена традиционных генераторов света - ламп накаливания – на светодиодные излучатели. Общеизвестно, что КПД ламп накаливания крайне низкое, не более 5%. Остальная часть затраченной энергии излучается виде тепла. Кроме того, они крайне недолговечны, их ресурс не превышает 750-1000 часов [1].

С середины прошлого века в большинстве общественных зданий лампы накаливания стали заменять на более эффективные люминесцентные. При значительной долговечности их световая отдача достигает 80 лм/вт. Важно и то, что почти 80% потребляемой энергии они трансформируют в свет. Однако, их функционирование основано на обязательном использовании ртути, что, естественно, делает необходимым использование дорогостоящих технологий их утилизации. Например, в России на 1 миллион населения приходится 80 000 отработанных люминесцентных ламп, на утилизацию которых согласно нормативам требуется порядка 700 000 долларов [1]. Это обстоятельство в сочетании со стробоскопическим эффектом (частыми-100 раз в секунду - не уловимыми для глаз миганиями люминесцентной лампы в такт колебаниям переменного тока электрической цепи) делает их менее перспективными.

В настоящее время в качестве эквивалента бытовым лампам накаливания широко рекламируются энергосберегающие лампы (компактные люминесцентные лампы). Наличие в их составе паров

ртути также создает проблемы при масштабном применении. Более совершенными источниками светового излучения являются светодиоды - полупроводники, сконструированные на основе кристаллов, содержащих алюминий, галлий, индий, фосфор, азот. В зависимости от природы использованного полупроводникового материала получают светодиоды, излучающие практически во всем диапазоне видимого спектра. К достоинствам светодиодов следует отнести их низкое (не более 10% относительно аналогичного параметра ламп накаливания) энергопотребление. Их ресурс может достигать порядка 80-100 тыс. часов непрерывной работы [1,2]. Они обладают высокой ударной и вибро-устойчивостью. Все сказанное вместе с экологической чистотой изделия, простотой регуляции интенсивности свечения, другими достоинствами определило чрезвычайно быстрое развитие технологии их производства. Так, если к середине 70-х годов мировое производство светодиодов составляло порядка одного миллиарда изделий, то в настоящее время оно перешагнуло за двадцатимиллиардную величину [1]. При этом расширяется не только количество производимых излучателей, но и их ассортимент. Сегодня, по данным сайта alibaba.com, только на рынке изделий, специализированных для выращивания растений, предлагается более 8 тысяч вариантов осветителей, [3].

Историческая справка. Как часто бывает, свечение отдельной группы полупроводников, не сопровождавшееся их разогревом, было замечено случайно в 1922 году О.В. Лосевым. Однако, интенсивность голубоватого свечения карбидокремниевого кристалла была столь ничтожна, что исследователь не придал ему должного внимания. Лишь в середине шестидесятых годов прошлого века феноменом этого свечения занялись всерьез. Группа исследователей из разных стран, в том числе и Ж. Алферов, разработали теорию и на ее основе технологию резкого повышения эффективности преобразования определенными полупроводниками электрической энергии в свет [1, 4]. Актуальность этих работ оказалась столь значительной, что их результаты сразу нашли практическое применение. Так, уже к началу девяностых годов прошлого века японская фирма Nichia стала в массовом количестве выпускать светодиоды на несколько порядков более яркие, чем другие производители. Причем, набор длин волн, генерируемых

светодиодами этой фирмы, стал гораздо более разнообразным практически во всем видимом спектре [1].

Скорость, с которой светодиоды завоевывают различные сферы нашей деятельности, не имеет аналогов. Так, первые светодиоды появились в 1962 году. С 1968 года их стали использовать в качестве индикатора. Причем, излучение первых светодиодов ограничивалось только красным диапазоном и не превышало 0,001 лм/Вт. А уже через десятилетие были разработаны оранжевые, желтые, желто-зеленые источники. К 1985 г. их световой поток возрос до 1-100 лм/Вт. Они стали применяться не только для индикации, но и для освещения салонов автомобилей, наружных видеоэкранов, дорожных знаков и светофоров. Тем не менее, чтобы стать реальной заменой ламп накаливания, необходимы световые потоки не менее 100 лм/Вт. Особенно актуально увеличение мощности излучения зеленых и синих светодиодов, поскольку на их основе формируются белые. Когда светоотдача последних достигнет 50 лм/Вт, лампы накаливания уйдут в прошлое [1].

Согласно существующим прогнозам [1, 2], к середине третьего десятилетия настоящего века эффективность белых светодиодов возрастет до 200-210 лм/Вт, что в 3 раза больше, чем таковая даже люминесцентных ламп. К этому времени в США белые светодиоды заменят как минимум половину старых источников света, что даст экономию порядка 11,8 млн долларов/год [1]. Цена за свет станет значительно меньше, а поскольку себестоимость продукции теплиц на 40% определяется затратами электроэнергии, то это в значительной степени снизит себестоимость продукции. И хотя на сегодня себестоимость светодиодов достаточно высокая, за счет низких эксплуатационных затрат, длительности ресурса, высокой яркости, экологической чистоты они становятся наиболее перспективными источниками света. Тем более, что их потенциальные возможности реализованы пока не более чем на 10%.

К настоящему времени сформировался огромный потребительский рынок светодиодов. Соответственно и изготавливаются они многими фирмами. Наиболее мощные из них фирмы Cree, Lumileds, Avago и Osram. Компания Cree является мировым лидером в производстве сверхярких светодиодов. Мощные светодиоды компании соответствуют самым высоким стандартам светодиодной промышленности. Срок их эксплуатации

достигает 50-100 тысяч часов [5]. Фирма Lumileds лидирует в производстве мощных сверхярких светодиодов Luxeon [6]. Научный и конструкторский центры фирмы расположены в Калифорнии, а производство – в Нидерландах, Японии, Малайзии. Avago Technologist – одна из крупнейших частных компаний, выпускающая весь цветовой спектр высококачественных сверхярких светодиодов [7]. Возраст компании Osram насчитывает более 100 лет и началась она с выпуска ламп накаливания. Однако с 2001 года компания специализируется на производстве светодиодов. Высокое качество продукции этой фирмы известно во всем мире [8].

Целесообразность использования светодиодного освещения в теплицах. В настоящее время в тепличных хозяйствах Беларуси в дополнение к солнечному свету используются натриевые лампы типа ДНАТ. Как известно, спектр солнечного света обеднен фотонами в ближней красной (фотосинтетически активной) области, что при некоторых величинах инсоляции негативно сказывается на процессе фотосинтеза. Для исправления этого недостатка в теплицах широко используется досветка натриевыми лампами. Хотя спектр их излучения имеет практически один максимум в диапазоне 560 нм (рис. 1), их использование как дополнение к солнечному свету существенно активизирует фотосинтетический процесс тепличных растений [9].

Очевидно, что при отсутствии солнечного света, например, в утренние и вечерние часы осенне-зимнего сезона или в условиях густой облачности, что для Беларуси характерно, использование натриевых ламп в качестве единственного источника фотонов для растений будет недостаточно эффективно. Например, продолжительность фотопериода для томатов составляет 18 часов, так что продолжительность досветки может достигать 12-14 часов. На рисунке 2 представлены зависимости некоторых физиологических процессов от спектрального состава света. Из сопоставления кривых рисунков 1 и 2 легко убедиться, что спектр натриевой лампы не в состоянии удовлетворить потребности растений в свете. Этот источник не имеет ни важнейшей для полноценного фотосинтеза синей области спектра, ни других не менее важных длин волн, регулирующих различные физиологические процессы. Кроме того, у натриевых ламп, несмотря на высокую величину светоотдачи, 70% поглощенной

энергии превращается в тепло [1, 10]. Поэтому разработка источников света на основе светодиодов как более эффективной альтернативы натриевым лампам представляется необходимой. Разрабатываемые нами излучатели на основе светодиодов генерируют потоки квантов всех необходимых для продукционного процесса растений длин волн.

Кроме того, для уменьшения энергопотребления светодиодных излучателей планируется наделить их адаптивной функцией – высокоэффективно работать не только в режиме досветки к солнечной радиации, излучая фотоны только 660 нм, но и при необходимости – в автоматическом режиме в соответствии со складывающейся обстановкой, переходить на генерацию всего спектра фотосинтетически активной радиации, т.е. становиться полноценным для растений источником световой энергии.

Рис.1 Спектр аграрной натриевой лампы [9].

Рис. 2. Относительная спектральная эффективность фотосинтеза [9].

В течение последних полутора лет сотрудниками Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАНБ и Института экспериментальной ботаники НАНБ был создан оснащенный различными типами светодиодных излучателей полигон, на котором исследуется влияние различных спектров, плотности потока квантов света на продукционный процесс и урожай томатов. Ниже представлен анализ зависимостей урожая томатов от качества спектра и мощности светового потока светодиодных излучателей, полученных в данном исследовании.

Эффективность использования светодиодных излучателей для выращивания томатов

Материалы и методы. Растения выращивали в шести отдельных боксах площадью 2,2 м^2 и высотой 3,5 м исключительно под светодиодными облучателями, различающимися спектром и мощностью излучения. Каждый светодиодный облучатель содержал четыре типа светодиодов: красные (640 нм), синие (450 нм), фиолетовые (405 нм) и белые (440-750 нм). Было предусмотрено шесть различных вариантов светодиодного освещения. Их основные характеристики приведены в таблице 1. В шестом варианте в начале опытов были установлены только верхние излучатели с плотностью потока фотонов 160 мкмоль/(м^2 с) – вариант 6А. Однако, исследование распределения светового потока в боксе показало, что практически весь (90-95%) поток радиации задерживается в верхних ярусах листьев. Ниже 0,5 м от вершины растения постоянно испытывают дефицит света. Для исправления этого положения в 6 варианте через 3 месяца после высадки растений в теплицу добавили излучатели по двум сторонам бокса на расстоянии 1,45 и 2,45 м от верхних облучателей, соответственно, и около 20 см от боковых листьев растений. После реорганизации режим освещения в боксе стал таким как отмечено в таблице 1 (вариант 6Б). Контролем служили специализированные люминесцентные лампы «Sylvania Gro-lux T5L8» с основными полосами излучения в синей (430-490 нм) и красной (630-670 нм) областях спектра.

Режим питания всех растений был идентичен. Питательный раствор из двух двухсотлитровых емкостей поступал в смеситель и далее через проводящие раствор трубы и систему капельниц насосом подавался к корневой системе каждого растения. Растения в свою очередь выращивали на минеральной вате, которая была закреплена на поддоне специальной конструкции. В процессе выращивания растений поддерживали температуру воздуха 17°С (темнота) и 22°С (свет), влажность воздуха 60-70%, фотопериод 18 часов.

Зависимость урожая от режима освещенности и его энергетическую эффективность определяли по массе и количеству плодов, собранных с каждого растения. Рассчитывали также среднюю массу плода. Плоды снимали каждые 5-7 дней.

Таблица 1. Варианты облучения растений томата в опыте

Показатели	Варианты опыта							
	Контр	1	2	3	4	5	6А	6Б
Отношение плотности потока красной (600-700 нм) к синей (400-500 нм) области спектра	3:1	1,6:1	2,3:1	4,4:1	2,3:1	2,3:1	2,8:1	2,8:1
Плотность потока фотонов, мкмоль/(м^2 с)	320	320	320	320	160	240	160	160+ 240
Потребляемая мощность, кВт/час	1	0,6	0,6	0,6	0,3	0,5	0,3	0,7
Расход энергии за сутки, кВт	17,1	10,3	10,1	9,9	6,1	8,1	6,1	12,1

Большая часть растений начала плодоносить через 2,5 месяца после высадки в теплицу, и только в 4 варианте первые томаты созрели на месяц позже, чем в остальных. Пик продуктивности большинства растений пришелся на май (5-ый месяц после высадки в теплицу). Установка дополнительных светильников в варианте 6Б позволила резко увеличить продуктивность растений: с 2,7 кг до 8 кг за месяц, тогда как в других боксах таких резких увеличений не было (табл. 2).

Еще одним показателем эффективности продукционного процесса растений служит средняя масса плода. Установлено, что наиболее крупные плоды формировались у растений контрольного и 6Б варианта. Самые маленькие показатели урожая характерны

для вариантов 4 и 5 с пониженной освещенностью. Это свидетельствует, что недостаток света влияет не только на плодообразование растений томата, но и на процессы роста и созревания плодов (табл. 2).

Таблица 2. Показатели продуктивности растений томата, выращенных при различных режимах освещения.

Месяц	Вариант	Контроль	1	2	3	4	5	6Б
февраль -март	масса, г	10191	6115	7599	7628	409	3468	2863
	кол-во, шт.	89	54	71	66	3	34	23
	ср.вес, г	114,5	113,2	107,0	115,6	136,3	102,0	124,5
апрель	масса, г	9739	5766	6869	6803	2894	4815	8062
	кол-во, шт.	62	40	43	54	23	33	46
	ср.вес, г	157,1	144,2	159,7	126	125,8	145,9	175,3
май	масса, г	13632	11469	10961	12795	4895	7662	13094
	кол-во, шт.	78	81	73	94	50	63	81
	ср.вес, г	174,8	141,6	150,2	136,1	97,9	121,6	161,7
июнь	масса, г	8979	9385	11614	8536	3950	6026	10060
	кол-во, шт.	51	75	87	62	45	63	75
	ср.вес, г	176,1	125,1	133,5	137,7	87,8	95,7	134,1
июль	масса, г	8444	8137	8107	8229	2905	5484	11265
	кол-во, шт.	50	75	68	70	38	64	73
	ср.вес, г	168,9	108,5	119,2	117,6	76,5	85,7	154,3
август	масса,г	3707	3904	4142	4249	484	807	4283
	кол-во, шт.	20	35	25	23	9	12	24
	ср.вес, г	185,4	111,5	165,7	184,8	53,8	67,3	178,5
сен-тябрь	масса,г	1592	3084	3450	1908	128	124	1891
	кол-во, шт.	12	24	25	19	1	1	19
	ср.вес, г	132,7	128,5	138,0	100,4	128,0	124,0	99,5
октябрь	масса, г	2926	4601	4291	3247	0	0	6250
	кол-во, шт.	30	46	42	30	0	0	53
	ср.вес, г	97,5	100,0	102,2	108,2	0	0	117,9
ноябрь	масса, г	7138	7319	10855	9641	0	0	10258
	кол-во, шт.	58	50	75	76	0	0	82
	ср.вес, г	123,1	146,4	144,7	126,9	0	0	125,1
Итого	масса, г	66348	59780	67888	63036	15665	28386	68026
	кол-во, шт.	450	480	509	494	169	270	476
	ср.вес, г	147,4	124,5	133,4	127,6	92,7	105,1	142,9

Статистическая обработка показателей урожайности с одного растения (табл. 3) дала следующие результаты. Общая масса плодов статистически не различается для 1, 2 и 6Б вариантов и меньше для 3, 4 и 5 относительно контроля (рис. 3-А). Достоверно меньшее количество плодов было получено в 4 и 5 вариантах (рис. 3-Б). Таким образом, уровень освещенности в первую очередь оказывает воздействие на плодообразование, а не на их созревание.

Таблица 3. Среднестатистические показатели продуктивности растений томата за 8 месяцев (* - значимые различия относительно контрольных растений)

Показатель	Контр	Вар 1	Вар 2	Вар 3	Вар 4	Вар 5	Вар 6Б
Урожайность, кг/м^2	26,2	23,2	24,7	22,3	6,9	12,6	25,7
Количество плодов на м^2	170,5	189,6	190,5	178,6	76,8	122,7	170,5
Средний вес плода, г	153,9 ±18,8	122,9* ±9,7	130,1* ±14,8	127,5* ±14,9	92,1* ±9,4	104,0* ±11,2	150,7 ±8,6

А Б

Рис. 3. Продуктивность 1 растения томата при различных вариантах освещения. А- средняя масса плодов, полученных с одного растения, Б – среднее количество плодов с одного растения.

Расчет количества энергии, затраченной на получение 1 кг томатов, подтверждает преимущество светодиодных осветителей перед флуоресцентными лампами (таблица 4). Из приведенных данных следует, что в 1, 2, 3 и 6Б вариантах конечные затраты на электроэнергию меньше на 24-37%, чем в контрольном.

Существенное увеличение урожая томатов в условиях боковой досветки (вариант 6Б, таблица 4) сделало необходимым повторение этой серии опытов, при некоторой модификации режима досветки и расположения осветителей: кроме верхних светильников использовались боковые, которые располагались вертикально по 4 панели с каждой стороны (рис. 4). В 7 варианте режим облучения был постоянным, а в 8 – импульсным (с периодом 6 мкс и соотношением света к темноте 2:1).

Таблица 4. Урожай томатов за 9 месяцев и затраты энергии на его получение.

Показатели	Варианты опыта						
	Контр.	1	2	3	4	5	6Б
Отношение плотности потока красной (660 нм) к синей (450 нм) области спектра	3:1	1,6:1	2,3:1	4,4:1	2,3:1	2,3:1	2,8:1
Плотность потока фотонов, мкмоль/($м^2$ с)	320	320	320	320	160	240	400
Потребляемая мощность на бокс, кВт/час	0,95	0,57	0,56	0,55	0,34	0,45	0,67
Урожай плодов с 1 растения, кг	9,6± 1,3	8,5± 0,6	9,1± 1,0	8,2*± 1,1	2,6*± 0,7	4,6*± 0,4	9,4± 1,7
Энергия (кВт), затраченная на получение 1 кг томатов	84,1 ±11,1	58,7 ±3,5	52,7 ±5,4	57,4 ±8,9	117,1 ±37,2	80,2 ±5,9	64,6 ±10,5

Более ранние работы показали, что использование такого света позволяет получить такой же или почти такой же урожай, экономя при этом энергию [11, 12]. Физиологическое обоснование состоит в следующем. Фотосинтез состоит из световой и темновой фаз. И, хотя темновая фаза может проходить и на свету, разделение этих процессов может оказаться достаточно эффективным. Именно эта идея лежит в основе импульсного освещения растений, когда постоянный поток света перемежается с темнотой.

Рис. 4. Расположение боковых светильников в боксе.

За 2,5 месяца выращивания в теплице был получен первый урожай. В таблице 6 представлены показатели продуктивности растений томата за один период для всех вариантов выращивания. Как видно из приведенных данных, растения 7 варианта дали значительно больше плодов (рис. 5), чем растения, выращиваемые при других вариантах освещения. Вероятно, это обусловлено более равномерным распределением света в ценозе, что позволило увеличить урожайность растений. При этом количество плодов варианта 7 увеличилось в 2,5 раза по сравнению с контрольным, а средняя масса плода возросла на 25%. При этом энергетическая эффективность данного варианта составила 94,8 кВт/кг по сравнению с 311,9 кВт/кг в контрольном, т.е. в 3,3 раза меньше (следует учитывать, что приведенные цифры говорят только об энергозатратах за первый месяц плодоношения, и значительно снижаются в дальнейшем – таблица 4). Эти данные говорят о положительном влиянии боковой досветки на образование и созревание плодов томата.

Таблица 6. Показатели продуктивности растений томата за 2,5 месяца, выращенных при различных режимах освещения.

Вариант	Масса собранных плодов, г	Средний вес плода, г	Количество плодов, шт
контроль	1645	149,5	11
1	1237	123,7	10
2	1246	124,6	10
3	281	140,5	2
4	плоды за данный период отсутствуют		
5	303	101,0	3
6А	плоды за данный период отсутствуют		
7	5581	199,3	28
8	365	121,7	3

Рис. 5. Растения томата в 7-м варианте.

Таким образом, комплекс выполненных наблюдений однозначно свидетельствует о перспективности использования этого источника радиации для выращивания тепличных культур. Проведенные эксперименты показали, что такой тип освещения не только обеспечивает нормальное развитие и рост растений томата, но способствует и увеличению урожая томатов, а позволяет значительно (на 25-30%) экономить электроэнергию.

Светодиодные излучатели в технологии производства безвирусных миниклубней картофеля методом аэропоники

Результаты исследований, представленные в предыдущем разделе, подтверждают высокую эффективность воздействия светодиодного излучения на рост и генеративную фазу растений томатов. Ниже представлены доказательства того, что полученные закономерности в значительной мере универсальны и с небольшими модификациями применимы к большинству культивируемых растений в светокультуре, например, в технологии производства миниклубней картофеля методом аэропоники.

Согласно результатам наших исследований, производство оздоровленных (т.е. не содержащих вирусов) миниклубней картофеля методом аэропоники является наиболее эффективным. Если на твердом субстрате (почва, иониты, различные минералы) или с помощью гидропоники с одного растения получают максимум 8-10 миниклубней, то на аэропонной установке, оснащенной светодиодными излучателями, нами получено 60-70 шт. Эти результаты были достигнуты благодаря сочетанию метода аэропоники со светодиодным источником радиации, что в совокупности позволяет оперативно регулировать любой фактор среды: состав элементов питания в растворе, его pH, градиент температуры между зонами корнеобитания и надземной частями растения, спектральный состав света, мощность излучения и т.п. Поскольку требования картофеля в процессе онтогенеза к факторам внешней среды многократно меняются, такие возможности технологии являются определяющими [13].

Использование светодиодного освещения при круглогодичном выращивании зеленных культур

Проблема ежедневного обеспечения населения свежей зеленью как обязательного элемента здорового питания с каждым витком урбанизации, с ростом народонаселения непрерывно обостряется и не находит удовлетворительного решения. Тепличные хозяйства с их непомерно высокими энергозатратами, имея технологии, обеспечивающие низкое качество продукции, указывают на необходимость поиска принципиально новых способов получения свежей зелени.

Современный уровень научно-технического прогресса предоставляет возможности устранить эти недостатки, сделать

производство столовой зелени более эффективным, значительно улучшив ее качество. Прогресс можно обеспечить за счет оптимизации условий роста и развития растений, в том числе и благодаря использованию светодиодных излучателей. Последнее достигается благодаря выращиванию растений не на конвейере, расположенном в зале теплицы, а в модуле с регулируемыми режимами освещения, температуры и влажности воздуха, содержания углекислого газа, оптимального питания. Поскольку растения в модуле можно располагать в несколько этажей (минимум 3-4 этажа), а на конвейере – на одном, дорогая площадь теплицы в последнем случае используется крайне неэффективно. Соответственно, продукция, выращенная в модулях, будет существенно дешевле[14]. Особо отметим, что реализация такой технологии стала возможной только благодаря наличию светодиодных источников света, для которых характерно сравнительно небольшое тепловыделение.

Использование светодиодов в технологии фотодинамической инактивации посевного материала зерновых культур

Обеззараживание семян от грибной инфекции уже давно стало обязательным элементом технологии возделывания зерновых культур. Без очистки посевного материала от инфекции невозможно рассчитывать на получение высоких урожаев. Ежегодные потери зерна в мире от грибных болезней составляют около 8-12% от его производства. В настоящее время абсолютно во всех зернопроизводящих странах сложилась устойчивая инфраструктура производства и использования средств обеззараживания семян. Мировой объем продажи фунгицидов составляет порядка 5,0 млрд. долларов [15]. Поскольку патогены достаточно быстро вырабатывают иммунитет к фунгицидам, номенклатура последних постоянно обновляется. В совокупности все это ложится тяжелым бременем не только на экономику, но и на экологию зернопроизводящих стран.

В Беларуси данная проблема стоит особо остро. С одной стороны, отечественная промышленность не выпускает средств для протравливания семян, а с другой, экономическая ситуация не позволяет импортировать их в необходимом объеме. Достаточно сказать, что в последние годы количество приобретаемых протравителей составляет не более 35% от необходимого объема.

Как результат, фитосанитарное состояние посевов республики неуклонно ухудшается.

Проблему можно решить, используя нехимический способ дезинфекции семян от патогенной микофлоры, основанный на фотодинамическом воздействии, которое заключается в освещении объекта воздействия светодиодным излучателем, генерирующим определенные длины волн, в присутствии красителей-фотосенсибилизаторов и кислорода. Свет заставляет фотосенсибилизатор образовывать синглетный кислород, который в свою очередь окисляет структуры на поверхности зерна, в том числе и патогенную микофлору. В качестве фотосенсибилизатора можно использовать естественные метаболиты растений, например, порфирины.

Преимуществом обеззараживания семян методом фотодинамики по сравнению с химическими протравителями при их сопоставимой эффективности является сочетание экологической чистоты, его относительной дешевизны и принципиальной невозможности формирования резистентности патогена из-за универсальности повреждающего действия синглетного кислорода и радикалов.

Эффективность фотодинамического способа инактивации патогена составляет порядка 95%, что существенно больше протравливания семян химическими средствами. Кроме обеззараживания, данный метод обработки семян имеет и ряд других преимуществ. Например, свет дополнительно индуцирует энергию прорастания семян, а водный раствор фотосенсибилизатора запускает прайминг (обратимое набухание семян), после чего посевы всходят особенно дружно [15].

Использование светодиодных излучателей в технологиях производства рассады древесно-кустарничковых (например, голубики) и выращивания цветочных культур

Технологический режим использования светодиодных излучателей в процессе выращивания ягодных (клубника), посадочного материала кустарничковых (голубика) и цветочных культур наиболее проработана. Имеется большое количество печатных источников относительно эффективности светодиодного освещения разнообразных цветочных культур. Результаты практически всех исследований свидетельствуют, что

использование данного источника света для выгонки цветов позволяет в 5-10 и более раз сократить расход электроэнергии, при этом значительно увеличив качество конечной продукции.

Роль светодиодных излучателей в технологии хранения овощей и фруктов, а также в регуляции процесса их созревания

В настоящее время говорить о целесообразности использовании светодиодных излучателей для хранения фруктов и овощей можно только на основе данных литературы. В их подавляющем большинстве утверждается, что излучение ближней УФ области (380-400 нм), а также диапазона 400-450 нм существенно уменьшает деструктивные процессы в заложенных на хранение овощах и фруктах.

На сегодня надежно установлено, что основная роль в контроле созревания, а в последующем и при хранении овощей принадлежит фитогормону этилену. Это низкомолекулярное газообразное вещество легко диффундирует по всему овощехранилищу. Поэтому несколько спелых плодов могут значительно ускорить созревание остальных. Однако, по этой же причине из-за одного гнилого плода может сгнить весь урожай.

Вместе с тем установлено, что синтез этилена процесс светозависимый. Синий и белый свет ингибируют его, а дальний красный, наоборот, стимулирует [16]. Но количественное выражение этой зависимости для каждой культуры индивидуально. Поэтому и регламент работы источника света в каждом случае должен иметь свою специфику.

Накопленный опыт позволяет полагать, что использование света нужных длин волн позволит либо ускорить процесс созревания, либо замедлить его. Такую регуляцию целесообразно осуществлять с помощью светодиодов. На их основе, во-первых, можно создавать любые нужные сочетания спектра излучения. Во-вторых, они излучают относительно небольшое количество тепла, что принципиально важно, поскольку температура при хранении плодов играет решающую роль, тем более что в данном случае больших мощностей излучения не требуется, т.е. светодиоды здесь как нельзя к месту. В пользу светодиодов свидетельствуют их экономичность и ресурс. Нет сомнений, что в недалеком будущем использование светодиодных излучателей в овощехранилищах станет обязательным.

Светодиоды в технологии производства биомассы водорослей для синтеза биотоплива и биодобавок для животных

В последние годы в научных центрах многих стран мира (Япония, Германия, Израиль, Франция, США и Мексика) резко активизировались исследования, направленные на разработку интенсивных технологий производства биомассы одноклеточных водорослей, в частности, хлореллы. Одноклеточные организмы широко используются в биотехнологии для производства кормового белка, физиологически активных соединений, в качестве сырья для фармацевтической промышленности. Интенсивно ведутся исследования с целью оценки возможности использования водорослей для получения биотоплива.

В большинстве этих стран, как правило, применяется интенсивная технология, которая реализуется с помощью специальных установок – фотобиореакторов. Производительность таких фотобиореакторов может достигать порядка 40 г/м^2 биомассы в сутки. За год с площади 1га можно получить более 50 т сухой биомассы [17]. Учитывая высокую скорость размножения одноклеточных водорослей, экономически оправданную технологию ее производства, можно сделать заключение, что в перспективе эта культура станет важным источником белка для человека и животных, сырья для фармацевтической промышленности. Установлено, что добавка ее в рацион молодняка крупного рогатого скота позволяет повысить привесы на 20%, увеличить продуктивность молочного стада, рыбных прудов. В переработанном виде хлорелла употребляется в пищу людей. В частности, на ее основе готовят салаты, картофель, холодец, желе, масло, в общей сложности около 200 блюд, включая супы, бифштексы, майонез, творог и прочее [18,19].

Однако, наиболее перспективной, масштабной областью применения этой культуры скорее всего станет энергетика, где она может использоваться в качестве сырья для производства биотоплива. В зависимости от вида водорослей и условий выращивания содержание липидов в селекционных сортах достигает 40-60% на единицу веса. Количество масла, которое получают из водорослей из расчета на 1 га земли достигает 95 000 литров, тогда как аналогичная величина для рапса или олив не превышает 1200 литров.

Исследуются возможности использования водорослей для получения водорода в процессе биофотолиза. В конце девяностых годов прошлого века ученые калифорнийского университета обнаружили, что если водорослям не хватает кислорода и серы, то процессы восстановления CO_2 резко ослабевает, начинается интенсивная выработка водорода.

Чтобы активизировать работы в этих чрезвычайно актуальных направлениях (создание современной технологии производства биомассы водорослей, получение в процессе биофотолиза водорода) необходимо прежде всего разработать и изготовить компьютеризированный фотобиореактор, оснащенный системой сенсоров регуляции абиотической среды, неперерывного отбора нарастающей биомассы, светодиодными излучателями и т.п. Водоросли достаточно светолюбивые организмы и свет необходимого спектра и плотности потока квантов, необремененный тепловой составляющей, является одним из базовых параметров, определяющих в конечном счете эффективность продукционного процесса этой культуры.

Заключение. Статистика научных центров, занимающихся разработкой нового светодиодного оборудования, компаний, производящих светодиоды, их современной номенклатуры, масштабы сформировавшегося рынка этой продукции – все указывает на то, что в области светотехники в настоящее время происходят революционные изменения. Большинство аналитиков прогнозирует, что в 2014-2015 годах начнется массовая замена традиционных источников света светодиодными.

Что касается светокультуры, то успехи здесь крайне незначительны. Несмотря на то, что почти половина себестоимости продукции тепличных комбинатов определяется затратами на освещение, светодиодные источники света здесь практически не используются. Между тем, выполненные нами исследования свидетельствуют о высокой эффективности применения светодиодных излучателей в теплицах. В условиях оптимального спектра и мощности излучения использование светодиодов позволяет сократить расходы на 25-30% по сравнению с люминесцентными лампами. Следовательно, узкополосный спектр светодиодных излучателей удовлетворяет в полной мере потребности продукционного процесса растений. Более того, свойство пространственного разделения световой и тепловой

составляющих излучения светодиодов позволяет располагать их непосредственно в ценозе, что способствует равномерному распределению светового потока по высоте растения.

Анализ возможных перспектив использования светодиодных излучателей в растениеводстве позволяет утверждать, что они будут применяться не только в качестве источника фотосинтетически активной радиации, но и в других областях с/х производства, например, в овощехранилищах для предотвращения порчи продуктов, как элемент фотодинамической технологии обеззараживания семян, в интенсивных технологиях получения биомассы водорослей. Огромная скорость размножения этих организмов, высокая питательная ценность, возможность их переработки на биотопливо делает эту область применения светодиодных излучателей особенно привлекательной.

Литература

1. Электронный ресурс, сайт компании «CRYSTALIGHT», режим доступа: - http://www.cled.ru/history.htm дата доступа: 12.10.2010.

2. A. Zukausskas, M.S. Shur, R. Gaska. Introduction to solid-state lighting. NewYork, 2002

3. Электронный ресурс, сайт Alibaba.com режим доступа: - http://www.alibaba.com/showroom/led-plant-grow-light.html дата доступа: 30.01.2011

4. А. Берг, П. Дин. Светодиоды. М.: Мир, 1979. 686 с.

5. Электронный ресурс, сайт компании «Cree», режим доступа: - http://www.cree.ru/company дата доступа: 15.12.2010.

6. Электронный ресурс, сайт компании «Philips», режим доступа: - http://www.philipslumileds.com дата доступа: 15.12.2010.

7. Электронный ресурс, сайт компании «Avago», режим доступа: - http://www.avagonow.com/Newsletters/AvagoNow_0510int-eng.htm дата доступа: 15.12.2010.

8. Электронный ресурс, сайт компании «Osram», режим доступа: - http://www.osram.com/osram_com/LED/index.html дата доступа: 15.12.2010.

9. Бахарев И., Прокофьев А., Туркин А., Яковлев А. // Современные технологии автоматизации. 2010. №2. С. 76-82

10. Электронный ресурс, сайт воронежского научно-производственного предприятия «НФЛ», режим доступа: - www.nppnfl.ru дата доступа: 15.12.2010.

11. Большина Н.П., Овчукова С.А., Козинский В.Р. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1984. №10. С.55-57.;

12. Корж В.Б. // «Фотоэнергетика растений». Тез. докл. 5-й Всесоюз. конф. по фотоэнергетике растений, Алма-Ата, 1978. С 128-129.

13. Разработать аэропонную технологию выращивания миниклубней картофеля: отчет о НИР (заключ.)/ГНУ ИЭБ НАН Беларуси; рук. темы В.Г. Реуцкий. Минск, 2010. 134 с. - №ГР 2007312

14. Электронный ресурс, сайт компании «ГРИНКОМПЛЕКС», режим доступа: - http://www.greenco.orc.ru/hidro.html дата доступа:15.12.2010

15. Пинчук С.В., Артемова О.В., Воробей А.В., Буга С. Ф// Сборник тезисов докладов на IV съезде фотобиологов России, 26–30 сентября 2005, Саратов, Россия. Саратов, 2005. С. 156-159

16. L. Alexander, D. Grierson // Journal of Experimental Botany. 2002. V.53. P. 2039–2055

17. Электронный ресурс, сайт «dic.academic.ru» режим доступа: - http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_biology/1433 дата доступа: 20.02.2011

18. Мананкина Елена, Мельников Станислав // В мире науки - № 8(90) - 2010 – электронный ресурс: - http://www.innosfera.org/node/779 дата доступа: 20.02.2011

19. Электронный ресурс, сайт о гидропонном выращивании растений, режим доступа: - http://www.ponics.ru/2009/05/hlorella/ дата доступа: 20.02.2011

В.Г. РЕУЦКИЙ, Д.С. МОРОЗ, Ю.В. ТРОФИМОВ, С.К. РАХМАНОВ, Н.И. АСТАСЕНКО

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА

Резюме

В статье дан обзор использования светодиодных излучателей при выращивании растений. Рассматриваются перспективы, преимущества и возможность применения светодиодов при выращивании различных тепличных и цветочных культур, производстве безвирусных миниклубней картофеля и рассады древесно-кустарничковых культур, фотодинамической инактивации посевного материала зерновых культур, технологии хранения и регуляции созревания овощей и фруктов, производстве биомассы водорослей. Также в статье представлены результаты выращивания растений томата при различных вариантах светодиодного освещения.

V.G. REUTSKY, D.S.MOROZ, Y.V. TROFIMOV, S.K. RACHMANOV, N.I. ASTASENKO

OUTLOOK FOR LED LIGHTING IN PLANT CULTIVATION IN HOTHOUSES

Summary

This article consider LED use in plant cultivation. Authors review aspects, benefits and possibility LED use in different technologies: growing plant in

greenhouses; virus-less potato minituber production; shrubs seedlings cultivation; cereals seeds photodynamic inactivation; fruit and vegetable storage and ripening regulation; alga biomass production. Also in this article are given result of growing tomato under different LED lighting.

Поступила в редакцию 10.05.2011

УДК 581.11.032:633/635

В.Г. РЕУЦКИЙ, Т.А.СКУРАТОВИЧ, Е.С. ЗУБЕЙ, Н.А. ТЕЛЮК

МЕТОД ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И СТЕПЕНИ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ПО ОСОБЕННОСТЯМ ИХ МОРФОСТРУКТУРЫ И ВОДООБМЕНА

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Введение Классификация растений по степени их устойчивости к абиотическим стрессам, по требовательности к почвенно-климатическим условиям является необходимым элементом принятия решений во многих областях ботаники, растениеводства, сельскохозяйственной генетики и селекции. Вне такой системы тестирования невозможно установить виды растений, деградирующие в процессе изменения климата или выделить виды, приобретающие преимущества в конкурентной борьбе, становящиеся фитоценотически более устойчивыми. Без помощи надежных методов идентификации стрессоустойчивости растений нельзя реализовать скрининг селекционного материала по этому признаку, выполнять научно обоснованное районирование новых сортов. Поиск методов экологической классификации растений, которые бы позволили создать универсальный ГОСТ в данной области, и в настоящее время остается актуальной задачей.

Способов решения этой проблемы предложено множество. В конце XIX века Е. Варминг [1] различал три экологические группы растений по их отношению к воде: гигрофиты, мезофиты и ксерофиты. В дальнейшем постепенно шел процесс детализации принципов разделения растений на экологические группы. Наиболее полную классификацию экоморф в середине прошлого века разработал А.П. Шенников [2]. Автор выделил следующие группы: 1) гигрофиты – теневые и световые; 2) ксерофиты,

подразделяющиеся на суккуленты – сочные мясистые растения с водозапасающей тканью, и склерофиты – суховатые, жестковатые растения; 3) психрофиты – растения влажных и холодных местообитаний севера или высокогорий; 4) криофиты – растения сухих и холодных местообитаний севера или высокогорий; 5) мезофиты – растения средних по увлажненности местообитаний, занимающие промежуточное положение между гигрофитами и ксерофитами. По степени типичности мезоморфной организации автор различает настоящие мезофиты, ксеромезофиты, гигромезофиты, психромезофиты и т.д.

Весомый вклад в изучение отношения растений к факторам окружающей среды внес Л.Г. Раменский [3]. Он разработал систему экологических рядов и на их основе построил экологические шкалы: увлажнения (120 ступеней), переменности увлажнения (20 ступеней), богатства и засоленности почвы (30 ступеней), аллювиальности (10 ступеней) и пастбищной дигрессии (10 ступеней).

С.Н. Шереметьев с соавторами [4] провели сравнительный анализ водного режима и анатомической структуры пустынных, степных и луговых растений. На широком градиенте влажности почвы выявлено закономерное изменение элементов водного режима, анатомической структуры листьев растений, предложена модель собственной экологической классификации растений.

В работах А.Т. Федорука [5] приводится характеристика флоры Беларуси, анализируется ее видовое богатство, экологическое разнообразие, состав по географическим элементам. Автором показаны географические и фитоценотические особенности лесной, луговой и болотной растительности республики. И.Д. Юркевичем с соавторами [6] выполнена экологическая классификация луговой растительности Беларуси. Углубленное изучение эколого-биологических особенностей флоры Беларуси проведено В.И. Парфеновым [7]. На примере экологических групп и отдельных видов, находящихся на границах равнинных ареалов, автором исследованы биологическая и фитоценотическая устойчивость, внутривидовая изменчивость и процессы формообразования. По результатам экспериментальных исследований приводятся данные, отражающие закономерности роста и развития растений в напряженных экологических условиях под постоянным воздействием природно-экологических факторов.

Следует заметить, что большинство вышеперечисленных авторов использовали описательный метод, акцентируя внимание на условиях среды, как правило, на режиме увлажнения и трофности почвы, где данный вид обычно продуцирует. Однако в настоящее время, когда климат Земли стремительно меняется, когда техногенный прессинг на растительность неизмеримо возрос, подобный мониторинг состояния растительности уже не в состоянии удовлетворить растущие потребности природоохранных структур и агробиологии. В частности, ниже будет показано, как виды растений, относящиеся по классификации А.П. Шенникова [2] к одной экологической группе мезофитов, по своей требовательности к условиям среды значительно различаются.

К сожалению, идентификация функций, благодаря которым данный вид располагается в конкретной экологической нише, остается за рамками классического подхода. Однако именно такая информация в подавляющем числе случаев является наиболее важной. Ее отсутствие не позволяет оценивать экологическую гибкость вида, его адаптивный потенциал – характеристику, необходимую для прогноза динамики жизнеспособности растительного организма в условиях нестабильного климата. Такой подход только в укрупненном масштабе дает информацию о распределении отдельных видов растений по экологическим нишам.

Но когда ставится задача оценить жизнеспособность вида, его видоизменение под влиянием динамики абиотической среды, без использования достижений экологической физиологии не обойтись. Тем более, что за прошедшее столетие установлено множество закономерностей о влиянии условий среды на анатомо-морфологические и физиолого-биохимические свойства растений. Так, установлено, что при нарастании водного дефицита меняется структура ксилемы, количество и размер клеток мезофилла, устьиц и многое другое. Обобщение этих закономерностей представлено концепцией Заленского [8], согласно которой по мере повышения яруса листьев у них наблюдаются такие анатомические изменения, как увеличение длины сосудистой пучков на единицу поверхности, уменьшение размера клеток эпидермиса, волосков и устьиц, увеличение числа устьиц и волосков на единицу листовой поверхности, утолщение наружных оболочек клеток эпидермиса, становятся менее извилистыми боковые стенки клеток эпидермиса,

сильнее развивается восковой налет, уменьшаются размеры клеток мезофилла, становится более развитой палисадная и менее развитой губчатая паренхима, слабее развиты межклетники и сильнее механические ткани. Эти изменения структуры листьев, связанные с повышением их ярусности, определяются уменьшением содержания воды в них, что подтверждается работами Н.А. Максимова [9], А.М. Алексеева [10] и др. Аналогичные особенности структуры наблюдаются в листьях растений засушливых местообитаний, испытывающих систематический недостаток воды.

К настоящему времени разработано множество тестов на стрессоустойчивость растений, физиологическую основу которых, по нашему мнению, необходимо использовать для их количественной классификации на экоморфы. Многоуровневая структурно-функциональная организация растений обуславливает существование системы ответа и адаптации к стрессовым нагрузкам организма, его отдельных структур, тканей, клеток, их молекулярных компонентов, что в конечном счете определяет экологическую принадлежность вида.

Как правило, оценка стрессоустойчивости растений основывается на измерении активности антиоксидантной системы, экспрессии стрессзависимых белков, величины водного потенциала растительной ткани, скорости транспирации, устьичной проводимости, интенсивности фотосинтеза и др. [11-18].

Среди стрессовых белков, синтезируемых в растениях при водном дефиците, обнаружены гидрофильные белки типа дегидринов – эволюционные белки с высокой способностью к сохранению конфигурационной гибкости [19, 20].

Важным механизмом, оказывающим защитное действие при водном стрессе, является накопление осмотиков, таких как, сахара, аминокислоты, амиды, что способствует удержанию дополнительного количества воды и смягчает негативное действие водного дефицита на растение [14].

Метод регистрации флуоресценции Хл [21-23], позволяет выявить развитие стрессовых реакций на начальных стадиях водного дефицита и может быть использован для экспресс-диагностики текущего состояния растений.

M. Zivcak и др. [24] определяли степень стрессоустойчивость с помощью индекса продуктивности как чувствительного индикатора

водного стресса у *Triticum aestivum*. Авторы считают, что полифазная флуоресценция хлорофилла а – перспективный инструмент выявления устойчивости растений к различным абиотическим стрессам.

По данным A. Galle [11] по мере нарастания дефицита воды уменьшается проводимость устьиц и нетто-фотосинтез. Водный стресс приводит к усилению тепловой диссипации энергии избыточного возбуждения и повышает соотношение между пигментами, участвующими в круговороте ксантофилла, что способствует фотозащите растений в состоянии стресса.

X. Yang и др. [25] проводили исследования по изучению связи между гидравлической проводимостью и анатомией корней различающихся по засухоустойчивости сортов озимой пшеницы. Показано, что в условиях водного стресса гидравлическая проводимость и диаметр сосудов ксилемы уменьшились по сравнению с контролем, а диаметр корней и ширина флоэмы увеличивались у всех сортов пшеницы. В тех же вариантах влагообеспеченности более засухоустойчивые сорта имели меньшую гидравлическую проводимость, меньший диаметр сосудов ксилемы, больший диаметр корней и флоэмы. Гидравлическая проводимость корней положительно коррелировала с диаметром сосудов ксилемы (r=0,86) и отрицательно с диаметром корней (r=0,76) и диаметром флоэмы (r=0,79). Эти параметры предлагаются в качестве теста при селекции культур на повышение эффективности использования влаги и засухоустойчвости озимой пшеницы.

Сказанное выше позволяет утверждать, что тестировать стрессовое состояние растения можно практически по всем физиологическим процессам. В условиях стресса изменяется активность ферментов антиоксидантной системы, прекращается образование типичных для нормальных условий полипептидов, и начинается синтез новых стрессовых белков, уменьшается интенсивность фотосинтеза, скорость транспирации, устьичная проводимость.

Согласно результатам наших исследований стрессоустойчивость растений целесообразно оценивать по активности аквапоринов плазматической мембраны фотосинтезирующих клеток мезофилла листа, контролирующих поток воды из апопласта в протопласт. Инактивация этих белков

влечет за собой ингибирование процессов фотосинтетического восстановления CO_2 [26] и передвижения воды по ксилеме от корней к листьям [27].

Достаточно очевидно, что для экологической классификации растений на физиологической основе в качестве теста необходимо в первую очередь выбрать те структурно-функциональные параметры, динамика которых находится в однозначной связи с соответствующими изменениями элементов среды, подтверждая или противореча традиционной классификации (например, классификации А.П. Шенникова [2]). Соответственно, цель настоящей работы заключалась в поиске изменений структур и функций растений, представляющих одну группу экоморф, индуцированных динамикой абиотических факторов, которые бы давали нужную информацию для определения как уровня стрессоустойчивости растения, так и более детальную оценку его экологической принадлежности.

Объекты и методы исследования В качестве объекта исследования были взяты растения, принадлежащие по классификации А.П. Шенникова [2] к одной экологической группе - настоящих мезофитов: ячмень яровой сорт Сябра, клевер луговой сорт Устойливый, салат листовой сорт Грюнетта. Чтобы иметь возможность оценить их экологическую принадлежность, но уже по экспериментальным данным, одновременно установить степень стрессоустойчивости вида, каждый объект был высеян на четырех субстратах, различающихся величиной водного потенциала (ВП) корнеобитаемой среды: -9; -30; -50, -70 кПа. Субстраты готовили путем смешивания почвы с различным количеством слабо сшитого сильно набухающего, обладающего осмотической активностью полимерного гидрогеля (Гисинар). Контролем служили растения, выращенные на почве, не содержащей Гисинар. Такая схема опыта позволяла, по нашему мнению, с одной стороны, получить серию фенотипов растений, существенно различавшихся по уровню устойчивости к водному стрессу, а с другой, установить диапазон доступности почвенной влаги, в пределах которого растение не теряет своей функциональной активности.

В процессе исследований с помощью электронно-измерительного мониторинга водного режима листа, разработанного в лаборатории водного обмена растений ИЭБ НАНБ [28], проводились наблюдения за толщиной листовой

пластинки при максимальном тургоре, объемом межклеточного пространства ткани листа, временем сохранения максимального тургора клетками мезофилла листа в процессе дегидратации, характеризующим функциональную активность аквапоринов плазматической мембраны клеток мезофилла листьев, скоростью изменения массы образца в период сохранения максимального тургора клетками мезофилла листа, характеризующую скорость потока пара через устьица опытных растений.

В установке использованы полупроводниковые датчики линейных перемещений Холла, позволяющие в непрерывном режиме фиксировать динамику изменения толщины (с точностью ± 0,1мм) и веса (с точностью ± 0,1мг) предварительно насыщенной водой под небольшим вакуумом высечки листа в процессе ее дегидратации в условиях постоянных температуры и влажности воздуха.

Поскольку абсолютное выражение вышеперечисленных параметров конкретного вида детерминируется не только внешней средой, но и в значительной мере его генотипом, сравнение уровня стрессоустойчивости исследуемых видов, количественную оценку их экологической принадлежности проводили в относительных единицах, принимая величины параметров контрольных растений за 100%. Такой подход позволяет избежать влияния на результат генетических различий и учитывать только изменения, индуцированные внешними факторами, в данном случае низкими величинами водного потенциала почвы.

Уровень стрессоустойчивости различных фенотипов определяли следующим образом. На указанной выше электронно-измерительной установке получали кривые изменения массы и толщины высечки листа в процессе ее дегидратации (рис. 1). По оси Y (слева) расположена масса высечки листа (P) в мг, по оси Y (справа) - толщина высечки листа (D) в мкм, а по оси X - время дегидратации (Tm) в минутах.

Рис. 1. Кривые дегидратации ассимиляционной ткани растений капусты белокочанной а) нормально функционирующих растений; б) растений в условиях водного стресса.

Ранее было установлено [27], что стартовый участок кривой изменения толщины листа, характеризующий время сохранения максимального тургора клетками мезофилла в процессе дегидратации нормально функционирующего растения, стабилен, т.е. в начальный период обезвоживания толщина листа не меняется. В этот период дегидратации объем поступающей из апопласта в клетки мезофилла воды полностью компенсирует ее расход. У растения, испытывающего нарастающий водный стресс, стартовый участок уменьшается вплоть до полного исчезновения (рис. 1б). Соответственно, по времени сохранения максимального тургора клетками мезофилла листа в процессе дегидратации можно судить о степени устойчивости растений к обезвоживанию, а по изменению веса высечки за этот период о величине межклетников.

Результаты и их обсуждение Одним из информативных тестов в системе аттестации опытных культур на стрессоустойчивость является толщина листовой пластинки. Величина этого параметра через размер клеток мезофилла, соотношение столбчатой и губчатой ткани интегрирует в себе не только условия роста, но адаптивный потенциал конкретного фенотипа. Установлено [29], что с ухудшением условий среды размер клеток мезофилла уменьшается и увеличивается количество слоев столбчатой паренхимы. В последующем на этой структурной основе через обратимую динамику изменений толщины листа осуществляется оперативная настройка на складывающуюся абиотическую ситуацию величины движущей силы верхнего концевого двигателя.

Естественно, чем толще лист, тем больше потенциальных возможностей для такой регуляции. Любые изменения параметров внешней среды (температура и влажность воздуха, инсоляция, ветер и т.п.) обязательно сказываются на динамике толщины листа. Только с помощью такой зависимости меняется скорость передвижения воды по ксилеме.

На рисунке 2-А представлены результаты измерений толщины листа при максимальном тургоре фотосинтезирующих клеток мезофилла тестируемых культур контрольного варианта (водный потенциал корнеобитаемой среды близок к нулю).

Как и предполагалось, наименее устойчив к понижению доступности почвенной влаги оказался салат. Толщина листа этого растения достигла своего максимума при водном потенциале -9кПа. На дальнейшее увеличение водоудерживающей способности почвы растение реагировало уменьшением величины этого параметра. При водном потенциале почвы -30 кПа она уменьшилась на 4%, при -50 кПа – на 40% от контроля, а при -70 кПа семена салата не давали всходов.

Более устойчивым относительно салата к понижению доступности почвенной влаги был клевер (рис. 2). Максимальная толщина листьев клевера была в условиях водного потенциала почвы -30 кПа. Клевер произрастал и при более низких значениях водного потенциала почвы: и при -50 кПа, и даже при -70 кПа, хотя диапазон изменений толщины листа под влиянием рассматриваемого фактора у этого вида растений был небольшим – 0,150 - 0,165 мм.

Согласно результатам тестирования по толщине листа, наиболее устойчив к ухудшению условий водного питания оказался ячмень. Максимальная величина измеряемого параметра была у растений, произраставших в условиях водного потенциала почвы -70 кПа. Причем относительно контроля она увеличилась на 33% , в то время как у салата она составила 116%, а у клевера 107% от контроля.

Таким образом, полученные результаты позволяют констатировать, что относительную величину толщины листа можно использовать в качестве теста на устойчивость растений к внешним воздействиям, в частности, к уровню доступности почвенной влаги.

Рис. 2. Толщина листовой пластинки растений в зависимости от водного потенциала корнеобитаемой среды.

Следующим параметром, с помощью которого предлагается ранжировать растения в соответствии с их стрессоустойчивостью, использован объем межклетников. Ранее было установлено [29], что в процессе активизации ростовых процессов под влиянием каких-либо факторов, например, улучшения абиотических условий или благодаря феномену сверхвосстановления объем межклетноков увеличивается.

Гистограммы рисунка 3 демонстрируют характер изменений объема межклетников ткани мезофилла листьев опытных растений под влиянием различных величин водного потенциала почвы.

Полученные данные подтверждают последовательность ряда устойчивости, установленного на основе анализа динамики толщины листа исследуемых растений: максимальная величина объема межклетников у салата сформировалась при водном потенциале почвы -9 кПа, у клевера – при -30 кПа, у ячменя – при -70 кПа.

Казалось бы, высокая степень совпадения этих показателей тестирования делает возможным использование одного из них: или толщину листа, или объем межклетников. Однако сравнение амплитуд изменения тестируемых параметров показывает, что это

не всегда оправдано. Например, толщина листа клевера в диапазоне водного потенциала почвы от 0 до -30 кПа изменилась всего на 7%, в то время как его объем межклетников ткани листа в том же диапазоне водного потенциала увеличился относительно контроля на 98%.

Рис. 3. Объем межклеточного пространства растений в зависимости от водного потенциала корнеобитаемой среды.

Аналогичным образом, толщина листа ячменя в диапазоне водного потенциала почвы от 0 до -70 кПа увеличилась на 33%, а объем межклетников в этих же условиях возрос на 63%. У растений салата в диапазоне водного потенциала корнеобитаемой среды от 0 до -9 кПа толщина листа увеличилась на 16%, а объем межклетников только на 9%. Вероятно, каждый вид растений имеет свою индивидуальную стратегию адаптации к внешним воздействиям. У одних видов доминируют изменения, связанные с толщиной листа, у других – с объемом межклетников. Поэтому одновременный учет изменений этих двух характеристик структуры растения позволяет делать более точное заключение относительно его экологической принадлежности и степени стрессоустойчивости.

Как отмечалось выше, эта система тестирования была дополнена показателями, характеризующими динамику функциональной активности растения, его способностью эффективно адаптироваться к стрессовым ситуациям. В качестве таких параметров использованы скорость потока пара через устьица с максимальной апертурой устьиц и степень стабильности функциональной активности аквапоринов плазматической мембраны клеток мезофилла листа. К достоинствам этих показателей следует отнести их чрезвычайно высокую чувствительность к внешним воздействиям, а также относительную простоту измерения, методика которых была описана выше. В совокупности они позволяют оценить степень сбалансированности процессов поглощения воды и транспирационных потерь клетками мезофилла листа.

Гистограммы рисунка 4 демонстрируют скорость изменения массы образца в период сохранения максимального тургора клетками мезофилла листа при дегидратации, характеризующую интенсивность выхода пара через устьица опытных растений при различных величинах водного потенциала почвы. Согласно полученным данным, при понижении водного потенциала почвы скорость водоотдачи через устьица у растений салата возрастает, достигая максимума при -50 кПа - 173% от контроля, что указывает на наличие у растения в таких условиях деструктивных процессов. Организм не в состоянии адаптироваться к таким низким потенциалам влаги. В соответствии с данными рисунка 4 оптимальный режим увлажнения для салата находится в узком диапазоне: от 0 до -9кПа.

Зависимость скорости потока пара через устьица листьев клевера от величины водного потенциала почвы значительно отличается от этого процесса у салата (рисунок 4). В интервале водного потенциала от 0 до – 50 кПа устьичная проводимость пара листьев этой культуры практически не менялась. Поэтому этот диапазон доступности почвенной влаги для культуры является оптимальным. Лишь при водном потенциале -70 кПа скорость потока пара через устьица возросла относительно контроля на 30%, что дает основание считать эти условия для клевера стрессовыми.

Результаты опытов на ячмене подтвердили выводы на основе других тестов: системы регуляции водного гомеостаза этой культуры более устойчивы относительно салата и клевера к

понижению потенциала почвенной влаги. Более того, с уменьшением доступности влаги понижалась и величина скорости выхода пара из межклеточного пространства, составив при -70 кПа 78% от контроля (рис. 4).

Рис. 4. Скорость изменения массы образца в период сохранения максимального тургора клетками мезофилла листа при дегидратации в зависимости от водного потенциала корнеобитаемой среды.

Диаграммы рисунка 5 показывают особенности влияния потенциала почвенной влаги на время сохранения максимального тургора клетками мезофилла листа в процессе дегидратации, характеризующее функциональную активность аквапоринов плазматической мембраны клеток мезофилла листьев исследуемых видов растений. В начале работы было отмечено, что от функционального состояния аквапоринов, контролирующих потоки воды из апопласта в клетки, зависит скорость поступления CO_2 к центрам ее фотосинтетического восстановления, и активность передвижения воды по ксилеме. Накопленный опыт свидетельствует, что аквапорины клеток мезофилла листа являются главным регулятором как работы верхнего концевого двигателя, так и процесса поступления CO_2 в клетку, от чего во многом зависит эффективность фотосинтеза.

Важнейшей особенностью аквапоринов плазмалеммы является их высокая степень чувствительности к условиям среды. С их ухудшением аквапорины замедляют, а то и вовсе блокируют массообмен клетки, как бы изолируя ее от внешних воздействий. Ранее было установлено [27], что функциональное состояние растения определяется по кривой изменения толщины высечки листа (рис. 1а) в процессе ее дегидратации, точнее по наличию у этой кривой в стартовый период дегидратации отрезка, параллельного оси X. Последнее свидетельствует, что объем потерь воды тканью в процессе дегидратации и ее объем, поступившей из апопласта в клетки, равны. Соответственно, объем ткани листа остается стабильным. Количественно эту ситуацию легко оценить по времени, в течение которого осуществляется фиксация данного отрезка. Диаграммы рисунка 5 как раз и демонстрируют особенности изменений стартового отрезка кривых дегидратации исследуемых растений в зависимости от водного потенциала почвы.

Рис. 5. Время сохранения максимального тургора клетками мезофилла листа в процессе дегидратации в зависимости от водного потенциала корнеобитаемой среды.

Из приведенных на рисунке 5 гистограмм однозначно следует, что диапазон потенциала почвенной влаги, в пределах которого

объемы поступающей в клетки мезофилла воды из апопласта компенсирует объем вышедшей из них влаги, у салата лежит в диапазоне от 0 до -9 кПа, у клевера от 0 до -50 кПа, у ячменя от 0 до -70 кПа. Следовательно, можно констатировать, что установленная на основе устьичной регуляции ранжировка устойчивости исследуемых растений подтверждается измерениями функциональной активности аквапоринов плазматической мембраны клеток мезофилла листьев этих растений.

Может возникнуть вопрос относительно целесообразности идентификации ряда устойчивости по параметрам, результаты измерений которых во многом совпадают. Однако, сравнивая диаграммы рисунков 4 и 5, можно убедиться, что, например, устойчивость к понижению потенциала почвенной влаги у клевера достигается не за счет повышенной устьичной регуляции, согласно диаграммам она невысокая, а благодаря активности аквапоринов плазмалеммы. Достаточно очевидно, что использование тестов нескольких физиологических процессов повышает надежность выводов.

Заключение Представленный в работе сравнительный анализ морфоструктуры и водообмена растений салата, клевера и ячменя, выращенных при разных величинах потенциала почвенной влаги, свидетельствует о значительных различиях между данными культурами по исследованным параметрам. Комплекс установленных закономерностей позволил ранжировать культуры по уровню их устойчивости к понижению потенциала почвенной влаги: самым устойчивым к этому стрессору является ячмень, далее располагаются клевер и салат.

Между тем, согласно традиционной классификации экологических групп растений А.П. Шенникова [2], ячмень, клевер и салат объединены в одну группу - настоящих мезофитов. Как известно, большинство таких классификаций разработано на основе учета частоты встречаемости вида в конкретных условиях увлажнения: засушливых, влажных, избыточно увлажненных и т. п.

Естественно, что с помощью такого метода можно установить требовательность вида к условиям среды только на качественном уровне, вне оценки его адаптивного потенциала и стрессоустойчивости. Но именно такие характеристики вида в настоящее время чаще всего необходимы при составлении прогноза динамики растительности под влиянием быстро меняющегося

климата, для нужд растениеводства, для оптимального районирования новых сортов, для тестирования селекционного материала на засухо-жароустойчивость.

Для решения этих проблем предлагается следующая методика. Готовится серия субстратов, различающихся величиной потенциала почвенной влаги, например, от 0 до -70 кПа с градацией -10 кПа, добавлением в почву необходимого количества сильно набухающего полиакриламидного гидрогеля (Гисинар) или полиэтиленгликоля. На этих субстратах высеваются исследуемые культуры и таким способом в пределах каждого вида выявляются фенотипы, различающиеся степенью устойчивости к понижению потенциала почвенной влаги.

Далее, чтобы количественно оценить возникшие под влиянием того или иного потенциала почвенной влаги адаптивные изменения у каждого из фенотипов, на разработанной в лаборатории водного обмена растений ИЭБ НАНБ электронном мониторинге [28] измеряем следующие параметры листа: толщину листовой пластинки, объем межклетников, скорость передвижения пара через имеющих максимальную апертуру устьица и функциональную активность аквапоринов плазматической мембраны клеток мезофилла. В совокупности эти показатели позволяют определить экотипическую принадлежность вида, количественно оценить его адаптивный потенциал, а также степень устойчивости к дефициту почвенной влаги. Результатами такого анализа целесообразно дополнить традиционную экологическую характеристику вида. На базе такой информации можно разрабатывать детальные прогностические модели динамики растительности под влиянием меняющегося климата.

Литература

1. Варминг Е. Ойкологическая география растений (Введение в изучение растительных сообществ). Москва, 1901. 542 с.

2. Шенников А.П. Экология растений. Москва: Советская наука, 1950. 376 с.

3. Раменский Л.Г. Учет и описание растительности (на основе проективного метода). Москва: ВАСХНИЛ, 1937. 100 с.

4. Шереметьев С.Н., Гамалей Ю.В., Шийрэвдамба Ц. // Ботанический журнал. 1992. Т. 77. № 7. С. 44 – 58.

5. Федорук А.Т. Ботаническая география. Полевая практика. Минск: Изд-во БГУ, 1976. 224 с.

6. Юркевич И.Д., Буртыс Н.А., Бусько С.Р. // Ботаника (исследования): Сб. науч. тр. Минск: Наука и техника, 1986. Вып. 27. С. 89 – 96.

7. Парфенов В.И. Обусловленность распространения и адаптация видов растений на границах ареалов. Минск: Наука и техника, 1980. 208 с.

8. Заленский В.Р. // Известия Киевского политехнического института. 1904. Вып. 4. № 1.

9. Максимов Н.А. Краткий курс физиологии растений. Москва: Сельхозизд, 1958. 559 с.

10. Алексеев А.М. Водный режим растений и влияние на него засухи. Казань: Татгосиздат, 1948.

11. Galle A., Feller U. // Physiol. plant. 2007.Vol. 131. № 3. P. 412-421.

12. Farooq M., Basra S., Wahid A. // J. Agron. and Crop Sci.. 2009. V. 195. № 4. P. 254-261.

13. Howard A., Donovan L. // Plant Physiol. 2007. Vol. 143. № 1. P. 145-155.

14. Николаева М.К., Маевская С.Н., Шугаев А.Г., Бухов Н.Г. // Физиология растений. 2010. Т. 57. № 1. С. 94-102.

15. Giraud E., Ho Lois H., Clifton R. // Plant Physiol.. 2008. Vol. 147. № 2. P. 595-610.

16. Lobato A., Costa R., Neto C. // Plant, Soil and Environ. 2009. Vol. 55. № 4. P. 139-145.

17. Косаковская И.В. Стрессовые белки растений. Киев, 2008. 154 с.

18. Hussain M., Malik M.A., Farooq M. // J. Agron. and Crop Sci. 2009. Vol. 195. № 2. P. 98 - 109.

19. Mouillon Jean-Marie, Gustafsson Petter, Harryson Pia. // Plant Physiol. 2006. 141. № 2. C. 638 - 650.

20. Beck Erwin H., Fettig Sebastian, Knake Claudia, Hartig Katja. // J. Biosci. 2007. 32. № 3. C. 501-510.

21. Rohacek K. Bartak M. // Photosynthetica. 1999. V. 37. № 3. P. 339 – 363.

22. Krause G.H., Weis E. // Ann. Rev. Plant. Physiol. Mol. Biol. 1991. V. 42. P. 313 - 349.

23. Кабашникова Л.Ф., Пшибытко Н.Л., Абрамчик Л.М. Методы оценки физиологического состояния растений в условиях засухи: практ. пособие. Минск: Белорус. наука, 2007. 42 с.

24. Zivcak M., Brestic M., Olsovska K., Slamka P. // Plant, Soil and Environ. 2008. Vol. 54. № 4. P. 133-139.

25. Yang X., Zhang S., Liu X. // J. Northwest Univ. Nat. Sci. Ed.. 2007. Vol. 35. № 8. P. 160-164.

26. Реуцкий В. Г., Копылова Н.А., Родионов П.А. // Ботаника (исследования): Сборник научн.тр. Минск: Право и экономика, 2008. Вып. 36. С. 423-430.

27. Реуцкий В.Г., Родионов П.А. // Доклады НАН Беларуси. 2009. Т. 53. №. 1. С. 90-93.

28. Телюк Н.А., Реуцкий В.Г., Родионов П.А. // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. 1996. № 4. С. 38 – 42.

29. Гусев Н.А. Физиология воодообмена растений. Казань, 1966. 136 с.

В.Г. РЕУЦКИЙ, Т.А. СКУРАТОВИЧ, Е.С. ЗУБЕЙ, Н.А. ТЕЛЮК

МЕТОД ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И СТЕПЕНИ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ПО ОСОБЕННОСТЯМ ИХ МОРФОСТРУКТУРЫ И ВОДООБМЕНА

Резюме

В работе представлен сравнительный анализ морфоструктуры и водообмена растений салата, клевера и ячменя, выращенных при различных величинах потенциала корнеобитаемой среды (-9, -30, -50, -70 кПа). Комплекс установленных закономерностей позволил ранжировать культуры, принадлежащие к одной группе экоморф, по уровню их устойчивости к понижению потенциала почвенной влаги: самым устойчивым к этому стрессору является ячмень, далее располагаются клевер и салат.

V.G. REUTSKY, T.A. SKURATOVICH, E.S. ZUBEI, N.A. TELIUK

THE METHOD FOR ASSESSING THE ECOLOGICAL BELONGING AND DEGREE OF PLANT STRESS RESISTANSE ON THE CHARACTERISTICS OF THEIR MORPHOLOGICAL STRUCTURE AND WATER EXCHANGE

Summary

This paper presents a comparative analysis of morphological structure and water exchange of the lettuce, clover and barley plants grown at different values of the root medium potential (-9, -30, -50, -70 kPa). The complex of established patterns allowed to range crops, belonging to one ecomorph group, in terms of their resistance to a decrease in soil water potential: the most resistant to this stressor is barley, then arranged clover and lettuce

Поступила в редакцию 20.06.2011 г.

УДК 581.143.6:582.931.4

Е.В. СПИРИДОВИЧ[1], Т.И. ФОМЕНКО[1], Н.В. МАКЕДОНСКАЯ[1], В.П. КУРЧЕНКО[2], Л.А. ЛЮБАКОВСКАЯ[3], Н.Г. БРЕЛЬ[1], А.Н. ЮХИМУК[1], В.Н. РЕШЕТНИКОВ[1]

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В СОЗДАНИИ, ОЦЕНКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОЛЛЕКЦИИ СИРЕНИ ЦБС НАН БЕЛАРУСИ

[1]Центральный ботанический сад НАН Беларуси
[2]Белорусский государственный университет
[3]Витебский государственный медицинский университет им. Дружбы народов

Введение. Создание коллекций растений является наиболее эффективным путем сохранения, обогащения и рационального использования генетического разнообразия. В странах СНГ в том числе в России, Беларуси и Украине коллекции растений рассматриваются, прежде всего, как источник исходного материала для селекции и банк его сохранения, где образцы генофонда подобраны по степени фенотипического проявления отдельных признаков и их сочетаний [1,2]. Возможности пополнения генофонда растений Беларуси новыми полезными образцами далеко не исчерпаны, во всем мире не прекращаются работы по созданию новых форм и сортов растений, в т.ч. с использованием генно-инженерных технологий. Поэтому привлечение, описание и включение в коллекционные фонды нового генетического материала продолжает являться важнейшей задачей держателей ботанических коллекций, в особенности Ботанических садов, демонстрирующих биоразнообразие растительного мира [3, 4].

Род сирень (Syrínga L.) относится к семейству Маслинные (Oleaceae Lindl). Описан К.Линеем в 1753 г. Род включает листопадные деревья и кустарники. Распространена в Южной Европе и восточной Азии, в основном в Китае. Сирень - одно из наиболее популярных декоративных древесных растений. Наиболее репрезентативные коллекции этой культуры сосредоточены преимущественно в ботанических садах и интродукционных центрах, где обычно представлены малым числом экземпляров. Коллекция сирени в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси по видовому, сортовому и гибридному разнообразию полная и находится на уровне последних достижений в селекции и

составляет 248 таксонов. Видовая коллекции представлена 25 таксонами в возрасте 40–50 лет и состоит из трех секции рода сирень.

В данной работе обсуждаются результаты комплексных исследований по интродукции сирени, биохимической оценке видового материала на содержание биологически активных веществ, использование биотехнологических методов для представителей рода *Syringa* L. при создании коллекции культуры клеток и тканей ценных генотипов. Представлены результаты использования молекулярно-генетических методов для выявления генетического родства отдельных ценных генотипов и сортов в процессе их паспортизации, верификация клонов и сортов сирени коллекций разных ботанических садов.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили с асептическими культурами сирени обыкновенной S.vulgaris сортов М-м Флорен Степман, Флора, Красавица Москвы, Радж Капур, Лаплас, Павлинка, Нестерка, Жемчужина и Лунный Свет. Клонирование осуществляли методом одноузловых черенков.

В эксперименте микрочеренки культивировали на следующих питательных средах: Murashige and Skoog (MS) [5]; Woody Plant Medium (WPM) [6]; Gamborg (B5) [7]; Simmonds and Comming (SC) [8]. При оценке коэффициента размножения учитывали среднее число узлов, формирующихся на одном побеге в течение одного субкультивирования.

Модификации сред касались состава макросолей и включали следующие варианты:1,5 количества макросолей MS; макросоли по MS с половинным содержанием нитрата аммония (MS модиф.). В результате каждого субкультивирования оценивали коэффициент размножения, длину побегов, средние показатели сырого и сухого веса одного побега. Среда культивирования содержала бензиладенин (БАП) в концентрациях 1; 2; 3 и 5 мг/л; либо изопентениладенин (2iP) в концентрациях 1 и 5 мг/л.

Культуры выращивались в климатической камере при температуре 25±1°C, интенсивности освещении 6Wm^{-2} и 16-часовом фотопериоде.

Препараты суммарной ДНК получали по методике из листьев растений [9]. В работе использовали 10 олигонуклеотидных десятичленных праймеров. Продукты ПЦР разделяли и визуализировали по стандартным методикам [10].

Результаты и обсуждение. Род сирень (Syrínga L.) насчитывает около 100 видов (www.tropicos.org) Также существует большое количество сортов, межвидовых гибридов и форм среди других видов данного рода. В настоящее время род сирень подразделяют на 2 подрода: сирени и лигустрина. Подрод сирени состоит из черырех серий: пушистые, волосистые, перистолистные и настоящие сирени. В течение нескольких столетий ее культивируют в умеренных широтах Евразии и Северной Америки. Практически все виды рода *Syringa* L. в большей или меньшей степени декоративны и устойчивы в культуре. Целенаправленная работа по созданию сортов сирени была начата в середине XIX в. Большинство культиваров было выведено в первой половине XX в. В настоящее время Международный регистр сирени (International Register and Checklist of Cultivar Names in the Genus *Syringa* L.) насчитывает около 2000 сортов. В создании национального генофонда коллекции сирени ЦБС НАН Беларуси вложен труд нескольких поколений ботаников-интродукторов: Н.В. Смольского, В.Ф.Бибиковой, Э.А.Бурой, Г.И.Матусевича, Н.В. Македонской.

Работа по интродукции сирени и уже тесно увязывалась с задачами максимального внедрения научных достижений в зеленое строительство республики. С 1961 по 2011 гг. интродуцировано более 300 сортов сирени. Все они оценены по декоративности, продуктивности и пригодности для различных технологий выращивания. Более 60 сортов признаны пригодными для промышленного разведения. На основе данных по интродукции рода *Syringa* L. были отобраны высокодекоративные и устойчивые виды и сорта для проведения комплексных исследований с использованием анатомо-морфологических, биотехнологических и молекулярно-генетических методов.

Состав коллекций ЦБС НАН Беларуси достаточно полно отражает генотипическое разнообразие рода *Syringa* L. (Рис. 1).

Рис 1. Распределение сортов коллекций на группы по форме и окраске цветка (в соответствии с Международным регистром рода *Syringa* L.).

В коллекции представлены сорта с простыми (60%) и махровыми (40%) цветками; с широкой цветовой гаммой: белой (17%), фиолетовой (9%). голубоватой (9%), лиловой/сиреневой (26%), розоватой (15%), мажентовой (8%), пурпурной (16%).

Данные, полученные на основе многолетних фенологических наблюдений, изучения особенностей роста и цветения, нуждаются в систематизации и дополнении биохимическими характеристиками. Сложность генетической интерпретации морфологических признаков, связанная с полигенным наследованием и, как правило, сильным влиянием среды на фенотипическое проявление признака, зачастую ограничивает использование методов традиционного описания морфологических и цитологических характеристик растений.

Из литературных данных следует, что кора и листья сирени является важным источником биологически активных соединений [11]. Однако информация по количественному содержанию данных веществ, в частности сирингина, у различных представителей рода Syrínga отсутствует. Совместно с сотрудниками Белгосуниверситета была проведена количественная характеристика экстрактов коры сирени по содержанию сирингина. Полученные данные представлены в таблице 1. Они хорошо согласуются с результатами ТСХ и указывают на то, что наибольшее количество сирингина обнаруживается в коре *S.*

reticulata, которое более чем в полтора раза выше, чем у других видов сирени, также характеризующихся высоким содержанием сирингина. К числу последних можно отнести *S. villosa, S. vulgaris, S. emodi, S. yunnanensis, S. amurensis* и *S. wolfii*. Напротив, сирингин практически отсутствует в коре *S. sweginzowii*, а у *S. reflexa* и *S. pekinensis* его количество практически в 10 раз меньше чем у *S. reticulata*.

Таблица 1. Содержание сирингина в спиртовых экстрактах различных видов сирени по данным ВЭЖХ анализа

Виды	Площадь пика, mAU*s	Содержание сирингина, мг · $г^{-1}$ сухой массы
S. reticulata	6556,6	4,90
S. villosa	4240,4	3, 17
S. vulgaris	4092,5	3,06
S. emodi	3976,0	2,97
S. wolfii	3845,4	2,87
S. amurensis	3779,2	2,82
S. yunnanensis	3721,9	2,78
S. pubescens	3192,0	2,38
S. josikaea	3010,2	2,25
S. microphylla	2108,4	1,57
S. pekinensis	769,9	0,58
S. reflexa	688,8	0,51
S. sweginzowii	0	0,00

Проведенные исследования позволили выявить наиболее перспективный источник биологически активного фенольного гликозида сирингина среди различных представителей рода *Syringa*, произрастающих на территории Ботанического сада НАН Беларуси [12]. Кроме того, обнаружены иридоиды: метилсирамуральдегид в коре сирени амурской (*Syringa amurensis* Rupr.), дезоксилогановая, 8–эпидезоксилогановая, 7–эпилогановая и логановая кислоты – сирени венгерской (*Syringa josikae* Jacg. Fil.). Кора и листья молодых ветвей сирени амурской (Syringa amurensis Rupr.) и сирени Вольфа (Syringa wolfii Schned.) обладают антиоксидантными свойствами.

Очевидно, что проведение селекционных работ, направленных на повышение содержания сирингина, и разработку и получение

суспензионной культуры клеток с повышенныс содержанием БАВ, целесообразно выполнять, используя *S. reticulata* в качестве исходного материала.

Наряду с традиционными методами сохранения растений ex situ все большее значение приобретает использование для коллекции сирени культуры изолированных тканей и органов. Применение клеточных биотехнологий обеспечивает ускоренное получение новых ценных форм и линий декоративных культур, используемых в селекции на устойчивость, продуктивность и качество. Микроклональное размножение растений позволяет получать растения, идентичные исходному типу. При микроклонировании наиболее полно реализуется регенерационный потенциал первичных меристем. Это особенно важно для размножения генотипов и декоративных форм растений, ценные характеристики которых нельзя поддержать при семенном воспроизведении. Растения-регенеранты, полученные с помощью биотехнологических методов в дальнейшем можно размножать микрочеренкованием побега, сохраняющего апикальное доминирование, для увеличения количества посадочного материала.

Отработка основных этапов размножения in vitro является первым и обязательным условием применения в промышленных масштабах любых биотехнологий, связанных с регенерацией целого растения. Коллекции *in vitro* являются маточником, донором для их расширенного воспроизводства и тиражирования. Создание технологии производства посадочного материала, оздоровленного через культуру *in vitro*, один из насущных вопросов, требующий тщательного изучения особенностей культивирования различных сортов в ходе этого процесса.

Известно, что существует комплекс факторов, каждый из которых в отдельности и в сочетании с другими оказывает заметное влияние на развитие меристем *in vitro*. Среди них наиболее важными являются тип экспланта, генотип растений, условия культивирования донорных растений, состав питательных сред и другие. Особенности клонального микроразмножения и выбор оптимальной модели культивирования *in vitro* тесно связаны с биологическими особенностями вида и его размножением в природе. У эксплантов сирени в культуре *in vitro* происходит реализация органогенного потенциала пазушных почек, а также

активизация деятельности клеток пазушной меристемы. Растения-регенеранты развиваются посредством прямого органогенеза, минуя стадию каллусообразования [13].Культивирование побегов сирени на разных питательных средах показало, что для всех исследованных сортов наиболее эффективное клонирование наблюдалось на среде MS (рис.2).

Рис. 2. Влияние различных питательных сред на коэффициент размножения: F.S.-М-м Флорен Степман, P.-Павлинка, F.-Флора, B.-Красавица Москвы, R.K.-Радж Капур, L.-Лаплас, M.-Лунный Свет.

Среда MS имеет богатую композицию минеральных солей, что способствует эффективному микроклонированию сирени, но и поддерживает развитие аномалий связанное с гипероводненностью побегов. Одной из причин этого может быть избыток аммонийных ионов. Культивирование на средах WPM, B5 и SC, напротив, позволяло преодолеть развитие этих аномалий. В ходе оптимизации питательной среды для культивирования сирени Pierik с сотрудниками пришли к выводу, что увеличение концентрации макросолей MS в 1,25-1,5 раза улучшает микроразмножение [14,15]. Наши эксперименты также показали, что на эффективность микроразмножения сирени может оказывать существенное влияние еще количество аммонийного азота и соотношение в питательной среде аммонийных и нитратных ионов (табл.2). Использование модифицированной среде MS также способствовало увеличению сырой и сухой вес сформированных побегов.

Таблица 2. Влияние минерального состава питательной среды на микроразмножение сирени

Сорт	Среда	Коэффициент размножения	Длина побегов, мм	Случаи Аномалий
Лунный свет	Контроль MS	3,5±0,6	21,8±4,9	++
	MS	3,6±0,7	15,4±3,8	-
	MS модиф.	5,0±0,5	46,9±4,4	+
	1,5 MS модиф.	4,8±0,3	35,1±9,5	-
Нестерка	Контроль MS	4,2±0,3	15,5±3,6	++
	MS	5,2±0,5	28,7±2,0	+
	MS модиф.	5,1±0,3	24,3±2,7	-
	1,5 MS модиф.	5,5±0,5	31,1±7,3	+

Примечание: - без аномалий, + менее 10% аномальных побегов, ++ свыше 50% аномальных побегов.

На этапе микроразмножения наиболее важной группой регуляторов роста являются цитокинины [15,16]. Из трех цитокининов (кинетин, БАП, 2iP), действие которых мы анализировали, только БАП и 2iP оказались эффективными. Культивирование микрочеренков на средах с 1, 2 и 3 мг/л БАП в течение первого субкультивирования не показало достоверных различий в коэффициенте размножения для сортов Лунный Свет и Нестерка. Только для сорта Павлинка наблюдалось повышение этого показателя с увеличением концентрации БАП и различия между вариантами с 1 и 3 мг/л БАП были достоверны. Во втором субкультивировании тенденция к увеличению скорости размножения с возрастанием содержания в среде БАП проявилась у всех трех сортов. Сирень демонстрирует определенную толерантность как к типу, так и к концентрации цитокинина в питательной среде, однако ряд сортов имеет специфическую потребность либо в БАП, либо в 2iP (табл.3). Хотя для всех сортов отмечен высокий коэффициент размножения, а для сортов Флора и Лунный Свет получена наибольшая масса формирующихся побегов (табл.4). Однако, длительное использование таких доз регуляторов роста неизбежно приведет к накоплению аномалий развития.

Из приведенных в таблице 3 данных видно, что для сорта Нестерка БАП в концентрации 3 мг/л предпочтительнее, так как и коэффициент размножения, и длина, и масса побегов на этой среде у него достоверно выше, чем на среде с 1 мг/л 2iP. Концентрация БАП 1 мг/л недостаточна. Для сорта Красавица Москвы, напротив,

по всем показателям видно преимущество культивирования на среде с 1мг/л 2iP.

Таблица 3. Влияние различных типов и концентраций цитокининов на эффективность роста и размножения сирени обыкновенной

Сорт	Тип и концентрация цитокининов	Коэффициент размножения	Длина побегов, мм
Флора	3 мг/л БАП	5,1±0,2	66,4±0,6
	5мг/л БАП	5,7±0,2*	55,2±9,4
	1 мг/л 2iP	5,5±0,2	61,5±4,1
	5 мг/л 2iP	6,5±0,9 *	56,6±4,1
Красавица Москвы	3 мг/л БАП	6,5±0,1	47,9±5,5
	1 мг/л 2iP	6,0±0,2	75,1±1,7
	5 мг/л 2iP	6,8±0,6 *	27,3±1,9 **
Нестерка	1 мг/л БАП	4,6±0,1	22,2±3,8**
	3 мг/л БАП	5,3±0,4	60,6±1,8
	1 мг/л 2iP	5,0±0,3	36,0±3,4
	5 мг/л 2iP	6,3±0,3 *	55,9±1,9
Лунный Свет	1 мг/л БАП	4,3±0,5	52,6±4,3
	3 мг/л БАП	5,1±0,2	54,8±2,3
	5 мг/л БАП	5,9±0,5 *	66.9±5,9
	1 мг/л 2iP	5,2±0,3	60,8±3,1
	5 мг/л 2iP	5,3±±0,3*	61,1±4,6

Примечание: * активация пазушных почек, ** формирование сильно укороченных побегов.

Кроме оптимизации состава питательной среды и используемого гормонального баланса, большое значение для успешного культивирования растений *in vitro* имеют физические факторы, такие как температура и освещение. Оптимальными для культивирования сирени является температура 25±1°С. При повышении температуры культивирования выше 27°С увеличивается количество аномальных побегов. Если температура культивирования опускается ниже 22°С, рост побегов сильно замедляется.

Условия освещения заметно влияли на габитус формирующихся растений. Площадь листьев в условиях низкой интенсивности освещения была гораздо меньше, чем при более ярком освещении. Для большинства изучаемых сортов низкая интенсивность освещения способствовала развитию слабых истонченных побегов. Наиболее серьезное внимание оптимизации

условий освещения при культивировании сирени уделялось в работе R.L.M.Pierik et al. [15]. При культивировании сирени *in vitro* диапазон условий освещения, которые авторы считают оптимальными, варьирует от 4 Wm^{-2} до 6 Wm^{-2} [17]. Однако это не исключает существование сортов сирени с более высоким оптимумом освещения 6-7 Wm^{-2} , как например сорт Красавица Москвы.

Таблица 4. Влияние концентраций цитокининов различных типов на массу формирующихся побегов сирени обыкновенной

Сорт	Тип и концентрация цитокининов	Сырая масса, мг	Сухая масса, мг
Флора	3 мг/л БАП	145,7±8,8	26,6±1,3
	5мг/л БАП *	141,9±47,7	25,4±2,6
	1 мг/л 2iP	115,9±13,6	22,2±0,6
	5 мг/л 2iP *	154,5±1,0	24,7±1,4
Красавица Москвы	3 мг/л БАП	207,3±8,9	26.6±2,2
	1 мг/л 2iP	254,5±4,0	41,2±1,0
	5 мг/л 2iP *	101,1±7,2	12,7±1,1
Нестерка	3 мг/л БАП	221,2±3,4	34,3±3,3
	1 мг/л 2iP	112,6±15,4	23,9±3,2
	5 мг/л 2iP *	196,3±18,6	27,0±3,0
Лунный Свет	3 мг/л БАП	213,6±6,0	31,1±1,3
	5мг/л БАП *	217,9±1,6	30,3±1,2
	1 мг/л 2iP	157,7±33,1	27,1±4,3
	5 мг/л 2iP *	236,9±20,3	39,7±1,1

Примечание: * активация пазушных почек.

Исследованы особенности адаптации микроклонов различных сортов сирени ex vitro. Укорененные растения сирени разных сортов (Моник Лемуан, Абель Карьер, Поль Ариа, Кавур, Михаил Шолохов, Жемчужина, Флора, Павлинка, Лунный Свет, Сенсация, Рочестер, Франк Паттерсон, А. Громов, Сумерки, Никитская, Кончаловский, Павлика, Амии Шотт, Мадам Казимир Перье, Радж Капур, Виргиниана) были высажены на адаптацию в почвенно-песчаную смесь в условиях теплицы (рис.3).

В настоящее время коллекция рода *Syringa in vitro* ЦБС НАНБ состоит из 65 сортов *S. vulgaris L.*, на стадии получения стерильной культуры находится еще 7 сортов селекции Л.А. Колесникова и американской селекции, а также 4 вида *S. reticulata (Blume) H. Hara, S. villosa Vahl, S. amurensis Rupr. и S. oblata Lindl*. 25 %

коллекции составляют сорта Л.А. Колесникова, 11 % - сорта белорусской селекции, 15 % составляют сорта Лемуана, 7 % - сорта Н.Л. Михайлова, остальная часть коллекции представлена сортами американской, голландской, российской, латышской и украинской селекции.

Рис. 3. Микроклональное размножение в культуре *in vitro* и размножение *ex situ* сирени сорта Павлинка.

В качестве адаптационного субстрата была использована смесь из песка (верхний и нижний слои) и смеси листовой и дерновой земли (средняя часть). Субстрат обрабатывали 0,4 % раствором фунгицида (Байтан, Винцит) для предотвращения поражения адаптантов грибной инфекцией, которой растения сирени, извлеченные из стерильных условий и помещенные в условия теплицы, подвержены в большой степени. В процессе адаптации в ящиках под полиэтиленовой пленкой или спанбондом растения также обрабатывались из пульверизатора 0,2 % раствором фунгицида. В феврале – апреле растения трижды с интервалом 1

месяц обрабатывались препаратом Эпин, который является регулятором роста и иммуностимулятором, и оказывает защитное действие на растения в неблагоприятных условиях, повышает устойчивость к вредителям и болезням.

Приоритетными для длительного хранения также являются хозяйственно-ценные виды сорта и, в частности, виды с высоким содержанием сирингина — S. villosa, S. vulgaris, S. emodi, S. yunnanensis, S. amurensis. Они также были введены в культуру в 2011 г. и составляют *in vitro* коллекцию клеток лекарственных растений сирени, как основу массового промышленного производства физиологически активных соединений из растений. Эта работа была начата и проводится в тесном сотрудничестве с Витебским Государственным Медицинским университетом им. Дружбы народов. Так, установлен спектр фенольных соединений листьев и цветков *Syringa vulgaris* L. дикорастущей и культиварах: Радж Капур, Лунный Свет, М.Шолохов, Красавиц Москвы, Партизанка: флавоноиды (рутин, астрагалин, кемпферол-3 рамноглюкозид), фенольные кислоты (кофейная, феруловая, ванилиновая гидроксикофейная, пара-гидроксифенилуксусная, пара-гидроксибензойная, пара-кумаровая, о-гидроксикоричная кислота), простые фенолы (тирозол, резорцин) [18,19]. Определено количественное содержание ФС в культиварах. Сумма ФС в *Syringa vulgaris* L. с. М.Шолохов составляет: в листьях — 23,35±0,50 мг/г, цветках — 24,14±0,28 мг/г [18]. Впервые разработаны условия для культивирования каллуса *Syringa vulgaris* L. с. М.Шолохов характеризующегося высоким содержанием суммы ФС (11,27±0,02 мг/г) и ростовых показателей: максимальным накоплением сухой биомассы (4,608±0,027 г/л), экономическим коэффициентом по сухой биомассе (0,15±0,001 г биомассы на 1 г потребленной сахарозы), продуктивностью по сухой биомассе (0,08±0,001 г/л в сутки) [19].

Необходимым этапом при создании, сохранении и поддержании коллекций *ex situ и in vitro*, а также при обмене коллекционными образцами между учреждениями является проведение скрининга коллекционных фондов, выявление и отбор хозяйственно-ценных таксонов, оценка степени генетического разнообразия отобранных таксонов, формирование core-коллекций (коллекций, сохраняющих максимальное генетическое разнообразие) in vitro, создание базы данных, включающей наряду

с морфологическим описанием молекулярно-генетические и биохимические данные по каждому конкретному образцу. Эта работа была начата в 2003 г., когда была создана комплексная база данных коллекции сирени, сегодня создается информационно-поисковая база данных белорусских коллекций *in vitro,* обеспечивающая эффективное хранение и обработку информации о паспортизированных образцах, что даст основу для расширения сотрудничества и информационного обмена в целях сохранения биоразнообразия [20].

При проведении молекулярно-генетических работ, начатых с 2005 г., был найден быстрый и простой метод выделения ДНК из листовой ткани сирени, подобраны эффективные праймеры и оптимизированы условия проведения полимеразной цепной реакции, при этом варьировали концентрацию ионов Mg^{2+}, *Tag*-полимеразы, праймеров и самого препарата ДНК. Метод RAPD-анализа адаптирован для популяционно-генетических исследований и генотипической паспортизации сирени. На основании полученных RAPD-спектров для 18 представителей рода Syringa были составлены многолокусные RAPD-паспорта. Выявлена генетическая стабильность полученных микропобегов в коллекции *in vitro* и материнских сортов сирени. Разработанная методическая основа молекулярно-генетического и биохимического документирования коллекционного материала сирени будет продолжена как основа единых требований к держателям коллекций разных ботанических садов, особенно для коллекций in vitro. Известно, что изменчивость среди растений, регенерированных in vitro, бывает очень высокой, поэтому немаловажным условием стабильного подержания полученных микропобегов, является контроль и сохранение стабильности генотипа. Такая работа уже начата при сравнении микроклонов сортов Партизанка и Свитязянка из коллекций in vitro ЦБС НАН Беларуси и ГБС РАН. На рисунке 4 представлен результат электрофоретического разделения ампликонов полученных в результате полимеразной цепной реакции тотальной ДНК двух сортов сирени (Партизанка и Свитязянка из коллекции in vitro) с декамерным праймером OPD–03. Для сорта Свитязянка (треки 3 и 4) уровень полиморфизма при RAPD-PCR оказался 10,6 % (2 полиморфных фрагмента из 19). Видно, что для обоих сортов наиболее интенсивные полосы являются мономорфными,

полиморфизм наблюдается среди минорных фрагментов, что говорит об идентичности образцов этого сорта из обоих коллекций. Для другого сорта — Партизанка — наблюдается несколько другая картина: уровень полиморфизма между образцами оказался 20,0 % (2 полиморфных фрагмента из 10), у образцов из разных коллекций различия наблюдаются среди мажорных бэндов (в области 68 и 73 с.).

Рис. 4. Сравнительная гель-электрофореграмма разделения ампликонов (ПЦР с праймером OPD–03) сортов Партизанка и Свитязянка: 1 – Партизанка [ЦБС], 2 – Партизанка [ГБС], 3 – Свитязянка [ЦБС], 4 – Свитязянка [ГБС]

Наблюдаемую изменчивость среди растений, регенерированных *in vitro*, можно объяснить сомаклональной изменчивостью: мутациями, хромосомными нарушениями, а также возникновением полиплоидных клеток. Для подтверждения генетической идентичности полученных клонов из коллекций двух ботанических садов, работу следует продолжить с использованием других методов PCR анализа.

В отделе биохимии и биотехнологии растений в ботаническом саду на основе препаратов создается ДНК-банк. В банк ДНК попадают образцы хозяйственно-ценных, а также редких и охраняемых растений Беларуси, банк призван решить задачи в области сохранения и изучения биоразнообразия флоры с использованием современных молекулярных методов. Препараты ДНК необходимо сохранять в строго контролируемых условиях (–80°C). К препаратам ДНК для длительного хранения предьявляется

повышенные требования по качеству: препарат ДНК должен быть высокомолекулярным, неповрежденным, быть определенной концентрации и чистоты, не содержать примесей РНК, белков, ДНКаз, ингибиторов активности Taq полимеразы, чтобы обеспечить возможность их использование в дальнейших анализах (секвенирование, генотипиторвание различными маркерными системами), а также для дальнейшего обмена информацией и ДНК с различными научными центрами мира в области сохранения и изучения биоразнообразия. Таким образом, удаётся сохранить хозяйственно-ценные генотипы сирени, представляющие сорта собственной селекции ЦБС, продуценты биологически-активных веществ, особо-ценные сорта (27 таксонов).

Работа с генетическими ресурсами рода Sirynga на уровне создания коллекции открытого грунта (таксоны), гербария, семенотеки или банка семян, активной живой коллекции, создания in vitro коллекции клеток и тканей лекарственных видов и сортов сирени, а также репрезентативных и востребованных сортов, создание ДНК-банка редких и хозяйственно-ценных видов и сортов с использованием биохимического анализа и молекулярно-генетического типирования отражена в схеме на рисунке 5.

Таким образом, созданая в ЦБС НАН Беларуси, репрезентативная коллекция видов и сортов рода Syringa L. постоянно пополняется, что создает предпосылки для сохранения биологического разнообразия, проведения широкого спектра научных исследований, реализации образовательных программ, применения принципиально новых подходов массового размножения для целей озеленения, разработки методов культивирования тканей и клеток растений сирени — продуцентов биологически активных веществ для фармацевтического использования.

Заключение. Формирование и создание активной репрезентативной коллекции сирени создает предпосылки как для широкого спектра научных исследований, так и для сохранения и расширения биологического разнообразия *ex situ*. Комплексное исследование с использованием традиционных и биотехнологических подходов позволяет сохранить и увеличить видовое и сортовое разнообразие коллекции сирени ЦБС НАН Беларуси. Отбор образцов для формирования *in vitro* культуральной коллекции клеток и тканей сирени и поддержание генетической

чистоты таксонов проводится на основе современных молеклярно-генетических методов изучения биоразнообразия растений. Создание коллекции меристемных культур и ДНК коллекции редких сортов собственной и зарубежной селекции, а также хозяйственно-ценных таксонов сирени является основой для использования этой культуры при разработке технологии производства посадочного материала, оздоровленного через культуру *in vitro*, а также технологии получения биомассы клеток для фармацептического использования.

Рис. 5. Схема направлений исследований коллекции сирени.

Литература

1. Коваль С.Ф., Коваль В.С., Тымчук С.М., Богуславский Р.Л. // Цитология и генетика. 2003. Т. 37. №4. С. 46-53.

2. Белокурова В.Б., Листван Е.В., Майстров П.Д., Сикура И.И., Глеба Ю.Ю. // Цитология и генетика. 2005. № 1. С. 41-51.

3. Решетников В.Н., Володько И.К., Мотыль М.М. // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. 2003. № 4. С. 5-8.

4. Т.И. Новикова, А.Ю. Набиева, Т.В. Полубоярова // Вестник ВОГиС. 2008. Т. 12. № 4. С. 564 - 572.

5. Murashige T., Skoog F. //Physiol.Plaht. 1962. V.15. P.473-497.
6. Lloyd G., McCown B. //Proc.Inter.Pl.Prop.Soc. 1980. V. 30. P.421-427.
7. Gamborg O.L., Miller R.A., Ojima R. //Exp.Cell Res. 1968. V.50. P.151-158.
8. Simmonds J.A., Comming B.G. // Sci.Hort. 1976. V.5. P.161-170.
9. Doyle J.J., Doyle J.L. // Focus. 1990.V.12. P. 13-15.
10. Westermeier R. Electrophoresis in practice (Third Edition).–WILEY-VCH Verlag: Weinheim, 2001. 349 p.
11. Любаковская Л.А. // Вестн. фармации. 2002. № 3. С. 28–30.
12. Подберезкин В.С., Червяковский Е.М., Янцевич А.В., Гаранович И.М., Спиридович Е.В., Курченко В.П. // Труды Белорусского Государственного Университета. Серия: Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. 2010. Т.2. С. 34-39
13. Молканова О.И., Зинина Ю.М., Македонская Н.В., Брель Н.Г., Фоменко Т.И., Спиридович Е.В. // Физиол. и биохим. культур. растений. 2010. Т. 42., №2. С.117-124
14. Pierik R.L.M., Steegmans H.H.M., Sprenkels P.A. // Biotechnology in Agriculture and Forestry. 1992. V.20. P. 407-426.
15. Skrzypczak E. // Arboretum Kornickie, 1992, V.37. P.21-41.
16. Wandenmaies S., Bunemann G. // Acta Horticulturae, 1991.V.300. P.201-209.
17. Welander N.T. //J.Hort.Science, 1987. V.62. P.89-96.
18. Любаковская Л.А., Яковлева О.А. // Вестн. ВГМУ. 2010. Т. 9. №. 1. С. 150-155.
19. Яковлева О.А., Любаковская Л.А., Брель Н.Г. // Вестн. ВГМУ. 2007. Т. 6. № 4. С. 162-166.
20. Решетников В.Н. Сохранение и изучение генофонда сирени в ЦБС НАН Беларуси / В.Н. Решетников [и др.] // В кн. Проблемы лесоведения и лесоводства: сборник научных трудов.- Гомель: ИЛ НАН Беларуси. 2007. С.238 - 245.

Е.В. СПИРИДОВИЧ, Т.И. ФОМЕНКО, Н.В. МАКЕДОНСКАЯ,
В.П. КУРЧЕНКО, Л.А. ЛЮБАКОВСКАЯ, Н.Г. БРЕЛЬ, А.Н. ЮХИМУК.
В.Н. РЕШЕТНИКОВ

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В СОЗДАНИИ, ОЦЕНКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОЛЛЕКЦИИ СИРЕНИ ЦБС НАН БЕЛАРУСИ

Резюме

Комплексное исследование с использованием традиционных и биотехнологических подходов позволяет сохранить и увеличить видовое и сортовое разнообразие коллекции сирени ЦБС НАН Беларуси. Создание коллекции меристемных культур и ДНК коллекции редких сортов собственной и зарубежной селекции сирени является основой использования этой культуры при разработке технологии производства посадочного

материала, оздоровленного через культуру *in vitro*, и технологий получения биомассы клеток для фармацептического использования.

E.V. SPIRIDOVICH, T.I. FOMENKO, N.V. MAKEDONSKAJA,
V.P KURCHENKO, L.A. LUBAKOVSKAJA, N.G. BREL, A.N. UHYMUK,
V.N. RESHTNIKOV

BIOTECHNOLOGICAL AND BIOCHEMICAL APPROACHES TO CREATION, APPRECIATION AND EMPLOYMENT OF THE LILAC COLLETION IN CBG OF HAS OF BELARUS

Summary

Complex research with use of traditional and biotechnological approaches allows to keep and increase a specific and high-quality variety of a lilac collection of TSBS HAH of Belarus. Creation of meristems cultures collection and DNA collection of rare own and foreign selection lilac species is a basis for use of this culture for production technology of the landing material improved through culture *in vitro*, and also for working out of technologies of reception of cell biomass for pharmaceptic uses.

Поступила в редакцию 29.04.2011 г.

УДК 58.036.5:631.811.982:633.853.494

А.Ф. СУДНИК, Н.А. ЛАМАН, О.В. ДОРОЩУК, Л.Б. КУКАНЕГО

ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ БРАССИНОСТЕРОИДОВ В СОСТАВЕ ИНСЕКТО-ФУНГИЦИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ РАПСА (*BRASSICA NAPUS* L.) В УСЛОВИЯХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Введение. Интерес к проблеме низкотемпературной устойчивости обусловлен, прежде всего, ее значимостью для растениеводства, несущего огромные потери урожая в процессе перезимовки растений и ранневесенних заморозков. Кроме этого, под влиянием антропогенных факторов усиливается нестабильность климата, которая проявляется в последние годы в резких перепадах температуры в относительно короткие промежутки времени. Повышение устойчивости растений в этих условиях приобретает первостепенное значение, а поведение растения в нестабильной среде признано центральной проблемой физиологии растений в XXI веке.

В последнее десятилетие рапс стал одной из важнейших масличных и белковых культур Беларуси. Рапсовое масло широко используется на пищевые цели, для производства биотоплива, а жмых – как ценный компонент комбикормов для животных [1, 2]. Посевы рапса в республике составляют около 500 тысяч гектаров, главным образом озимого. Однако до конца не решенной проблемой при возделывании рапса остается его недостаточная устойчивость к низким температурам. Например, в осенне-зимний период 2010-2011 годов не перезимовало по республике от 20 до 40% площадей этой культуры. Это обусловлено тем, что в перечне 12 районированных и перспективных сортов озимого рапса белорусской селекции, которые считаются более холодоустойчивыми по сравнению с западноевропейскими сортами и гибридами, нет генотипов с зимостойкостью выше 70-74%.

При пониженных температурах уменьшается синтез фитогормонов и негормональных стимуляторов роста, увеличивается образование ингибиторов роста, что вызывает нарушение гормонального баланса в растении. В этом плане перспективным способом повышения холодоустойчивости является обработка растений фитогормонами или их синтетическими аналогами. Здесь особый интерес представляют брассиностероиды, которые рассматриваются в настоящее время в качестве адаптогенов [3], в частности повышают устойчивость растений к низкой и высокой температурам [4-7].

В настоящее время для предпосевной обработки семян широкое распространение получают инсекто-фунгицидные композиции с включением регуляторов роста, что позволяет снизить дозы химических средств защиты без существенной потери их биологической эффективности, снять стрессорное влияние на растения пестицидов и неблагоприятных погодных условий.

Целью данной работы являлось изучение особенностей действия брассиностероидов в составе разработанных композиций, включающих аналоги зарегистрированного фирменного протравителя фунгицидного действия с торговой маркой ТМТД и инсектицид имидаклоприд, на физиолого-биохимические особенности проростков ярового и озимого рапса после воздействия низкотемпературного стресса.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили семена и проростки рапса ярового (*Brassica napus* L.)

сорта «Гермес» и рапса озимого (*Brassica napus* L.) сорта «Лидер» [8].

Семена обрабатывали защитно-стимулирующими составами, разработанными на основе аналогов зарегистрированного протравителя фунгицидного действия с торговой маркой ТМТД (ВСК: тирам, 400 г/л; норма расхода – 6 л / 10 л H_2O / 1 т семян; для защиты от черной ножки и плесневения семян) (ЗАО Фирма «Август», Россия) [9], путем инкрустации пленкообразующим раствором поливинилацетата (ПВА) в эфирно-альдегидной фракции этилового спирта (ЭАФ) [10]. Химическое соединение фунгицидного действия – тирам в рекомендованной для эталона ТМТД (2400 г/т семян) и сниженной на 25% дозах (1800 г/т семян) было растворено в 1%-ном растворе непластифицированной (не содержащей дибутилфталат (ДФ)) поливинилацетатной дисперсии (ПВАД Д 51 В) в ЭАФ. Далее в раствор со сниженной на 25% дозой фунгицида были внесены имидаклоприд (1200 г/т семян) и смесь брассиностероидов (БС) – эпи- и гомобрассинолида (ЭБ + ГБ, 10^{-6} и $2*10^{-6}$ М или 10 (5 + 5) и 20 (10 + 10) мг/т семян). Расход рабочей жидкости – 10 л/т семян. Контролями служили семена, не подвергавшиеся воздействию исследуемых препаратов и обработанные эталоном ТМТД.

Проращивание семян на фильтровальной бумаге и оценку качества посевного материала осуществляли по ГОСТ 12038-84 [11] и методике, описанной в [12]. Семена проращивали в термостате ТПС-2 при постоянной температуре 22°С в чашках Петри, накрытых пластмассовыми прозрачными колпаками, на фильтровальной бумаге, с постоянной подачей воды по бумажным фильтрам через прорези в чашках, в 3-хкратной повторности (100 штук на чашку). Оценку и учет проросших семян для определения энергии прорастания проводили на 3-е сутки, всхожести – на 7-е сутки.

Проращивание семян в рулонах осуществляли по ГОСТ 12038-84 [11] и методике проращивания плоских и мелких семян, описанной в [13] с некоторой модификацией, оценку физиологического состояния проростков – по [12].

При проращивании мелких семян рапса в рулонах происходит склеивание увлажненной фильтровальной бумаги, что затрудняет доступ кислорода к прорастающим семенам. Для решения этой проблемы между слоями бумаги помещали полоску синтетической

сетки, которую располагали над семенами, чтобы появляющиеся корешки не прорастали в нее. В результате получали достоверные показатели всхожести семян и выровненные проростки. Для решения другой проблемы – врастания корней проростков в бумагу, что затрудняет в дальнейшем определение их линейных размеров и массы, между слоями бумаги помещали синтетическую воздухопроницаемую ткань, через которую проникновение корней невозможно. Это позволило устранить врастание корней в бумагу без угнетения роста проростков, чего не удавалось добиться при использовании полиэтиленовой пленки, которую применяют при проращивании семян зерновых культур (рис. 1).

Рис. 1. Схема рулонов для проращивания мелких семян рапса

Готовые рулоны помещали в контейнер (стеклянный или пластмассовый стакан) в вертикальном положении (контейнер имел разделительные перегородки, чтобы рулоны не соприкасались). В контейнеры на дно наливали небольшое количество водопроводной воды и накрывали сверху полиэтиленовыми пакетами для предотвращения потери влаги. Далее рулоны выдерживали 4 суток в термостате ТПС-2 при постоянной температуре 22°С, на 5-е сутки выставляли в условия искусственного освещения интенсивностью 7,5 тыс. люкс (16 ч – свет, 8 ч – темнота). На 8-ой, 10-й и 12-й день рулоны разворачивали, у нормально развитых проростков фиксировали изменение линейных размеров, массы гипокотилей, семядолей и корней.

Для оценки стрессорного воздействия на проростки рапса, формирующиеся из обработанных защитно-стимулирующими составами семян, была адаптирована методика создания низкотемпературного стресса.

Важно подбирать такие условия (температура, время воздействия), при которых отмечался бы повреждающий эффект, но выживаемость проростков составляла не менее 50%. Полученные нами экспериментальные данные показали, что процент выживших проростков рапса, формирующихся из семян, обработанных соединениями фунгицидного действия и, особенно, фунгицидами и инсектицидами одновременно, может сильно снижаться под воздействием отрицательных температур по сравнению с контрольным вариантом, находящимся в тех же стрессовых условиях. Поэтому в таких экспериментах выживаемость контрольных проростков (необработанных) должна составлять, как правило, не менее 70,0%.

В ходе экспериментов подобрана температура -5°С, при которой выдерживали 3-х дневные проростки, и определено время их нахождения в морозильном ларе модели GTL 30056 (Германия) (рис.2): для ярового рапса – 2,5 ч, озимого рапса – 3 ч (предварительно проростки закаливали 7 ч при +4°С, а после промораживания – адаптировали 14 ч при +4°С). На 5-е сутки рулоны выставляли обратно в термостат ТПС-2, на 6-е сутки – в условия искусственного освещения интенсивностью 7,5 тыс. люкс (16 ч – свет, 8 ч – темнота). На 8-й день производили подсчет выживших проростков; на 8-ой, 10-й и 12-й день следили за изменением их линейных размеров, массы гипокотиля, семядолей и корней. Контролями служили проростки, выращенные из семян, не подвергавшихся воздействию исследуемых препаратов, в оптимальных (оптимальный контроль) и холодовых (низкотемпературный контроль) условиях.

Определение содержания водорастворимых углеводов (моно- и дисахаров) и амилазной активности осуществляли в гипокотилях и семядолях проростков по методикам [14, 15] на 5-й день (сразу после прекращения воздействия стресса), на 8-й и 12-й день.

Результаты опытов были подвергнуты дисперсионному анализу при помощи стандартного программного обеспечения Microsoft Excel.

Рис. 2. Рулоны с 3-хдневными проростками рапса в морозильном ларе GTL 3005
А – стаканы с рулонами, Б – контактный термометр

Результаты и их обсуждение. В оптимальных условиях эталон ТМТД и пестицидные составы не оказывали существенного влияния на скорость прорастания, всхожесть семян и развитие формирующихся из них проростков как ярового, так и озимого рапса.

Выявлена эффективность БС в дозе 10 мг/т в составе инсекто-фунгицидных композиций для обработки семян ярового рапса. Так, при использовании состава тирам (75%-ная доза) + имидаклоприд + БС (10 мг/т) по сравнению с ТМТД не изменилась всхожесть семян, однако увеличились масса корней на 35,1%, длина и масса гипокотилей – на 17,3 и 9,1% соответственно.

Интересными представляются особенности влияния разработанных защитно-стимулирующих составов для обработки семян ярового рапса, включающих БС (10 (5 + 5) мг/т семян), на выживаемость проростков и их физиологическое состояние после воздействия низкотемпературного стресса.

В низкотемпературном контроле выжило 75,3% проростков, в то время как в вариантах, обработанных ТМТД и пестицидными составами, процент выживших проростков снизился до 58,7-62,5%. Однако при включении в такую композицию БС в дозе 10 мг/т

исследуемый показатель увеличился до 71,2% (т.е. различие с контролем незначительно превышало значение наименьшей существенной разницы), а по сравнению с ТМТД положительный эффект составил 8,7% выживших растений (табл. 1).

Таблица 1. Влияние защитно-стимулирующих комплексов на выживаемость проростков ярового рапса сорта «Гермес»в условиях низкотемпературного стресса

Вариант	% выживших проростков	% к контролю
Контроль (необработанные семена), t стресс	75,3	100,0
ТМТД (эталон), t стресс	62,5	83,0
Тирам (100%-ная доза), t стресс	64,0	85,0
Тирам (75%-ная доза) + имидаклоприд, t стресс	58,7	78,0
Тирам (75%-ная доза) + имидаклоприд + ЭБ + ГБ (10 мг/т), t стресс	71,2	94,6
$НСР_{05}$	3,3	4,4

Примечание. * Различия по сравнению с контролем несущественны при Р=0,95

Выжившие в низкотемпературном контроле проростки характеризовались существенным снижением относительно оптимального контроля на 8-12-й день линейных размеров гипокотиля (66,0-68,3%) и массы семядолей (76,3-78,3%).

В условиях холодового стресса в вариантах, обработанных ТМТД и композициями, включающими соединения фунгицидного или фунгицидного и инсектицидного действия, по сравнению с низкотемпературным контролем наблюдалось лишь некоторое удлинение гипокотилей. При добавлении БС в дозе 10 мг/т в состав с тирамом в 75%-ной дозе и имидаклопридом по сравнению с ТМТД на 8-й день увеличились масса корня на 34,8%, длина гипокотиля на 17,2%, на 8-12-й день – масса семядолей на 29,5-31,3% (рис. 3).

Включение БС в различных дозах в инсекто-фунгицидные композиции для обработки семян озимого рапса не дало положительного эффекта. Однако ранее было установлено, что при индивидуальном использовании фитогормонов наилучший результат получен от дозы 20 мг/т.

Рис. 3. Влияние обработки семян защитно-стимулирующими составами на длину проростков, массу корней и семядолей ярового рапса сорта «Гермес» в условиях низкотемпературного стресса:
1 – контроль; 2 – ТМТД; 3 – тирам (100%-ная доза);
4 – тирам (75%-ная доза) + имидаклоприд;
5 – тирам (75%-ная доза) + имидаклоприд + ЭБ + ГБ (10 мг/т)

В опытах по влиянию разработанных защитно-стимулирующих составов, включающих БС (20 (10 + 10) мг/т семян), на выживаемость проростков озимого рапса и их физиолого-биохимическое состояние после воздействия низкотемпературного стресса выявлено адаптогенное действие фитогормонов.

Так, в низкотемпературном контроле выживаемость проростков составила 73,2%. Обработка семян ТМТД и его

аналогами снижала этот показатель еще примерно на 10,0%. При добавлении имидаклоприда в состав с тирамом в 75%-ной дозе выживаемость проростков снижалась вдвое – до 51,2%. При включении в эту композицию смеси БС в дозе 20 мг/т количество выживших проростков увеличилось до 63,5%. Следовательно, фитогормоны позволили несколько снизить негативное влияние пестицидной композиции в стрессовых условиях. В результате не выявлено достоверных различий по исследуемому показателю по сравнению с вариантом, обработанным ТМТД (табл. 2).

Таблица 2. Влияние защитно-стимулирующих комплексов на выживаемость проростков озимого рапса сорта «Лидер» в условиях низкотемпературного стресса

Вариант	% выживших проростков	% к контролю
Контроль (необработанные семена), t стресс	73,2	100,0
ТМТД (эталон), t стресс	63,5	86,7
Тирам (100%-ная доза), t стресс	65,0	88,8
Тирам (75%-ная доза) + имидаклоприд, t стресс	51,2	69,9
Тирам (75%-ная доза) + имидаклоприд + ЭБ + ГБ (20 мг/т), t стресс	63,5	86,7
$НСР_{05}$	3,5	4,8

Примечание. * Различия по сравнению с контролем несущественны при Р=0,95

У выживших проростков в низкотемпературном контроле отмечено ингибирование относительно оптимального контроля роста гипокотиля и корня на 8-12-й день (61,5-63,6% и 78,6-77,3%) и снижение массы семядолей и корня преимущественно на 12-й день (89,1% и 88,4% соответственно), хотя и в меньшей степени чем у ярового рапса.

Анализ содержания водорастворимых углеводов в гипокотилях и семядолях сразу после прекращения действия низкотемпературного стресса (5-е сутки) показал, что суммарное их количество превышает таковой показатель в оптимальном контроле на 42,0%, что эквивалентно 3,70 мг/г сырого веса, за счет увеличения примерно в равной степени количества как

моносахаров, так и сахарозы. Однако в дальнейшем действие низких температур неблагоприятно сказывалось на развитии фотосинтетического аппарата и, как следствие, углеводном обмене растений. На 8-12-е сутки (через 3 и 7 суток после выставления этиолированных проростков на свет) наблюдалось снижение суммы сахаров на 59,4-20,8%, преимущественно за счет замедления синтеза моносахаров (рис. 4).

Рис. 4. Содержание водорастворимых углеводов (моно-, дисахаров) в гипокотилях и семядолях проростков озимого рапса сорта «Лидер»: 1 – оптимальные условия; 2 – условия низкотемпературного стресса

В условиях холодового стресса не выявлено достоверных различий по морфометрическим показателям проростков между вариантами, обработанными ТМТД и всеми разработанными пестицидными композициями, и низкотемпературным контролем. При добавлении смеси БС в дозе 20 мг/т в состав с тирамом в 75%-ной дозе и имидаклопридом по сравнению с низкотемпературным

контролем отмечено достоверное увеличение на 12-й день массы семядолей, а также длины и массы корня на 30,6%, 18,3% и 18,8% соответственно. Выявлена эффективность разработанного состава по сравнению с ТМТД: наблюдалось увеличение преимущественно массы семядолей на 8-12-й день на 12,5-16,4% и длины корня на 20,8-18,3% (рис. 5).

Рис. 5. Влияние обработки семян защитно-стимулирующими составами на длину проростков, массу корней и семядолей озимого рапса сорта «Лидер» в условиях низкотемпературного стресса:
1 – контроль; 2 – ТМТД; 3 – тирам (100%-ная доза);
4 – тирам (75%-ная доза) + имидаклоприд;
5 – тирам (75%-ная доза) + имидаклоприд + ЭБ + ГБ (20 мг/т)

При этом под воздействием ТМТД и разработанного на его основе фунгицидного аналога суммарное содержание водорастворимых углеводов в гипокотилях и семядолях на 5-12-й день существенно не отличалось от низкотемпературного контроля. При добавлении имидаклоприда в состав с тирамом в сниженной на 25% дозе на 8-й и 12-й день отмечено снижение суммы сахаров (63,9 и 85,3% соответственно) за счет моносахаров и особенно сахарозы, что согласуется с данными по снижению процента выживаемости проростков. При добавлении в состав смеси БС в дозе 20 мг/т содержание суммы сахаров на 5-е сутки не изменилось (хотя отмечено увеличение количества сахарозы почти в 3 раза), а на 8-й день – повысилось в 1,8 раза (за счет увеличения количества углеводных мономеров в 1,5 раза, сахарозы – в 2,3 раза) и на 12-й день – на 24,0% (за счет увеличения количества преимущественно сахарозы на 80,9%), что отразилось в стимулировании ростовых процессов у выживших проростков (рис. 6). В результате по сравнению с низкотемпературным контролем и эталоном ТМТД разработанный защитно-стимулирующий комплекс тирам (75%-ная доза) + имидаклоприд + ЭБ + ГБ (20 мг/т семян) на протяжении всего периода исследований увеличивал преимущественно содержание сахарозы в 1,9-1,5 раз, существенно не влияя при этом на суммарное содержание сахаров.

Сразу после прекращения воздействия низкотемпературного стресса в вариантах, обработанных ТМТД и разработанными защитно-стимулирующими составами, отмечено повышение амилазной активности в гипокотилях и семядолях по сравнению с оптимальным контролем, что свидетельствует об ускорении гидролиза крахмала и подтверждается полученными ранее данными об увеличении содержания суммы углеводов в проростках.

Однако следует отметить, что относительно низкотемпературного контроля положительное действие БС в составе разработанных смесей на углеводный обмен проявилось позднее, т.е. только после выставления проростков на свет, что, вероятно, связано с восстановлением нарушенного под действием низких температур метаболизма и активацией фотосинтетических процессов.

Рис. 6. Влияние обработки семян защитно-стимулирующими составами на содержание водорастворимых углеводов (моно-, дисахаров) в гипокотилях и семядолях проростков озимого рапса сорта «Лидер» в условиях низкотемпературного стресса:
1 – низкотемпературный контроль; 2 – ТМТД;
3 – тирам (75%-ная доза); 4 – тирам (75%-ная доза) + имидаклоприд;
5 – тирам (75%-ная доза) + имидаклоприд + ЭБ + ГБ (20 мг/т)

Заключение. В оптимальных условиях фунгицид-протравитель ТМТД и разработанные на его основе инсекто-фунгицидные составы (тирам (100 и 75% от рекомендованной дозы) + имидаклоприд) не оказывали статистически достоверного влияния на прорастание семян и развитие проростков ярового и озимого рапса.

После воздействия низкотемпературного стресса в вариантах с ТМТД и разработанными составами, особенно включающими инсектицид, наблюдалось снижение процента выживших проростков и торможение их роста по сравнению с низкотемпературным контролем.

Показана эффективность включения в такие составы смеси эпи- и гомобрассинолида в дозе 10 мг/т на яровом рапсе в оптимальных и стрессовых условиях, а на озимом рапсе – в увеличенной вдвое дозе (20 мг/т), но только в условиях холодового стресса. Применение инсекто-фунгицидных композиций совместно со стероидными фитогормонами позволило независимо от условий опыта стимулировать рост проростков по сравнению с эталоном, при этом после воздействия отрицательных температур количество выживших проростков увеличилось на 8,7% у ярового рапса и не снизилось у озимого рапса. Положительное действие брассиностероидов, вероятно, связано с активацией фотосинтетических процессов и подтверждается усилением накопления водорастворимых углеводов, особенно сахарозы, которые выполняют полифункциональную роль при низкотемпературной адаптации растений.

Литература

1. Пилюк Я.Э. Рапс в Беларуси: (биология, селекция и технология возделывания). Минск, 2007. С. 5-60.

2. Шаганов И.А. Рапсовое поле Беларуси. Практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания озимого рапса на маслосемена. Минск, 2008. 63 с.

3. Khripach V.A., Zhabinskii V.N., Groot A.E. Brassinosteroids. San Diego, 1999. 456 p.

4. Mandava N.B. // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1988. Vol. 39. № 1. P. 23-52.

5. Кулаева О.Н., Бурханова Э.А., Федина А.Б. // Докл. АН СССР. 1989. № 305. С. 1277-1279.

6. Seki M., Katsumi M. // Plant Physiol. suppl. 1994. Vol. 105. № 1. P.141.

7. Dhaubhadel1 S., Chaudharyl S., Dobinson K.F., Krishna P. // Plant Mol. Biol. 1999. Vol. 4. № 2. P. 333-342.

8. Каталог новых сортов и гибридов Института земледелия и селекции НАН Беларуси. Минск, 2005. 35 с.

9. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. Мн., 2008. 457 с.

10. Пат. № 10644 РБ Пленкообразующий состав для обработки семян и способ его получения / Н.А.Ламан, Ж.Н.Калацкая, Г.Н.Алексейчук Г.Н. // Открытия. Изобретения. 2008.

11. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Введ. 19.12.84. М., 1985. 57 с.

12. Алексейчук Г.Н. Сила роста семян зерновых культур и ее оценка методом ускоренного старения. Минск, 2009. 44 с.

13. Ламан Н.А., Будай С.И., Барнатович О.Э. // Весці Акад. аграрных навук РБ. 2000. № 4. С. 57-61.

14. Карманенко Н.М., Казанцева О.Ф. // Агрохимия. 1986. №1. С. 107-110.

15. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И.Ермакова. Л., 1987. 430 с.

А.Ф. СУДНИК, Н.А. ЛАМАН, О.В. ДОРОЩУК, Л.Б. КУКАНЕГО

ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ БРАССИНОСТЕРОИДОВ В СОСТАВЕ ИНСЕКТО-ФУНГИЦИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ РАПСА (*BRASSICA NAPUS* L.) В УСЛОВИЯХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА

Резюме

Показана эффективность действия защитно-стимулирующих составов для обработки семян ярового и озимого рапса на основе фунгицидных (тирам) и инсектицидных (имидаклоприд) ингредиентов в сочетании с фитогормонами брассиностероидами на рост проростков в условиях низкотемпературного стресса. Биометрические показатели проростков согласуются с изменениями в накоплении водорастворимых углеводов и амилазной активности.

A.F. SUDNIK, N.A. LAMAN, O.V. DOROSCHUK, L.B. KUKANEGO

FEATURES OF ACTION OF BRASSINOSTEROIDES IN STRUCTURE OF INSEKTO-FUNGICIDAL COMPOSITIONS ON GROWTH OF SPROUTS OF THE RAPE (BRASSICA NAPUS L.) IN COLD STRESS CONDITIONS

Summary

Efficiency of action of protectively-stimulating compositions for incrustation of seeds of a summer and winter rape on a basis of fungicidal (thiram) and insecticidal (imidacloprid) components in a combination with phytohormones brassinosteroides on growth of sprouts in cold stress conditions is shown. Biometric indicators of sprouts will be coordinated with changes in accumulation of water-soluble carbohydrates and amylase activity.

Поступила в редакцию 29.08.2011 г.

УДК 581.192.7:581.2

В.П. ШУКАНОВ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ СТЕРОИДНЫХ ГЛИКОЗИДОВ

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Введение. Физиолого-биохимическая природа защитного действия стероидных гликозидов долгое время оставалась не изученной. Поэтому вопрос о внутренней природе защитного действия этих веществ постоянно стоял на повестке дня. Учитывая наличие собственной гормональной активности у стероидных гликозидов, их большое сродство к гормональному обмену в зерновых растениях, считали, что главным местом приложения защитного эффекта этих фиторегуляторов будет комплекс фитогормонов и негормональных соединений фенольной природы. Наличие функциональной связи фенольных соединений с фитогормонами доказано давно [1]. Особенно тесная связь существует между ауксиновым обменом и природными фенольными соединениями. В соответствии со сказанным, изменение содержания фитогормонов и фенольных соединений в инфицированных растениях под влиянием стероидных гликозидов стало главным направлением наших исследований.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили сорта ячменя (*Hordeum vulgare* L.) – Прима Белоруссии, Зазерский 85, а также споры фитопатогенного гриба *Pyrenophora teres* Drechsler (syn: *Drechlera teres* (Sacc.) Shoemaker). В опытах использовали 2 стероидных гликозида, выделенных сотрудниками Института генетики АН Молдовы из семян перца (*Capsicum annuum* L.): капсикозид (фуростаноловый гликозид) и капсикозин (спиростаноловый гликозид).

Пробы растений для биохимических анализов отбирали в фазе двух листьев после заражения суспензией спор фитопатогенных грибов при инфекционной нагрузке 2-3 тыс. спор/мл в присутствии 1-2 капель твина-40.

Состав и содержание фенольных соединений определяли методом систематического анализа с помощью хроматографии на бумаге [2]. Идентификацию фенольных соединений проводили комплексным методом, используя их физические, химические и

хроматографические свойства, а также комплексообразующие реагенты [3]. Количественное определение проводили на спектрофотометре СФ-26 по калибровочным кривым, построенным для индивидуальных эндогенных соединений или близких к ним экзогенных аналогов. Ошибка опыта составила 4-7 %.

Количественное определение содержания ИУК проводили с помощью твердофазного иммуноферментного анализа, основанного на конкуренции за ограниченное количество антител между фитогормоном, содержащимся в исследуемом материале, и постоянным количеством гаптена, иммобилизованного через овальбумин на полистироловом планшете [4-5]. Учет результатов проводили спектрофотометрически при λ492 нм на иммуноферментном анализаторе КАИ-С-01. Ошибка опыта составила 7-8 %.

Определение активности оксидазы ИУК проводили по методу К.З. Гамбурга [6]. Количество ИУК определяли колориметрически на «Specol» при длине волны λ 492 нм с использованием реактива Сальковского. По данным колориметрирования строили кривую динамики разрушения ИУК. Активность оксидазы ИУК выражали в мкг ИУК/г сырой массы, мин. Ошибка опыта составила 1-3 %.

Результаты и обсуждение. Фитогормоны. Опрыскивание растений ячменя спорами гриба *Drechlera teres* (Sacc.) вызывало резкое (в 6 раз) повышение содержания ИУК, достигавшее максимального уровня примерно на 6-е сутки после обработки (рис. 1). Предобработка растений капсикозидом в концентрации 50 мг/л и капсикозином в концентрации 25 мг/л также повышала содержание ауксина, но на более низком уровне при опрыскивании растений (в 3 раза) и более высоком при инкрустации семян (в 4-6 раз). Изменялся существенно и характер накопления ауксина в обработанных растениях ячменя. Если при опрыскивании растений после достижения максимума кривая накопления ИУК после 6 суток резко падала, то при инкрустации семян она медленно повышалась.

Была предпринята попытка выяснить природу повышения содержания ИУК в обработанных и инфицированных растениях ячменя. С этой целью определяли активность ОИУК в этих же растениях. Однако обратная связь между повышением активности фермента и снижением количества ауксина не обнаружена. Это значило, что определенный вклад в накопление фитогормона в

растениях ячменя вносило уменьшение биосинтеза ауксина и возможно, одновременно ослабление связывания его в конъюгаты [7-8], так как теперь доказано, что конъюгаты широко распространены в мире растений [9-11].

Рис. 1. Содержание ИУК в растениях ячменя, обработанных стероидными гликозидами методами опрыскивания (а) и инкрустации (б)

Стероидные гликозиды активно воздействовали на содержание АБК в инфицированных растениях ячменя (рис. 2). Такой же эффект на уровень гормона оказывала и сама инфекция. Сразу после инфицирования растений содержание АБК медленно возрастало, а примерно после 3-6 суток резко увеличивалось. Отмеченная особенность в изменении содержания этого фитогормона была характерна для капсикозида. В то же время капсикозин оказывал максимальное влияние на количество АБК сразу после обработки, в последующем интенсивность накопления ее падала. Кривые накопления гормона при опрыскивании и инкрустации семян были сходными, хотя по абсолютной величине неодинаковыми.

Содержание цитокининов в контрольных растениях в течение опыта практически не изменялось (рис. 3). В то же время грибная инфекция и стероидные гликозиды вызывали резкое повышение фитогормона сразу после обработки (1-4-е сутки). В дальнейшем количество цитокининов при опрыскивании растений ячменя сохранялось на высоком уровне, тогда как при инкрустации семян отмечено их снижение в такой же степени, как и при действии инфекции.

Сравнивая влияние грибной инфекции и стероидных гликозидов на содержание фитогормонов по таким показателям как направленность изменения этих веществ, степень накопления, скорость и продолжительность индукционного сдвига, необходимо отметить, что направленность действия стероидных гликозидов и грибной инфекции на содержание фитогормонов была в принципе однотипной на всем протяжении опыта (ИУК и цитокинина) или на начальном этапе (АБК, капсикозин). В последнем случае инфекция способствовала повышению уровня этого гормона, тогда как капсикозин после начального роста снижал уровень АБК. Максимум накопления фитогормонов под влиянием этих двух факторов также в основном совпадал. Исключение составлял рост содержания ИУК, который при опрыскивании был выше под влиянием инфекции, а при инкрустации семян больше под влиянием стероидных гликозидов. Скорость начального сдвига в накоплении фитогормонов была довольно близкой у капсикозида к инфекции и заметно выше у капсикозина. Что же касается продолжительности накопления физиологически активных веществ, то он только в двух случаях был разным при воздействии

стероидными гликозидами и грибной инфекцией. Под влиянием инфекции увеличение содержания АБК сокращалось, а при обработке растений стероидными гликозидами, наоборот, возрастало.

Рис. 2. Содержание АБК в растениях ячменя, обработанных стероидными гликозидами методами опрыскивания (а) и инкрустации (б)

Рис. 3. Содержание цитокининов в растениях ячменя, обработанных стероидными гликозидами методами опрыскивания (а) и инкрустации (б)

Таким образом, можно отметить, что в характере накопления фитогормонов под действием грибной инфекции и обработки стероидными гликозидами имеется больше сходства, чем различий.

Фенольные соединения. Одновременно с фитогормонами в инфицированных и обработанных стероидными гликозидами растениях ячменя изучали весь комплекс фенольных соединений,

включая свободные оксибензойные и оксикоричные кислоты, их эфиры и флавоноидные гликозиды.

В инфицированных грибом *Drechlera teres* (Sacc.) растениях ячменя содержание оксибензойных и коричных кислот через двое суток после заражения не изменилось, а на 4-ые сутки несколько возрастало (табл. 1). Капсикозин уже на 2-ые сутки после заражения вызывал 2-кратное повышение уровня фенольных кислот.

Таблица 1. Изменение содержания фенольных соединений в растениях ячменя при обработке капсикозином и действии грибной инфекции

Вариант	Экспозиция, сутки после инфицирования	Содержание, мкг/г					
		Оксибензойные к-ты	Оксикоричные к-ты	Сумма ФКК	Флавоноидные гликозиды	Эфиры ФКК	Сумма фенольных конъюгатов
Контроль, неинфицированные растения	-	35±2	23±2	58±3	8950±85	650±90	9600±60
Контроль, инфицированные растения	2	32±2	30±2	62±4	12450±100	700±30	13150±105
Капсикозин, 25 мг/л, инфицированные растения	-	58±5	53±3	111±7	8500±78	05±25	9005±72
Контроль, неинфицированные растения	-	32±4	18±1	50±2	9500±85	820±35	10320±100
Контроль, инфицированные растения	4	43±2	25±1	68±2	10100±85	800±40	10900±100
Капсикозин, 25 мг/л, инфицированные растения	-	45±2	28±2	73±2	7400±35	890±45	8290±58

В дальнейшем вызванная капсикозином индукция накопления их снижалась, оставаясь выше контроля. В отличие от свободных

фенольных соединений количество фенольных конъюгатов в инфицированных растениях под влиянием капсикозина не изменялась или несколько падало. Сама же инфекция через 2-е суток после заражения повышала содержание флавоноидных гликозидов и не изменяла их количества на 4-ые сутки.

Из приведенных результатов видно, что в изменении содержания разных фенольных соединений как под влиянием грибной инфекции, так и капсикозина нет соответствия. Грибная инфекция повысила количество фенольных конъюгатов, тогда как содержание свободных фенольных соединений почти не изменялось. Такая ситуация могла сложиться только при полном расходе свободных оксибензойных и оксикоричных кислот на образование эфиров и гликозидов, что и наблюдалось в опытах [12]. В то же время капсикозин вызывал накопление оксибензойных и оксикоричных кислот и почти не затрагивал содержание фенольных конъюгатов, что может свидетельствовать об использовании кислот в процессах синтеза полимерных фенольных продуктов (лигнина, кутина и суберина), в состав которых входят фрагменты или целые молекулы фенольных кислот [13].

Рассматривая результаты изучения природных фиторегуляторов в здоровых, инфицированных и обработанных стероидными гликозидами растений ячменя невольно возникает, по меньшей мере, несколько вопросов. Каково происхождение фитогормонов и фенольных соединений, а именно – растительного или грибного они происхождения? Какова функциональная роль этих соединений в фитопатосистеме растение-патоген? Как реализуется защитное действие стероидных гликозидов? Какие физиологические процессы и метаболиты растения участвуют в этом?

Защитный комплекс растений весьма многообразен. Он включает ряд защитных реакций и веществ. Однако, по современным представлениям, основное значение в фитоиммунитете имеют фитотоксины [14-17], фенольные соединения [18-22], хиноны [23-25], высокомолекулярные фенольные продукты (лигнин, кутин, суберин) [26-29], свободные радикалы [25, 30], реактивные формы кислорода [31] и стрессовые белки [32-33]. С другой стороны, фитопатогены воздействуют на растения посредством общих и специфических токсинов [34],

ферментов [35-36], фитогормонов [37-39] и негормональных фиторегуляторов [39-40]. Следовательно, между защитными веществами растения и фитопатогенными факторами гриба имеется много общего. В силу этого накопление тех или других веществ в инфицированных растениях может быть разного происхождения. Так, в растениях пшеницы, пораженных стеблевой ржавчиной, повышение содержания ИУК [40] и цитокининов [41] происходит за счет гормонов гриба, так как в прорастающих уредоспорах отмечен высокий уровень этих фитогормонов. Что же касается растений ячменя, инфицированных грибом *Drechlera teres* (Sacc.), то на начальном этапе развития гриба (до 10 суток) не обнаружено в мицелии и культуральной жидкости физиологически активных веществ гормональной и фенольной природы [40]. Возможно, они присутствуют в мицелии в небольших количествах и целиком расходуются в процессе роста гриба. Отсюда следует заключение, что накопление фитогормонов и фенольных соединений в пораженных растениях ячменя происходит за счет самого растения (т.е. это ответ на внедрение паразита) и предназначены они для защиты растительных структур от атаки патогенов.

Весь процесс защиты злаков от грибных патогенов с помощью стероидных гликозидов можно представить в виде нескольких этапов. Первый этап (эктофитная стадия) – прямое действие этих веществ на споры фитопатогенных грибов, что обычно имеет место непосредственно после обработки растений. Обладая антибиотической активностью, стероидные гликозиды будут ингибировать или полностью подавлять прорастание спор и рост ростковых трубок. Однако в применяемых концентрациях гликозиды не останавливают процесс заражения а, по-видимому, только снижают его интенсивность за счет ограничения инфекционной нагрузки. Тем не менее, процесс защиты злаков от грибной инфекции при применении стероидных гликозидов сохраняется вплоть до уборки. Это означает, что на втором этапе защиты (эндогенная стадия) разворачиваются основные защитные реакции прямого и косвенного действия. Об этом свидетельствуют интенсификация общего и гормонного обмена, повышение уровня свободных фенолкарбоновых кислот, сохранение на высоком уровне содержания флавоноидных гликозидов и эфиров фенолкарбоновых кислот. Вместе с антибиотической активностью стероидных гликозидов в инфицированных растениях

дополнительно появляется такой сильный антигрибной комплекс как свободные и конъюгированные фенольные соединения. Однако возросшая антибиотическая активность инфицированных растений не единственный фактор защиты. Даже в восприимчивых растениях на первых этапах после поражения преобладают защитные реакции [42-44]. У устойчивых же растений, процесс противостояния инфекции намного шире и глубже. Обработка инфицированных растений природными защитными веществами (так называемая иммунизация) ставит восприимчивые растения в разряд устойчивых, обмен веществ которых, как следует из наших данных, изменяется коренным образом. В тканях таких растений возрастает содержание белка и активность окислительных ферментов, столь необходимых для инактивации грибных токсинов [45-46] и фитогормонов [47]. С другой стороны, активирование фермента пероксидазы приводит к окислительному превращению фенольных соединений и образованию высокоактивных хинонов [48-50], а затем трудно проницаемых для гриба полимерных фенольных продуктов (лигнина и суберина). Вместе с этим фенольные соединения и продукты их окисления выступают активными ингибиторами экстрацеллюлярных грибных ферментов [51-52], необходимых для внедрения паразита в ткани и обеспечения своего питания. Естественно, процесс эндогенной защиты растений от грибной инфекции намного сложнее. Он охватывает и другие звенья обмена веществ [53-59]. Но уже из приведенных наших и литературных сведений видно, что обработка злаков стероидными гликозидами способна существенно ограничить или даже подавить развитие инфекционного процесса в результате прямого и косвенного действия этих антибиотических веществ на гриб и его фитопатогенные факторы (ферменты, токсины, гормоны).

Литература

1. Крукшанк И. А. М. // Биохимия фенольных соединений / Под ред. Дж. Харборна. Пер. с анг. под ред. Н.М. Эмануэля. М.: Мир, 1968. С. 396–415.

2. Волынец А.П. Взаимодействие эндогенных регуляторов роста и гербицидов. Мн.: Наука и техника, 1980. 144 с.

3. Волынец А.П. // Методы определения фитогормонов, ингибиторов роста, десикантов и гербицидов. М.: Наука, 1973. С. 29-40.

4. Кудоярова Р.Г. // Физиология растений. 1986. Т. 33. № 6. С. 1221-1227.

5. Кудоярова Р.Г. Иммунохимические исследования гормональной системы растений: регуляция роста и ответы на внешние воздействия. Автореф. дисс. … д-ра биол. наук: 03.00.12. С-Пб., 1996. 48 с.

6. Гамбург К.З. // Методы определения регуляторов роста и гербицидов. М.: Наука, 1966. С. 57-65.

7. Волынец А.П. // Метаболизм и механизм действия фитогормонов: труды Всес. конф. Иркутск, 1979. С. 104–107.

8. Валынец А.П. // Вес. акад. навук БССР. Сер. біял. навук. 1984. № 6. С. 27–29.

9. Bandurski R.S. // Plant Physiol. 1974. V. 54. N 3. P. 257–262.

10. Percival F.W. // Plant Physiol. 1976. V. 58. N 1. P. 60–67.

11. Shantz E.M. // Biochemistry and Physiology of Plant Growth substances. Ottawa, 1968. P. 893–909.

12. Нейш, А.С. Основные пути биосинтеза фенолов //Биохимия фенольных соединений / Под ред. Дж. Харборна. Пер. с анг. под ред. Н.М. Эмануэля.М.: Мир, 1968. С. 234–238.

13. Запрометов М.Н. Фенольные соединения. Распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: Наука, 1993. 272 с.

14. Деверолл Б.Дж. Защитные механизмы растений. М.: Колос, 1980. 128 с.

15. Фитоалексины / Под ред. Дж.А. Бейли, Дж. В. Мансфилда. Пер. с анг. под ред. Д.М. Гродзинского. Киев: Наукова думка, 1985. 320 с.

16. Метлицкий Л.В. Фитоиммунитет. Под ред. А.И. Опарина. М.: Наука, 1968. 93 с.

17. Метлицкий Л.В. // XXX1 Баховские чтения. М.: Наука, 1976. 50 с.

18. Волынец А.П. и др. // Проблемы экспериментальной ботаники: к 100-летию со дня рождения В.Ф. Купревича / Под ред. В.И. Парфенова. Минск: Беларуская навука, 1997. С. 218–231.

19. Валынец А.П. // Весці. акад. навук БССР. Сер. біял. навук. 1991. № 3. С. 66–70.

20. Frend J. // Biochem. Plant Phenol Proc. Ist Toint symp. Phytochem. Sos. Eur. and Phytochem. Sec. Nath. Amer. Ghant, 1977. New York – London, 1979. P. 557–588.

21. Huradge B.A. // Indian Phytopathol. 1980. V. 33. N 1. P. 114–116.

22. Чигрин В.В. // Физиология растений. 1973. Т. 20. № 5. С. 942–948.

23. Adzeva A. // Доклады. с.-х. акад. (НРБ). 1974. V. 7. N 4. P. 55–58.

24. Авазходжаев, М.Х. // Узб. биол. журнал. 1976. № 4. С. 72–73.

25. Аверьянов А.В. // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1989. № 5. С. 776–780.

26. Vance C.P. // Plant Physiol. 1976. V. 57. N 46. P. 915–919.

27. Flenriet A. // Physiol. Plant. 1984. V. 61. N 1. P. 64–68.

28. Glazener J.A. // Physiol. Plant Pathol. 1982. V. 20. N 1. P. 11–25.

29. Ride J.P. // Physiol. Plant Phatol. 1979. V. 15. N 1. P. 79–92.

30. Аверьянов А.А. и др. // Физиология растений. 1987. Т.3–4. №2. С. 373–379.

31. Bolwell G.P. // Physiol. and Mol. Plant Pathol. 1997. V. 51. N6. P. 347–356.

32. Neumann D. et al. // Biol. zbl. 1989. V. 108, N 6. P. 1–155.

33. Redolfi P., Caltisant Q., Migheli A. //J. Phytopatol. 1989. V. 126. N 3. P. 193–203.

34. Никуленко Т.Ф., Чкаников Д.И. Токсины фитопатогенных грибов и их роль в развитии болезней растений. М.: ВНИИтехагропром, 1987. 53 с.

35. Ахметов А.А. Пектолитические и целлюлолитические ферменты гриба *Septoria nodorum* Berk. и их возможная роль в патогенезе септориоза: автореф. … дис. канд. биол. наук: 06.01.11. Голицино, 1991. 24 с.

36. Озерецковская О.Л. // Прикладная биохимия и микробиология. 1968. Т. IV. Вып. 6. С. 698–703.

37. Умнов А.М. Гормональная регуляция патогенеза стеблевой ржавчины пшеницы. Автореф. … дисс. канд. биол. наук: 03.00.12. М., 1990. 24с.

38. Шилина И.А. Динамика ростовых веществ в культуре патогенного гриба *Verticillium dahliae* в пораженных растениях. Автореф. … дисс. канд. биол. наук: 03.00.12. Минск, 1993. 19с.

39. Полякова Н.В. Физиологически активные вещества фитопатогенного гриба *Helminthosporium teres* Sacc. Автореф. … дисс. канд. биол. наук: 03.00.12. Минск, 1993. 19 с.

40. Волынец А.П., Полякова Н.В. // Проблемы экспериментальной ботаники: к 100-летию со дня рождения В.Ф. Купревича / Под ред. В.И. Парфенова. Минск: Беларуская навука, 1997. С. 199–210.

41. Волынец А.П., Пшеничная Л.А. // I Всерос. конф. по иммунитету растений к болезням и вредителям: научные материалы (посвящается 300-летию Санкт-Петербурга). СПб., 2002. С. 22–23.

42. Серова З.Я., Подчуфарова Г.М., Гесь Д.К. Окислительно-восстановительные процессы инфицированного растения. Минск: Наука и техника, 1982. 232 с.

43. Серова З.Я., Спиридонова Г.И. Метаболизм нуклеиновых кислот у растений в связи с грибной инфекцией. Минск: Наука и техника, 1986. 223 с.

44. Серова З.Я., Юшко Л.С., Подчуфарова Г.М. Функции белков в фитопатогенезе. Минск: Наука и техника, 1992. 269 с.

45. Иванюк В.Г. и др. // Проблемы иммунитета сельскохозяйственных растений к болезням / Под ред. Н.А. Дорожкина. Минск: Наука и техника, 1988. С. 194-248.

46. Burrell M.M // Plant Pathol. 1984. V. 3. № 3. P. 325-336.

47. Bleve-Lacheo T., Lacheo G. // Nematoloquea. 1992. V. 38. № 4. P. 445–448.

48. Метлицкий Л.В. и др. // Иммунитет и покой растений. М.: Наука, 1972. С. 58–73.

49. Walker J.K.L. // Mauri ord. 1973. V. 1. P. 137-140.

50. Ладыгина М.Е. // Патол. физиол. иммунитета растений. М.: Моск. ун-т, 1976. С. 70–79.

51. Kritzman G., Chet J. // Phytoparasitied. 1980. V. 8, N 1. P. 27-37.

52. Комарова Э.П. // Проблемы экспериментальной ботаники: I Купревичские чтения / Под ред. В.И. Парфенова. Минск: Тэхналогія. 1998. С. 43-58.

53. Палилова А.Н. // Проблемы экспериментальной ботаники: I Купревичские чтения / Под ред. В.И. Парфенова. Минск: Тэхналогія. 1998. С. 59-72.

54. Серова З.Я. // Проблемы экспериментальной ботаники: V Купревичские чтения / Под ред. Н.А. Ламана. Минск: Тэхналогія. 2006. С. 50-110.

55. Андреев Л.Н., Плотникова Ю.М. Ржавчина пшеницы: цитология и физиология. М.: Наука, 1989. 340 с.

56. Авазходжаев М. Х., Зельцер С. Ш. Физиологические факторы вилтоустойчивости хлопчатника. Ташкент: Изд-во Фан, 1986. 122 с.

57. Карпук В.В. Цитофизиологические особенности взаимоотношений растения-хозяина и патогена при поражении ржи и пшеницы стеблевой ржавчиной. Автореф. … дис. канд. биол. наук: 03.00.12 и 03.00.05. Минск, 1986. 23 с.

58. Карпук В.В. Структурная организация патогенеза злаков, вызываемого грибной инфекцией. Автореф. … дисс. докт. биол. наук: 03.00.12 и 03.00.24. Минск, 2000. 42 с.

59. Балашова И.Т. Антивирусная активность стероидных гликозидов и практическое использование их в целях химиопрофилактики вирусных болезней растений. Автореф. дисс. … канд. биол. наук: 06.01.11. Тбилиси, 1984. 13 с.

В.П. ШУКАНОВ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ СТЕРОИДНЫХ ГЛИКОЗИДОВ

Резюме

Показано, что содержание ИУК под влиянием инфекции было выше при опрыскивании растений, а под воздействием стероидных гликозидов - при инкрустации семян. Под влиянием инфекции увеличение содержания АБК сокращалось, а при обработке растений стероидными гликозидами, наоборот, возрастало. Грибная инфекция повышала количество фенольных конъюгатов, тогда как содержание свободных фенольных соединений почти не изменялось. В то же время стероидные гликозиды вызывали накопление оксибензойных и оксикоричных кислот и почти не изменяли содержание фенольных конъюгатов.

V.P.SHUKANOV

PHYSIOLOGICAL FEATURES OF PROTECTIVE ACTION OF STEROID GLYCOSIDES

Summary

It is shown that content of IAA at infection was above at spraying of plants, and under the influence of steroid glycosides at the incrustation of seeds. The infection reduced content of ABA, and the influence of plants by steroid glycosides, on the contrary, increased. Fungal infection raised quantity of phenolic conjugates, whereas the content of free phenolic compounds remains almost unchanged. At the same time steroid glycosides caused accumulation of hydroxybenzoic and oxycinnamic acids and almost did not change the content phenolic conjugates.

Поступила в редакцию 15.03.2011 г.

УДК 631.452:581.5

Б.И. ЯКУШЕВ, М.М. САК, Ж.М. АНИСОВА, Р.М. ГОЛУШКО

ХАРАКТЕРИСТИКА ТРОФНОСТИ ПОЧВЫ – ВАЖНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРИРОДНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Введение. Экологические исследования составляют основу биогеоценологии. По мнению В.Н. Сукачева [1], экологическая наука, в этом плане, должна быть действенной, экспериментальной наукой, и служить инструментом, при помощи которого можно управлять ростом, развитием, продуктивностью и устойчивостью естественных и искусственных фитоценозов.

При проведении экологических исследований в настоящее время недостаточно ограничиваться только описательными сведениями. Требуется постановка эксперимента, дающего возможность сделать корректировку экологической ситуации.

Неоценимую помощь в подобного рода исследованиях дают сведения о характеристике свойств почв, обеспеченности их элементами минерального питания растений, или, используя современную экологическую терминологию, – трофности почвы. Нашими многолетними исследованиями [2-9] подтверждено, что

почвы земного шара различаются не столько составом элементов питания, сколько их концентрацией в единице объема почвы.

В агрохимической науке есть арсенал средств, обеспечивающий характеристику свойств почв, – это определение гранулометрического состава, pH среды, гидролитической кислотности, суммы поглощенных оснований, степени насыщенности почв основаниями, гумуса, гидролизуемого азота, подвижных форм N, P, K и ряд других показателей [10]. Это весьма трудоемкие и длительные исследования, которыми не всегда есть возможность воспользоваться.

В настоящей работе поставлена цель – осуществить широкую пропаганду нового метода по оценке уровня трофности почв на электрохимической основе и показать, что содержание подвижных солей в почвах коррелирует с уровнем их трофности.

Объекты и методы исследования. В процессе экологических исследований нами разработаны прибор и метод для экспресс-индикации содержания водорастворимых солей в почвах на электрохимическом принципе. Прибор и метод защищены авторским свидетельством и удостоены серебряной медали ВДНХ СССР [2].

Основу прибора составляет датчик, представляющий собой гальваническую пару элементов – Zn и Cu. Если эту пару элементов опустить в почвенную суспензию (дистиллированную воду добавляют порциями к навеске почвы, перемешивая до полной водовместимости почвенного образца) и замкнуть цепь, то вырабатывается электрический ток, величина которого фиксируется микроамперметром. Установлено, что сила тока в мкА пропорциональна уровню трофности почвы. Эту величину мы назвали гальванической активностью почвы (ГАП). На рисунке 1 приводим общий вид прибора для определения величины ГАП почвы (ее трофности). Прибор портативен, не требует питания. Гальваническая пара функционирует в почвенной суспензии как физиологически активные корни растений, участвует во взаимодействии с почвенным поглощающим комплексом: Zn – заряжается отрицательно, а Cu – положительно. Прибор обладает высокой чувствительностью, им можно контролировать качество дистиллированной воды, проводить исследования минерализации грунтовых и наземных вод. Чувствительность прибора проявляется при концентрации ионов в растворе от 10^{-3} мг-экв/л и выше.

Отметим, что в водной суспензии почвы (на дистиллированной воде) концентрация ионов водорода не поднимается выше 10^{-4} мг-экв/л [10]. Поэтому влияние pH_{H_2O} почвы на величину ГАП практически отсутствует.

Рис. 1. Прибор для экспресс-индикации трофности почв

Этим прибором исследованы почвы многих зон бывшего Советского Союза – дерново-подзолистые почвы, черноземы, каштановые почвы, сероземы (в зоне пустынь), вулканические почвы Камчатки и т.д. Составлена универсальная шкала уровней трофности почв (характеристика солевого режима почв), которая приводится в таблице 1.

Таблица 1. Универсальная шкала уровней трофности почв

Уровни трофности почв (солевого режима)	Величина тока (ГАП), мкА
Неблагоприятный	<10
Слабый	10-20
Удовлетворительный	20-40
Хороший	40-60
очень хороший	60-100
слабое засоление	100-140
среднее засоление	140-200
сильное засоление	>200

В условиях Беларуси значения гальванической активности <10мкА характерны для бедных дерново-подзолистых почв, развивающихся на рыхлых песках. На этих почвах в природных условиях произрастают сосновые насаждения низких классов бонитета. Величины ГАП 60-100 мкА характерны для почв огородов и приусадебных участков, в которые ежегодно вносится

навоз. Высокой трофностью обладают почвы черноольшаников на торфяных болотах Полесья.

В таблице 2 приведена сравнительная характеристика почв различных природных зон бывшего Советского Союза.

Таблица 2. Показатели трофности почвы (в единицах ГАП) ряда почв Беларуси и стран СНГ

Тип почвы, тип растительности, район исследования	Генетические горизонты почвы	Глубина взятия образца почвы, см	Величина ГАП, мкА
Дерново-подзолистая песчаная. Сосняк лишайниковый. Гомельская обл., Наровлянский р-н.	A_1 A_2 B_1 B_1C	0-15 20-25 60-65 120-125	10,0±0,4 6,7±0,3 16,0±0,5 7,0±0,2
Дерново-подзолисто-глееватая, песчаная. Сосняк черничный. Гомельская обл.	A_1	0-20	22,7±1,2
Перегнойно-глеевая. Ольшаник крапивный. Гомельская обл., Хойникский р-н.	A_1	0-30	66,1±2,1
Торфяно-глеевая. Окультуренный луг. Гомельская обл., Хойникский р-н.	A_1	0-30	104±3,7
Черноземы, пашня. Окрестности г. Суммы. Украина.	Ап	0-20	46,2±1,5
Каштановые почвы, суглинок. Пашня. Окрестности г.Симферополя.	Ап	0-20	53,7±2,1
Сероземы, пашня. Окрестности г. Ашхабада.	Ап	0-20	47,2±3,1
Дерново-подзолистая, супесчаная, заросли кедрового стланца. Корякская сопка, Камчатка.	A_1	0-10	19,3±0,8

Анализ данных таблицы 2 показывает, что величина трофности почв значительно варьирует. Наименьшие показатели ГАП характерны для дерново-подзолистых песчаных почв, развивающихся на рыхлых песках (<10 мкА). Отмечается изменение величины ГАП по профилю почвы – наибольшие значения ГАП характерны для аккумулятивного (A_1) и иллювиального (B_1) горизонтов, а наименьшие – для подзолистого горизонта (A_2).

В таблице 2 также можно проследить, как варьирует индекс трофности почвы при изменении типа почвообразования и гранулометрического состава. Так, дерново-подзолистые песчаные почвы сосняков имеют минимальные показатели ГАП – до 10 мкА. Если почвы заболачиваются под влиянием грунтовых вод, то это отражается на уровне трофности аккумулятивного горизонта. Под влиянием дернового и аллювиальных процессов почвообразования в пойме р. Припять индекс трофности почвы увеличивается многократно – до 41,3 мкА. У перегнойно-глеевой почвы ольшаника крапивного величина ГАП возрастает до 66,1 мкА, а у окультуренного луга на торфяно-глеевой почве величина ГАП достигает максимально высокого для Беларуси значения – 104 мкА, что соответствует очень высокой обеспеченности данной почвы элементами минерального питания.

В таблице 2 также приводятся значения трофности для черноземов окрестностей г. Суммы (Украина) – 46,2 мкА, каштановых почв в окрестностях г. Симферополя – 53,7 мкА, сероземов Туркмении – 47,2 мкА, что соответствует «хорошему» уровню содержания элементов минерального питания растений и высокой продуктивности этих почв. Дерново-подзолистая супесчаная почва Камчатки на Корякской сопке в зарослях кедрового стланца имеет показатели ГАП близкие к нашим дерново-подзолистым почвам – 19,3 мкА, что соответствует «слабому» уровню обеспеченности растений элементами питания.

Данные таблицы 2 подтверждают, что метод и прибор для определения трофности почвы вполне адекватно реагируют на изменение уровня этого показателя.

Результаты и их обсуждение.

Исследование уровней трофности почв в различных природных экосистемах Беларуси

Во время одной из радиоэкологических экспедиций 2001 года были взяты почвенные образцы на ранее заложенных пробных площадях (ПП) в различных природных экосистемах, в которых представлены основные типы почв Беларуси. В почвенных образцах были определены показатели ГАП (трофности почвы) в мкА. Данные представлены в таблице 3. Из таблицы видно как изменяются показатели трофности генетических горизонтов различных типов почв природно-растительных комплексов.

Таблица 3. Показатели трофности генетических горизонтов различных типов почв природно-растительных комплексов Беларуси

№№ ПП	Район исследования	Тип почвы	Генетические горизонты, глубина взятия образца, см	Показатели трофности почвы в единицах ГАП, мкА
Брестская область				
1	Столинский район, д.Белоуша, пойменный луг р.Горыни.	Дерново-глееватая почва, развивающаяся на супеси, рыхлых песках и суглинке.	A_1 (0-25) A_2 (25-35) A_1^{II} (60-65) Ag (90-95) Cg (120-125)	55,1±2,7 48,2±2,5 51,3±3,0 45,1±2,1 48,4±2,4
2	Столинский район, Столинское лесничество, кв. 83. Березняк черничный.	Дерново-подзолисто-глееватая почва, развивающаяся на супеси и рыхлом песке.	A_1 (0-15) A_2 (15-25) B_1A_2(25-30) B_2 (60-95) Cg (120-125)	15,6±0,7 10,5±0,4 6,5±0,1 7,8±0,3 17,5±0,8
Гомельская область				
3	Наровлянский район, Кировское лесничество, кв. 27. Сосняк черничный.	Дерново-подзолистая, глубокооподзоленная, глееватая почва, развивающаяся на флювиогляциальных песках, подстилаемых моренным суглинком.	A_1 (0-20) B_1 (20-25) A_2 (25-65) B_2g (90-95) Cg (120-125)	22,7±1,2 18,7±0,9 8,1±0,5 22,1±1,1 33,1±1,4

Продолжение табл. 3

4	Наровлянский район, Кировское лесничество, кв. 27. Березняк черничный.	Дерново-подзолисто-глеевая почва, развивающаяся на рыхлом флювиогляциальном песке и лессовидном суглинке.	A_1 (0-10) A_2 (10-15) B_1 (15-30) A_2 (60-65) B_2g (90-95) Cg (120-125)	37,6±2,0 11,3±0,6 15,3±0,4 6,9±0,3 17,5±0,7 28,1±2,0
5	Наровлянский район, окрестности д.Вепри, луг в пойме р.Припять.	Дерново-глееватая почва, развивающаяся на супеси и флювиогляциальных песках.	A_1 (0-10) A_1^{I} (10-15) A_2^{II} (15-20) A_1^{III} (20-25) A_1^{IV} (25-30) A(пог) (60-65) A^{I}(пог)(90-95) C (120-125)	51,7±1,9 45,4±1,3 29,9±1,0 22,1±0,9 21,2±0,8 31,1±1,2 26,2±0,9 15,3±0,7
6	Наровлянский район, Дерновичское лесничество, кв. 27. Березняк черничный.	Перегнойно-подзолисто-глеевая, супесчаная почва, подстилаемая рыхлым песком.	A_1 (0-10) A_1 (10-15) A_2 (15-20) B_1g (20-25) B_2g (25-30) B_2g (30-35) Cg (60-65) Cg (120-125)	49,7±2,1 40,5±1,5 24,4±1,1 78,5±3,3 15,6±0,6 13,4±0,5 22,6±0,7 27,5±0,9
41	Наровлянский район, Кировское лесничество, кв. 27. Сосняк лишайниковый.	Дерново-подзолистая почва, развивающаяся на рыхлом песке.	A_1 (0-10) A_1 (10-15) A_2 (15-20) B_1 (20-25) B_2 (25-30) B_3 (60-65) CB_4(90-95) C (120-125)	11,5±0,4 11,7±0,5 8,7±0,4 10,2±0,3 9,3±0,6 8,2±0,5 8,0±0,4 8,7±0,6
38	Наровлянский лесхоз, Кировское лесничество, Окрестности д.Кирово. Дубрава орляковая.	Дерново-подзолисто-глееватая почва, развивающаяся на супеси и песке связном.	A_1 (0-10) A_1 (10-15) A_2 (15-20) B_1 (20-25) B_2 (25-30) B_2 (60-65) B_2g (90-95) Cg (120-125)	14,1±0,3 14,0±0,3 10,7±0,2 12,4±0,3 12,0±0,3 14,6±0,4 26,9±0,7 39,5±0,9
7	Хойникский район, Загальское лесничество, кв.16. Черноольшак таволговый.	Перегнойно-иловато-глеевая, супесчаная почва, подстилаемая рыхлым песком.	A_1 (0-10) A_1 (10-15) A_1^{I} (15-20) A_1^{II}(20-25) A_1^{III}(25-30) B_2g (60-65) Cg (90-95) Cg (120-125)	106,3±5,0 90,5±4,3 58,9±2,5 33,1±2,0 29,3±1,9 46,1±3,1 30,1±1,9 41,9±2,1

Продолжение табл. 3

17	Добрушский район, Добрушское лесничество, кв. 408. Душицево-полевицево-разнотравный луг.	Дерново-подзолисто-супесчаная почва, развивающаяся на супеси и песке связном.	A_1 (0-10) A_1^I(10-15) A_2^I(15-20) A_2^{II}(20-25) A_2^{III}(25-30) B_1 (60-65) B_2 (90-95) C (120-125)	35,0±1,3 22,6±0,9 7,6±0,5 5,4±0,1 11,8±0,3 19,4±0,6 19,4±0,5 15,7±0,7
Могилевская область				
22	Чериковский район, Лименьское лесничество, кв. 39. Сосняк мшистый.	Дерново-подзолистая почва, развивающаяся на песке связном, подстилаемым песком рыхлым.	A_1 (0-10) A_1^I(10-15) A_1^{II}(15-20) A_2 (20-25) A_2^I(25-30) B (60-65) C (90-95) C (120-125)	7,0±0,4 11,3±0,5 13,0±0,4 9,7±0,3 9,7±0,5 10,2±0,4 7,0±0,3 8,1±0,4
24	Чериковский район, окрестности г.Черикова, пойменный луг р. Сож.	Иллювиально-глеевая суглинистая почва, подстилаемая с глубины 60 см рыхлым песком.	A_1 (0-10) A_1^I(10-15) A_1^{II}(15-20) A^Ig(20-25) G (25-30) G (60-65) Cg (90-95) Cg (120-125)	71,9±3,3 32,5±1,9 16,9±0,8 11,9±0,7 10,8±0,7 5,0±0,1 5,0±0,2 8,6±0,3
25	Могилевский район, Могилевское лесничество, кв. 157. Сосняк кисличный.	Дерново-подзолистая почва, развивающаяся на суглинке и супеси.	A_1 (0-10) A_1 (10-15) A_2 (15-20) A_2^I (20-25) A_2^{II}(25-30) B_1 (60-65) B_2 (90-95) BC(120-125)	35,7±1,7 30,6±1,5 24,4±1,4 31,2±1,6 39,0±1,5 63,4±3,2 68,7±3,4 53,3±2,0
26	Могилевский район, окрестности д.Софиевка. Осоково-разнотравный луг.	Торфяно-перегнойно-глеевая почва, подстилаемая суглинком.	Ат (0-10) $Ат^I$(10-15) $Ат^{II}$(15-20) Ag (20-25) Ag (25-30) Ag^I (60-65) G (90-95) G (120-125)	44,9±4,1 25,1±3,2 16,1±0,8 15,0±0,5 11,4±0,3 19,7±0,5 15,3±0,4 13,9±0,3

Продолжение табл. 3

Витебская область				
27	Толочинский район, Озерецкое лесничество, кв. 134. Сосняк кисличный.	Дерново-подзолистая суглинистая почва, развивающаяся на легком суглинке, подстилаемом моренным суглинком.	A_1 (0-10) A_1^I(10-15) A_1^{II}(15-20) A_2 (20-25) B_1 (25-30) B_2 (40-65) B_2^I(90-95) C (120-125)	49,4±2,0 48,9±2,2 59,5±3,0 48,1±1,9 52,2±2,0 57,9±2,5 65,2±3,1 79,1±2,9
28	Толочинский р-н, окрестности д.Озерцы. Злаково-осоковый луг.	Дерново-перегнойно-глеевая суглинистая почва.	A_1 (0-10) A_1^I(10-15) A_1^{II} (15-20) A_1^{III}(20-25) A_2A_1(25-30) Bg (60-65) G_1 (90-95) G_2 (120-125)	71,2±3,2 78,5±3,5 94,4±4,0 37,6±1,9 22,9±1,3 35,6±1,8 53,7±2,5 38,8±1,7
36	Сенненский р-н, Богушевичский лесхоз. Сенненское л-во. Окрестности д.Заозерье. Березняк кисличный.	Дерново-подзолисто-глеевая, супесчаная почва, развивающая-ся на супеси и связном песке.	A_1 (0-10) $A_1^IA_2$(10-15) A_1^IB (15-20) Bg (20-25) Bg (25-30) BG (60-65) BG (90-95) G (120-125)	30,0±1,5 18,3±0,6 18,9±0,9 20,1±0,8 28,9±1,2 25,3±1,1 15,0±0,7 22,3±0,9
33	Лепельский р-н. Березинский биосферный заповедник. Крайцевское лесничество, кв. 536а. Березняк черничный.	Дерново-подзолисто-глеевая, супесчаная почва.	A_1 (0-10) A_1^I (10-15) A_1^{II} (15-20) A_1^{III}(20-25) A_2 (25-30) Bg (60-65) G_1 (90-95) G_1^I (120-125)	37,9±1,6 30,3±1,3 29,1±1,1 19,6±1,2 13,0±0,5 16,1±0,6 17,3±0,5 25,4±1,1
34	Лепельский р-н. Березинский биосферный заповедник. Окрестности д.Крайцы. Злаково-разнотравный луг в пойме р.Бере-зины.	Дерново-подзолисто-глеевая, супесчаная почва, развивающаяся на аллювии.	A_1 (0-10) A_1^I(10-15) $A_1^{II}A_2$(15-20) A_1^{III}(20-25) Bg (25-30) G_1 (60-65) G_2 (90-95) G_3 (120-125)	44,9±2,3 50,1±2,9 18,9±1,1 21,7±2,0 23,0±2,1 34,4±1,9 39,8±1,7 21,7±1,1

Окончание табл. 3

32	Лепельский р-н. Березинский биосферный заповедник. Крайцевское лесничество, кв. 496. Сосняк мшистый.	Дерново-подзолистая песчаная почва, развивающаяся на песке рыхлом с прослойками ортзанд.	A_1 (0-10) A^I (10-15) A^IA_2 (15-20) B_1A_2 (20-25) B_2C (25-30) B_3C (60-65) B_4C (90-95) C (120-125)	7,5±0,2 7,7±0,1 7,5±0,3 6,1±0,2 9,6±0,3 9,1±0,4 13,3±0,4 6,1±0,1
Минская область				
30	Мядельский р-н. Нарочанское лесничество. Окрестности д.Малая Сырмеж. Сосняк мшистый.	Дерново-подзолистая, песчаная почва, развивающаяся на рыхлых песках.	A_1 (0-10) A_1^I(10-15) $A_2A_1^I$(15-20) B_1 (20-25) B_1 (25-30) B_1 (60-65) B_2C (90-95) C (120-125)	7,9±0,3 8,5±0,2 9,0±0,4 13,3±0,5 8,5±0,3 10,1±0,2 12,8±0,4 –
31	Мядельский р-н. Нарочанское лесничество. Окрестности д. Малая Сырмеж. Березняк мшистый.	Дерново-подзолистая, супесчаная почва, развивающаяся на супеси и рыхлом песке.	A_1 (0-10) A_1^I (10-15) A_1^{II} (15-20) A_2 (20-25) BC (25-30) BC (60-65) BC (90-95) C (120-125)	23,0±1,6 30,3±1,9 20,7±0,9 10,1±0,5 7,7±0,3 7,5±0,4 7,2±0,3 10,9±0,8
29	Мядельский р-н. Нарочанское лесничество. Окрестности д.Малая Сырмеж. Разнотравно-злаковый луг. р.Малиновка.	Торфяно-глеевая почва, подстилаемая рыхлым песком.	Ат (0-10) $Ат^I$ (10-15) $Ат^{II}$ (15-20) $Ат^{III}$ (20-25) $Ат^{III}$ (25-30) Ат (60-65) A_1 (90-92) G (120-125)	57,1±2,5 58,9±3,1 54,2±2,7 42,8±2,1 60,4±3,0 64,5±3,2 157,5±6,7 78,5±4,0

Для пойменных дерновых, дерново-болотных и торфяно-болотных почв, развивающихся на различных почвообразующих породах, характерен высокий уровень трофности верхних генетических горизонтов, подверженных аллювиальным процессам. Примером могут служить пойменные почвы р. Горыни (ПП 1), р. Припяти (ПП 5), р. Сожи (ПП 24), р. Березины (ПП 34), р. Малиновки (ПП 29), у которых показатели ГАП соответственно варьируют в пределах 48-55, 45-52, 33-72, 45-50 и 57-59 мкА.

Наиболее низкими показателями ГАП (более низким плодородием) отличаются дерново-подзолистые почвы на легких

почвообразующих породах. Величины ГАП верхних горизонтов этих почв изменяются от 12 до 9 мкА (ПП 41, Наровлянский район, Гомельская обл.), от 7 до 13 мкА (ПП 22, Чериковский район, Могилевская обл.), от 7 до 8 мкА (ПП 32, Лепельский район, Витебская обл.), от 8 до 9 мкА (ПП 30, Мядельский район, Минская обл.). Если на дерново-подзолистые процессы накладываются болотные (они проявляются в оглеении нижних горизонтов почв), то это отражается на величине ГАП почвы, и ее плодородие возрастает. Это можно проиллюстрировать на примере варьирования показателей ГАП дерново-подзолисто-глеевых и глеевых почв ряда пробных площадей: 11-16 мкА (ПП 2, Столинский район, Брестская обл.), 19-23 мкА (ПП 3, Наровлянский район, Гомельская обл.), 11-38 мкА (ПП 4, Наровлянский район, Гомельская обл.), 41-50 мкА (ПП 6, Наровлянский район, Гомельская обл.), 30-38 мкА (ПП 33, Лепельский район, Витебская обл.). Более высокие показатели трофности почв в данном случае связаны с увеличением степени заболачиваемости почв и влиянием минерализованных грунтовых вод. На этих почвах растут высокопродуктивные насаждения.

Особое место занимают дерново-подзолистые суглинистые почвы сосновых и сосново-еловых насаждений. Эти почвы отличаются более высокими значениями ГАП по сравнению с почвами такого же типа, развивающихся на рыхлых песках. Так, в Могилевском районе (ПП 25) показатели трофности колеблются для верхних горизонтов почвы в пределах 31–36 мкА, а в нижних слоях почвенного профиля достигают 69 мкА. Примерно такая же картина наблюдается в Толочинском районе (ПП 27). В горизонте A_1–A_1^{II} величина ГАП равна 49–60 мкА, в нижних слоях она достигает 79 мкА. Для этих почв характерны насаждения Iа бонитета. Высокий уровень трофности этих почвенных разностей связан с обильным живым напочвенным покровом, который из года в год аккумулирует значительные количества элементов питания и после его отмирания минеральные соединения остаются в верхней части почвенного профиля.

Заключение. Таким образом, полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что показатели ГАП (гальванической активности почвы) в природных фитоценозах отражают уровень обеспеченности почв элементами минерального питания, который зависит от типа растительного покрова, почвообразующей породы,

типа почвообразования, водного режима почвы. Самые незначительные изменения в этих составляющих, как это было показано выше, находят отражение на величине ГАП (трофности почвы).

Прибор и метод для определения трофности почвы используются при геоботанических, экологических и лесоводственных исследованиях в Институте экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Институте леса НАНБ, в Брестском ПЛХО, в Полесском филиале научно-практического центра НАНБ по земледелию и т.д. (в каждом учреждении были использованы приборы для определения ГАП, изготовленные в Институте экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАНБ).

Исследования гальванической активности почв показали, что этот показатель интегрирует многие свойства почвы – направленность почвообразовательного процесса, состояние почвенного поглощающего комплекса, степень насыщенности почв основаниями, гумусированность почвы, механический состав почвообразующей породы – и все это отражено в показателях уровня трофности почвы, величине ГАП.

Литература

1. Сукачев В.Н. Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964. 574 с.

2. Якушев Б.И. Способ определения солевого режима почв. А.с. 1226257 СССР, SU G 01 N 27/46.

3. Якушев Б.И. Исследование растений и почв. Эколого-физиологические методы. Минск: Наука и техника, 1988. 71 с.

4. Якушев Б.И., Мартинович Б.С., Сак М.М., Кузьмич О.Т., Голушко Р.М. // Леса Европейского региона – устойчивое управление и развитие: Труды межд. конфер. Ч. 1. Минск: БГТУ, 2002. С. 122-125.

5. Анисова Ж.М., Якушев Б.И. Природные изотопы урана в почвах и растениях сосновых лесов Минской возвышенности. Минск: Белорусская наука, 2008. 163 с.

6. Романова М.Л., Скригановская В.А., Гордей Н.В. // Устойчивое развитие лесов и рациональное использование лесных ресурсов: Материалы межд. научно-практич. конф. Минск, 2005. С. 219-221.

7. Романова М.Л., Зеленкевич Н.А. // Проблемы лесоведения и лесоводства: Тр. Ин-та леса. Гомель, 2001. С. 99-104.

8. Романова М.Л., Зеленкевич Н.А. // Лес, наука, молодежь: Материалы межд. научн. конф. молодых ученых. Т.1. Гомель, 1999. С. 143-145.

9. Гримашевич В.В., Махович И.В. // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. научн. трудов Ин-та леса. Вып. 55. Гомель, 2002. С. 71-75.

10. Соколов А.В., Фридланд В.М. Агрохимическая характеристика основных типов почв СССР. М.: Наука, 1974. 446 с.

Б.И. ЯКУШЕВ, М.М. САК, Ж.М. АНИСОВА, Р.М. ГОЛУШКО

ХАРАКТЕРИСТИКА ТРОФНОСТИ ПОЧВЫ – ВАЖНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРИРОДНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Резюме

В статье приводятся значения уровня трофности генетических горизонтов различных типов почв природно-растительных комплексов Беларуси. Показатели ГАП (гальванической активности почвы) в природных фитоценозах отражают уровень обеспеченности почв элементами минерального питания, который зависит от типа растительного покрова, почвообразующей породы, типа почвообразования, водного режима почвы. Самые незначительные изменения в этих составляющих находят отражение на величине ГАП (трофности почвы).

B.I. YAKUSHEV, M.M. SAK, Z.M. ANISOVA, R.M. GOLUSHKO

THE CHARACTERISTIC OF SOIL FERTILITY AS THE MAIN COMPONENT OF ECOLOGICAL RESEACH IN NATURE VEGETATION COMPLEXES

Summary

The article consider the values of fertility (trophic level) in genetic strata of various soil types in nature vegetation complexes of Belarus. The GSA (galvanic soil activity) indices in nature phytocoenoses reflects the degree of soil supply by mineral nutritional elements. The last characteristic depends on the type of vegetation, soil-formative bed, the type of soil formative process, soil water regime. The smallest changes in these constituting parts are reflected in the value of GSA and in soil fertility (trophic level).

Поступила в редакцию 21.03.2011 г.

УДК 633.21:573.6

Т.Г. ЯНЧЕВСКАЯ, О.А. КОВАЛЁВА, О.В. ЛЕМЕЗА

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АГРОБАКТЕРИАЛЬНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РАСТЕНИЙ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.)

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф Купревича НАН Беларуси

Введение. Генетическая инженерия открывает перед селекцией растений новые перспективы, связанные с возможностью переноса в них генов от бактерий, грибов, экзотических растений и даже человека и животных, что недостижимо для экспериментального мутагенеза и традиционной селекции. Развитие и совершенствование методов генетической инженерии, а также разработка методов переноса генетического материала в растительную клетку и методов восстановления в условиях *in vitro* из отдельных клеток полноценных трансформантов, позволило модифицировать геномы многих видов растений [1].

Первые попытки генетической трансформации были предприняты в середине 1970-х гг. прошлого столетия и основным методом получения трансгенных растений была прямая обработка меристем, семян, пыльцы ДНК и последующий скрининг потомства на наличие интродуцированных генов [2, 3]. В то время обработка проводилась в основном тотальной ДНК и, в очень редких случаях, ДНК маркерных генов.

Настоящей революцией в генетической трансформации растений явилось обнаружение природного вектора – агробактерий для переноса генов и разработка метода микробомбардировки растительных объектов микрочастицами, покрытыми ДНК. Достижения последнего десятилетия привели к модификации естественного происходящего процесса переноса почвенными бактериями *Agrobacterium tumefaciens* и *A.rhizogenes* генов в растения. Были созданы так называемые разоруженные векторы и плазмиды, которые используются и в настоящий момент [4, 5]. В данных векторах многие гены заменены на маркерные и хозяйственно полезные [6]. Использование векторов позволяет переносить чужеродные гены в клетки растений и затем регенерировать нормальные фертильные растения, в большинстве случаев с использованием методов изолированной культуры [7-9].

Первые вполне доказательные эксперименты по генетической трансформации растений были проведены на протопластах с использованием маркерных генов, в качестве которых наиболее часто применяли ген неомицин фосфотрансферазы II (NPTII), определяющий устойчивость к канамицину и некоторым другим аминогликозидным антибиотикам [10]. Метод прямой обработки протопластов имеет ряд недостатков, среди которых – сложность процедуры получения протопластов, отсутствие регенерации для многих видов растений из протопластов, возможность появления сомаклональных вариантов и длительный период от протопластов до трансгенных растений. Модификацию метода прямой обработки протопластов, а в последнее время клеток и меристем ДНК представляет собой электропорация или называемая также электропульсацией, суть которой состоит в том, что объекты обрабатываются электроимпульсом очень краткой длительности в присутствии ДНК, в результате чего возникает проникновение макромолекул. Для трансформации могут быть использованы как линейные, так и суперспирализованные плазмиды, однако линейные ДНК примерно в 10 раз эффективнее для стабильной трансформации. В экспериментах по электропульсации злаков с использованием GUS и *bar* генов наблюдали наличие 1-10 синеокрашенных пятен у примерно 20% секторов ткани или зародышей [11].

С помощью агробактерий к настоящему времени трансформировано большое количество видов двудольных растений, однако долго считалось, что с их помощью нельзя трансформировать однодольные. Не так давно появились публикации о трансформации с помощью векторной системы агробактерий однодольных растений [12-13], а также грибов и дрожжей [14-19].

Агробактериальная трансформация растений с целью получения хозяйственно-полезных сортов стала распространенным методом во многих исследовательских лабораториях, специализирующихся на получении трансгенных растений. Однако частота трансформации, особенно однодольных растений, недостаточно высока. Это влечет за собой необходимость анализа большого количества трансформируемого материала.

Проблема поиска методов и приемов, повышающих эффективность переноса Т-ДНК, остается актуальной для

получения трансгенных растений [20, 21]. Выбор эксплантa играет существенную роль при проведении процесса агробактериальной трансформации. В работах по получению трансгенных растений с помощью *Agrobacterium tumefaciens* используются различные экспланты, культивируемые в культуре ткани *in vitro*, что имеет ряд недостатков. Во-первых, появляется зависимость от морфогенетического потенциала тканей. Во-вторых, условия *in vitro* могут привести к появлению сомаклональных вариантов, в том числе устойчивых к селективному агенту. Кроме того, растения-регенеранты могут обладать пониженной фертильностью, жизнеспособностью, нести различные уродства. Бобовые растения считаются сложной культурой для трансформации. Регенерация *in vitro* для этой культуры в высокой степени определяется генотипом, и сорта, способные к регенерации, встречаются не часто. В настоящее время осуществляется поиск эксплантов, позволяющих эффективно получать трансгенные растения. Так, для получения трансгенных растений клевера Sullivan et al. использовали апикальные меристемы проростков [22]. Метод агробактериальной трансформации *in planta* позволяет избежать недостатков, наблюдаемых при трансформации растений *in vitro*.

Трансформация растений *in planta* является простым и удобным методом агробактериальной трансформации для многих видов растений. Однако, для каждого вида растений необходима модификация, предусматривающая способ внедрения необходимого гена в само растение. Многими авторами сделаны успешные попытки получения трансгенных растений методом *in planta с* использованием различных способов.

Трансформация *in planta* успешно используется для различных видов растений, таких как *Arabidopsis thaliana* [23], *Medicago truncatula* [24], яблоня, груша, томаты, персик, земляника [25], цитрусовые [26], гречиха (*Fagopyrum esculentum* M.) [27], тутовое дерево (*Morus alba* L.) [28], гибискус коноплёвый (*Hibiscus cannabinus* L.) [29].

Основная часть методов агробактериальной трансформации основана на совместной инкубации клеток вегетативных органов и тканей (листьев, корня, стебля) с суспензией бактериальных клеток [24, 31]. В дальнейшем из культивируемых клеток или тканей регенерируют взрослые растения. В некоторых случаях ДНК плазмиды либо клетки *Agrobacterium tumefaciens* путем инъекции

вносят в меристематические ткани [32] или плоды [25, 26], либо непосредственно на цветки соцветий [24, 33]. Подобный подход может приводить к химерности трансформантов, когда не все клетки несут трансформированный геном. Повысить экспрессию репортерного гена *gus* на два-три порядка можно путем обработки тканей растения ультразвуком [34]. Для повышения эффективности трансформации соматических клеток растений и культуры тканей был предложен метод вакуумной инфильтрации [35]. Эти и другие приемы ведут к повышению эффективности переноса Т-ДНК, но не избавляют от химерности растений. Известен способ получения трансгенных растений путем помещения в суспензию агробактериальных клеток незрелых зародышей с последующим многократным пассажем каллусов [36, 37]. Данный способ позволяет достичь частоты стабильной трансформации до 10% в пересчете на количество инокулированных каллусов. Недостатком такого способа является трудоемкость и длительность процесса получения трансгенных растений.

В большинстве процедур трансформации *in planta*, селекция не выполняется немедленно после трансформации [38].

Получение трансгенных растений, устойчивых к гербицидам нового поколения, имеет большое значение для развития современного сельскохозяйственного производства. Экологическая безопасность этих гербицидов обусловлена их низкой токсичностью и быстрой деградацией в почве. Создание гербицидоустойчивых растений возможно за счет введения в состав растительного генома гена или генов, определяющих устойчивость к конкретному гербициду. Так, гены устойчивости к гербициду биалафосу, продуцируемому актиномицетами *Streptomyces hygrosporicus*, представлены в геноме биалафоспродуцирующих стрептомицетов и обуславливают их собственную устойчивость к синтезируемому гербициду.

Биалафос представляет собой трипептид, действующим началом которого является фосфинотрицин (PPT) – токсичный аналог глютаминовой кислоты. Наряду с генами, участвующими в биосинтезе биалафоса, в геноме *Streptomyces hydroscopicus* имеется ген *bar*, определяющий их собственную устойчивость к данному гербициду. Ген *bar* кодирует фосфинотрицинацетилтрансферазу (PAT), которая ацелирует свободную NH_2-группу PPT и тем самым делает его нетоксичным (рис.1). Клонирование гена *bar* и передача

его в растительные геномы в соответствующих экспрессирующихся конструкциях дает возможность получить биалафосоустойчивые трансгенные растения [39].

Рис. 1. Карта pGreen0229-35Sb, используемая в работе. Сайт плазмиды с маркерным геном *bar*, вектор с pSa локусом; 35S cassette – вставка из энхансеров 35S промотора вируса мозаики цветной капусты; LB и RB – левая и правая граница Т-ДНК

Для получения трансгенных растений клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) необходимо не только подобрать оптимальную схему агробактериальной трансформации и выбор эксплантa, но и скорректировать минеральное питание растений клевера в условиях *ex vitro* - *in vivo*. Показано, что при выращивании клевера на семена большую роль играет минеральное питание, обеспечивающее растения необходимыми макро- и микроэлементами [40].

Согласно многочисленным исследованиям [41-43], у растений клевера к моменту образования первого тройчатого листа возникает потребность в дополнительном питании азотом, в фазе 7-10 настоящих листьев - фосфором, кальцием, магнием, калием, бором, марганцем и др. Кроме того, достаточное количество микроэлементов повышает устойчивость клевера к болезням [44]. При выращивании клевера на почвогрунтах процесс поддержания динамики интенсивности поглощения питательных веществ

растениями является трудоемким. Использование же ионообменного субстрата Триона®, сбалансированного по элементам минерального питания для культуры клевера, позволит формировать максимальное развитие надземной массы растений, генеративных органов, налив и созревание семян трансгенных растений клевера.

Целью настоящей работы является разработка методических подходов для проведения *in planta* трансформации пазушных меристем клевера лугового, получение из семян растений клевера лугового на ионообменном субстрате в условиях *in vivo* поколения условных трансформантов и адаптация их к условиям выращивания *in vivo* на ионообменном субстрате.

Объекты и методы исследования. В работе использованы семена клевера лугового диплоидного сорта Витебчанин. Используемый бактериальный штамм – *Agrobacterium tumefaciens* AGL0, несущий модельный вектор на основе pGreen 0229 со вставкой 35S-GUS. Агробактерию выращивали на LB-среде, содержащей 1,5% агар-агар, канамицин 50 мкг/мл, рифампицин 50 мкг/мл.

Обработанные агробактерией проростки клевера лугового выдерживали в течение суток во влажной камере для имитации условий культивирования с агробактериями, затем пикировали в контейнеры с ионообменным субстратом (pH 5,9) с дополнительным внесением микоризы «Микоплант» и выращивали в течение месяца на Биотехнологическом комплексе. Световой период 14 часов, температура – 21-23°C. Опытные растения, которые инокулировали суспензией агробактерий, – в дальнейшем назывались условными трансформантами.

Электрофоретический анализ листьев условных трансформантов проводили по методу Laemmli [45] на приборе для мини-электрофореза «SE-250» (Amersham Biosciences, Великобритания). Данные электрофореграмм обрабатывали и анализировали с помощью компьютерной программы TotalLab 2.01.

Измерение фотосинтетических показателей растений проводились на приборе Plant Vital 5010 с кислородными сенсорами типа MF 41-INN-2 [46].

Измеряли морфометрические показатели условных трансформантов: длина растений, длина корневой системы, масса

надземной части, масса корней, число листьев на растении. Исследования проводили согласно методикам, описанным в [47].

Результаты и обсуждение. Процедуру агробактериальной трансформации проводили согласно протоколу Kojima [29], разработанному для растений кенаф (гибискус коноплевый *Hibiscus cannabinus*) с модификациями. Инокуляцию агробактерией проводили на проростках различного возраста. Самая высокая выживаемость была обнаружена на 7-дневных проростках клевера. Для инокуляции в дальнейшем использовали именно 7-дневные проростки, нанося путем надреза скальпелем (ск) или иглой (игл) в районе апикальной меристемы и занесением агробактерии *A.tumefaciens* скальпелем или препаровальной иглой, а также путем прокалывания иглой в месте апикальной меристемы и инфицированием агробактерией (рис. 2). Контролем служили такие же проростки с аналогичными поранениями без внесения агробактерий.

Рис. 2. Схема стадий агробактериальной трансформации *in planta* клевера лугового

После трансформации проростки были высажены в ионообменный субстрат с добавлением Микопланта. Через 7 суток

трансформанты обработаны гербицидом Basta. Морфофизиологический анализ проводили на трансформантах, выживших после обработки гербицидом Basta. Выжившие растения составляли 11% от числа трансформированных.

Фенотипический анализ условных трансформантов не выявил морфологической неоднородности по сравнению с контрольными (нетрансформированными) растениями (табл. 1). И способ поранения при агробактериальной трансформации не оказал какого-либо существенного влияния на последующий рост и развитие растений клевера.

Таблица 1. Морфологические характеристики растений клевера

Вариант	Высота, см	Масса надземной части, г	Масса корней, г	Длина корней, см	Кол-во листьев
контроль	9,1±1,1	0,15±0,02	0,07±0,04	10,36±1,7	1,42
суспензия (ск+игл)	8,9±1,3	0,13±0,02	0,04±0,01	11,4±4,5	1,29
посев (ск)	7,9±0,26	0,19±0,2	0,04±0,006	11,9±0,5	1,6
посев (игл)	8,3±1,8	0,15±0,09	0,06±0,04	9,7±1,6	1,42

Известно, что фотосинтез является начальным звеном сложной и разветвленной последовательности реакций метаболизма, обеспечивающей в конечном итоге рост и развитие растения в соответствии с генетической программой. При адаптации условных трансформантов к условиям выращивания *in vivo* на ионообменном субстрате ТРИОНА, необходимо выявить происходят ли изменения фотосинтетической активности условных трансформантов клевера сорта Витебчанин с геном *bar*, придающим устойчивость клеткам растений к гербициду BASTA.

Таблица 2. Фотосинтетические характеристики клевера лугового.

Вариант	KphA, коэффициент фотосинтетической активности	Временная задержка, мин
контроль	1,10	10
суспензия (ск+игл)	1,55	10
посев (ск)	1,14	11,7
посев (игл)	3,19	10

Примечание. * Приводятся средние значения из 3-х измерений

Условные трансформанты клевера независимо от варианта трансформации имели более высокие коэффициенты фотосинтетической активности растений (определяемую по соотношению фотосинтеза к дыханию, который характеризует жизнеспособность). Это говорит о большей интенсивности протекания фотосинтетических процессов у условно трансформированных растений по сравнению с контролем. Кроме того, высокие коэффициенты фотосинтеза характерны для растений в начале жизненного цикла, когда формируется фотосинтетический аппарат (рис. 3).

Электрофорез белков листьев трансформированных и контрольных растений представлен на рисунке 4.

Рис. 3. Интенсивность фотосинтетических параметров у контрольных и трансформированных растений клевера

Проведенный электрофоретический анализ фракции легкорастворимых белков листьев клевера лугового не выявил заметных различий полипептидного состава у трансформированных и контрольных растений. Как видно из рисунка 4, наблюдается количественное увеличение полипептидов с молекулярной массой 55 кДа во всех исследуемых вариантах.

Согласно литературным источникам, данный растворимый полипептид представляет собой рибулозобисфосфаткарбоксилазу,

высокое ее количество характерно для активно развивающихся и фотосинтезирующих растений. Каждый гель условно разбит на три зоны: I – зона медленных белков (катодная часть геля), II – зона средних по подвижности белков, III – зона быстрых белков (анодная часть геля). В зоне медленных белков полосы (3-4) интенсивно окрашены и ярко выражены. Полосы средней зоны (5-8) интенсивно окрашены и ее компоненты являются общими для контрольных и растений клевера после трансформации. Видимые отличия в данной зоне связаны с расщеплением одной из полос на две, которые настолько тесно прилегают друг к другу, что могут просматриваться как одна. Зона быстрых белков содержит много окрашенных минорных компонентов, которые визуально трудно определить.

Рис. 4. Электрофоретическое разделение в ПААГ с додецил сульфатом натрия фракции легкорастворимых белков листьев клевера с. Витебчанин, выращенных на Биотехнологическом комплексе на искусственных ионообменных субстратах:
1– нетрансформированные контрольные растения, 2-4– условные трансформанты; 5-8 - мембранные фракции. I – зона медленных белков, II – зона средних по подвижности белков, III – зона быстрых белков

Различия в паттернах белков наблюдали только в зоне медленных белков мембранной фракции. У трансформантов происходило количественное увеличение полипептидов с молекулярной массой 68-70 кДа (треки 6-8). Данные полипептиды в контрольном варианте почти неразличимы (трек 5).

Заключение. Разработанные методические приемы трансформации клевера *in planta*, а затем исследования роста и развития условно трансформированных и нетрансформированных

растений сорта Витебчанин показали, что сразу же после поранения скальпелем интенсивность фотосинтетических процессов ниже, чем при инокуляции агробактерии с помощью иглы. Однако в дальнейшем скорости роста на ионообменных субстратах сходны и не зависят от способа поранения при процедуре агробактериальной трансформации. В результате соединения принципов агробактериальной трансформации *in planta*, а также современных разработок при создании трансгенных растений *in vitro,* разработаны методические подходы получения и адаптации *in vivo* трансформантов клевера лугового диплоидного сорта Витебчанин после проведения процедуры *in planta* агробактериальной трансформации с использованием плазмиды pGreen0229-35Sb.

Литература

1. Miki B. // J. Biotechnology. 2004. Vol. 107. P. 193-232.
2. Birch R.G. // Annu. Rev. Plant Physiol. 1997. Vol. 48. P. 297-326.
3. Hansen G. // Trends Plant Sci. 1999. Vol. 4. P. 226-231.
4. Bevan M.W. // Nucl.Acids Res. 1984. Vol. 12. P.8711-8712.
5. Bevan M.W. // Nature. 1983. Vol. 303. P.184-187.
6. Hooykaas P.J.J., Schilperoort R.A. // Plant Mol. Biol. 1992. Vol. 19. P. 15-38.
7. Draper J., Scott R., Armitage P. Plant genetic transformation and gene expression – a laboratory manual / J. Draper, // Oxford: BlackwellSci.Publ. 1988. P. 301-302.
8. Пирузян Э.С. Основы генетической инженерии растений. М.: Наука. 1988. 304 с.
9. Gelvin S.B., Schilperoort R.A. Plant Molecular Biology Manual // Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 1998. P. 24-76.
10. Valvekens D., Montague M.V., Lijsbettens M.V. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1988. Vol. 85. P. 5536-5540.
11. Bates G.W. // Methods in Cell Biology. 1995. Vol.50. P.363-373
12. Gould J., Devery M., Hasewaga O. // Plant Physiol. 1991. Vol. 95(2). P. 426-434.
13. Grimsley N.H. Ramos C., Hein T. // Biotechnol. 1988. Vol. 6(2). P. 185-189.
14. Olhoft P.M., Flagel L.E., Somers D.A. // J. Plant Biotechnology. 2004. Vol. 2. P. 289-300.
15. Somers D.A. // In Vitro Cellular & Develop. Biology-Animal. 2004. Vol. 40. P. 20.
16. Borsick M.A., Lange H.W., Smart C.D. // Phytopathology. 2006. Vol. 96. P. 176.
17. Michielse C.B //Mol. Genetics & Genomics. 2004. Vol. 271. P. 638-643.
18. Michielse C.B. // Fungal Genetics & Biology. 2004. Vol. 41. P. 571-578.

19. Bundock P. // Yeast. 2002. Vol. 19. P. 529-536.
20. Birch R.G. // Ann. Plant Physiol. and Plant Mol. Biol. 1997. Vol. 48. P. 297-326.
21. Чумаков, М.И. Механизм агробатериальной трансформации растений. Саратов.: Слово, 2001. 256 с.
22. Sullivan M.L. // Methods mol. Biol.: edited by: Wang K. 2006. Vol. 343. P. 369-382.
23. Bent A.F. // Plant Physiol. 2000. Vol. 124. P. 1540-1547.
24. Trieu A.T. // Plant J. 2000. Vol. 22. P.531-541.
25. Spolaore S., Trainotti L., Casadoro G. // J. Exp. Bot. 2001. Vol. 52. P. 845-850.
26. Ahmad M., Mirza B. // Plant Mol. Bio. Rep. 2005.Vol. 23. P. 419a–k.
27. Kojima M., Arai Y., Iwase N. [et. all.] // Biosci. Biotech. Biochem. 2000. Vol. 64. P. 845-847.
28. Ping L.X. // J. Insect Biotechnol. Sericol. 2003. Vol. 72. P. 177-184.
29. Kojima M. // J. Biosci. Bioeng. 2004. Vol. 98. P. 136-139.
30. Zhou G.Y. Introduction of exogenous DNA into cotton embryos // In: Wu R., Grossman L., Moldave K., editors. Methods in enzymology. 1983. Vol 101. P. 433-81.
31. Chee P.P., Slighton J.L. // In: Gartland K.M.A, Davey M.R., editors. *Agrobacterium* protocols: methods in molecular biology. 1995. Vol. 44. P. 101–119.
32. Luo Z-X., Wu R. // Plant Mol. Biol. Rep. 1989. Vol. 7. P. 69-77.
33. Trick H.N., Finer J.J. // Transgenic Res. 1998. Vol. 6. P. 329-336.
34. Bechtold N., Ellis J. // Methods. Mol. Biol. 1998. Vol. 82. P. 259-266.
35. Ye G.N. // Plant J. 1999. Vol. 19. P. 249-257.
36. Desfeux C., Clough S.J., Bent A.F. // Plant Physiol. 2000. Vol. 123. P. 895-904.
37. Wylie S.J., Tjokrokusumo D., McComb J.A. Transformation of petunia hybrida by *Agrobacterium* suspention drop method // In: Jackson J.F., Linskens H.F., editors. Genetic transformation of plants. 2003. Vol. 23. P. 45–51.
38. Murakami T. // Mol. And Gen. Genet. 1986. Vol. 205. P. 42-50.
39. Drury C.F. // Agron. J. 1999. V. 91. P. 101-108.
40. Smith D., Smith R. R. // Agron. J. 1977. Vol. 69. P. 45-48.
41. Новоселова, А.С. Селекция и семеноводство клевера. М.:Агропромиздат, 1986. 199 с.
42. Gil J.L., Fick W.H. // Agron. J. 2001. Vol. 93. P. 902-910.
43. Stout W.L. // Agron. J. 1979. Vol. 71. P. 662-665.
44. Azpiroz-Leehan R., Feldmann K.A. // Trends Genet. 1997. Vol. 13. P. 152-156.
45. Laemmli U.K. // Nature. 1970. Vol. 227. P. 680-685.
46. Pflanzen-Vitalitats-Messgerat, Bedienungsanleitung PlantVital 5010. Instruction.
47. Урбах В.Ю. Биометрические методы. М.: Наука, 1964. 415 с.

Т.Г. ЯНЧЕВСКАЯ, О.А. КОВАЛЁВА, О.В. ЛЕМЕЗА

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АГРОБАКТЕРИАЛЬНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РАСТЕНИЙ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.)

Резюме

В результате проведенного исследования оптимизированы условия получения трансформантов клевера лугового нулевого поколения с помощью подхода *in planta*. Проведена агробактериальная трансформация с использованием векторных конструкций с генами *licB*, *bar* и дана оценка эффективности регенерации побегов при поранении апикальной меристемы проростков клевера лугового. Изучен процесс роста и развития первичных трансформантов к условиям выращивания *in vivo* на ионообменном субстрате.

T.G.YANCHEVSKAYA, O.A.KOVALYEVA, O.V.LEMEZA

METHODICAL ASPECTS OF THE AGRO-BACTERIAL TRANSFORMATION OF CLOVER (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.)

Summary

The study optimized the conditions for obtaining transformants clover with the zero generation approach *in planta*. Agro-bacterium-mediated transformation carried out using vector constructs with genes *licB*, *bar*. Assess the efficiency of shoot regeneration at the apical meristem wounding clover sprouts. The process of growth and development of the primary transformants to the growing conditions *in vivo* with ion-exchange substrate.

Поступила в редакцию 25.07.2011 г.

УДК 635.21:581.1.032

ЯНЧЕВСКАЯ Т.Г., МАКАРОВА Т.Б., ОЛЬШАНИКОВА А.Л.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА РАЗМНОЖЕНИЯ МИНИКЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Институт экспериментальной ботаники им.В.Ф.Купревича НАН Беларуси

Введение. В настоящее время в Республике Беларусь остро встает проблема получения высококачественного семенного картофеля. Поскольку картофель размножается клубнем, из поколения в поколение в клубнях накапливаются вирусная и

бактериальная инфекции. Широкое распространение вирусных заболеваний картофеля и значительный ущерб, причиняемый ими урожаю и качеству клубней, вызвали необходимость ежегодно производить семенной материал с использованием специальных методов оздоровления – культуры тканей *in vitro* в сочетании с химиотерапией.

Широко распространенные до недавнего времени традиционные методы ускоренного размножения оздоровленных клубней картофеля (микроклональное размножение *in vitro*, адаптация растений, полученных *in vitro*, на торфогрунте, метод получения миниклубней из верхушечных и пазушных побегов вегетирующих растений на почвогрунтах), не в состоянии разрешить эту проблему.

Поэтому актуальны разработки новых подходов в получении безвирусного исходного материала (миниклубней и рассады картофеля) в условиях защищенного грунта, который сможет вывести современное семеноводство картофеля на качественно новый уровень. Такая ресурсосберегающая ионитопонная технология получения исходного материала картофеля в круглогодичном режиме разработана сотрудниками нашей лаборатории [1-4]. Она испытана и эксплуатируется в 2-х семеноводческих хозяйствах Республики Беларусь (ОАО «Кухчицы», Клецкий р-он, Минской обл., и ОАО «Дзержинский Агро», Речицкий р-он, Гомельской обл.; РУП НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; РУП Гродненской зональный институт растениеводства НАН Беларуси, г. Щучин; в России – во ВНИИКХ Московская обл., пос. Коренево. Элементы технологии внедрены в Китайской Народной Республике – в Аграрном институте г. Хулумбер, Автономный район Внутренняя Монголия; Яньбеньском Аграрном институте и Академии цветоводства и овощеводства, провинция Цзилинь.

Полученное с помощью ионитопонной технологии в течение одного года в зимней теплице количество исходного материала достаточно для высадки на площади 20 га питомника исходного материала (10 га рассадой и 10 га миниклубнями) вместо 0,5-1,0 га.

При посадке материала, полученного на биотехническом комплексе, равно как исходного материала, полученного другими способами, в полевые условиях, первоочередной задачей является защита его от реинфекции, переувлажнения или засухи, которая в

последние годы в связи с глобальным потеплением климата негативно влияет на развитие картофеля и получение клубневой высокой репродукции хорошего качества.

Цель настоящего исследования заключалась в разработке элементов экологичной технологии увеличения клубневого коэффициента размножения в полевых условиях путем стабилизации влажностного и теплового режимов корнеобитания с помощью черной пленки.

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектами исследования служили среднеранние и среднеспелые сорта белорусской селекции: Скарб (НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству); голландской селекции: Никита; российской селекции – Корона (ВНИИ картофельного хозяйства, Россия).

Посадка в полевых условиях осуществлялась клубнями, обработанными 0,1% $KMnO_4$ (20 мин) и 0,05% раствором $CuSO_4$ (2 час) перед закладкой на хранение и прошедшими яровизацию на свету перед посадкой. В течение всего эксперимента осуществлялся температурный и влажностной контроль почвы на грядах и в гребнях с открытым возделыванием (контроль) и под черной полиэтиленовой пленкой (опыт). Густота посадки варьировала в 3-х вариантах: 11 шт./м^2; 7 шт./м^2; 6 шт./м^2 как при посадке в гребень, так и при посадке на грядку. Норма посадки миниклубней в полевых условиях составляет 60 000 шт./га, т.е. 6 шт./м^2.

Исследования проводились стандартными методами для полевых репродукций. Измерение физических показателей - влажность и температурную динамику почвы проводили на грядах и в гребнях с открытым возделыванием и под черной полиэтиленовой пленкой стандартными весовыми методами [5]. После проведения полной вегетации изучали структуру урожая и биохимические показатели клубней [6].

Статистическую обработку данных проводили с помощью стандартной программы Excel-2000.

Результаты и их обсуждение. В условиях защищенного грунта (зимняя теплица ОАО «Кухчицы», Клецкого района, Минской области) была проведена полная вегетация исходных растений in vitro картофеля на Биотехнологическом комплексе на ионообменном субстрате Триона®, сбалансированном по оптимуму минеральных элементов и агрофизическим свойствам [7-8].

Внешний вид комплекса изображен на рисунке 1. Он включает систему досветки лампами (ДНаЗ-400), автоматизированную систему полива и кондиционирования корневой системы вегетирующих растений [9, 10].

В результате проведения полной вегетации в круглогодичном режиме были получены рассада (1 вегетация) и миниклубни (3 вегетации) картофеля по ресурсосберегающей ионитопонной технологии. Выращенный исходный материал картофеля был высажен в гребни (традиционная технология) и грядки (рекомендуемые А.А.Аутко и сотр. для овощных культур) [11].

Рис. 1. Общий вид Биотехнического комплекса для круглогодичной эксплуатации

Для сохранения естественной влаги и препятствию накопления излишней влаги в почве, была использована черная пленка (толщина 1 мм, удельный вес d=1,03), покрывающая полностью гряду или гребень с перфорацией в междурядье. Внешний вид посадки в гребни под пленку показан на рисунке 2.

Значения температуры, зафиксированные Минской метеостанцией, и экспериментальные данные влажности почвы и значений pH в дни максимальной влажности воздуха и максимальной температуры воздуха, представлены в таблицах 1 и 2.

Как видно из данных таблицы 1, температура почвы под пленкой как при выращивании картофеля в гребнях, так и в грядках, была на 1,5-2°С ниже, чем без пленки в контроле.

Закисление почвы происходило более выражено под пленкой в условиях грядки (на 0,8 ед. pH), вместо 0,4 – в контроле. В условиях гребня эти изменения составили 0,6 ед. pH относительно 0,45 – в контроле.

Рис.2. Посадка картофеля клубнями в гребни под пленку на территории хозяйства ОАО «Кухчицы» Клецкого района Минской области. Приемка опытов комиссией.

Учитывая, что все элементы питания попадают в растение путем обменной диффузии через корневые волоски в ответ на выброс ионов водорода в корнеобитаемую среду, полученные данные могут характеризовать более интенсивные процессы поглощения элементов питания растениями под пленкой, чем в контрольных вариантах, причем, по сравнению с гребнем, более выражены они в условиях грядки.

Относительно динамики влажности можно заметить, что под пленкой структура грядки больше сохраняет влагу, чем гребень (табл. 2). Разница абсолютной влажности составляет до 3%. Значения влажности 9.07 (после проливного дождя, прошедшего 8 июля) показывают, что структура грядки удерживает больше влаги под пленкой (17,03%), чем структура гребня под пленкой (12,15%). Эти данные характеризуют посадку в гребне как наиболее

стабильную, не подверженную быстрым перепадам влажности, как это наблюдается на грядке.

Таблица 1. Значение pH и температура почвы на глубине 7 см

Вариант / Число	pH почвы			Числа календарные	11.06	27.06	9.07	30.07
	11.06	27.06	9.07	Температура воздуха, °С	27,0	26,0	30,0	30,0
Гребень открытый	6,05	5,7	5,6	Температура почвы, °С	20,0	18,0	23,0	23,0
Гребень под пленкой	6,3	6,2	5,7	Температура почвы, °С	19,5	16,0	22,0	22,0
Грядка открытая	6,4	6,3	6,0	Температура почвы, °С	20,0	17,0	23,0	23,0
Грядка под пленкой	6,7	6,4	5,9	Температура почвы, °С	19,5	16,0	21,0	21,0

Таблица 2. Значение влажности почвы на глубине 7 см

Вариант / Число	% абсолютно сухой массы почвы				% абсолютной влажности почвы			
	11.06	27.06	9.07	30.07	11.06	27.06	9.07	30.07
Гребень открытый	91,04	94,01	85,83	87,61	8,96	5,99	14,17	12,39
Гребень под пленкой	91,39	94,48	87,85	90,25	8,61	5,52	12,15	9,75
Грядка открытая	92,06	93,01	86,07	85,28	7,94	6,99	13,93	14,72
Грядка под пленкой	90,62	92,99	82,97	87,90	9,38	7,01	17,03	12,10

Полученный урожай анализировали по сортам в зависимости от густоты посадки. Структура урожая сорта Никита представлена в таблице 3.

Как следует из экспериментальных данных, масса клубня от густоты посадки имеет обратно пропорциональную зависимость, кроме варианта «грядка под пленкой», где густота посадки 7 и 6 клубней на 1 м^2 различались не существенно (74,0±12,9 г и 70,2±5,4 г) соответственно. Наиболее крупные клубни были получены в варианте «гребень под пленкой» при густоте посадки 6 шт./м^2 и масса их составила 108,3±18,0 г, что превышает размеры семенных клубней.

Таблица 3. Клубневой анализ сорта Никита в зависимости от густоты посадки в расчете на 1 м^2

Вариант	Густота посадки, шт./м^2	Кол-во клубней, шт.	Масса клубней, г	Масса одного клубня, г	Масса клубней, г/растение
Гребень открытый	11	44,7±4,3	3604,2±545,5	80,8±10,3	327,6±49,5
	7	38,0±4,5	3316,7±569,4	86,7±10,3	473,8±81,3
	6	37,5±7,1	3283,6±587,3	91,5±17,2	547,2±97,9
Гребень под пленкой	11	71,0±4,3	3358,2±481,6	89,5±11,3	305,2±43,8
	7	33,4±3,6	3340,0±612,2	98,7±11,7	477,1±87,,5
	6	32,0±4,6	3356,7±521,0	108,3±18,0	559,4±86,8
Грядка открытая	11	27,5±5,8	1787,3±502,0	63,7±10,1	162,5±45,7
	7	22,8±3,4	1609,1±338,9	69,0±10,0	421,4±48,4
	6	21,5±4,2	1601,8±325,9	75,3±16,2	251,8±49,8
Грядка под пленкой	11	22,2±2,8	1270,0±342,4	56,0±13,0	115,4±31,1
	7	20,2±2,4	1491,7±304,6	74,0±12,9	213,1±43,5
	6	17,3±2,7	1213,3±193,2	70,2±5,4	202,2±32,2

Для первичного семеноводства особое значение имеет коэффициент размножения – количество штук семенных клубней от одной единицы исходного материала. По этому параметру абсолютный рекорд получен при выращивании растений в варианте «гребень под пленкой» при густоте 11 шт./м^2 - 71,0±4,3 шт. относительно контроля - 44,7±4,3 шт., т.е. больше на 158%. В варианте «грядка открытая» получено клубней 27,5±5,8 шт./1 м^2, что составляет 62,5% по сравнению с вариантом «гребень открытый». Под пленкой в условиях грядки эта величина имела значение 22,2±2,8 шт. или 75% от значения контрольного варианта открытой грядки. Оба варианта «грядки» как под пленкой, так и открытой проигрывают варианту «гребень под пленкой» при выращивании крупноклубневого сорта Никита. Клубневой анализ сорта Скарб представлен в таблице 4.

В условиях выращивания картофеля в гребнях наблюдалась та же зависимость - чем больше расстояние между растениями, тем больше масса одного клубня. Наибольшей массы клубни достигали в условиях выращивания без пленки. Относительно параметра числа клубней, наибольшее их количество развивалось в условиях варианта «гребень под пленкой», достигая максимальной разницы на 36,6%.

Таблица 4. Клубневой анализ сорта Скарб в расчете на 1 м^2

Вариант	Густота посадки, шт./м^2	Кол-во клубней, шт.	Масса клубней, г	Масса одного клубня, г	Масса клубней, г/растение
Гребень открытый	11	38,7±4,3	3358, 2±481,6	89,5±11,3	305,2±43,8
	7	33,4±3,6	3340,0±612,2	98,7±11, 7	477,1±87,5
	6	32,0±4,6	3356,7±521,0	108,4±17,96	559,5±86,8
Гребень под пленкой	11	41,8±4,3	2935,6±487,6	70,56±10,2	293,5±48,8
	7	40,6±4,4	3005,7±505,0	73,74±9,2	429,4±72,1
	6	34,3±6,9	2844,0±612,3	87,1±15,8	474,0±102,1
Грядка открытая	11	26,0 ±6,1	1678,3±505,6	62,9±9,3	152,6±46,0
	7	22,6±3,1	1520,0±355,3	65,5±11,4	217,1±50,8
	6	20,8±4,1	1498,3±360,1	71,3±16,7	235,8±55,2
Грядка под пленкой	11	21,7±2,6	1231,4±314,2	56,2±12,6	123,2±31,4
	7	20,1±2,6	1521,1±308,9	75,3±11,1	217,3±44,1
	6	18,2±2,1	1312,4±153,6	72,5±5,1	218,7±25,6

Учитывая, что выращивание семенного картофеля в вариантах «открытая грядка» и «грядка под пленкой» масса клубней у сортов Скарб и Никита различалась несущественно, а максимальные коэффициенты размножения были получены только в варианте «гребень под пленкой», сорт Корона был выращен только в гребнях без пленки (контроль) и под пленкой (опыт). Результаты клубневого анализа приведены в таблице 5.

Подтверждение выявленной зависимости формирования клубней, их массы и количества от опосредованной влаги и густоты посадки было получено также и на среднераннем сорте Корона, характеризующимся ровностью клубней, округлой формы и средними размерами.

Таблица 5. Клубневой анализ сорта Корона в расчете на 1 м^2

Вариант	Густота посадки, шт./м^2	Кол-во клубней, шт.	Масса клубней, г	Масса одного клубня, г	Масса клубней, г/растение
Гребень открытый	11	41,2±5,2	2793,3±393,5	68,2±5,3	254,6±36,1
	7	38,0±2,2	3082,5±213,0	81,8±7,4	513,7±35,5
	6	34,8±3,6	2547,5±258,8	75,1±9,9	363,9±37,0
Гребень под пленкой	11	55,3±6,3	3287,5±460,4	59,2±3,2	298,8±41,9
	7	43,8±4,1	3300,8±315,0	75,7±4,9	471,5±45,0
	6	42,3±5,6	3445,8±446,1	81,9±5,5	574,3±74,3

При сравнении экспериментальных данных (табл. 4, 5) видно, что сорт Корона был менее урожайным по сравнению с сортами Скарб и Никита, что следует из массы клубней, выращенных на 1 м^2. Однако по количеству клубней, полученных в варианте под пленкой, он значительно превысил сорт Скарб (больше на 32%), но уступил сорту Никита: этот показатель у него был ниже на 28%.

Качество выращенного урожая клубней было оценено по количеству сухого вещества и крахмала (табл. 6).

Таблица 6. Биохимические показатели картофеля в зависимости от массы полученных клубней по вариантам эксперимента на примере сорта Никита

Вариант	Густота посадки, шт./м^2	% абсолютно сухой массы клубней		Крахмал,% Масса клубней	
		10-30 г	более 100 г	10-30 г	более 100 г
Гребень открытый	11	23,83±0,35	24,05±0,21	18,08±0,31	18,30±0,18
	7	17,89±1,58	25,22±0,19	12,14±0,85	19,47 ±0,17
	6	21,15±0,77	23,32±0,26	15,40±0,67	17,57±0,22
Гребень под пленкой	11	21,78±3,17	26,64±0,20	16,03±1,95	20,89±0,17
	7	18,09±0,17	23,17±0,21	12,34±0,15	17,42±0,18
	6	18,54±0,21	23,44±0,03	12,79±0,18	17,69±0,02
Грядка открытая	11	20,50±0,60	22,08±0,59	14,75±0,52	16,33±0,51
	7	17,64±0,08	22,54±0,47	11,89±0,07	16,79±0,41
	6	18,97±0,34	19,84±0,28	13,22±0,29	13,76±0,24
Грядка под пленкой	11	21,99±0,31	22,07±0,28	16,24±0,27	16,32±0,24
	7	20,77±1,26	22,15±0,22	15,02±1,09	16,40±0,20
	6	-	-	-	-

Как следует из результатов эксперимента, накопление сухого вещества и крахмала в клубнях картофеля не зависит существенно от наличия или отсутствия пленки, хотя наблюдается некоторая тенденция повышения содержания сухого вещества и крахмала у более крупных клубней в варианте «гребень под пленкой».

Заключение. В условиях изменяющегося климата необходимо разрабатывать новые агротехнические приемы для создания оптимальных условий выращивания растений и получения желаемого результата. Резюмируя полученные результаты, можно отметить, что выращивание картофеля в гребне под пленкой стабилизирует водный и температурный режимы в корнеобитаемой области растений. Излишняя влага через перфорации в пленке уходит в более низкие слои грунта, сохраняя постоянство влажности почвы за счет препятствия испарению с поверхности. Кроме того,

происходящая в ночное время конденсация влаги на внутренней стороне пленки создает условия для поддержания постоянства влажности почвы.

Экспериментально выявлена зависимость коэффициента размножения различных по срокам созревания и размерам клубней сортов картофеля в зависимости от сохранения необходимой влаги почвы в процессе вегетации растений с использованием черной пленки и структуры посева – грядка или гребень, а также густоты посадки. Установлено, что в условиях повышенной температуры максимальный коэффициент размножения можно получить при выращивании семенных клубней картофеля в гребнях под черной пленкой.

Литература

1. Патент РБ № 5981 по заявке на изобретение, № a2005804 с приоритетом по сроку 5 августа 2005 г. Авторы: Янчевская Т.Г., Бобров В.А., Пешков С.А.

2. Патент РБ № 3364, дата опубликования 28.02.2007. Авторы: Янчевская Т.Г., Бобров В.А., Пешков С.А.

3. Янчевская Т.Г., Бобров В.А. // Ботаника (исследования):Сборник научн.тр. Минск:Право и экономика, 2008. Вып. 36. С. 507-523.

4. Янчевская Т.Г., Бобров В.А. Физиология и биохимия культурных растений. 2010. № 5. С. 437-449.

5. Ринькис Г.Я., Рамане Х.К., Куницкая Т.А. Методы анализа почв и растений. Рига: Зинанте, 1987. 174 с.

6. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. М.:Колос, 1968. 496 с.

7. Янчевская Т.Г., Ольшаникова А.Л. // Матер. междунар. науч.-практ. конф. (п. Самохваловичи, 9-12 авг. 2005 г.) / Нац. акад. наук Беларуси. Минск, 2005. С. 14-19.

8. Янчевская, Т.Г., Бобров В.А. // Ботаника (исследования): Минск: Право и экономика, 2008. Вып. 35. С. 495-506.

9. Патент РБ № 5981 по заявке на изобретение, № a2005804 с приоритетом по сроку 5 августа 2005 г. Авторы: Янчевская Т.Г., Бобров В.А., Пешков С.А.

10. Патент РБ № u2005520 по заявке на полезную модель по сроку 25 августа 2005г. Авторы: Янчевская Т.Г., Бобров В.А., Пешков С.А.

11. Аутко А.А., Долбик Н.Н., Козловская И.П. Тепличное овощеводство. Минск : Технопринт, 2003. 244 с.

Т.Г. ЯНЧЕВСКАЯ, Т.Б. МАКАРОВА, А.Л. ОЛЬШАНИКОВА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА РАЗМНОЖЕНИЯ МИНИКЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Резюме

Экспериментально выявлена зависимость коэффициента размножения различных по срокам созревания и размерам клубней сортов картофеля от сохранения необходимой влаги почвы в процессе вегетации растений с использованием черной пленки и структуры посева – грядка или гребень, а также густоты посадки. Установлено, что в условиях повышенной температуры максимальный коэффициент размножения можно получить при выращивании семенных клубней картофеля в гребнях под черной пленкой.

T.G.YANCHEVSKAYA, T.B.MAKAROVA, A.L.OLSHANIKOVA

THE EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION TO INCREASE OF POTATO REPRODUCTION COEFFICIENT UNDER FIELD CONDITIONS

Summary

Experimentally identified the breeding ratio dependence of different ripening and size of tubers of potato varieties, depending on the moisture of the soil conservation necessary in the process of vegetation plant using black film and sowing – “grâdka” or “crest”, as well as planting density. Found that in a high temperature, the maximum rate of reproduction can be obtained for the cultivation of potato seed tubers beneath the crests of black film.

Поступила в редакцию 25.07.2011 г.

Юбиляры

НИКОЛАЙ АФАНАСЬЕВИЧ ЛАМАН
(к 70-летию со дня рождения)

1 января 2011 года исполнилось 70 лет известному ученому в области физиологии растений, академику НАН Беларуси, доктору биологических наук, профессору, заведующему лабораторией роста и развития растений ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси» Николаю Афанасьевичу Ламану.

Родился Н.А. Ламан в дер. Загорье Кореличского района Гродненской области в семье крестьян. После окончания средней школы поступил на агрономический факультет Гродненского сельскохозяйственного института, который с отличием окончил в 1963 году.

В 1968-1970 гг. − аспирант, 1971-1974 гг. – младший научный сотрудник Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича АН БССР.

В марте 1974 года решением Президиума АН БССР Н.А. Ламан назначается на должность ученого секретаря Отделения биологических наук АН БССР, где проявил себя как сотрудник, способный умело вести научно-организационную работу. Одновременно он продолжал научно-исследовательскую работу в Институте в качестве ответственного исполнителя раздела темы на общественных началах.

В 1978 году Н.А. Ламан возвращается на работу в Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича и в мае 1979 года избирается заведующим лабораторией физиологии питания растений, где сосредотачивает свое внимание на решении проблемы физиологии продуктивности и устойчивости растений хлебных злаков, в частности, на исследовании взаимосвязи процессов роста, азотного обмена и явлений морфогенеза в онтогенезе хлебных злаков. В комплексных многолетних исследованиях, проведенных совместно с Белорусским НИИ земледелия и селекции - ныне НПЦ НАН Беларуси по земледелию (С.И. Гриб и сотрудники) и Институтом фотобиологии - ныне Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси (М.Т. Чайка и сотрудники), у набора генотипов ярового ячменя, отражающего этапы селекции и сортосмены в республике по этой культуре за более чем 30-летний период, проанализированы изменения показателей роста и развития, мезоструктурной организации фотосинтетического аппарата и азотного обмена и показано, в чем состоит преимущество сортов интенсивного типа.

Выполненные в этот период фундаментальные исследования позволили выявить закономерности структурно-функциональной организации растений хлебных злаков, сформулировать экологические принципы формирования их высокопродуктивных агроценозов, обосновать направления селекции и основные параметры морфофизиологических моделей сортов зерновых с высокой потенциальной продуктивностью, способы оценки исходного материала в селекции. Результаты этих исследований обобщены в монографиях: «Биологический потенциал ячменя: устойчивость к полеганию и продуктивность» (1984), «Формирование высокопродуктивных посевов зерновых культур» (1985), «Потенциал продуктивности хлебных злаков: технологические аспекты реализации» (1987), в разделах коллективных монографий: «Теоретические основы селекции зерновых культур на продуктивность» (1987) и «Фотосинтетический аппарат и селекция тритикале» (1991), а также в докторской диссертации «Морфофизиологические особенности структурно-функциональной организации растений хлебных злаков в связи с потенциалом их продуктивности» (1992).

Н.А. Ламан - один из ученых, которые плодотворно сочетают фундаментальные исследования с внедрением полученных

результатов в практику сельского хозяйства. В комплексных исследованиях совместно с НПО «Белсельхозмеханизация» - ныне НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства (Б.Н. Янушкевич и сотрудники) и Белорусским НИИ земледелия и селекции (К.И. Хмурец и сотрудники) была обоснована оригинальная конструкция сошника каткового типа, позволяющая наиболее полно реализовать потенциал продуктивности сортов зерновых культур на начальных этапах онтогенеза.

Н.А. Ламан был одним из инициаторов создания и научным консультантом «Клуба-100 центнеров», объединившим в 1980-е годы специалистов Гомельской области, которые поставили цель получения высоких и рекордных урожаев зерновых культур. Им совместно с сотрудниками лаборатории были организованы регулярные занятия по биологическим основам интенсивных технологий и их освоению в производстве, изданы многочисленные методические и практические руководства и рекомендации для этих целей: «Производство и современные технологии возделывания зерновых за рубежом» (1988), «Биологические основы интенсивных технологий возделывания зерновых культур» (1991), «Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов» (1996) и др.

Исследования Н.А. Ламана отличаются интегральным общебиологическим подходом к сложной проблеме физиологии продукционного процесса растений. Это позволило ему сформулировать концепцию биологического потенциала продуктивности как новый методологический прием анализа закономерностей взаимосвязи и интеграции отдельных функциональных систем растения в продукционном процессе с учетом важнейших фундаментальных принципов организации и эволюционного развития организмов – принципа максимальной энергетической мощности и принципа оптимальности.

Н.А. Ламаном обоснована и успешно развивается оригинальная гипотеза о световых кризисах в истории биоты планеты Земля. За работу «Периодические изменения режима солнечной радиации у поверхности планеты Земля как фактор прерывистости в эволюции ее биоты» Н.А. Ламан удостоен звания лауреата премии «Золотой диплом 98» в номинации «Экология биосферы, мониторинг и охрана окружающей среды» Международного форума по

проблемам науки, техники и образования, проходившего в г. Москве в 1998 году.

В декабре 1997 года Н.А. Ламан назначается заместителем директора по научной работе, а в ноябре 2000 года избран директором Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича, которым успешно руководил до мая 2010 года. В этот период «перманентных реформ» Николай Афанасьевич проявил себя как патриот Института, принципиально и последовательно отстаивая место и роль ботанической науки в системе научного обеспечения развития экономики.

В настоящее время под руководством Н.А. Ламана ведутся комплексные исследования по созданию научных основ современного устойчивого и экологически безопасного растениеводства, исследуются закономерности конструирования и механизмы функционирования смешанных агрофитоценозов. Это позволяет успешно вести поиск приемов, соединяющих экологическую направленность экстенсивного сельского хозяйства и преимущества наукоемкого интенсивного производства продовольствия, предлагать новые способы стимуляции продукционного процесса в агроэкосистемах. Часть результатов этих исследований совместно с учениками и коллегами обобщена в монографии «Физиолого-экологические основы оптимизации продукционного процесса агрофитоценозов (поликультура в растениеводстве)» (2005). Активно развиваются исследования по оценке эффективности предпосевной обработки семян физиологически активными веществами для приобретения растениями с начальных этапов онтогенеза системной устойчивости к действию неблагоприятных факторов, по проблеме физиологического качества семян сельскохозяйственных культур.

Н.А. Ламан автор более 330 научных работ, в том числе 5 монографий, 5 книг, 19 патентов и авторских свидетельств, 10 рекомендаций и отраслевых регламентов. Под его научным руководством выполнены и успешно защищены 1 докторская и 10 кандидатских диссертаций, проходят подготовку 2 аспиранта. В 1996 году Николай Афанасьевич избран членом-корреспондентом НАН Беларуси по специальности «экспериментальная ботаника», в 2000 году ему присвоено ученое звание профессора, в 2003 году он избран академиком НАН Беларуси. В 2008 году Н.А. Ламану присвоено звание «Почетный доктор Учреждения образования

«Гродненский государственный аграрный университет» (Doctor Honoris Causa).

На протяжении всего периода работы в Национальной академии наук Николай Афанасьевич успешно сочетает научную работу с научно-организационной и общественной деятельностью. Он возглавлял экспертный совет ВАК по биологическим наукам, был членом Государственного экспертного совета по производству и переработке сельскохозяйственной продукции Комитета по науке и технологиям РБ, членом экспертного совета Секции биологических наук Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, избирался председателем местного комитета аппарата Президиума АН БССР, дважды секретарем партбюро Института. В настоящее время Николай Афанасьевич - член Бюро Отделения биологических наук НАН Беларуси, член научно-технического совета ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», член Ученого совета Института и член двух советов по защите докторских диссертаций.

Наряду с активной научной и научно-организационной деятельностью Николай Афанасьевич с большой увлеченностью собирает материалы по истории своей малой родины. В 2007 году вышла его книга «Родники разумного, доброго, вечного: к 145-летию школы селения Турец Кореличского района», в которой на 185 страницах он изложил историю родной школы, рассказал об учителях и ставших известными выпускниках за период со времени открытия в местечке Турец в 1862 году начального народного училища Министерства народного просвещения тогдашней Российской империи.

Николая Афанасьевича отличают исключительное трудолюбие, высокое чувство долга, научная принципиальность, доброжелательность и оптимизм, что снискало ему заслуженное уважение в коллективе Института и Академии.

М.Е. Никифоров, В.И. Парфенов,
А.В. Пугачевский, В.Н. Прохоров

НИКОЛАЙ ФЕДОРОВИЧ ЛОВЧИЙ
(к 80-летию со дня рождения)

1 ноября 2010 года исполнилось 80 лет известному белорусскому ученому-геоботанику, почвоведу и экологу, доктору биологических наук, лауреату Государственной премии Беларуси Ловчему Николаю Федоровичу. Он родился в д. Каменка Шкловского района Могилевской области Республики Беларусь. В 1949 г., после окончания 10 классов Яковлевичской СШ (Оршанский район, Витебская область) поступил на лесохозяйственный факультет Белорусского лесотехнического института им. С.М. Кирова, который с отличием окончил в 1954 г. с рекомендацией на научную работу.

После окончания института Н.Ф. Ловчий в течение двух лет работал учебным мастером кафедры лесных культур, затем до декабря 1957 года – инженером лесного хозяйства Оршанского лесхоза. С 1957 по 1960 гг. обучался в аспирантуре при кафедре почвоведения и ботаники Белорусского лесотехнического института им. С.М.Кирова. В 1963 году на Ученом совете института успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Процессы заболачивания почв и их влияние на произрастание лесных насаждений». Научный руководитель - академик АН БССР П.П.Роговой.

В 1960 г. Николай Федорович приглашен на работу в Институт биологии АН БССР, где прошел путь от младшего научного сотрудника лаборатории геоботаники до заведующего лабораторией почвенной энзимологии. За время работы в Институте экспериментальной ботаники зарекомендовал себя как грамотный, высококвалифицированный специалист в области геоботаники, экологии растительных сообществ и геоботанического

картографирования. В 1991 году Н.Ф. Ловчий защитил докторскую диссертацию «Эколого-географический анализ и кадастровая оценка типов сосновых лесов Белоруссии», в которой дан глубокий эколого-фитоценотический анализ структуры и продуктивности сосновых лесов Беларуси, выявлены зональные особенности их формирования, исследованы закономерности роста и продуктивности в связи с почвенными условиями. В течение последних 5 лет в должности главного научного сотрудника Н.Ф. Ловчий активно занимался разработкой кадастра основных типов сосновых лесов Беларуси. Под его руководством составлены кадастры основных типов сосновых лесов Белорусского Поозерья и Белорусского Полесья. По результатам исследований опубликована монография «Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Поозерья» и подготовлена к печати монография «Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Полесья».

Николай Федорович Ловчий относится к когорте подвижников-геоботаников (В.С. Гельтман, Д.С. Голод, П.Я. Петровский, Л.П. Смоляк, В.С. Адерихо и др.), которые под руководством академика И.Д. Юркевича в 70-90-е годы принесли всесоюзную и мировую славу белорусской геоботанике.

Н.Ф. Ловчим опубликовано более 180 научных работ, в том числе 9 крупных монографий лично и в соавторстве. Им всесторонне проанализирована связь структуры и продуктивности лесной растительности с комплексом природных экологических факторов, что обусловило высокую практическую значимость научных исследований, результаты которых в виде конкретных разработок используются при почвенно-типологическом обследовании гослесфонда и в работах по лесоустроительному проектированию. Отдельные разработки вошли в справочную литературу и используются в практике лесохозяйственного производства и в учебном процессе в ВУЗах республики.

В 1972 г. Николаю Федоровичу Ловчему в составе группы сотрудников лаборатории геоботаники за цикл работ по изучению структуры растительного покрова Беларуси и рационального использования растительных ресурсов присуждена Государственная премия БССР в области науки. Под его руководством (консультированием) защищены две диссертации: докторская (А.Л.Ефремов) и кандидатская (С.Ю.Шустова). Он является одним из руководителей диссертационной работы «Особенности формирования, флористическая классификация и кадастровая оценка

типов сосновых лесов подзоны грабово-дубово-темнохвойных лесов Беларуси», выполняемой аспирантом Р.В. Цвирко.

Как ученому, Николаю Федоровичу присущи высокая научная принципиальность, исключительная скрупулезность в получении экспериментальных данных и обосновании выводов и заключений. В этом он достойный подражания пример для научной молодежи.

Его огромный научный опыт и энциклопедические знания востребованы не только учеными республики, но и далеко за ее пределами. Имея авторитет высококвалифицированного специалиста, он являлся членом ВАК Беларуси, в настоящее время является членом Ученых советов по защите диссертаций ИЭБ НАН Беларуси и БГТУ, неоднократно выступал в качестве официального оппонента и научного эксперта по защищаемым диссертациям, рецензентом ряда монографий.

Н.Ф.Ловчий - активный популяризатор биологической науки. Им опубликовано в различных изданиях, в том числе в «Беларускай Савецкай Энцыклапедыі» и «Энцыклапедыі прыроды Беларусі», более 30 научно-популярных статей.

На протяжении ряда лет он являлся ученым секретарем Белорусского республиканского ботанического общества, выполнял другие общественные обязанности (избирался членом Парткома АН БССР, секретарем партбюро, председателем профсоюзного комитета Института, членом ряда научных советов).

За высокие достижения в области биологии и активную общественную работу Н.Ф. Ловчий награжден Почетными грамотами Президиума Верховного Совета БССР, ЦК ЛКСМБ, Министерства лесного хозяйства, Президиума Национальной академии наук и Института, нагрудным знаком «Юбілейны медаль «У гонар 80-годдзя НАН Беларусі».

Несмотря на солидный возраст, Николай Федорович по-прежнему трудится в области раз и навсегда избранного научного направления, активно участвует в подготовке научных кадров. Мы надеемся, что его научный опыт и знания будут и впредь востребованы в отечественной геоботанике. Выражая искреннюю признательность за его неоценимую научную деятельность, желаем Николаю Федоровичу доброго здоровья, благополучия и новых научных замыслов.

В.И. Парфенов, А.В. Пучило, С.Ю. Шустова, С.А. Новик

Памяти ученых

АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ МИРОНЕНКО
(1911 – 1998)

5 марта 2011 года исполнилось 100 лет со дня рождения известного ученого в области физиологии и биохимии растений, заслуженного деятеля науки Республики Беларусь, доктора биологических наук, профессора, ветерана Великой Отечественной войны Алексея Викторовича Мироненко.

А.В.Мироненко родился в селе Ильинка Алексеевского района Белгородской области в многодетной семье крестьянина. В 1934 году поступил на факультет естествознания Воронежского государственного педагогического института. В Институте он принимает активное участие в работе студенческого научного общества. После окончания института в 1938 году Алексей Викторович поступает в аспирантуру Института биологии АН БССР, где проходит подготовку в лаборатории физиологии растений под руководством крупного ученого академика Т.Н. Годнева. К середине 1941 г. экспериментальная часть диссертации была завершена, оставалось только ее оформить и представить к защите. Но Великая Отечественная война изменила все планы ученого. С первых дней войны А.В.Мироненко находился в рядах действующей армии и прошел боевой путь от рядового пулеметной роты, военного техника второго ранга, курсанта до капитана – начальника химслужбы полка. За боевые заслуги А.В.Мироненко награжден Орденом Красной Звезды и восемью медалями. В феврале 1945 года при форсировании реки Одер Алексей Викторович был тяжело ранен и эвакуирован для лечения в госпиталь сначала в Германии, затем в Польше. Его военная служба закончилась в г. Ульяновске.

После войны с 1 декабря 1945 года А.В.Мироненко работает в должности старшего научного сотрудника Института сельского хозяйства АН БССР, а после восстановления Института биологии стал работать в нем. В начале 1948 года Алексей Викторович представил в Совет по защите при Белорусском государственном университете законченную кандидатскую диссертацию на тему: «Динамика накопления провитамина А (каротина) у бобовых кормовых растений в их онтогенезе» и 28 мая 1948 года успешно защитил ее. С 1949 по 1951 год А.В.Мироненко работал директором Центрального ботанического сада АН БССР, а с 1952 по 1954 год – заместителем директора Института биологии АН БССР по научной работе. В этот период в Академии наук и в Беларуси возобновились начатые еще до войны исследования по изучению и использованию в сельском хозяйстве новой высокобелковой бобовой культуры – желтого люпина. Наиболее важным в проблеме превращения люпина в кормовую культуру было уменьшение в нем содержания алкалоидов до безопасных границ. Актуальному вопросу снижения алкалоидности люпина Алексей Викторович уделял много внимания, исследуя динамику накопления алкалоидов в люпине и влияние условий выращивания на этот показатель. Результаты работы легли в основу докторской диссертации «Физиолого-биохимическая характеристика разных видов люпина в связи с условиями произрастания», которую он успешно защитил в 1961 году.

В 1964 году Алексей Викторович возглавил лабораторию белковых веществ и азотистого обмена Института экспериментальной ботаники АН БССР и на протяжении многих лет успешно ею руководил. Основным направлением деятельности лаборатории было изучение видоспецифичности физико-химических свойств, закономерностей метаболизма и биологической ценности различных классов белков культурных и дикорастущих растений, а также влияния экзогенных и эндогенных факторов на эти процессы. По результатам исследований опубликованы монографии: «Физиология и биохимия люпина» (1965), «Биохимия люпина» (1975), «Белки культурных и дикорастущих растений» (1990), «Резервы увеличения производства кормовых белков» (1993) и др. Эти работы являются до сих пор ценным справочным материалом для сотрудников, работающих в области азотного обмена у растений.

Много внимания А.В. Мироненко уделял внедрению научных исследований в практику народного хозяйства. Им разработаны и внедрены в сельское хозяйство «Рекомендации по снижению алкалоидности кормового люпина», «Методические указания по сушке семян люпина активным вентилированием», рекомендации «Применение симазина для борьбы с сорняками в посевах люпина».

За период научной деятельности А.В.Мироненко опубликовал свыше 300 научных работ, в том числе 9 монографий и брошюр, получил 4 авторских свидетельства. Много сил и энергии он отдавал подготовке научных кадров. Под его руководством выполнили и защитили кандидатские диссертации 15 человек. Два сотрудника, работавшие в его лаборатории, защитили докторские диссертации.

А.В.Мироненко активно участвовал в научно-организационной и общественной работе. На протяжении многих лет он возглавлял секцию «Биохимия растений» Всесоюзного биохимического общества, был членом Проблемного совета ВАСХНИЛ по производству и использованию белков в народном хозяйстве, председателем Научного совета АН БССР по проблеме «Физиология и биохимия растений и микроорганизмов» и др. Плодотворная научная деятельность ученого неоднократно отмечалась медалями и грамотами, в том числе Почетной грамотой Верховного Совета БССР. В 1981 году ему было присвоено звание «Заслуженный деятель науки БССР».

А.В. Мироненко всегда был целеустремленным и по-деловому подходил к решению научных вопросов.

Имя А.В. Мироненко навсегда останется в истории науки, в памяти его учеников и коллег, работавших вместе с ним.

В.И.Парфенов, Н.А. Ламан,
В.И. Домаш, О.Л. Канделинская

Указатель новых названий таксонов

Index to new taxa names

Стр.
Puccinellia Parl. sect. Cryochloa (Krecz.) Tzvel. comb. nova 161
– sect. Simplices Tzvel. sect. nova 150
– gabrieljanae Tzvel. sp. nova 154
– sereginii Tzvel. sp. nova 156

СОДЕРЖАНИЕ

В.И. ПАРФЕНОВ
ДИХОТОМИЯ РАЗВИТИЯ
(к 80-летию Ордена Трудового Красного Знамени Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси)..... 3

А.В. ПУГАЧЕВСКИЙ, Н.А. ЛАМАН
ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф. КУПРЕВИЧА НАН БЕЛАРУСИ В XXI СТОЛЕТИИ - ПЕРВЫЕ ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ 30

Флора и систематика

И.А. БЕДНАРСКАЯ
О НЕКОТОРЫХ УЗКОЛИСТНЫХ ВИДАХ ОВСЯНИЦ (*FESTUCA* L., *POACEAE*) БЕЛАРУСИ..... 55

О.М. МАСЛОВСКИЙ
СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ФЛОРИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ..... 75

В.И. ПАРФЕНОВ, Л.В. СЕМЕРЕНКО, Д.В. ДУБОВИК, А.Н. СКУРАТОВИЧ, Д.И. ТРЕТЬЯКОВ
РОЛЬ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В СОХРАНЕНИИ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ..... 97

Г.Ф. РЫКОВСКИЙ
БИОМОРФЫ БРИЕВЫХ МХОВ ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ 126

Д.И. ТРЕТЬЯКОВ, Д.В. ДУБОВИК, А.А. ОРЛОВ, Д.Н. ЯКУШЕНКО
ERECHTITES HIERACIIFOLIUS (L.) RAF. EX DC. (ASTERACEAE) В ПОЛЕСЬЕ БЕЛАРУСИ И УКРАИНЫ..... 138

Н.Н. ЦВЕЛЕВ
О РОДЕ БЕСКИЛЬНИЦА (PUCCINELLIA PARL., POACEAE) В ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ И НА КАВКАЗЕ 148

Фитоценология

В.В. ГРИМАШЕВИЧ
ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЛЕСОВЕДЕНИЯ И ЛЕСОВОДСТВА В ИНСТИТУТЕ ЛЕСА НАН БЕЛАРУСИ..... 175

М.В.ЕРМОХИН
РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ 186

А.П. КАЗЕЙ
ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИВИДОВЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ РАСТЕНИЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. В КУЛЬТУРАХ РАЗЛИЧНОЙ ГУСТОТЫ 196

Н.Ф. ЛОВЧИЙ, В.И. ПАРФЕНОВ
БЕЛОРУССКАЯ ЛЕСНАЯ ТИПОЛОГИЯ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ 217

А.В. СУДНИК, А.В. ПУГАЧЕВСКИЙ, И.П. ВОЗНЯЧУК
СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ И ЗАЩИТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ВДОЛЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ БЕЛАРУСИ 240

І.М. СЦЕПАНОВІЧ
КАНЦЭПЦЫЯ МАНІТОРЫНГУ ТРАВЯНЫХ СУПОЛЬНІЦТВАЎ БЕЛАРУСІ 257

А.Т. ФЕДОРУК
АНАЛИЗ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАСАЖДЕНИЙ НЕСВИЖСКОГО ПАРКА В СВЯЗИ С РАБОТАМИ ПО ЕГО ВОССТАНОВЛЕНИЮ 271

Микология и фитопатология

Д.Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА
ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ГРИБНЫХ ФИТОПАТОГЕНОВ АБОРИГЕННЫХ ХВОЙНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ 283

В.В. ГОЛУБКОВ
АННОТИРОВАННЫЙСПИСОК ЛИХЕНОФИЛЬНЫХ ГРИБОВ БЕЛАРУСИ 295

Т.Г. ШАБАШОВА
АНАЛИЗ ВИДОВОГО СОСТАВА ПОЧВЕННЫХ ГРИБОВ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ В БЕЛАРУСИ 307

В.Л. ШАЛАБОДА, С.А. ДМИТРИЕВА, О.С.ГАПИЕНКО
ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СЕЗОННУЮ КОНЦЕНТРАЦИЮ ПЫЛЬЦЫ РАСТЕНИЙ И СПОР ГРИБОВ В АТМОСФЕРНОМ АЭРОЗОЛЕ г. МИНСКА 324

Экология и физиология растений

С.П. АНТОХИНА, Е.С. ПАТЕЙ, Н.В. КАБАНОВА, А.И. СОКОЛИК, В.М. ЮРИН
ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДНЫХ СУЛЬФАНИЛМОЧЕВИНЫ И ТРИАЗИНОВ НА РОСТ И ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ КОРНЕЙ ПРОРОСТКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ 339

Т.А. БУДКЕВИЧ, А.И. ЗАБОЛОТНЫЙ, П.Т. ПИКУН, М.Ф. ПИКУН, М.М. КОРОТКОВ
ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ КОРНЕВИЩНЫХ МОРФОТИПОВ ДИКОРАСТУЩИХ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ 356

Г.И.БУЛАВКО, А.П.ЯКОВЛЕВ, Ж.А.РУПАСОВА
ПОЧВЕННАЯ МИКРОБИОТА ПРИ ФИТОРЕКУЛЬТИВАЦИИ ВЫБЫВШИХ ИЗ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА БЕЛАРУСИ 372

А.П. ВОЛЫНЕЦ, В.П. ШУКАНОВ, Н.В. ПОЛЯКОВА, Н.Е. МАНЖЕЛЕСОВА, Л.А. КОРЫТЬКО, С.Н. ПОЛЯНСКАЯ, Ю.К ШАШКО
РОЛЬ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ СОСТАВОВ В ПОВЫШЕНИИ БОЛЕЗНЕУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ 397

С.А. ДМИТРИЕВА, Т.О. ДАВИДЧИК
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НОВОПОЛОЦКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ НА ОСНОВЕ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ У МОДЕЛЬНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ 411

В.И. ДОМАШ, Т.П. ШАРПИО, С.А.ЗАБРЕЙКО
РОЛЬ СИСТЕМЫ ПРОТЕОЛИЗА В ФОРМИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К СТРЕССАМ 428

О.Л. КАНДЕЛИНСКАЯ, Е.Р. ГРИЩЕНКО, С.Н. ЧЕРЕНКЕВИЧ, П.А. КРАСОЧКО, И.В. ГОРУДКО, А.Ф. ТОПУНОВ
ЛЕКТИНЫ РАСТЕНИЙ: СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ 443

Н.А. ЛАМАН, Н.А. КОПЫЛОВА, В.М.БЕЛЯКОВ
ИССЛЕДОВАНИЕ КАРОТИНОИДОВ И ТОКОФЕРОЛОВ В ПЛОДАХ И ЛИСТЬЯХ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ И ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ 458

Н.А. ЛАМАН, В.Н. ПРОХОРОВ
СПОСОБЫ ОГРАНИЧЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ИСКОРЕНЕНИЯ ГИГАНТСКИХ БОРЩЕВИКОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ 469

В.Г.РЕУЦКИЙ, Е.С.ЗУБЕЙ, Т.А.СКУРАТОВИЧ, П.А. РОДИОНОВ
АЭРОПОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНИКЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ 489

В.Г. РЕУЦКИЙ, Д.С. МОРОЗ, Ю.В. ТРОФИМОВ, С.К. РАХМАНОВ, Н.И. АСТАСЕНКО
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА..... 505

В.Г. РЕУЦКИЙ, Т.А. СКУРАТОВИЧ, Е.С. ЗУБЕЙ, Н.А. ТЕЛЮК
МЕТОД ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И СТЕПЕНИ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ПО ОСОБЕННОСТЯМ ИХ МОРФОСТРУКТУРЫ И ВОДООБМЕНА..... 525

Е.В. СПИРИДОВИЧ, Т.И. ФОМЕНКО, Н.В. МАКЕДОНСКАЯ, В.П. КУРЧЕНКО, Л.А. ЛЮБАКОВСКАЯ, Н.Г. БРЕЛЬ, А.Н. ЮХИМУК, В.Н. РЕШЕТНИКОВ
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В СОЗДАНИИ, ОЦЕНКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОЛЛЕКЦИИ СИРЕНИ ЦБС НАН БЕЛАРУСИ..... 543

А.Ф. СУДНИК, Н.А. ЛАМАН, О.В. ДОРОЩУК, Л.Б. КУКАНЕГО
ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ БРАССИНОСТЕРОИДОВ В СОСТАВЕ ИНСЕКТО-ФУНГИЦИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ РАПСА (*BRASSICA NAPUS* L.) В УСЛОВИЯХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА 560

В.П. ШУКАНОВ
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ СТЕРОИДНЫХ ГЛИКОЗИДОВ..... 575

Б.И. ЯКУШЕВ, М.М. САК, Ж.М. АНИСОВА, Р.М. ГОЛУШКО
ХАРАКТЕРИСТИКА ТРОФНОСТИ ПОЧВЫ – ВАЖНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРИРОДНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ 588

Т.Г. ЯНЧЕВСКАЯ, О.А. КОВАЛЁВА, О.В. ЛЕМЕЗА
МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АГРОБАКТЕРИАЛЬНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РАСТЕНИЙ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.)..... 601

Т.Г. ЯНЧЕВСКАЯ, Т.Б. МАКАРОВА, А.Л. ОЛЬШАНИКОВА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА РАЗМНОЖЕНИЯ МИНИКЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ 613

Юбиляры

НИКОЛАЙ АФАНАСЬЕВИЧ ЛАМАН (к 70-летию со дня рождения)..... 624

НИКОЛАЙ ФЕДОРОВИЧ ЛОВЧИЙ (к 80-летию со дня рождения)..... 629

Памяти ученых

АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ МИРОНЕНКО (1911 – 2011)..... 632

***Указатель новых названий таксонов* 635**

Научное издание

Б О Т А Н И К А

(И С С Л Е Д О В А Н И Я)

Выпуск 40

Редактор *В.Г. Гавриленко*

Подписано в печать 7.12.2011 Формат 60x84 1/16 Бумага офсетная Гарнитура Roman
Печать цифровая. Усл.печ.л. 40,0 Уч.изд.л. 40,1 Тираж 250 экз. Заказ № 1362
ИООО «Право и экономика» Лицензия ЛИ № 02330/0494335 от 16.03.2009
220072 Минск Сурганова 1, корп. 2 Тел. 284 18 66, 8 029 684 18 66
E-mail: pravo-v@tut.by
Отпечатано на издательской системе KONICA MINOLTA
в ИООО «Право и экономика»

641