

Национальная академия наук Беларуси
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси
Совет молодых ученых
Национальный парк «Нарочанский»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ

Сборник материалов
III Международной научной конференции молодых учёных
(Минск–Нарочь, 25–29 сентября 2023 г.)



Минск
БелНИИТ «Транстехника»
2023

УДК 58(082)
ББК 28.5я43
С56

Материалы III Международной научной конференции молодых учёных «Современные проблемы экспериментальной ботаники», г. Минск, 25-29 сентября 2023 года / Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси. – Минск: БелНИИТ «Транстехника», 2023. – 410 с.

ISBN 978-985-7110-93-3

В сборник включены материалы III Международной научной конференции молодых учёных «Современные проблемы экспериментальной ботаники». Представлено 3 пленарных доклада и 86 материалов докладов 110 авторов из Азербайджана, Беларуси, Вьетнама, Молдовы–Приднестровья, России, Таджикистана, Узбекистана, представляющих 35 организаций науки, охраны природы и образования.

В материалах представлены результаты изучения биологического разнообразия и систематики сосудистых растений, мохообразных, грибов, лишайников и водорослей, вопросы их охраны, а также геоботанических и экологических исследований растительных сообществ, экспериментов и опытов в области физиологии и биохимии растений и грибов.

Материалы опубликованы в авторской редакции. Ответственность за достоверность фактов, цитат, собственных имён и других сведений несут авторы.

УДК 58(082)
ББК 28.5я43

ISBN 978-985-7110-93-3

© Государственное научное учреждение
«Институт экспериментальной ботаники
им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси», 2023

© БелНИИТ «Транстехника»,
оформление, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Обзор современной системы царства Fungi

Волобуев С.В...... 11

Влияние экологических условий на накопление вторичных метаболитов у дикорастущего граната

Зейналова А.М...... 13

Молекулярно-генетические основы устойчивости сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) к микромицету *Fusarium sp.*

Можаровская Л.В...... 19

СЕКЦИЯ 1. ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ФИТО-, МИКО- И ЛИХЕНОБИОТЫ

Six unrecorded species of agaricomycetes from pamir-alay mountain (UZBEKISTAN PART)

Zoirjon Islomiddinov, Pyor Mustafaev, Sergey Volobuev 24

Микобиота офисных помещений

Алейников С.А...... 26

Представленность семейства Boletaceae в микобиоте лесных фитоценозов нп «Беловежская пуца»

Антонович А.О...... 31

Разнообразие фитопатогенных микроорганизмов на посевах *Brassica napus* в полевых условиях

Бакановская К.Д...... 36

характеристика эдафических факторов различных растительных сообществ в рамках классификации растительного покрова и местообитаний восточноевропейских тундр (М. Костяной нос, Ненецкий заповедник)

Билая Н.А...... 40

Микобиота наиболее распространённых сорных растений томской области (ОБЗОР)

Бисюкова О.А...... 45

Этноботанические исследования лекарственных и пищевых растений коренных народов на территории «Нуй Кау - Зау Тьенг», Вьетнам

Данг Вьет Хунг, Потокин А.Ф...... 50

Сохранение диких родичей культурных растений <i>ex situ</i> в условиях генбанка	
Жачкина Н.Н., Матыс И.С., Маркевич И.М., Савенков П.Ю.	54
Оценка перспектив хозяйственного использования растений рода <i>Serratula</i> L. флоры Сибири	
Казанцева Д.И.	59
Таксономическое разнообразие микромицетов Антарктиды	
Карманова В.В.	63
Показатели фитомассы как индикатор состояния лишайниковых пастбищ северного оленя	
Карсонова Д.Д., Нешатаев В.В., Дьячкова Т.В.	67
Род <i>Veronica</i> L. в коллекциях гербария им. П.Н. Крылова по территории Сибири: актуальное состояние и перспективы развития	
Локтева В.В.	71
Факторы, влияющие на численность сахалинской популяции <i>Cardiocrinum cordatum</i> var. <i>glehnii</i>	
Митусова Е.В.	74
Распределение и особенности морфологии трихом на листьях рода <i>Rhododendron</i> (<i>Ericaceae</i>)	
Нитиевская Ю.Д., Елисева С.А., Брицкий Д.А., Иванова А.Н.	79
Особенности распространения пресноводной красной водоросли <i>Batrachospermum moniliforme</i> Roth в пределах территории республики Беларусь	
Петров В.Н.	85
Особенности флористического состава почвенных водорослей придорожных газонов г. Минска	
Романюк А.С.	88
Видовой состав флоры Лошанского водохранилища	
Савицкая К.Л.	92
Ресурсно-фитохимический оптимум заготовки побегов <i>Vaccinium vitis-idaea</i> на возрастном градиенте культур <i>Pinetum pleuroziosum</i>	
Садковская А.И., Созинов О.В.	98
Особенности формирования микобиоты на каменных памятниках Санкт-Петербурга на основе метагеномных и культуральных данных	
Сазанова К.В., Зеленская М.С., Власов Д.Ю.	102
Электронная база данных эко-географических характеристик мохообразных Беларуси	
Сакович А.А.	108

Морфология пыльцы медоносных растений семейства Rosaceae
Ленинградской области

Скомаха А.Д.	112
Результаты инвентаризации гербарной коллекции сосудистых растений института экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси (MSK-V)	
Слесарёнок Я.Ю., Евсеева М.М.	117
Изменчивость урожайности лекарственного сырья брусники на эколого-ценотических градиентах (Вороновский район Беларуси)	
Филипчик П.П., Созинов О.В.	122

СЕКЦИЯ 2. ФИЗИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Роль аллелопатической активности в проявлении инвазивности растениями из рода мелколепестник (*Erigeron L.*)

Азза М.Д.	126
Воздействие свободных аминокислот на неферментативную продукцию гидроксильного радикала	
Арзамазкина К.И., Герман А.Д., Мацкевич В.С.	130
Влияние УФ-В на CO ₂ -газообмен, флуоресценцию и содержание пигментов в листьях очитника трехлистного	
Атоян М.С., Малышев Р.В.	135
Сравнительный анализ реакций растений моркови и китайской капусты на различные режимы освещения и минерального питания	
Багрецова М.Р., Морозов Я.В.	140
Участие иммуностимуляторов в регуляции продуктивности и качества мини-клубней картофеля при вирусном заражении и недостатке влаги	
Балюк Н.В.	145
Структурно-функциональные особенности листа <i>Disakisperma uetenicica</i> (Роасеае) в условиях засоления	
Борисенко Т.А., Котеева Н.К.	150
Скрининг ферментативной активности микромицетов восточной Антарктиды	
Василевская Е.Д., Иванов О.А., Шевцов Н.А., Лазаревич Д.К.	156
Влияние сосновых опилок и их экстрактов на рост и развитие мицелия <i>Lentinula edodes</i>	
Вертикова Т.У., Функ А.В., Боянгина К.Е., Плотников Е.В.	159

Сравнительный анализ влияния антиоксидантов природного и синтетического происхождения на морфометрические параметры высших растений в условиях окислительного стресса	
Генк К.С., Русакович А.А., Черныш М.А.	163
Анализ влияния нанокompозитов на основе полисахаридной матрицы на рост и развитие ячменя	
Герасимович К.М.	168
Анализ воздействия Ni ²⁺ и Ni-гистидиновых комплексов на рост и архитектуру корней <i>Hordeum vulgare</i>	
Герман А.Д., Арзамаскина К.И., Мацкевич В.С.	173
Активация прорастания семян и рост растений пшеницы при использовании наночастиц	
Груммо М.Д., Молчан О.В.	178
Выбор исходного материала для введения в культуру <i>in vitro</i> робинии ложноакациевой (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	
Гусева О.Ю.	183
Анализ антирадикальной активности экстрактов лекарственных растений представителей семейства Lamiaceae Lindl.	
Дитченко Т.И., Комарова В.А.	186
Оптимизация условий экстрагирования фенолпропаноидов и флавоноидов из культур клеток и тканей эхинацеи пурпурной	
Дитченко Т.И., Черткова Е.И.	192
Физиолого-биохимические изменения в растениях картофеля при обработке конъюгатом хитозан-феруловая кислота	
Еловская Н.А., Николайчук В.В.	197
Влияние гистидина на содержание активных форм кислорода и фенольных соединений в проростках озимого рапса, выращенных на экзогенной 5-аминолевулиновой кислоте	
Емельянова А.В., Курьянчик Т.Г.	202
Разработка и испытания системы автоматического приготовления питательного раствора на базе соленасыщенных ионитных почв	
Иванова А.А.	207
Микроклональное размножение земляники садовой <i>in vitro</i> на гормональных средах	
Ивасенко М.Д., Малиновский А.А., Плотников Е.В.	212
Каллусогенез лекарственного растения – левзеи сафлоровидной	
Игнатьева А.О., Власова Т.С., Плотников Е.В.	216
<i>Dioscorea alata</i> L. – ценный источник биологически активных веществ	
Карасева Е.Н.	220

Совместное действие регулятора роста мелафена и микроэлементов на фотосинтетические показатели растения картофеля	
Кириллова И.Г., Андреева Е.А.	224
Применение методов биотехнологии для оценки солеустойчивости селекционных форм быстрорастущих древесных пород	
Константинов А.В., Острикова М.Я., Богинская Л.А., Кулагин Д.В., Куделина Т.Н., Осипенко Н.В., Полевикова Е.Н., Комарова В.А.	228
Влияние LED-освещения с различным соотношением красного и синего диапазонов на продуктивность и накопление фенольных соединений в микрозелени редиса и подсолнечника	
Кугач В.А., Курнушко А.С., Молчан О.В.	233
Влияние прайминга семян наночастицами селена и селенитом натрия на морфометрические параметры проростков редиса и подсолнечника	
Курнушко А.С., Молчан О.В.	238
Изучение эксплантов лапчатки прямостоячей (<i>Potentilla erecta</i>) в культуре <i>in vitro</i>	
Лапенков Д.П., Седов Г.И., Пазяева Т.В.	243
Технология культивирования <i>Solanum melongena</i> в условиях ситифермы	
Малиновский А.А., Плотников Е.В.	246
Физиолого-биохимические механизмы влияния продуктов химической деструкции торфа на хвойные породы растений	
Машкин И.А.	250
Размножение спиреи методом зеленого черенкования в условиях западной Сибири	
Мельник Д.С., Плотников Е.В.	254
Годовая динамика накопления полиолов и углеводов в хвое <i>Pinus sylvestris</i> на территории криолитозоны	
Михайлов В.В., Слепцов И.В., Рожина С.М., Кершенгольц Б.М.	258
Модификация почвогрунта «Двина» смесью на основе гидролизного лигнина, трепела и остаточных пивных дрожжей	
Небышинец П.А.	263
Влияние конъюгированных форм оксикоричных кислот на рост и развитие растений огурца в закрытом грунте при действии солевого стресса	
Овчинников И.А., Николайчук В.В.	267
Влияния аллелопатических свойств близкородственных видов растений из рода недотрога (<i>Impatiens</i> L.) на их инвазионный потенциал	
Позняк А.С.	271

Биологическая активность экстрактов амброзии полыннолистной, опасного инвазивного вида, распространяющегося по территории Беларуси

Полевик Е.А., Скуратович Т.А., Молчан О.В. 275

Влияние *Evernia esorediosa* на ростовые и биохимические процессы *Larix cajanderi* на территории криолитозоны

Рожина С.М., Слепцов И.В., Михайлов В.В., Прокопьев И.А., Алексеев К.В. .. 280

Оценка влияния конъюгатов хитозана на морфометрические показатели и содержание фотосинтетических пигментов в проростках ячменя при солевом стрессе

Рыбинская Е.И., Овчинников И.А., Герасимович К.М., Николайчук В.В. . 285

Получение стабильно пролиферирующих культур *in vitro* некоторых древесных интродуцентов

Слаутенко Т.И., Тимофеева С.Н., Юдакова О.И...... 289

Оценка засухоустойчивости сортов мягкой пшеницы после предобработки семян комплексным соединением

Содикзода М.С., Хамрабаева З.М., Якубова М.М...... 294

Размножение трубчатых гибридов лилий с применением методов биотехнологии

Соколова М.А. 298

Влияние селена на биосинтез вторичных метаболитов фенольной природы в растениях душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.).

Федураев П.В., Масленников П.В., Стыран Т.В., Скрыпник Л.Н...... 302

Влияние экзогенных пептидных элиситоров на активность антиоксидантных ферментов в растениях томатов, подвергнутых гипертермии

Филипцова Г.Г., Гулина Е. 307

Определение жизнеспособности пыльцы кедрового стланика (*Pinus pumila*)

Шевелева И.С. 311

Особенности пигментного комплекса и ростовых процессов сфагновых мхов при различном фотопериоде

Штанг А.К., Пономарева Т.И., Чуракова Е.Ю...... 314

Влияние наночастиц оксида меди на работу устьичного аппарата гороха полевого

Яцзин Ш., Зайцев И.В., Звонарев С.Н., Смолич И.И., Пшибыгтко Н.Л...... 319

СЕКЦИЯ 3. ГЕОБОТАНИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ, МОНИТОРИНГ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ И ПРОБЛЕМЫ ФИТОИНВАЗИЙ

Инвазивная дендрофлора нижнего новгорода (на примере *Hipporhae rhamnoides* L.)

Алилова О.Р., Воротников В.П. 324

Методические подходы к сеточному картированию флоры Беларуси

Гомолко А.А. 327

Динамические процессы живого напочвенного покрова в условиях смены древесного эдификатора

Давидович Ю.С., Леготин М.Е., Созинов О.В. 331

Мониторинг сорных растений в опытах научного учебно-образовательного центра «Ботанический сад ПГУ им. Т.Г. Шевченко»

Дикусар И.Ю., Пазяева Т.В., Чубко В.Н. 337

Изменение видового состава лесных сообществ заказника «Юнтоловский» (г. Санкт-Петербург) по данным мониторинга за 2007-2021 гг

Добронравина В.Н. 343

Особенности синантропизации луговых фитоценозов поймы р. Днепр в пределах центральной геоботанической подзоны Беларуси

Добыш К.В. 345

Оптимизация работы с географическими координатами на примере подготовки иллюстративных карт к флоре Беларуси

Евсеева М.М., Слесарёнок Я.Ю. 350

Сообщества мест долгого залегания снежного покрова

Етылина А.С. 354

Динаміка ляснога фонду асушанай часткі Расолішкага лясніцтва

Комар А.Ю. 356

Флора и растительность малого водоема в границах урбанизированного ландшафта

Кротов А.Б. 361

Региональные особенности экологических характеристик сосудистых растений восточноевропейских тундр

Лапина А.М. 366

Оценка взаимосвязей между различными параметрами особей в ценопопуляциях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) на начальном этапе послепожарного восстановления северотаежных сосновых лесов (Кольский полуостров)

Лукач О.В. 370

Оценка влияния рекреационной деятельности на состояния лесных биогеоценозов пригородных лесов г. Орша	
Моцный В.В.	375
Определение ключевых территорий для сохранения биоразнообразия Национального парка «Беловежская пуша»	
Роговский Н.М.	380
Растительный покров долины малого водотока (в границах урбанизированного ландшафта)	
Романько М.А.	385
Ботанико-географический и экологический анализ ценофлоры травянистой растительности железных дорог города Минска и прилегающих территорий	
Сергейчик С.И.	390
Направления естественных сукцессий в высоковозрастных повислоберезовых лесах на заповедных территориях	
Старикова Л.И.	394
Устойчивость придорожных газонов в условиях специфики строительства и эксплуатации автомобильных дорог	
Шавалда Е.С.	399
Анализ новых данных по чужеродной флоре национального парка «Угра» (с 2005 г.)	
Ягодовская М.П., Решетникова Н.М.	405

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

ОБЗОР СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ ЦАРСТВА FUNGI

Волобуев С.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН; Санкт-Петербург, Россия,
sergvolobuev@binran.ru

Обзор посвящен современной таксономической классификации царства Fungi. Отмечается определяющая роль молекулярных методов анализа ДНК при описании грибных таксонов и в систематике грибов в целом. Приводятся сведения о ежегодно описываемых таксонах грибов и ожидаемом видовом разнообразии данной группы организмов.

Процесс познания биологического разнообразия на современном этапе развития науки включает не только выявление новых признаков и свойств у, казалось бы, хорошо известных организмов и обнаружение криптических таксонов, но и приводит к необходимости постоянного пересмотра и совершенствования системы живого.

За последние десятилетия в микологии значительное распространение и развитие получили методы изучения биоразнообразия, основанные на анализе последовательностей ДНК. Благодаря методам высокопроизводительного секвенирования, а также другим методам метагеномики, показано существование огромных резервуаров ранее не обнаруженного разнообразия грибов (Lofgren, Stajich, 2021). На молекулярных данных базируются и современные ревизии таксономической системы грибов, основанной ранее на морфологических и ультраструктурных признаках. Согласно данным, опубликованным за 2018 год, анализ последовательностей ДНК был использован в 94% таксономических исследований грибов (Miralles et al., 2020). В настоящее время, этот процент лишь увеличивается.

Несмотря на неуклонный рост описаний новых грибных таксонов, которых в среднем регистрируется около 2000 видов по всему миру (Cheek et al., 2020), микологи ещё далеки от выявления сколько-нибудь значимой доли ожидаемого видового разнообразия грибов, последние взвешенные оценки которого достигают значений в 2,2-3,8 млн. видов (Hawksworth, Lücking, 2017). В то же время, уже полученные данные о грибных таксонах разных рангов нуждаются в упорядочении и систематизации. Одной из наиболее масштабных

современных классификаций грибов (на уровне родов и таксонов более высокого ранга), включая ископаемые грибы и грибоподобные организмы, является серия публикаций «Outline of Fungi and fungus-like taxa» (Wijayawardene et al., 2022).

Современная система царства Fungi предполагает также определение таксономических границ самой группы, обособляя её от родственных грибов протистов. На основе методов молекулярной филогенетики подтверждается предполагаемое родство Fungi и Arhelida, как одной из новых глубоких ветвей, которая предшествует возникновению осмотрфоного образа жизни грибов (Mikhailov et al., 2022).

Список литературы

Cheek M., Lughadha E.N., Kirk P., Lindon H., Carretero J., Looney B., Douglas B., Haelewaters D., Gaya E., Llewellyn T., Ainsworth A.M., Gafforov Y., Hyde K., Crous P., Hughes M., Walker B.E., Forzza R.C., Wong K.M., Niskanen T. New scientific discoveries: Plants and fungi // *Plants People Planet*. 2020. Vol. 2, Is. 5. P. 371–388. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10148>

Hawksworth D.L., Lücking R. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. In *The Fungal Kingdom*, J. Heitman, B. Howlett, P. Crous, E. Stukenbrock, T. James, N.A.R. Gow, eds. (Washington, DC: ASM Press), 2017, pp. 79–95.

Logfren L.A., Stajich J.E. Fungal biodiversity and conservation mycology in light of new technology, big data, and changing attitudes // *Current Biology*. 2021. Vol. 31, Is. 19. P. R1312–R1325. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.06.083>

Mikhailov K.V., Karpov S.A., Letcher P.M., Lee P.A., Logacheva M.D., Penin A.A., Nesterenko M.A., Pozdnyakov I.R., Potapenko E.V., Sherbakov D.Y., Panchin Y.V., Aleoshin V.V. Genomic analysis reveals cryptic diversity in aphelids and sheds light on the emergence of Fungi // *Current Biology*. 2022. Vol. 32(21). P. 4607–4619.e7. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.08.071>

Miralles A., Bruy T., Wolcott K., Scherz M.D., Begerow D., Beszteri B., Bonkowski M., Felden J., Gemeinholzer B., Glaw F., Glöckner F.O., Hawlitschek O., Kostadinov I., Nattkemper T.W., Printzen C., Renz J., Rybalka N., Stadler M., Weibulat T., Wilke T., Renner S.S., Venceset M. Repositories for taxonomic data: Where we are and what is missing // *Systematic Biology*. 2020. Vol. 69, Is. 6. P. 1231–1253. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syaa026>

Voigt K., James T.Y., Kirk P.M., de A. Santiago A.L.C.M., Waldman B., Griffith G.W., Fu M., Radek R., Strasser J.F.H., Wurzbacher C., Jerônimo G.H., Simmons D.R., Seto K., Gentekaki E., Hurdeal V.G., Hyde K.D., Nguyen T.T.T., Lee H.B. Early-diverging fungal phyla: taxonomy, species concept, ecology, distribution, anthropogenic impact, and novel phylogenetic proposals // *Fungal Diversity*. 2021. Vol. 109(1). P. 59–98. <https://doi.org/10.1007/s13225-021-00480-y>

Wijayawardene N.N., Hyde K.D., Dai D.Q., Sánchez-García M., Goto B.T., Saxena R.K., Erdoğan M., Selçuk F., Rajeshkumar K.C., Aptroot A., Blaszkowski J., Boonyuen N., da Silva G.A., de Souza F.A., Dong W., Ertz D., Haelewaters D., Jones E.B.G., Karunarathna S.C., Kirk P.M., Kukwa M., Kumla J., Leontyev D.V., Lumbsch H.T., Maharachchikumbura S.S.N., Marguno F., Martínez-Rodríguez P., Mešić A., Monteiro J.S., Oehl F., Pawłowska J., Pem D., Pfliegler W.P., Phillips A.J.L., Pošta A., He M.Q., Li J.X., Raza M., Sruthi O.P., Suetrong S., Suwannarach N., Tedersoo L., Thiagaraja V., Tibpromma S., Tkalcčec Z., Tokarev Y.S., Wanasinghe D.N., Wijesundara D.S.A., Wimalaseena S.D.M.K., Madrid H., Zhang G.Q., Gao Y., Sánchez-Castro I., Tang L.Z., Stadler M., Yurkov A., Thines M. Outline of Fungi and fungus-like taxa – 2021 // *Mycosphere*. 2022. Vol. 13(1). P. 53–453. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/13/1/2>

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ У ДИКОРАСТУЩЕГО ГРАНАТА

Зейналова А.М.

Институт ботаники Министерства Науки и Образования Азербайджанской
Республики, Баку, Азербайджан
E-mail: aydan.zeynalova.az@gmail.com

В статье представлены данные по изучению химического состава соков дикорастущих гранатов, собранных из восьми районов Азербайджанской Республики, различающихся почвенно-климатическими условиями. Установлено, что уровень накопления вторичных метаболитов зависит от почвенно-климатических условий произрастания растения. Результаты этого исследования могут помочь в эффективной и долгосрочной оптимизации методов культивирования в различных условиях окружающей среды, с целью увеличения качества и количества вторичных метаболитов в сортах граната.

Введение. Рельеф Азербайджанской Республики весьма разнообразен. Здесь преобладают преимущественно две формы рельефа: низменности и высокогорья. Около 60% территории Азербайджана составляют гористые территории. Основные геоморфологические единицы республики - Большой Кавказ, Малый Кавказ (вместе с Карабахским плоскогорьем) и Талышские горы охватывают Кура-Аразскую низменность с севера, запада и юго-востока. Средняя возвышенность республики составляет 400 метров. Амплитуда высот суши колеблется от - 26, 5 м (Прикаспийская низменность) ниже уровня океана до 4466 м абсолютной высоты (вершина Базардюзю). Отсюда становится ясно, что на территории республики разница высоты около 4500 метров. Климатические условия Азербайджана также разнообразны. На его территории по Э.М. Шихлинскому насчитывается 9 типов климата и 26 разновидностей. В пределах Азербайджана в области Большого Кавказа климатологи отмечают до 10 разновидностей климата, а область Малого Кавказа отличается еще большим разнообразием [1].

Многочисленными исследованиями доказано, что на содержание вторичных метаболитов растений влияют факторы окружающей среды, включая климат и почву. Исследования показали, что растения одного и того же вида, выращенные в различной среде, обладают различной

концентрацией определенного вторичного метаболита. Это связано с тем, что растение производит в определенном количестве и качестве вторичные метаболиты, чтобы противостоять стрессу окружающей среды. Таким образом, изучение каждого фактора среды важно, чтобы понять приспособляемость растений в конкретном регионе [7; 11].

Цель работы изучить влияние экологических условий на изменчивость фитохимических показателей *Punica granatum* L.

Материалы и методы. Объектом исследований служили растения дикорастущего граната (*P. granatum*), а материалом исследования служил сок плодов растения. Полевые исследования проводили на территориях семи административных районов Азербайджана: Хызы (P.g.1), Сиязань (P.g.2.), Шеки (P.g.3), Исмаиллы (P.g.4), Евлах (P.g.5), Агсу (P.g.6, Агсуинский перевал P.g. 7), Гейчай (P.g.8). Идентификацию и количественное определение антоцианов проводили согласно международному методу анализа антоцианов OIV-MA-AS315-11 [8]. Определение же флаванолов и флавонолов осуществляли по методу Боренза и др. [2]. Дубильные вещества были разделены и количественно определены с использованием двух различных градиентных условий элюирования, как описано в статье Фишера с соавторами [6]. Аналитическое разделение и идентификацию проводили с использованием хроматографа Varian LC/MS (US Ser. № 05755). Идентификацию антоцианов, флаванолов и флавонолов с хроматограмм исследуемых растительных экстрактов проводили путем сравнения времени удерживания с соответствующими стандартами, приобретенными у Sigma Aldrich (St.Louis, MO, USA).

Результаты и обсуждение. В результате исследования химического состава соков, полученных из восьми образцов дикорастущих гранатов, было выявлено, что шесть различных антоцианов присутствовали в составе гранатовых соков, а именно дельфинидин-3,5-О-диглюкозид (Дел-3,5-диглю.), цианидин-3,5-О-диглюкозид (Циа-3,5-диглю.), цианидин-3-О-глюкозид (Циа-3-глю.), цианидин-3-О-пентозид (Циа-3-пент.), пеларгонидин-3,5-О-диглюкозид (Пел-3,5-диглю.), пеларгонидин-3-О-глюкозид (Пел-3-глю.). Было выявлено, что антоциановый состав образцов значительно различался как качественно, так и количественно. Образцы P.g. 3-8 содержали только производные цианидина, а именно Циа-3,5-диглю., Циа-3-глю. и Циа-3-пент. Наибольшее содержание этих соединений было обнаружено в P.g. 5, 6, 7. Образцы P.g. 1 и P.g. 2 показали

различную антоциановую композицию, характеризующуюся наличием Дел-3,5-диглю., Циа-3,5-диглю., Пел-3,5-диглю. и Пел-3-глю. Самая высокая концентрация Циа-3,5-диглю. была определена в Р.г. 1 ($152,6 \pm 2,21$ мг/л) и Р.г. 2 ($102,3 \pm 1,39$ мг/л), тогда как более низкий уровень был выявлен в Р.г. 4 ($5,450 \pm 0,63$ мг/л). Соединения Циа-3-пент. и Пел-3-глю. присутствовали в низких концентрациях в составе сока всех образцов.

Количественные и качественные вариации антоцианов среди образцов могут быть связаны с условиями окружающей среды в период созревания, а также с механизмами адаптации генотипа к зоне выращивания. Н. Vogočov-Neori и др. [3, 4] сообщили об увеличении диглюкозилированных антоцианов после сезонного потепления, и наши данные могут согласиться с предположением о корреляции между высоким уровнем антоциановых диглюкозидов и жарким летом. Действительно, Р.г. 1 и Р.г. 2, которые были собраны из сухих регионов, характеризующихся жарким летом, содержат самые высокие уровни дельфинидин-3,5-О-диглюкозида и цианидин-3,5-О-глюкозида, предположительно из-за более высокой стабильности 3,5-диглюкозидов по сравнению с 3-глюкозидами. Тем не менее, высокий уровень антоцианов может быть также следствием адаптации к засоленной почве или болотам, так как большое количество антоцианов приводит к повышению солеустойчивости у растений. Кроме того, некоторые авторы утверждают, что на ранних стадиях развития количество диглюкозидных антоцианов выше, чем моноглюкозидных, однако, тенденция меняется обратно в конце стадий развития и созревания [10].

Были проведены анализы по установлению количественного содержания и идентификации дубильных веществ и их производных в образце соков граната. В результате анализов было установлено, что в дополнение к антоцианам, исследованные нами гранатовые соки были также богаты гидролизуемыми танинами. Среди гидролизуемых дубильных веществ в исследованных образцах были обнаружены α и β изомеры пуникалагина, производные пуникалагина, эллаговая кислота, глюкозид эллаговой кислоты, галлоил-глюкоза и ГДФ-гекс-производное.

Все гранатовые образцы содержали изомеры пуналагина α и β . Концентрация α -пуникалагина варьировала от ~ 8 мг/л в Р.г. 2 и Р.г. 8 до $37,52$ мг/л в Р.г. 1. Наибольшее содержание β -пуникалагина было

обнаружено в Р.г. 1 (61,65 мг/л), тогда как самое низкое - Р.г. 2 и Р.г. 8 (~ 14 мг/л).

В составе соков, полученных из различных образцов, были обнаружены и другие производные пуникалагина. Максимальное количество производных пуникалагина 1 и 2 наблюдалось в соке образца Р.г. 1, тогда как накопление пуникалагина 2 было выше в Р.г. 4 и Р.г. 7.

Производное пуникалагина 4 было максимальным в Р.г. 3 и Р.г. 4, достигая концентрации более 19 мг / л, тогда как минимальное его содержание было обнаружено в Р.г. 5 ($4,54 \pm 0,49$ мг/л). В целом, учитывая сумму всех производных пуникалагина, самое высокое содержание было обнаружено в Р.г. 1.

Среди различных образцов граната было обнаружено значительное изменение в содержании производных эллаговой кислоты. Концентрация эллаговой кислоты варьировала от 2,01 до 18,81 мг/ л и возрастала от Р.г.2 < Р.г. 1 < Р.г. 6 = Р.г. 5 < Р.г.8 < Р.г.7 < Р.г. 3 = Р.г. 4. Аналогичная тенденция наблюдалась и для глюкозида эллаговой кислоты, содержание которой изменялось от 2,92 до 27,36 мг/л, достигая максимального значения в Р.г. 3 и Р.г. 4 и самого минимального в Р.г. 2.

Концентрация галлоил-глюкозы увеличилась с минимума в Р.г. 2 (~ 6 мг/л) до максимума в Р.г.7 (~ 18 мг/л). Концентрация ГГДФ-гекс-производных была самой высокой в образцах Р.г. 1, Р.г. 3 и Р.г. 4. Почти в одинаковом количестве ГГДФ-гекс-производное_1 было обнаружено в образцах Р.г. 3 и Р.г. 4 (~ 50 мг/л), в то время как, содержание ГГДФ-гекс-производного_2 изменялось от 8,44 мг/л в образцах Р.г. 6 и Р.г. 8 до 20,07 мг/л в образце Р.г.1.

В результате исследований было обнаружено, что среди исследованных образцов Р.г. 1 был богат как антоцианинами, так и гидролизуемыми танинами, особенно производными пуникалагина. В этом образце, собранном в Хызынской район, характеризующемся жарким летом и холодной зимой, но частично смягченным климатом, обусловленной его близостью к Каспийскому морю, взаимодействие между условиями окружающей среды и генотипом вызывает накопление как более стабильных антоцианов, таких как 3,5-дигл и циа-3,5-дигл, а также различных производных пуникалагина. Аналогичная антоциановая композиция была также обнаружена в образце Р.г. 2, который, однако, показал несбалансированную

композицию из-за очень низкого количества танинов. Действительно, накопление обоих классов полифенолов может стимулироваться в условиях потепления, но также может быть несколько снижено в условиях длительной и сильной засухи [9]. Кроме того, среди исследованных образцов можно наблюдать влияние окружающей среды на их химический состав. Генетический фон каждого образца играет ключевую роль в реакциях на условия окружающей среды, в результате чего образцы более или менее чувствительны к различным воздействиям окружающей среды, однако, в большинстве случаев, влияние климата на состав зерен граната является существенным поскольку метаболизм фенолов, как синтез, так и окисление, вызван стрессовыми условиями, особенно термическим стрессом [5]. При этом было показано, что сезонное потепление увеличивает долю диглюкозилированных антоцианов [3]. Так например, образцы P.g. 5, 6, 7, которые были собраны из районов с жаркими летними условиями и засоленными почвами имели более высокое содержание антоцианов и пуникалагина по сравнению с P.g. 3 и P.g. 4, которые были собранные из регионов с умеренным климатом и темными суглинистыми почвами, характеризовались более высоким содержанием эллаговой кислоты и ее гликозилированного производного.

Результаты этого исследования предоставляют ценный ресурс для выбора образцов граната, которые могут быть использованы в селекционных работах для увеличения качества и количества вторичных метаболитов в сортах граната.

Список литературы

1. Алиев, Б.Г. Проблемы эрозии в Азербайджане и пути ее решения / Б.Г.Алиев, И.Н.Алиев – Баку: ZIYA-ИПЦ «Нурлан», – 2000, – 122 с.
2. Borenz, D.P.M., Nikfardjam, M.S.P., Creasy, G.L. A new RP-HPLC method for analyses of polyphenols, anthocyanins, and indole-3-Acetic acid in wine // *Am.J.Enol.Vitic.*, – 2008, 59 (1), – p. 106-109
3. Borochov-neori, H. Climate effects on anthocyanin accumulation and composition in the pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit arils / H.Borochov-neori, S.Judeinstein, M.Harari [et al.] // *J. Agric. Food Chem.*, – 2011. – Vol. 59, – p. 5325-5334
4. Borochov-neori, H. Salinity effects on colour and health traits in the pomegranate (*Punica granatum l.*) fruit peel / H.Borochov-neori, S.Judeinstein, E.Tripler [et al.] // *IJPTI*, – 2014. №4, – p. 54-68
5. Di stefano, V. Antioxidant activity and phenolic composition in pomegranate (*Punica granatum L.*) genotypes from south Italy by UHPLC–Orbitrap-MS approach. / V.Di stefano, R.Pitonzio, M.E.Novara [et al.] // *J Science Food Agric.*, – 2019, 99 (3), –p. 1038-1045
6. Fischer, U.A., Carle, R., Kammerer, D.R. Identification and quantification of

phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD-ESI/MSn // *Food Chem.*, – 2011, 127(2), – p. 807-821

7. Ghasemzadeh A., Jaafar H. Z. E., Rahmat A. 'Elevated Carbon Dioxide Increases Contents of Flavonoids and Phenolic Compounds, and Antioxidant Activities in Malaysian Young Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe.) Varieties', *Molecules*, – 2010, 15, 7907–7922.

8. HPLC-Determination of nine major anthocyanins in red and rosé wine. Compendium of international methods of analysis-OIV. Anthocyanins. – 2007, – p. 1-13

9. Mena, P. Sustained deficit irrigation affects the colour and phytochemical characteristics of pomegranate juice // *J Sci. Food Agric.*, – 2013, 93 (8), – p. 1922-1927

10. Sakamoto, M., Suzuki, T. Methyl jasmonate and salinity increase anthocyanin accumulation in radish sprouts // *Horticulturae*, – 2019. – № 54, – p. 79–88

11. Telwala Y., Brook B. W., Manish K., Pandit M. K. 'Climate-Induced Elevational Range Shifts and Increase in Plant Species Richness in a Himalayan Biodiversity Epicenter', *PLoS One*, – 2013, – № 8, 57103;

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) К МИКРОМИЦЕТУ *FUSARIUM* SP.

Можаровская Л.В.

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, milamozh@yandex.ru

*В работе представлены результаты скрининга семейств PR- и R-генов транскриптомов проростков *P. sylvestris*, выращенных в условиях инфицирования микромицетом *Fusarium* sp. Получены данные о структурном разнообразии и участии PR- и R-генов в формировании индуцированного защитного ответа.*

В ходе эволюции древесные растения выработали широкий спектр механизмов, обеспечивающих формирование защитных реакций по отношению к фитопатогенным микроорганизмам. Согласно современным представлениям в фитопатологии, большинство механизмов устойчивости связано с формированием относительно простых по структуре физических или химических барьеров. В то же время коэволюционная адаптация позволила выработать и сложные биохимические механизмы, основанные на взаимодействии между генами растений и генами инфекционных агентов.

Гены устойчивости растений к болезням (R-гены, от англ. resistance) играют ключевую роль в распознавании белков патогенов, кодируемых различными специфическими генами, обозначаемых как гены авирулентности (Avr-гены, от англ. avirulence). Филогенетически R-гены происходят из эволюционно первичной формы системы устойчивости, характерной для большинства растений и животных. Однако быстрое развитие системы устойчивости растений привело к существенной диверсификации генов. Несмотря на это, изученность вопросов, связанных с генетической и биохимической основой устойчивости, остается невысокой, но некоторые основополагающие генетические механизмы описаны достаточно подробно [3, 5, 10].

Особой группой защитных генов растений, являются локусы, кодирующие ассоциированные с патогенезом (PR) белки, синтезируемые в ответ на проникновение фитопатогенов и представляющие собой ключевые компоненты системной приобретенной устойчивости (SAR). PR-белки входят в состав сигнальных систем (липооксигеназной, NO-синтазной), катализируют

образование вторичных сигнальных молекул (СК, ЖК, ЭТ и АБК), характеризуются антимикробными свойствами, участвуют в укреплении клеточных стенок растений, способны вызывать разрушение оболочек и цитоплазматических мембран фитопатогенов [1, 12, 13]. PR-гены широко используются в качестве диагностических молекулярных маркеров для анализа функционирования сигнальных путей [13].

Среди PR-генов хвойных растений в наибольшей степени охарактеризованы локусы, кодирующие литические ферменты, такие как β -1,3-глюканазы (семейство PR-2) и хитиназы (PR-3, -4, -8, -11 семейства), участвующие в деградации клеточных стенок грибных микроорганизмов; тауматин-подобные белки (семейство PR-5); группу ферментов пероксидаз лигнин-образующего типа, ассоциированных с формированием клеточной стенки (семейство PR-9); рибонуклеазы (семейство PR-10); растительные дефензины (семейство PR-12). Согласно литературным данным, наиболее полно идентифицирован и охвачен спектр семейств PR-генов среди видов рода *Pinus* – 15 PR-семейств для *P. tecunumanii* и 16 PR-семейств для *P. patula* [4]. Применительно к *Picea abies* и *P. sylvestris* описаны механизмы индуцированной защиты по отношению к патогенному грибу *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., включающие экспрессию ряда PR-генов: PR-2 (β -1,3-глюканазы), PR-3 (хитиназы), PR-5 (тауматиноподобные белки), PR-9 (пероксидазы III класса), PR-12 (дефензин PsDef1) и PR-19 (антимикробные белки сосны обыкновенной, Sp-AMP) [2, 6].

Ранее нами для модельной патосистемы *Pinus sylvestris* – *Fusarium sp.* в транскриптомах проростков сосны обыкновенной идентифицирован спектр мРНК PR-генов, ассоциированных с формированием индуцированного защитного ответа, кодирующих белки: PR-1, PR-3, PR-4, PR-5, PR-6, PR-9, PR-10, PR-19 (AMP1). Превалирующими типами функциональных доменов в транскриптах генов семейств PR-генов явились: PR-1 – CAP (cd05381); PR-3 – Chitinase_GH19 (cd00325), Chitin_bind_1 (pfam00187), ChtBD1_GH19_hevein (cd06921); PR-4 – Barwin (pfam00967); PR-5 – Thaumatin (pfam00314), TLP-P (cd09217); PR-9 – Secretory_peroxidase (cd00693), PR-10 – Bet_v1-like (cd07816), PR-12 – Gamma-thionin (pfam00304), PR-19 – MiAMP1 (pfam09117). Для исследуемых белков PR-1, PR-5, PR-10, PR-12 установлены консервативные мотивы,

выполняющие основную роль в молекулярных механизмах формирования устойчивости к патогенным микроорганизмам: PR-1 – мотив P_xGN_{xxxxx}PY, PR-5 – REDDD, PR-9 – P_xP_x, PR-10 – G_xGG_xG, PR-12 – GXС(X₃₋₉). Для транскриптов генов семейства LRR-RLK описаны мотивы L_{xx}L_{xx}L_{xx}L_xL_{xx}N_xL_xG_x (2 повтора), L_{xx}L_{xx}L(D/Y)L_{xx}N_xL_xG_x (5 повторов).

В настоящее время установлено, что белки, кодируемые генами устойчивости (R-генами), характеризуются модульной структурой доменов, что определяет особенности их функционирования и, в частности, необходимостью динамического взаимодействия между определенными доменами. Еще одной из особенностей строения R-белков является наличие доменов, ответственных за взаимодействие с белками Avr-генов, путем образования сигнальных комплексов, которые активируют защитные реакции, направленные на противодействие росту и развитию фитопатогенных организмов [9]. В литературе среди видов рода *Pinus* наиболее подробно представлен анализ R-генов *Pinus monticola* и *P. taeda*, детерминирующих признак устойчивости к фитопатогенным микроорганизмам. Исследователями на основе известных R-генов травянистых растений, относящихся к суперсемействам, детерминирующим полипептиды, содержащие функциональные нуклеотидсвязывающие (NBS) домены и С-концевые лейцин-насыщенные повторы (LRR), ассоциированных с устойчивостью к патогенам [8, 11]. В работе Хеллера Г. с соавторами для *P. sylvestris* на примере модельной системы *Pinus sylvestris* – *Laccaria bicolor* идентифицированы гены устойчивости *P. sylvestris* семейств: CC-NBS-LRR и TIR-NBS-LRR [7].

В нашем исследовании для транскриптомов проростков *P. sylvestris*, выращенных в условиях заражения культурой микромицета *Fusarium sp.*, проведен скрининг R-генов с установлением доменной структуры кодируемых белков. В ходе изучения патосистемы *Pinus sylvestris* – *Fusarium sp.* были выделены устойчивая и восприимчивая (с признаками инфекционного полегания) группы растений. Для получения препаратов мРНК использовали ткани корня и гипокотыля проростков, высокопроизводительное секвенирование транскриптомов растений выполняли на базе Ion Torrent. Идентификацию R-генов проводили при использовании базы данных консервативных доменов (CDD) NCBI. В результате биоинформатического анализа R-гены транскриптомов *P. sylvestris*

были отнесены к различным функциональным семействам. Транскрипты генов семейства нуклеотидсвязывающих генов с лейцин-богатыми повторами (NBS-LRR) отмечено для всех исследуемых групп проростков, в том числе содержащие: Toll-подобный интерлейкиновый рецептор (TIR), СС-домен, домен RPW8, домен PLN03210. Для группы проростков *P. sylvestris* устойчивой к *Fusarium sp.* идентифицированы транскрипты генов NBS-LRR с функциональным доменом RX-CC_like (cd14798) класса СС-NBS-LRR. Среди R-генов семейства рецептороподобных киназ (RLK) идентифицированы транскрипты, кодирующие полипептиды с функциональным лейцин-богатым доменом LRR-RLK. Одним из наиболее представленных семейств являлись серин/треонин киназы (STK), в том числе содержащие те или иные домены и мотивы: LRR – лейцин-богатые повторы, LysM – включающие в первичной структуре мотивы лизина, TPR – тетратрикопептидный повтор.

Полученные данные о структуре и участии PR- и R-генов в формировании индуцированного защитного ответа, расширяют наши представления о молекулярных механизмах устойчивости *P. sylvestris*. На основе результатов исследования сформирован набор ДНК-маркеров (PR- и R-генов) *P. sylvestris* для молекулярно-генетической диагностики растений по признаку устойчивости к фитопатогенам.

Список литературы

1. Тарчевский, И. А. Сигнальные системы клеток растений / И. А. Тарчевский – М. : Наука. – 2002. – 294 с.
2. Adomas A. *Pinus sylvestris* root tissues to pathogen (*Heterobasidion annosum*) invasion / A. Adomas [et al.] // Tree Physiology. – 2007. – Vol. 27, № 10. – P. 1441–1458.
3. Boutrot, F. Function, discovery, and exploitation of plant pattern recognition receptors for broad-spectrum disease resistance / F. Boutrot, C. Zipfel // Annual review of phytopathology. – 2017. – Vol. 55. – P. 257–286.
4. Defence transcriptome assembly and pathogenesis related gene family analysis in *Pinus tecunumanii* (low elevation) / E. A. Visser [et al.] // BMC genomics. – 2018. – Vol. 19, № 1. – P. 1–13.
5. Dong, X. SA, JA, ethylene, and disease resistance in plants / X. Dong // Current opinion in plant biology. – 1998. – Vol. 1, № 4. – P. 316–323.
6. Expression and β -glucan binding properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) antimicrobial protein (Sp-AMP) / S. Sooriyaarachchi [et al.] // Plant molecular biology. – 2011. – Vol. 77, № 1–2. – P. 33–45.
7. Heller, G. Transcriptional analysis of *Pinus sylvestris* roots challenged with the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor* / G. Heller [et al.]. BMC Plant Biol. – 2008. – Vol. 8, №19.
8. Liu, J. J. Isolation, genetic variation and expression of TIR-NBS-LRR resistance

gene analogs from western white pine (*Pinus monticola* Dougl. ex. D. Don.) / J. J. Liu, A. K. Ekramoddoullah // *Molecular Genetics and Genomics*. – 2004. – Vol. 270, № 5. – P. 432–441.

9. Manoharachary, C. Fungal biodiversity : Distribution, conservation and prospecting of fungi from India. / C. Manoharachary // *Curr. Sci.* – 2005. – Vol. 89. – P. 58–71.

10. McDowell, J. M. Plant disease resistance genes: recent insights and potential applications / J. M. McDowell, B. J. Woffenden // *TRENDS in Biotechnology*. – 2003. – Vol. 21, № 4. – P. 178–183.

11. Meyers, B. C. TIR-X and TIR-NBS proteins: two new families related to disease resistance TIR-NBS-LRR proteins encoded in *Arabidopsis* and other plant genomes / B. C. Meyers, M. Morgante, R. W. Michelmore // *The Plant Journal*. – 2002. – Vol. 32, № 1. – P. 77–92.

12. Neill, S. J. Hydrogen peroxide and nitric oxide as signaling molecules in plants / S. J. Neill, R. Desikan, A. Clarke // *J. Experim. Botan.* – 2002. – Vol. 53. – P. 1237–1247.

13. Pathogenesis-related proteins and peptides as promising tools for engineering plants with multiple stress tolerance / S. Ali [et al.] // *Microbiological Research*. – 2018. – Vol. 212. – P. 29–37.

СЕКЦИЯ 1. ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ФИТО- МИКО- И ЛИХЕНОБИОТЫ

SIX UNRECORDED SPECIES OF AGARICOMYCETES FROM PAMIR-ALAY MOUNTAIN (UZBEKISTAN PART)

Zoirjon Islomiddinov¹, Ilyor Mustafaev¹, Sergey Volobuev²

¹Laboratory of Mycology and Algology, Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, No. 232, Durmon Yuli Street, Tashkent 100125, Uzbekistan

²Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 197022 St. Petersburg, Russia

e-mail: zoirjon0991@bk.ru, e-mail: sergvolobuev@binran.ru

The Pamir-Alay is a mountain system in Tajikistan, Kyrgyzstan and Uzbekistan, encompassing four main mountain ranges extending west from the Tien-Shan Mountains, and located north of the main range of Pamir. There are six ranges of the Pamir-Alay and five ranges of the Western Tien-Shan mountain system in Uzbekistan. These ranges exhibit different biodiversity. Among the macrofungal specimens collected from ranges of Pamir-Alay in Uzbekistan, six species under six genera (Crucibulum, Ganoderma, Leccinum, Lentinus, Neolentinus, and Volvariella) have been identified through macro and micro morphological investigation. These species are considered new for the Pamir-Alay ranges in Uzbekistan. The genus Crucibulum is also recorded for the first time in Uzbekistan.

The Pamir-Alay is a mountain system in Tajikistan, Kyrgyzstan and Uzbekistan, encompassing four main mountain ranges extending west from the Tien-Shan Mountains, and located north of the main range of Pamir. There are six ranges of the Pamir-Alay and five ranges of the Western Tien-Shan mountain system in Uzbekistan. These ranges exhibit different biodiversity.

Studies on macrofungi in Pamir-Alay started in the late 20th century with collections made by Russian scientists in Pamir-Alay. The first detailed survey of fungi in Pamir-Alay was carried by Zaprometov (1928) with the publication "Materials for the of Middle Asia". Subsequent studies were carried out by Rotkevich in the Guralash Reserve (Rotkevich 1960). Unfortunately, there is no mention or exact information about the species details in these works. In addition, studies have focused on phytopathogenic microfungi. Studies of macrofungi in the region were carried out by the Ukrainian researcher Petrova (Petrova 1985). As part of her candidate work "Basidial macromycetes of the Zaamin mountain forest reserve", the

researcher recorded 221 species of macrofungi in the Zaamin nature reserve. Several papers were published in the last ten years on the macrofungi from the Uzbek part of Pamir-Alay mountain (Mustafaev 2017; Gafforov et al. 2017; Gafforov et al. 2020; Wang et al. 2021). Apart from these publications, no efforts have been made to produce an extensive local database of macrofungi. Such publications, however, now require a thorough revision and update.

This study describes a total of six unrecorded species (*Crucibulum laeve*, *Ganoderma resinaceum*, *Leccinum duriusculum*, *Lentinus brumalis*, *Neolentinus cyathiformis*, *Volvariella bombycina*) from Zaamin National Nature Park, Nuratau Nature Reserve and Kitab State Geological Reserve. The species revealed belongs to the orders Agaricales (two species), Boletales, Gloeophyllales (each one species) and Polyporales (three species). These records are important resources for determining the diversity and composition of fungal species in Uzbekistan. The survey started in 2022 therefore, it is expected that many new and unrecorded species are yet to be discovered. Thus, additional surveys are required at different locations, altitudes, and seasons.

References

- Gafforov Y., Riebesehl J., Ordynets A., Langer E. et al. Hyphodontia (Hymenochaetales, Basidiomycota) and similar taxa from Central Asia. *Botany*. 2017. V. 95. P. 1041–1056.
- Gafforov Y., Ordynets A., Langer E., Yarasheva M. et al. Species diversity with comprehensive annotations of wood-inhabiting poroid and corticioid fungi in Uzbekistan. *Frontiers in Microbiology*. 2020. V. 11 (598321). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.598321>
- Mustafaev I.M. New records of Ascomycetes (Pezizales) for the mycobiota of Uzbekistan. *Iran. J. Bot.* 2017. V. 23(1). P. 72-75.
- Petrova A.A. Flora of basidial macromycetes of the Zaamin mountainous forest reserve of the UzSSR. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*. 1985. V. 22. P. 144–148 (In Russ).
- Rotkevich T.K. Materials on the mycoflora of the former mountain-juniper reserve Guralash (northern spurs of the Turkestan Range) // Materials of the 1st coordination meeting of mycologists of the Republic of Central Asia and Kazakhstan. Frunze. 1960. P. 142-143.
- Xue-Wei Wang, Ji-Hang Jiang, Shi-Liang Liu, Yusufjon Gafforov, and Li-Wei Zhou. Species diversification of the coniferous pathogenic fungal genus *Coniferiporia* (Hymenochaetales, Basidiomycota) in association with its biogeography and host plants. *Phytopathology*. 2021. V. 112(2). <https://doi.org/10.1094/Phyto-05-21-0181-R>.

МИКОБИОТА ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Алейников С.А.

Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси; Минск, Республика Беларусь, sale1nikoff@yandex.by

Современные исследования показывают, что микроскопические грибы могут быть возбудителями микозов, принимать участие в развитии микогенной аллергии, аллергического бронхолегочного аспергиллеза, аллергического «грибного» риносинусита и т.п. К сожалению, споры грибов попадают в помещения из внешней среды с током атмосферного воздуха, заносятся человеком на одежде, обуви, предметах быта, а благодаря наличию многочисленных ферментов, грибы могут использовать в качестве пищевого субстрата широкоиспользуемые строительные и отделочные материалы как естественного, так и искусственного происхождения (древесину, обои, текстиль, краски, штукатурку, побелку, цемент). Поэтому их стоит рассматривать как существенный фактор, который может оказывать отрицательное влияние на здоровье человека. Следовательно, изучение состава микобиоты поможет в улучшении общего состояния офисных помещений.

Из-за ухудшения экологической обстановки резко увеличилось число разрушенных естественных биоценозов, в результате чего произошло вселение ряда видов в новые экосистемы. Большинство грибов предпочитают места с повышенной влажностью, оптимальное значение рН колеблется в пределах 4,5-6,0. Температурный оптимум среды определяется видовыми свойствами грибов. Например, для видов рода *Penicillium* он составляет 25-30 С, для видов рода *Aspergillus* – 30-35 С. Немаловажное значение имеет количество света. Недостаточная освещенность может задерживать спороношение, но в то же прямые солнечные лучи могут отрицательно влиять на рост грибов [4]. Наибольшую токсичность проявляют споры грибов, массовое скопление которых отмечается в замкнутых помещениях. Оседание и скорость движения грибных спор в воздушных потоках зависит от их величины: крупные споры оседают быстрее и движутся в воздухе медленнее по сравнению со спорами меньшего размера. Это говорит о том, что для каждого вида грибов характерна своя концентрация спор. Существует обратная корреляция между количеством спор грибов и влажностью. В сухую погоду освобождение спор идет более интенсивно [4]. При наличии подходящих условий, в помещениях может отмечаться высокий уровень присутствия различных видов микромитетов, которые являются потенциальными

источниками аллергенов человека. За последнее время отмечается рост аллергических и бронхолегочных заболеваний, вызванных грибами родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Mucor*.

Род *Penicillium* один из наиболее широко распространённых в мире родов грибов, представители которого обнаруживаются в самых различных местах – в почве, на растениях, в воздухе, в помещениях, на пищевых продуктах, в морях. С эколого-трофической точки зрения, виды рода – сапротрофы и слабые паразиты растений. Они могут развиваться от низких (5°C) до относительно теплых (37°C).

Рост и ускоренное развитие человечества предоставили ему новые среды обитания, и они расширили ареалы распространения многих видов этих микроорганизмов. Сегодня довольно часто их можно найти во влажных зданиях, строительных материалах и других антропогенных средах или конструкциях. В качестве наиболее распространенных видов указываются *Penicillium chrysogenum*, *P. citrinum*, *P. digitatum*, *P. Griseofulvum* (рисунок 1) [6].

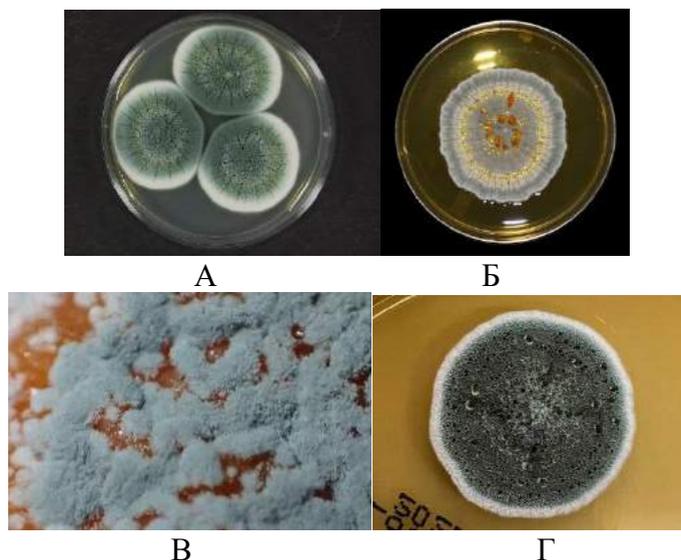


Рисунок 1 – Представители рода *Penicillium*: А, *Penicillium chrysogenum*; Б, *Penicillium citrinum*; В, *Penicillium digitatum*; Г *Penicillium griseofulvum*

Род *Aspergillus* состоит из более чем 100 видов. Грибы этого рода являются сапрофитами, т.е. они питаются мертвыми или

разлагающимися органическими веществами. В связи с этим, они являются важной частью пищевых цепей экосистем, в которых обитают, поскольку являются мощными деструкторами органического вещества, превращая его в компост для почвы. Подавляющее большинство видов размножаются бесполым путем через конидии (споры), хотя у некоторых в их жизненном цикле также наблюдается половая часть.

Основными видами патогенных для человека являются *Aspergillus fumigatus* и *A. niger* (рисунок 2).

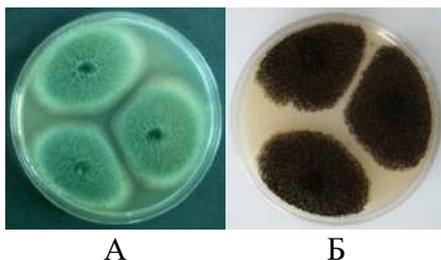


Рисунок 2 – Представители рода *Aspergillus*: А, *Aspergillus fumigatus*; Б, *Aspergillus niger*

Род *Cladosporium* представлен грибами, которые являются сапрофитами на различных субстратах животного и растительного происхождения. Паразиты животных и растений встречаются реже. Основная масса видов обитает в почве, в растительных остатках. Многие обнаружены в торфах и ризосфере растений, обитают в лесной подстилке и участвуют в ее разложении. Описано более 300 видов грибов данного рода [3].

Ввиду наличия большого количества спор представителей данного рода в воздухе, не удивительна частая встречаемость видов на самых разнообразных субстратах. Они развиваются на жидком топливе, смазочных материалах, полихлорвиниловых покрытиях промышленных изделий в странах с тропическим климатом, на картинах, бумаге, древесине. Они хорошо растут при пониженных температурах и часто встречаются на мясных продуктах, сливочном масле, упакованных овощах и фруктах при холодном хранении [6]. Наиболее известными являются *Cladosporium herbarum*, *C. Cladosporioides* (рисунок 3).



Рисунок 3 – Представители рода *Cladosporium*: А, *Cladosporium herbarum*; Б, *Cladosporium cladosporioides*

Грибы рода *Alternaria* являются сапрофитами и фитопатогенами. Первые развиваются на органических субстратах. Они имеют вариабельный ферментный аппарат, который обеспечивает широкую приспособляемость, что позволяет занимать различные экологические ниши. Этому способствует и потоки воздуха, распространяющие споры грибов [2]. Известно, что виды данного рода способны продуцировать опасные для здоровья человека митотоксины. Альтернариол и его метиловый эфир синтезируют крупноспоровые виды: *Alternaria solani*, *A. porri*, *A. dauci*. Тентоксин, тенуазоновая кислота и альтертоксины I, II и III продуцируют мелкоспоровые виды: *Alternaria alternata*, *A. tenuissima*, *A. arborescens* [1]. Но чаще всего в помещениях можно встретить представителей второй группы (рисунок 4).

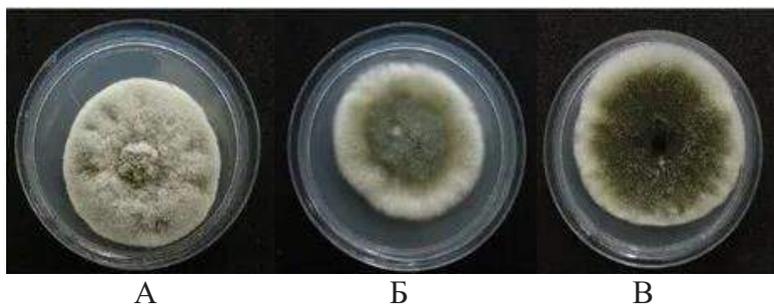


Рисунок 4 – Представители рода *Alternaria*: А, *Alternaria alternata*; Б, *Alternaria tenuissima*; В, *Alternaria arborescens*

Род *Mucor* включает около 40 видов плесневых грибов. Они обычно встречаются в почве, пищеварительной системе, на поверхности растений, некоторых сырах, гнилых растительных остатках. Колонии этого рода грибов быстрорастущие и имеют окраску

от белого до бежевого или серого цвета. Колонии на питательной среде могут достигать нескольких сантиметров в высоту. Более старые колонии приобретают серо-коричневую окраску из-за развития спор. Типовым видом этого рода является *Mucor mucedo* (рисунок 5).

Большинство видов рода *Mucor* неспособны заражать людей и эндотермичных животных из-за их неспособности расти в теплой среде, близкой к 37 градусам по Цельсию. Но иногда они могут стать причиной зигомикоза у людей с ослабленным иммунитетом. [7].



Рисунок 5 – Типовой вид *Mucor mucedo*

Список литературы

1. Грибы рода *Alternaria* как продуценты биологически активных соединений и биогербицидов (обзор) / А.А. Dalinova [и др.] // *Prikladnaia biokhimiia i mikrobiologiia*. – 2020. – Т. 56 – С. 223-241.
2. Грибы. Т. 2 : Мир растений В 7 т. Под ред. А. Л. Тахтаджяна / ред. А.Л. Тахтаджян, М.В. Горленко, Т.П. Сизова. – Москва: Просвещение, 1991. – 478 с.
3. Грибы-паразиты культурных растений - Пидопличко Н.М. – 1977.
4. Жизнь растений: В 6 т / ред. А.А. Федоров. – Москва: Просвещение, 1974. – Текст.
5. Микобиота воздуха некоторых помещений Владивостока / А. Л.л, Е. Л.н, К. Ю.а // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2007. – Т. 19 – С. 168-174.
6. Biodiversity of the Genus *Penicillium* in Different Habitats / A.N. Yadav [и др.] // *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering / journalAbbreviation: New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. – 2018. – С. 3-18.
7. Mucormycosis in patients with haematological malignancies: a retrospective clinical study of 37 cases. GIMEMA Infection Program (Gruppo Italiano Malattie Ematologiche Maligne dell'Adulto) / L. Pagano [и др.] // *Br J Haematol*. – 1997. – Т. 99, № 2. – С. 331-336.

ПРЕДСТАВЛЕННОСТЬ СЕМЕЙСТВА BOLETACEAE В МИКОБИОТЕ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ НП «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

Антонович А.О.

ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН
Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь, anaria1995@mail.ru

В статье представлены результаты анализа литературных данных и коллекций гербария MSK-F в различных типах лесных фитоценозов на территории НП «Беловежская пуца». Выявлено 24 вида, в том числе 4 формы болетовых базидиомицетов. 4 вида являются редкими для микобиоты Беловежской пуцы и Беларуси, 3 – очень редкими. Количество видов, произрастающих только в хвойных лесах, равно 8, в лиственных – 10, в хвойных и лиственных – 6. 81,5% болетовых макромицетов представлены съедобными видами, 8,33% – ядовитыми и 4,17 – несъедобными.

Гербарный образец – это важнейший документ, который содержит информацию о конкретном месте и времени сбора грибов (страна, область, район, место локализации фитоценоза, его тип) и позволяет проводить мониторинг как отдельных видов на определенных территориях, так и микобиоты в целом. Образцы, хранящиеся в гербариях, являются основным доказательством нахождения конкретного вида и позволяют делать выводы о степени изученности исследуемых территорий.

Одной из таких исследуемых территорий является и национальный парк «Беловежская пуца» – один из крупнейших лесных массивов равнинной Европы, сохранившийся практически нетронутым со времен прошлых геологических эпох [2]. Заповедник является территорией с реликтовыми фитоценозами и включен в Список Всемирного наследия [1], вследствие чего лесохозяйственная деятельность на его территории строго регулируется, а на некоторых территориях полностью запрещена. Это позволило сохранить высокое видовое богатство микобиоты, что свидетельствует о первостепенном значении этого леса как генетического резервата, в том числе и для находящихся под угрозой исчезновения видов, делая его и его компоненты удобными объектами для изучения [3, 4].

Семейство Boletaceae включает в себя 17 родов и порядка 250 видов агарикоидных грибов, общим признаком которых являются:

средние или крупные плодовые тела с центральной ножкой; трубчатый гименофор, который легко отделяется от тканей шляпки; шляпка выпуклая – полушаровидная или подушковидная, окрашена чаще всего в оттенки коричневого цвета; мякоть на срезе часто меняет цвет.

Среди представителей семейства Boletaceae встречаются как съедобные, так и несъедобные и ядовитые виды. Для микофлоры Беловежской пуши примером съедобного болетового макромицета является вид *Boletus edulis* Bull. (белый гриб), несъедобного – *Chalciporus piperatus* (Bull.) Bataille (перечный гриб), ядовитого – *Rubroboletus rhodoxanthus* (Krombh.) Kuan Zhao & Zhu L. Yang (боровик розовокожий).

Все представители семейства Boletaceae являются микоризообразователями, способными вступать в симбиоз и с хвойными, и с лиственными породами деревьев. На территории Беларуси наиболее часто симбионтами данных базидиальных макромицетов становятся *Picea abies* (L.) H. Karst. (ель обыкновенная), *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная) и *Quercus robur* L. (дуб черешчатый).

На территории Беларуси семейство Boletaceae представлено 24 видами, включающими 4 формы агарикоидных базидиомицетов (таблица 1).

Таблица 1 – Болетовые грибы лесных фитоценозов Беловежской пуши

№	Вид	Ценоз	Встречаемость	Съедобность
1	<i>Boletus edulis</i> Bull.	ельник мшистый, сосняк мшистый, сосняк чернично-мшистый	обычный	съедобный
2	<i>Boletus edulis</i> f. <i>betulicola</i> Vassilkov	березняк мшистый, березняк разнотравный, грабняк злаковый, сосняк мшистый	обычный	съедобный
3	<i>Boletus edulis</i> f. <i>edulis</i> Bull.	березняк разнотравный, дубрава кисличная, ельник кислично-мшистый, сосняк мшистый, сосняк чернично-брусничный, сосняк чернично-мшистый	обычный	съедобный
4	<i>Boletus edulis</i> f. <i>pinicola</i> (Vittad.) Vassilkov	сосняк вересково-мшистый, сосняк вересковый, сосняк	обычный	съедобный

		мшистый, сосняк чернично-мшистый		
5	<i>Boletus edulis</i> f. <i>quercicola</i> Vassilkov	дубрава разнотравная	обычный	съедобный
6	<i>Butyriboletus fechtneri</i> (Velen.) D. Arora & J.L. Frank	дубрава злаковая	очень редкий	съедобный
7	<i>Chalciporus piperatus</i> (Bull.) Bataille	ельник кисличный, сосняк чернично-мшистый	обычный	несъедобный
8	<i>Hemileccinum impolitum</i> (Fr.) Šutara	дубрава грабовая	обычный	съедобный
9	<i>Imleria badia</i> (Fr.) Vizzini	дубрава кисличная, дубрава лещиновая, ельник кислично-мшистый, ельник чернично-мшистый, сосняк мшистый, сосняк чернично-брусничный, сосняк чернично-мшистый, сосняк черничный	обычный	съедобный
10	<i>Leccinum aurantiacum</i> (Bull.) Gray	ольшаник злаковый, осинник осоковый, сосняк мшистый, сосняк чернично-мшистый	обычный	съедобный
11	<i>Leccinum griseum</i> (Quél.) Singer	грабняк разнотравный, дубрава грабово-кисличная	обычный	съедобный
12	<i>Leccinum melaneum</i> (Smotl.) Pilát & Dermek	березняк разнотравный, дубрава грабово-лещиновая, ольшаник злаковый	редкий	съедобный
13	<i>Leccinum scabrum</i> (Bull.) Gray	березняк разнотравный, дубрава грабовая, сосняк чернично-мшистый	обычный	съедобный
14	<i>Leccinum versipelle</i> (Fr.) Snell	дубрава мшистая, ольшаник злаковый, осинник осоковый	редкий	съедобный
15	<i>Rubroboletus rhodoxanthus</i> (Krombh.) Kuan Zhao & Zhu L. Yang	дубрава грабово-кисличная	очень редкий	ядовитый
16	<i>Suillellus luridus</i> (Schaeff.) Murrill	дубрава разнотравная	редкий	съедобный

17	<i>Suillellus queletii</i> (Schulzer) Vizzini, Simonini & Gelardi	ельник кислично-мшистый	очень редкий	съедобный
18	<i>Suillus bovinus</i> (L.) Roussel	сосняк вересковый, сосняк мшистый, сосняк чернично-мшистый	обычный	съедобный
19	<i>Suillus granulatus</i> (L.) Roussel	дубрава разнотравная, ельник кисличный, сосняк дубово-лещиновый, сосняк можжевеловый, сосняк мшистый	обычный	съедобный
20	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	сосняк чернично-мшистый	обычный	съедобный
21	<i>Suillus variegatus</i> (Sw.) Richon & Roze	сосняк мшистый	обычный	съедобный
22	<i>Tylopilus felleus</i> (Bull.) P. Karst.	ельник кисличный, ельник мшистый, ельник чернично-мшистый, ельник черничный, сосняк мшистый, сосняк чернично-мшистый	обычный	ядовитый
23	<i>Xerocomellus chrysenteron</i> (Bull.) Šutara	грабняк разнотравный, дубрава грабово-кисличная, дубрава кисличная, ельник мшистый	редкий	съедобный
24	<i>Xerocomus subtomentosus</i> (L.) Quéf.	дубрава грабовая, ельник кислично-снытевый, ельник кислично-мшистый, сосняк мшистый, сосняк разнотравный, сосняк черничный	обычный	съедобный

Таким образом, видовой состав семейства Boletaceae на территории НП «Беловежская пуца» представлен 17 часто встречающимися и 7 редкими видами, среди редких видов 3 являются очень редкими для лесных фитоценозов как Беловежской пуцы, так и всей страны. 6 видов болетовых не имеют привязки к определенному типу древесных растений и потому способны расти как в лиственных, так и хвойных лесах, 10 видов имеют строгую привязку к лиственным и 8 видов – к хвойным деревьям (рисунок 1).



Рисунок 1 – Образование симбиотических связей болетовых грибов с разными породами деревьев

Количество съедобных видов Boletaceae составило 87,5% (21 вид), ядовитых – 8,33% (2 вида), несъедобных – 4,17% (1 вид), из них 2 съедобных и 1 ядовитый являются очень редкими видами и 3 съедобных – редкими.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ по гранту «Сравнительный анализ видового разнообразия и эколого-трофических особенностей биоты макромицетов редких, эталонных и типичных фитоценозов НП “Беловежская пушча”» (договор № B22M-005 от 04.05.2022).

Список литературы

1. UNESCO [Electronic resource] / Białowieża Forest. – Mode of access: <http://whc.unesco.org/en/list/33>. – Date of access: 28.07.2022.
2. Белявец В. Г. Белавежская пушча: вытокі запаведнасці, гісторыя і сучаснасць / В. Г. Белявец, І. Ю. Варанкова, А. Ф. Вялікі. – Мінск: Беларуская навука, 2009. – 455с.
3. Поликсенова В. Д. К вопросу о микологических и фитопатологических исследованиях в Беловежской пушче / В. Д. Поликсенова, И. С. Гирилович, А. К. Храпцов // Беловежская пушча на рубеже третьего тысячелетия: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию со дня образования Гос. заповедника "Беловеж. пушча", 22–24 дек. 1999 г., п. Каменюки, Брест/ ГНП «Беловежская пушча»; редкол.: А. И. Лучков (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 1999. – С. 70-72.
4. Толкач В. Н. Национальный парк "Беловежская пушча" как объект охраны: биоразнообразие растительного и животного мира / В. Н. Толкач, А. И. Лучков, П. В. Парфенов // Сохранение биологического разнообразия лесов Беловежской пушчи. – Каменюки, 1996. – С. 10-19.

РАЗНООБРАЗИЕ ФИТОПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ПОСЕВАХ BRASSICA NAPUS В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Бакановская К.Д.

БГУ Биологический факультет, г. Минск, Беларусь, e-mail: kbakanovskaya@mail.ru

В данной работе изучено разнообразие фитопатогенных микроорганизмов на посевах рапса в полевых условиях. На основе полученных данных можно говорить о распространении на рапсе возбудителей таких заболеваний, как Phoma lingam (Tode) Desm. (вызывает гниль стебля, фомоз), Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary (вызывает склеротиниоз стеблей), Erysiphe cruciferarum Junell (вызывает мучнистую росу), комплекса микромицетов рода Fusarium (приводит к увяданию растений) и рода Alternaria (вызывает пятнистость листьев, стеблей и стручков). Поражение составило от 0,5 до 2,0 по 10-балльной шкале.

На протяжении всего вегетационного периода растения рапса поражаются различными фитопатогенными микроорганизмами. Заболевания различают по типам: увядание, пятнистость, гниль, нарост и т.д. В качестве патогенных микроорганизмов выступают грибы, вирусы, бактерии, развивающиеся на поверхности растения или проникающие внутрь тканей. На данный момент отмечено около 20 заболеваний, большая часть из которых грибной этиологии, такие как фомоз, альтернариоз, фузариоз, склеротиниоз и т.д [3]. Видовое разнообразие патогенов может варьировать в связи с разнообразием генотипов растений-хозяев, особенно на фоне очевидного изменения климата и повсеместными инвазивными процессами.

Цель настоящего исследования – оценка текущего разнообразия грибных патогенов на современных генотипах (сортах) рапса.

Оценка разнообразия фитопатогенов в полевых условиях проводилась в июле 2022 и 2023 годов на базе НПЦ НАН Беларуси по земледелию. Обследованы коллекционные сорта, гибриды и селекционные образцы по маршрутному методу, растения были высажены на делянках по 20-25 м², проведен осмотр 100 растений каждого образца. Всего оценено 19 образцов рапса: 8 озимого (сорта Буян, Витень, Днепр F1, Витовт, Оникс, Империял, Северин и Николай) и 11 ярового (Вихрь, Титан-17, Яровит, Гедемин, Верас, Феникс, Ягуар, Топаз, Гелиус, Алмаз F1, Изумруд).

Обследование растений 19 сортов и гибридов озимого (фаза «желто-зеленого стручка») и ярового (фаза «зеленого стручка») рапса в

полевых условиях позволило выявить наличие болезней и степень поражения посевов. Оценка устойчивости проводилась по десятибалльной шкале. Данные представлены в таблице 1. Оценка производилась по 10-балльной шкале [4]. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Степень поражения болезнями сортов озимого и ярового рапса (*B. napus* L.) возбудителями болезней в полевых условиях (2022 г)

Сорта <i>B. napus</i> L.	Степень поражения, балл			
	Альтернариоз <i>Alternaria</i> sp.	Фомоз (гниль стебля) <i>Phoma lingam</i>	Склеротиниоз <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Фузариозное увядание <i>Fusarium</i> sp.
	лист/стручок			
Яровой рапс				
Вихрь	2,0/1,0	0	0	0
Титан-17	2,0/1,0	0	0	0
Яровит	2,0/2,0	0	0	0,5
Гедемин	1,5/1,0	0	0	0
Верас	1,5/1,0	0	0	0
Феникс	2,0/1,0	0	0	0
Ягуар	1,5/1,0	0	0	0
Топаз	1,5/1,0	0	0	0
Гелиус	1,5/1,0	0	0	0
Алмаз-F ₁	2,0/1,5	0	0	0
Изумруд	1,0/1,0	0	0	0
Озимый рапс				
Буян	1,5/1,0	0,5	2,0	0
Витень	1,0/1,0	2,0	2,0	0
Днепр F ₁	0,5/0,5	1,5	1,5	0
Витовт	2,5/2,0	2,5	0,5	0
Оникс	2,0/2,0	1,0	2,5	2,0
Империл	1,0/0,5	0,5	2,0	0
Северин	1,5/1,0	1,5	1,5	0
Николай	1,5/1,0	0,5	1,5	0

По данным НПЦ НАН Беларуси по земледелию [1,2] в посевах ярового рапса из болезней чаще встречаются: альтернариоз, пероноспороз, склеротиниоз, серая гниль и фузариоз; озимого – альтернариоз, склеротиниоз, серая гниль, пероноспороз, фомоз. В 2022 г. вегетация ярового и озимого рапса в весенний период проходила в условиях недостатка тепла, а в летний период – его избытка. Среднесуточная температура воздуха в 2022 г. на 0,2 °С превышала

норму, осадки выпадали неравномерно (по данным метеостанции Борисов).

Поскольку озимый и яровой рапс находился на различных стадиях онтогенеза, видовой состав патогенов и локализация участков поражения на растениях этих культур отличались. Наиболее распространенным заболеванием рапса оказался альтернариоз, который был выявлен у всех образцов как ярового, так и озимого рапса. У сортов ярового рапса признаки поражения в большей степени проявлялись на листьях (1-2 балла) и еще незначительно на стручках (1 балл), в то время как у озимого рапса они были обнаружены на всех частях растений (0,5-2,5 балла). На образцах озимого рапса так же достаточно заметны были поражения фомозной гнилью (степень поражения от 0,5 до 2,5 баллов) и склеротиниозом (степень поражения от 0,5 до 2,0 баллов) на стеблях.

Полученные данные говорят о средней устойчивости сортов к болезням на фоне внесения фунгицидов, что и объясняет низкий балл поражения.

Вместе с тем, среди образцов ярового рапса на основе минимального балла поражения альтернариозом можно предварительно выделить как более устойчивый сорт Изумруд (балл поражения листьев и стручков 1). Среди озимого рапса по устойчивости к альтернариозу выделяется Днепр F1 (баллы 0,5/0,5) и Имперал (баллы 1,0/0,5).

Относительно низкую степень поражения болезнями можно объяснить определенной устойчивостью некоторых сортов и внесением фунгицидов. При этом весной 2022 г. наблюдалось переувлажнение почвы (в апреле 2022 г. выпало 2,5 нормы, в мае – 1.6-2,5 нормы осадков, по данным метеостанции г. Борисов), что стало благоприятным для развития альтернариоза, склеротиниоза и фомозной гнили.

В 2023 году наблюдалось малое количество осадков вплоть до второй половины июля, что повлияло на развитие фитопатогенов. На образцах озимого рапса не было обнаружено заболеваний до начала периода дождей, после было выявлено немногочисленное поражение склеротинией и единичные случаи поражения альтернарией. На яровом рапсе наблюдалось незначительное поражение мучнистой росой.

На основе полученных данных по 2023 г. можно говорить о средней устойчивости сортов по альтернариозу и склеротиниозу на

фоне внесения фунгицидов и неблагоприятных для развития заболеваний погодных условий.

Таким образом, на основе полученных данных можно говорить о распространении на рапсе возбудителей таких заболеваний, как *Phoma lingam* (Tode) Desm. (вызывает гниль стебля, фомоз), *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (вызывает симптомы склеротиниоза стеблей), *Erysiphe cruciferarum* Junell (вызывает мучнистую росу), комплекса микромицетов рода *Fusarium* (приводит к увяданию растений) и рода *Alternaria* (вызывает пятнистость листьев, стеблей и стручков). В лабораторных условиях с темных пятен на листьях и плодах в чистую культуру выделен возбудитель заболевания, который по комплексу морфологических признаков идентифицирован нами как гриб *Alternaria brassicicola* (Schweinitz) Wiltshire.

Список литературы

1. Возделывание озимого рапса на маслосемена. Типовые технологические процессы = Вырошчванне азімага рапсу на насенне. Тыпавыя тэхналагічныя працэсы : введ. 02.06.22 Я. Э. Пилюк, д.с.-х.н., Т. Н. Лукашевич, к.с.-х.н., С. Ю. Храменко, н.с., М. В. Ровдо, н.с., А. А. Бородько, н.с., А.В. Шаповалов, м.н.с. и др. // Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных, кормовых и технических растений: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2022. – С. 438–450.
2. Возделывание ярового рапса на маслосемена. Типовые технологические процессы = Вырошчванне яравага рапсу на насенне: введ. 06.06.22 / Я. Э. Пилюк, Т. Н. Лукашевич, О. А. Пикун, А. В. Бакановская, С. Ю. Храменко, М. В. Ровдо, В. В. Лапа, Г. В. Пироговская, Ю. К. Шашко, М. В. Рак // Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур : сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2022. – С. 451–463.
3. Мухина, Н.Г. Мониторинг болезней и вредителей рапса и горчицы / Н.Г. Мухина, Ю.В. Бухонова // Защита и карантин растений. – 2022. – № 8. – С. 17–23.
4. Унифицированный классификатор рапса (*Brassica napus* L.) / Ф.И. Привалов, Я.Э. Пилюк, И.С. Матыс [и др.]; РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: Четыре четверти, 2019. – 84 с

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭДАФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАЗЛИЧНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ В РАМКАХ КЛАССИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА И МЕСТООБИТАНИЙ ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКИХ ТУНДР (М. КОСТЯНОЙ НОС, НЕНЕЦКИЙ ЗАПОВЕДНИК)

Билая Н.А.

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН; г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, win_nat@mail.ru

Целью наших исследований является изучение почвенных характеристик местообитаний растительных сообществ восточноевропейских тундр для выявления основных эдафических показателей, определяющих пространственную структуру, видовой и синтаксономический состав территориальных единиц растительности, диагностирующих разные категории биотопов. Показано, что дифференциация растительных сообществ в значительной степени отражает варьирование режима увлажнения и содержания органического вещества в гумусовых горизонтах почв, характеризующий экологический режим местообитаний.

В настоящее время стало очевидным, что наиболее эффективным подходом для сохранения биоразнообразия в условиях Арктики является мониторинг состояния местообитаний видов биоты [1]. Наряду с климатическими и орографическими характеристиками, в условиях мелкоконтурности и мозаичности ландшафтов тундровой зоны эдафические факторы в значительной степени определяют пространственную структуру, видовой и синтаксономический состав территориальных единиц растительности (ТЕР), которые диагностируют разные категории природных местообитаний. В связи с этим, для организации мониторинга в условиях происходящих климатических изменений важнейшей задачей является изучение состояния и динамики основных эдафических факторов, определяющих экологический режим арктических местообитаний.

В 2022 году в районе м. Костяной Нос нами были исследованы показатели почв и растительности различных категорий местообитаний, для которых ТЕР являются индикаторами [2]: Ab1.1.1, Ab1.1.2, Ab2.2.2, Ab3.3.3, Bb3.3. Большинство показателей почв были исследованы в полевых условиях. Лабораторный анализ проб почв включал определение кислотности и содержания органического углерода методом определения потери при прокаливании (ППП).

По результатам анализа полученных данных нами были охарактеризованы почвы, типичные для перечисленных категорий местообитаний на м. Костяной Нос.

Ab1.1.1 – Псаммофитные местообитания наиболее возвышенных участков водоразделов. Диагностическая ТЕР – *Empetro hermaphroditum-Salicichorietum nummulariae* Lavrinenko et Lavrinenko 2021 [3]. Почвы данной категории местообитаний автоморфны, обладают наименьшими показателями влажности. В связи с этим верхние горизонты данных почв имеют признаки альфегумусового, дернового процессов, процесса подстилкообразования – формируются подбуры (Podzols). Наиболее распространены оподзоленные подбуры, встречаются погребенные перевеянными песками профили подзолов (на глубине около 20 см). Редко встречаются признаки криотурбации. Также для почв данных местообитаний характерен маломощный (в ср. 8,7 см), слабо оструктуренный гумусовый горизонт с низкой и средней степенью разложения органического вещества. Гумусовые горизонты имеют близкую к нейтральной реакцию ($pH_{ср.} = 5,55$), потеря при прокаливании в среднем составляет 5,8%. Низкое содержание органического углерода связано с автоморфностью данных почв, процесс гумусонакопления протекает слабо. По гранулометрическому составу (ГМС) данные почвы варьируют от песчаных до легкосуглинистых. Данные почвы имеют плотное сложение. На м. Костяной Нос по нашим данным типичной ассоциацией растительности на таких почвах является асс. *Empetro hermaphroditum-Salicetum nummulariae* вар. *Betula nana* (*Betula nana*, *Arctous alpina*, *Empetrum hermaphroditum*, *Ledum decumbens*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Carex arctisibirica*).

Ab1.1.2 – Горизонтальные и пологие поверхности с кустарничково-лишайниковыми тундрами. Диагностическая ТЕР – *Loiseleurio procumbentis-Diapensiochorietum* Lavrinenko et Lavrinenko 2021 [3]. Для данной категории местообитаний характерно несколько большее увлажнение, почвы автоморфные и полугидроморфные. Гидроморфные почвы встречаются лишь в случае близкого залегания водоупорных суглинков. Преобладают подзолы иллювиально-гумусово-железистые (что связано с достаточным увлажнением данных почв), встречаются иллювиально-железистые (Rustic Podzols).

Во всех почвах данных местообитаний встречаются признаки криотурбации. Также развиты типичные и оподзоленные подбуры.

Данные почвы маломощны (гумусовый горизонт 2-7 см), однако степень разложенности органического вещества выше, чем у почв категории местообитаний Ab1.1.1. Это связано с более высокой влажностью, и по этой же причине наблюдается большее содержание органического вещества ($\text{ППП}_{\text{cp.}}=9,8\%$, до 18% в случае гидроморфной почвы). Структура гумусовых горизонтов сформирована слабо. Гумусовые горизонты имеют близкую к нейтральной реакцию ($\text{pH}_{\text{cp.}}=5,6$). По механическому составу данные почвы преимущественно супесчаные. Сложение почв рассыпчато-рыхлое. Данные почвы сформированы на м. Костяной Нос под асс. *Loiseleurio–Diapensietum* (*Loiseleuria procumbens*, *Gymnomitrium coralloides*, *Diapensia lapponica*, *Armeria scabra*), а также под асс. *Cladonichorietum rangiferino-arbusculae* (*Cladonia rangiferina*, *Cl. arbusculae*).

Ab2.2.2 – Места быстро стаивающего снега. Диагностическая ТЕР – *Phyllodoco–Vaccinichorietum myrtilli* Lavrinenko et Lavrinenko 2021 [3]. Почвы данной категории местообитаний по нашим данным чаще автоморфные, среднемощные (мощность гумусового горизонта 15 см), часто с высокой степенью разложенности органического вещества. Наиболее распространены подбуры иллювиально-железистые, псаммоземы.

Также для почв данных местообитаний характерен оструктуренный гумусовый горизонт с близкой к нейтральной реакцией ($\text{pH}_{\text{cp.}}=5,68$), содержание органического вещества невелико ($\text{ППП}_{\text{cp.}}=5,8\%$). По механическому составу данные почвы преимущественно супесчаные, сложение почв рыхлое. Типичной ассоциацией, произрастающей на данных почвах, является асс. *Phyllodoco–Vaccinichorietum myrtilli*.

Ab3.3.3 – Мелкобугристо-топяные болота. Диагностическая ТЕР – *Rubo chamaemori-Dicranetum elongati Caricetosum rariflorae-Carici rariflorae-Sphagnochorietum baltici* Lavrinenko et Lavrinenko nov. Почвы данной категории местообитаний полугидроморфные и гидроморфные. Характерны торфяные олиготрофные и эутрофные почвы (Histosols), торфяно-подбуры.

В сырых топях продолжается процесс торфообразования,

верхние горизонты торфа слабо разложены. Торфяные горизонты данных почв характеризуются близкой к нейтральной реакцией ($pH_{\text{ср.}}=5,9$), богаты органическим веществом в виде торфа низкой и средней степени разложенности, за счет постоянного увлажнения. Как правило, характеризуются высокой степенью влажности и средней (в кочкарной тундре). На м. Костяной Нос по нашим данным такие почвы формируются под асс. *Carici rariflorae*–*Sphagnetum lindbergii* Andreev 1932 (*Carex rariflora*, *Sphagnum lindbergii*).

Непосредственно для бугров пучения, где влажность меньше, более характерны торфяные олиготрофные остаточно-эутрофные почвы (Hemic Dystric Histosol) со средней степенью разложенности торфа, что связано с затуханием современного торфообразования и формированием в верхней части профиля более оструктуренного перегнойного горизонта. Торфяные горизонты имеют слабокислую реакцию, среднюю степень влажности. Зольность данных горизонтов варьирует от 6,8 до 24,7%. Чаще всего многолетняя мерзлота залегает близко к поверхности, на глубине 30-50 см. асс. Типичной для описанных почв на буграх пучения является асс. *Rubo chamaemori*–*Dicranetum elongati* субасс. *caricetosum rariflorae* (*Rubus chamaemorus*, *Carex rariflora*, *Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*, *C. stellaris*).

Vb3.3 – Надпойменные террасы разного уровня, вышедшие из режима затопления. В условиях, характерных для данной категории местообитаний, формируются преимущественно аллювиальные дерновые, аллювиальные дерново-глееватые почвы (Fluvisols). Данные почвы маломощны (гумусовые горизонты до 7 см), гидроморфны, на глубине от 35 см затоплены водой, часто встречаются признаки оглеения. Гумусовые горизонты данных почв характеризуются повышенной степенью влажности, нейтральной реакцией среды ($pH_{\text{ср.}}=6,72$), низкой-средней степенью разложенности органического вещества, слабооструктурены, богаты органическим веществом: ППП в среднем составляет 35,8%. Данные почвы имеют уплотненное сложение. На м. Костяной Нос характерной ассоциацией растительности на описанных почвах является асс. *Chamaepericlymeno suecici*–*Salicetum glaucae* вар. *Equisetum palustre* (*Salix glauca*, *S. lanata*, *S. phlylicifolia*).

Таким образом, дифференциация растительных сообществ и ТЕР, диагностирующих разные категории местообитаний, отражает

вариативность водного режима, содержания органического вещества в гумусовых горизонтах почв, степень его разложенности, особенности протекания почвообразовательных процессов, характеризую экологический режим биотопов.

Список литературы

1. Лавриненко И. А. 2020. Подходы европейских экологов к типологии и картированию местообитаний // Геоботаническое картографирование. 2020. С. 51–77.
2. Лавриненко И. А., Лавриненко О. В. 2020. Местообитания восточноевропейских тундр и их соотношение с категориями EUNIS на примере заповедника «Ненецкий» // Фиторазнообразии Восточной Европы. Т. 14. Вып. 4. С. 359–397.
3. Лавриненко И. А., Лавриненко О. В. 2021. Классификация и картографирование местообитаний северо-западной части Большеземельской тундры // Геоботаническое картографирование 2021. С. 20–53.

МИКОБИОТА НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЁННЫХ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ (ОБЗОР)

Бисюкова О.А.

Томский государственный университет, Томск, Россия
*e-mail: biolg7@yandex.ru

Активное развитие органического земледелия ведёт к поискам экологически безопасных методов защиты растений. В связи с этим ведутся активные поиски средств биологической борьбы с сорняками. На основе фитопатогенных грибов разрабатываются новые малоопасные препараты – микрогербициды. В мире, и в России в том числе, уже много лет проводятся исследования в этом направлении. При этом в Томской области этот вопрос остаётся неизученным. В данной работе на основе анализа литературы выявлены наиболее распространённые и трудноискоренимые сорные растения, произрастающие на территории Томской области. На основании исследований, проводившихся в различных регионах России, составлен перечень фитопатогенных грибов, которые могут поражать указанные сорняки. Наиболее распространённым, а также наиболее агрессивным и узкоспециализированным именно в отношении сорных растений грибам дана характеристика, включающая сведения об имеющихся исследованиях этих грибов в качестве продуцентов микробиологических препаратов. Для этого были изучены научные публикации последних лет. Анализ литературы показал, что обнаружен ряд фитопатогенных грибов, которые проявляют избирательность и агрессивность в отношении таких сорняков как бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop) и осот полевой (*Sónchus arvénsis* L.). В связи с этим разработка микрогербицидов против *C. Arvense* и *S. Arvénsis* представляется наиболее перспективной, в том числе, и в условиях Томской области.

Для того чтобы в дальнейшем стала возможной разработка микрогербицидов для борьбы с сорняками в Томской области, необходим тщательный анализ сорных растений, наиболее распространённых в регионе, а также микобиоты, которая на них преобладает.

Цель настоящей работы – выявить наиболее распространённые и вредоносные сорные растения Томской области; определить видовой состав и свойства патогенных микромицетов, которые могут поражать данные сорняки.

В дальнейшем, исходя из этой информации, можно будет отобрать виды грибов, перспективные для разработки микрогербицидов для нашего региона.

Один из наиболее распространённых в нашей области сорняков –

бодяк полевой (осот розовый) (*Cirsium arvense* (L.) Scop). И, в частности, его разновидность – бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.). Это многолетнее корнеотпрысковое растение, обладающее ланцетовидными листьями и колючками. Относится к семейству астровые (*Asteraceae* Dumort.) или сложноцветные (*Compositae* Giseke.). Имеет соцветие «корзиночки» и образует плоды-семянки. Однако в условиях Томской области размножается преимущественно вегетативно [2,3].

Бодяк является одним из самых широко распространенных и вредоносных сорняков на юге нашей области. Он засоряет различные культуры и хорошо развивается на разных почвах. На севере области бодяк встречается реже [2].

Ещё одно распространённое корнеотпрысковое растение – осот полевой (осот жёлтый) (*Sonchus arvensis* L.). Относится к семейству астровые (*Asteraceae*) или сложноцветные (*Compositae*). Листья и стебли осота полевого богаты млечным соком, из-за чего его часто ошибочно называется молочаем. У осота, как и у бодяка, в условиях Томской области семенное размножение не имеет большого значения. Размножается осот преимущественно вегетативно. Так же как и бодяк, наиболее распространён в южных районах области, на севере встречается реже. Засоряет различные культуры. Чаще всего растёт на пониженных местах, на влажных почвах [2,3].

В посевах многолетних трав, проникая далеко вглубь, широко распространяется льнянка (*Linaria vulgaris* (L.) Mill.). Относится к семейству норичниковые (*Scrophulariaceae* Juss.). Льнянка встречается также в посевах зерновых, но неглубоко, вдоль межей, где участки плохо обработаны [2,3].

Один из самых трудноискоренимых сорняков – пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski). Семейство мятликовые (*Poaceae* Barnhatr) или злаки (*Gramineae* Juss.). Этот злостный сорняк широко распространён во всех районах области. Может засорять самые разные культуры. [2,3].

Хвощи, хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.) и лесной (*Equisetum sylvaticum* L.), относятся к семейству хвощовые (*Equisetaceae* *Equisetaceae* Rich. ex DC.) [2,3].

В южных районах области распространён овсюг (*Avena fatua* L.), относящийся к семейству мятликовые (*Poaceae*) или злаки (*Gramineae*). Засоряет посевы яровых культур. Внешне овсюг очень похож на

культурный овёс. Отличия можно заметить только после образования метёлки. До этого овсюг от овса отличить довольно сложно [2,3].

Гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Love.) семейства гречишные (Polygonaceae) является вредоносным сорняком, засоряющим различные культуры, особенно яровые. Распространена во многих районах Томской области. Растение имеет вьющийся стебель, который обвивает культурные растения, что приводит к их полеганию [2,3].

Марь белая (*Chenopodium album* L.) семейства маревые (Chenopodiaceae Vent.) широко распространена во всех районах Томской области. Засоряет различные культуры. Это крупное растение с беловато-мучнистыми листьями. Отличается очень высокой плодovitостью: одно растение может произвести до 100 тысяч семян. Семена мари могут засорять зерно культурных злаков, но, в основном, осыпаются в почву. Они имеют длительный период покоя и очень растянутый период прорастания. Семена мари белой могут в течение нескольких лет находиться в почве, не разрушаясь и не теряя жизнеспособности. Анализ пахотного слоя почв Томской области показал высокую степень засорённости семенами мари белой [2,3].

Торица полевая (*Spergula arvensis* L.) семейства гвоздичные (Caryophyllaceae Juss.) – сорняк, широко распространенный во всех районах Томской области. Засоряет, в основном, яровые хлеба. В северных районах (Колпашевский, Александровский) является самым распространенным и трудноискоренимым [2,3].

На влажных почвах широко распространена звездчатка средняя (мокрица) (*Stellaria media* (L.) Vill.) семейства гвоздичные (Caryophyllaceae). Это растение со слабыми, часто лежачими стеблями длиной около 10–30 см и мелкими листьями. Цветы звёздчатовидные, пятичленные, белые, мелкие [2,3].

Ярутка (*Thlaspi* L.) – сорное растение семейства капустные (Brassicaceae Burnett). Распространена, главным образом, в южных районах Томской области. Развивается обычно как зимующее растение и засоряет поэтому, в основном, озимые культуры. Одно растение ярутки дает 2,5–3,5 тысячи семян, которые засоряют и зерно, и почву. Находясь в почве, семена ярутки в течение длительного времени не разрушаются и сохраняют способность к прорастанию [2,3].

Желтушник (*Erysimum* L.) из семейства капустные (Brassicaceae) более также распространён в южных районах Томской области.

Развивается чаще всего как зимующее растение. Засоряет, преимущественно, озимые культуры и травяные смеси. Отличается высокой плодовитостью: одно растение дает 71–75 тысяч семян. Находясь в почве на большой глубине, они не прорастают, но долгое время сохраняют жизнеспособность [2,3].

Капуста полевая (*Brassica campestris* L.) и горчица сарептская (*Brassica juncea* (L.) Czern.) семейства капустные (Brassicaceae) так же, как и другие капустные, распространены больше в южных районах Томской области. По своей биологии эти два вида очень схожи. Развиваются как яровые растения и засоряют яровые культуры. Одно растение образует 2,5–3 тысячи семян. Семена довольно слабо прорастают осенью, наиболее дружно прорастание происходит в весенний период. В почве не накапливаются, видимо, вследствие хорошего прорастания [2,3].

Пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medikus) семейства капустные (Brassicaceae) развивается как зимующее растение и засоряет озимые культуры. Это очень плодовитый сорняк: одно растение даёт 70–73 тысячи семян. Семена пастушьей сумки прорастают, преимущественно, осенью. Обнаружить семена пастушьей сумки в почве трудно из-за их очень мелких размеров [2,3].

Распространенным яровым сорняком и в южных, и в северных районах Томской области является пикульник двунадрезанный (*Galeopsis bifida* Boenn.) семейства яснотковые (*Lamiaceae* Lindl.) или губоцветные (*Labiatae* Juss.). Имеет четырехгранные стебли высотой 14–50 см с супротивно расположенными листьями. Небольшие двугубые цветы серо-фиолетового цвета собраны на верхушках в соцветия. Плод – яйцевидный орешек величиной около 3 мм [2,3].

Обзор литературы свидетельствует о том, что в Томской области наиболее распространено около 20 видов сорных растений. Наиболее вредоносные и трудновыводимые из них: бодяк полевой (осот розовый) (*C. Arvense*) и его разновидность, бодяк щетинистый (*C. Setosum*); осот полевой (осот жёлтый) (*S. arvensis*) и пырей ползучий (*E. repens*). Видовой состав патогенных микромицетов на перечисленных сорняках довольно хорошо изучен в различных регионах России. При этом выявлены узкоспециализированные фитопатогены, которые наиболее агрессивны в отношении вышеперечисленных сорняков, а значит, могут быть использованы для создания микогербицидов. По Томской области данные о видовом составе патогенных грибов на сорняках

отсутствуют.

Список литературы

1. Б. В. Анисимов, Г. Л. Белов, Ю. А. Варицев, С. Н. Еланский, Г. К. Журомский, С. К. Завриев, В. Н. Зейрук, В. Г. Иванюк, М. А. Кузнецова, М. П. Пляхневич, К. А. Пшеченков, Е. А. Симаков, Н. П. Складорова, З. Сташевски, А. И. Усков, И. М. Яшина. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. — М.: Картофелевод, 2009. — 272 с.
2. Положий А.В. Сорные растения Томской области и борьба с ними / Томский гос. ун-т им. В.В. Куйбышева. Кафедра ботаники. - Томск : Б. И., 1954. - 96 с.
3. Определитель растений Томской области / А.Л. Эбель [и др.]; отв. ред. А.С. Ревушкин // М-во образования и науки РФ, Национальный исследовательский, Томский гос. ун-т. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2014. – 464 с.

ЭТНОБОТАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ И ПИЩЕВЫХ РАСТЕНИЙ КОРЕННЫХ НАРОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ «НУЙ КАУ - ЗАУ ТЬЕНГ», ВЬЕТНАМ

Данг Вьет Хунг¹, Потокин А.Ф.²

¹Вьетнамский государственный лесохозяйственный университет, Донгнай, Вьетнам (VNUF2), E – mail: viethungvfu@gmail.com

²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М.Кирова, г. Санкт – Петербург, Россия, 194021, E – mail: alex221957@mail.ru

Plant resources play an important role in climate regulation, watershed protection, preservation of genetic resources, use of values, and natural landscapes. By using ethnobotanical research methods and data analysis. This study has discovered 148 medicinal plant species and 72 edible plant species of vascular plants for the flora of Nui Cau - Dau Tieng protection forest, Binh Duong province.

Введение. Этноботаника исследования имеют важное значение для обнаружения современных препаратов из местных ресурсов лекарственных и пищевых растений. Существуют соответствующие источники информации о полезных видах лекарственных и пищевых растений, которые могут быть использованы для управления и одомашнивания [2].

Сбор оригинальных этноботанических данных приобретает особое значение, особенно на переломе веков. Современный ритм жизни и широкое проникновение новейших технологий в наш быт приводят к быстрой утере народных знаний о растительном мире и его роли в жизни людей. Все быстрее стирается память об использовании разных видов растений для лечения болезней, использования их в качестве оберегов, и их роли во многих народных обрядах. Одна из центральных задач современного ресурсоведения – собрать и сохранить, обобщить и проанализировать эти знания. Для решения встающих разноплановых задач по изучению использования разных видов растений важна организация и проведение комплексных ресурсоведческих и этнографических (этноботанических) исследований [5].

Основная задача этноботаники - узнать, как растения используются и воспринимаются в человеческих обществах, включая растения для пищи, медицины, предсказаний, косметики, окрашивания тканей, для строительства, в качестве инструментов, денег, одежды,

ритуалов и т. д., и какова роль растений в социальной жизни.

Вьетнам является одной из 16 стран с самым высоким биоразнообразием в мире [3]. Защита леса «Нуй Кау - Зау Тьенг» расположен на административных границах коммун Динь Тхань и Минь Хоа, район Зау Тьенг, провинция Бинь Зьонг. Этот лес был создан в соответствии с Решением № 2905/QĐ-UBND от 27 сентября 2010 года народного комитета провинции Бинь Зьонг, общей площадью 3611,7 га.

Цель. Настоящее исследование было проведено с целью оценки и документирования знаний и использования лекарственных растений народными целителями для лечения различных недугов у местных жителей на территории «Нуй Кау - Зау Тьенг» леса. Основное внимание в исследовании уделяется выявлению частей растений, используемых в лечебных целях, способу их приготовления и другим видам использования растений.

Материалы и методы. Методологическим основанием служили работы в области этноботаники [1,4], а также собственные вопросники для опроса информантов.

Опрос респондента начинали с уточнения некоторых анкетных данных: имя, возраст, национальность, образование, место рождения (особенно для женщин) и время появления в данной местности, а также (при возможности) место рождения родителей. Это делали для того, чтобы отследить местные и привнесённые этноботанические традиции. Полный список разработанного опросника включает почти 25 вопросов.

Этноботанические исследования традиционных лекарственных и пищевых растений проводились в период между июня 2023 и июля 2023 годами на территории «Нуй Кау - Зау Тьенг» леса и документировали различные виды традиционных лекарственных и пищевых растений, используемых коренными народами.

Образцы растений были собраны в гербарий и высушены в полевых условиях. Предварительное определение собранных растений было проведено в полевых условиях и подтверждено в гербарии лесного университета. Полученные данные были проанализированы с использованием описательной статистики.

Результаты и их обсуждение. По данным этноботанической инвентаризации на территории «Нуй Кау - Зау Тьенг» леса, в общей сложности 502 видов растений используются местным населением.

Коренное население из 148 видов лекарственных растений, выявленных на территории «Нуй Кау - Зау Тьенг» традиционно, принадлежащих к 68 семействам, в качестве пищевых растений 72 вида представляющих 47 семейств (Табл.1). Эти пищевые растения включают дикие овощи, фрукты, клубни, побеги и специи, которые используются сырыми или обработанными. Многие дикорастущие пищевые растения, особенно плодово-ягодные (*Passiflora foetida*, *Ficus racemosa*, *Canarium album*, *Dialium cochinchinense* и др.) в коммуне Динь Тхань и на территории «Нуй Кау - Зау Тьенг» леса все еще используются массово.

Таблица 1 - Растения, используемые в пищу и лекарственных растений на исследуемой территории «Нуй Кау - Зау Тьенг»

Время сбора	Лекарственные растения	Пищевые растения
Сухой сезон	<i>Drynaria quercifolia</i> , <i>Ancistrocladus cochinchinensis</i> , <i>Ancistrocladus tectorius</i> , <i>Diospyros maritima</i> , <i>Bombax ceiba</i> , <i>Phyllanthus reticulata</i> , <i>Melaleuca cajuputi</i> , <i>Entada pursaetha</i> , <i>Mimosa pudica</i> , <i>Eurycoma longifolia</i> , <i>Peliosanthes teta</i> , <i>Dracaena angustifolia</i> , ...	<i>Dillenia indica</i> , <i>Garcinia pendunculata</i> , <i>Passiflora foetida</i> , <i>Ficus heterophylla</i> , <i>Aporusa ficifolia</i> , <i>Antidesma ghaesembilla</i> , <i>Baccaurea ramiflora</i> , <i>Irvingia malayana</i> , <i>Canarium album</i> , <i>Spondias pinnata</i> , <i>Ficus racemosa</i> , <i>Dialium cochinchinense</i> , ...
Влажный сезон	<i>Aeginetia indica</i> , <i>Cinnamomum iners</i> , <i>Cratoxylon formosum</i> , <i>Urena lobata</i> , <i>Sapium discolor</i> , <i>Rhodamnia dumetorum</i> , <i>Cassia alata</i> , <i>Euodia leptota</i> , <i>Brucea javanica</i> , <i>Canthium umbellatum</i> , ...	<i>Gnetum macrostachyum</i> , <i>Barringtonia macrostachya</i> , <i>Rubur alceaefolius</i> , <i>Mussaenda frondosa</i> , ...
Итого	148 видов растений из 68 семейств	72 видов растений из 47 семейств

В таблице 1 показано, больше всего пищевых растений собирали влажный сезон (по 54 видов), сухой сезон заготавливалось сырье 18 видов. Наиболее часто респондентами упоминались цельного время (102 вида). Всего лекарственных растений собирали цельного время (по 148 видов), влажный сезон (98 видов) и сухой сезон (50 видов).

Выводы. Наши исследования показали, что ряд видов лекарственных и пищевых растений используются коренными

жителями района исследования для лечения различных заболеваний. **Коренное население** все еще полагается на традиционную медицину, современные медицинские услуги доступны, что указывает на важность растительных традиционных рецептов.

Наши результаты предоставляют исходные данные для установления связи между традиционными практиками здравоохранения и научными сообществами, которые может быть существенным в открытии нового лекарства. Кроме того, этноботанические данные представляют значительную ценность для менеджеров по сохранению и политиков для устойчивого управления видами лекарственных растений, которые находятся под угрозой из-за чрезмерной эксплуатации.

Для выявления видов лекарственных и пищевых растений необходимо уточнять **местные названия этих растений. Это позволит сохранить ценную информацию о разнообразии видов лекарственных и пищевых растений для будущих поколений.**

Список литературы

- Cotton С.М. (1996). *Ethnobotany: principles and applications*. 428 p.
- Mahmood A, Mahmood A, Malik RN, Shinwari ZK. (2013). *Indigenous knowledge of medicinal plants from Gujranwala district, Pakistan*. Journal of Ethnopharmacology. 148: 714–723 p.
- The top 10 most biodiverse countries [Электронный ресурс] <https://news.mongabay.com/2016/05/top-10-biodiverse-countries/>.
- Арутюнов С.А. (2001). *Традиционная пища как выражение этнического самосознания*. – М., 293 с.
- Лебедева Т.П., Ткаченко К.Г. (2017). *Особенности использования Sphagnum и Betula в качестве полезных растений прибалтийско-финскими народами* // Бюллетень Ботанического сада-института, Вып. 17 – С. 21–30.
- Министерство сельского хозяйства и развития сельских районов (2022). *Альтернативы устойчивому управлению лесами Совет по управлению защитными лесами «Нуй Кау - ЗхуТъеж», провинция Бинь Зьонг*. - 137с.

СОХРАНЕНИЕ ДИКИХ РОДИЧЕЙ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ *EX SITU* В УСЛОВИЯХ ГЕНБАНКА

Жачкина Н.Н., Матыс И.С., Маркевич И.М., Савенков П.Ю.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино,
Республика Беларусь
belgenbank@izis.by

В статье представлены основные результаты работы по сохранению семенных коллекций диких родичей культурных растений природной флоры Республики Беларусь в Национальном банке семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Сбор, сохранение и устойчивое использование в сельском хозяйстве генетических ресурсов растений и их дикорастущих сородичей исключительно важно на современном этапе развития мирового сообщества, так как оно непосредственно связано с обеспечением национальной и глобальной продовольственной безопасности. Необходимость сбора и сохранения гермоплазмы растений для нынешних и будущих поколений обусловлена также тем, что из-за бурного развития научно-технического прогресса резко возросла угроза исчезновения растительного разнообразия [1]. В современный период глобальных изменений климата и возможных разнообразных природных катаклизмов представители природной флоры требуют большего внимания в области сохранения в условиях *ex situ*.

Природная флора Республики Беларусь в целом включает около 2 тыс. видов сосудистых растений, в ее составе 1120 видов хозяйственно полезных растений (более 50 % от общего состава флоры), в том числе более 30 % диких родичей культурных растений (ДРКР). ДРКР – это «эволюционно близкие к культурным растениям виды естественной флоры, входящие в один род с культурными растениями, введенные или потенциально пригодные для введения в культуру или использования в процессе получения новых сортов» [2].

Селекционная значимость генофонда видов ДРКР заключается в том, что они характеризуются высоким адаптационным материалом, что обеспечивает повышенную устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов среды – вредителей и болезней, экстремальных режимов температуры, влагообеспеченности,

кислотности и торфности почвы. Позитивным свойством этих видов является и то, что многие из них, к примеру, бобовые, отличаются хорошими сидератными свойствами, а также являются ценными медоносными и лекарственными растениями [3].

В Национальном банке семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» к настоящему времени сохраняется 1289 образцов семян ДРКР (рисунок 1).

Представленные виды растений семенной базовой коллекции ДРКР, классифицированы на следующие группы: кормовые, пищевые, лекарственные, технические, медоносные, фитомелиоративные, сорные, биоцидные, ветеринарные, ядовитые, аллергенные. Они относятся к 526 видам, 310 родам, 68 семействам. В коллекции преобладают таксоны хозяйственно полезных растений. Так, 316 образцов 93 видов относится к семейству злаков, 253 образца 53 видов – к семейству бобовых. К семейству сложноцветных, несмотря на то, что оно является самым крупным во флоре республики, относится лишь 66 образцов 48 видов, поскольку оно содержит небольшое число полезных растений. Остальные, менее крупные по числу видов семейства, представлены меньшим количеством образцов и нередко даже единичными образцами (рисунок 1).

Большинство сохраняемых образцов относятся к видам растений, характеризующихся на территории республики с ограниченным распространением. Часто встречаются 190 (36,1 %) видов, изредка – 142 (27,0 %), редко – 115 (21,9 %), очень редко – 79 (15, %). Среди редких и очень редких видов 99 являются охраняемыми. Наибольшим количеством образцов представлены ресурсно значимые виды, принадлежащие преимущественно к группе кормовых растений из родов ежа (*Dactylis* L.), тимофеевка (*Phleum* L.), лисохвост (*Alopecurus* L.), райграсс (*Lolium* L.), клевер (*Trifolium* L.), мятлик (*Poa* L), овсяница (*Festuca* L.), люцерна (*Medicago* L.), чина (*Lathyrus* L.), донник (*Melilotus* Mill.), лядвенец (*Lotus* L.) и др.

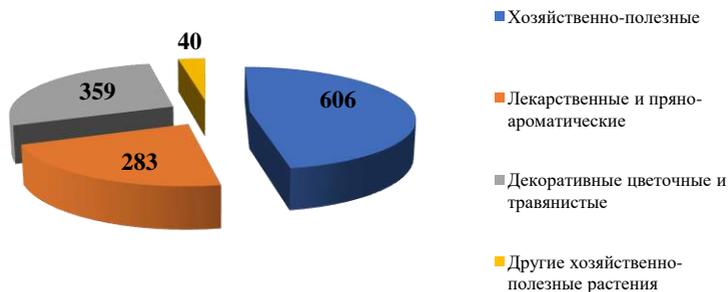


Рисунок 1– Коллекция семян ДРКР по группам растений, 2023

Коллекция семян ДРКР Института экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси вошла в состав базовой коллекции генного банка для долгосрочного хранения (-18°C), что способствует сохранению биологического разнообразия флоры до 40 лет (рисунок 2).



Рисунок 2 – Коллекционные образцы долгосрочного хранения ДРКР в условиях генбанка, 2023 г. (фото представлено отделом генетических ресурсов растений РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию»)

Коллекционный материал был собран в ходе экспедиционных исследований в растительных сообществах разных типов (лесных, луговых, болотных, прибрежно-водных, водных, синантропных, рудеральных) с помощью маршрутно-поискового метода, в центральной, южной и западной частях страны.

Документирование данных по характеристике и оценке

генетического материала ДРКР особенно важно для расширения использования соответствующих коллекций и в помощь идентификации индивидуальных образцов. Информация об образцах необходима генному банку для управления и ведения коллекции, для осуществления обмена и предоставления пользователям зародышевой плазмы [4]. Представленные в генетический банк коллекционные образцы ДРКР сопровождаются паспортными данными, в которых указывается географическое местонахождение популяций, тип растительного сообщества, состоянии исследуемых популяций по следующим параметрам: занимаемая площадь, особенности распространения растений на ней (сплошные заросли, диффузно расположенные микропопуляции или группы растений), проективное покрытие, обилие, жизненность (в баллах), средняя высота растений, характер плодоношения (рисунок 3).

Рисунок 3 – Паспортная База данных ДРКР, 2023

В стране разработана Национальная стратегия по сохранению и устойчивому использованию генетических ресурсов растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства до 2035 года, в которой предусмотрены мероприятия по проведению целенаправленных сборов для заполнения пробелов в коллекциях ДРКР [5].

Таким образом, сохранение генетических ресурсов растений в

условиях *ex situ* обеспечивает длительное гарантированное сохранение больших объемов генетического материала вне естественных мест обитания и позволяет одновременно осуществлять целенаправленное, устойчивое его использование, изучение, централизованный учет и контроль. Хозяйственно полезные растения природной флоры разного целевого назначения (кормовые, пищевые, лекарственные, технические, декоративные, фитомелиоративные и др.) – источники и доноры ценного генетического материала для селекции и растениеводства. В условиях *ex situ* сохраняется семенной материал 72-х видов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь.

Список литературы

1. Алексанян С.М. Агробиоразнообразия и геополитика. – СПб: ВНИИР им. Н.И. Вавилова, 2002. 362с.
2. Современные методы и международный опыт сохранения генофонда дикорастущих растений (на примере диких плодовых) / Н.М. Алексанян, В.В. Пономаренко, Л.А. Бурмистров и др. – Алматы, 2011. – 188 с.
3. Генетические ресурсы растений в Беларуси: мобилизация, сохранение, изучение и использование / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; редкол.: Ф.И.Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Четыре четверти, 2019. – 452 с. : ил. – ISBN 978-985-581-252-2.
4. Формирование, сохранение и изучение коллекции генетических ресурсов растений *ex situ* (методические рекомендации) / Ф.И. Привалов, И.С. Матыс, [и др.] / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2018 – 44с.
5. Национальная стратегия по сохранению и устойчивому использованию генетических ресурсов растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства в Республике Беларусь на 2021–2035 гг. / Ф.И. Привалов и др. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2021 – 42с.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТЕНИЙ РОДА *SERRATULA* L. ФЛОРЫ СИБИРИ

Казанцева Д.И.

Томский государственный университет; г. Томск, Россия, da46611@gmail.com

Растения рода Serratula L. представляют перспективный источник биологически активных веществ. Изучение потенциала растений сибирской флоры показало, что некоторые виды, такие как S. coronata L. и S. centauroides L., обладают широким ареалом и большой биомассой, что делает их перспективными для использования в качестве источников разнообразных химических веществ и кормовых ресурсов. Другие виды требуют дальнейшего изучения.

Растения рода *Serratula* L., принадлежащие семейству сложноцветных (Asteraceae) являются перспективным источником биологически активных веществ, в частности экистероидов и флавоноидов, которые обладают широким биологическим действием на организм человека. На территории Сибири этот род в традиционном понимании представлен видами: *S. algida* Пjin, *S. cardunculus* (Pall.) Shischk., *S. centauroides* L., *S. coronata* L., *S. kirghisorum* Пjin и *S. marginata* Tausch, подвидами: *S. centauroides* subsp. *komarovii* (Пjin) Zhigova., *S. coronata* subsp. *manshurica* (Kitag.) Zhigova [4]. Виды в основном обитают в горно-степном регионе, но также встречаются в высокогорных районах. Оценка перспектив использования этих растений в хозяйственных целях является необходимой для поиска новых источников растительного сырья, ускоряющих изучение данного рода с точки зрения его потенциала в сельском хозяйстве и медицине.

Для оценки перспективы хозяйственного использования растений рода *Serratula* в флоре Сибири была применена методика, предложенная доктором биологических наук А. С. Ревушкиным. Эта методика основывается на классификации растений в группы, отражающие различные направления их использования:

1. Хозяйственно-вредные растения.
2. Перспективные для использования растения.
 - 2а – с возможностью использования природных ресурсов;
 - 2б – с возможностью интродукции;
 - 2в – для создания культуры тканей.

3. Малоперспективные и неперспективные виды.

4. Виды, требующие специальной охраны.

К первой группе относятся сорные, инвазивные, потенциально инвазивные и ядовитые растения. Среди растений из рода *Serratula* таких видов нет.

Вторая группа объединяет растения, перспективные для использования в качестве источников биологически активных веществ и кормовой базы. К подгруппе 2а относятся виды, обладающие широким ареалом, для того чтобы заготовка сырья не вредила популяции. В эту группу входят два вида: *S. coronata* и *S. centauroides*, они широко распространены на территории Сибири и обладают большой биомассой. В растениях *S. coronata* обнаружено 17 экидистероидов [13, 16-18, 21, 22] и 9 флавоноидов [1, 2, 5-8, 11], что делает вид хорошим источником разнообразных химических веществ, а также полезным кормовым ресурсом. *S. centauroides* содержит 8 экидистероидов [9, 10, 20] и 5 флавоноидов [19]. Оба вида, несмотря на отличия в условиях произрастания: *S. coronata* обитает преимущественно в пойменных лугах и лесах, а *S. centauroides* на каменистых залежах и песках, хорошо интродуцируются, в частности на территории Сибирского ботанического сада существуют коллекции данных видов.

Во вторую подгруппу перспективных растений входят виды, чьи природные запасы не так велики, либо находятся в труднодоступных для заготовок местах, но при этом, достаточно хорошо интродуцируются. К данной группе следует отнести подвид *S. coronata subsp. manshurica*. На территории Сибири вид встречается редко, в зарослях кустарников и в высокотравных лугах, вид более 20 лет успешно интродуцируется на учебно-экспериментальном участке Сибирского ботанического сада. На данный момент в *S. coronata subsp. manshurica* обнаружено 5 экидистероидов [15] и 5 флавоноидов [6].

В третью подгруппу входят виды, вызывающие трудности в попытках интродукции, в таких случаях может быть необходимо создание культуры клеток, тканей и органов растения. Этот метод позволяет быстро получать достаточную биомассу в асептических условиях. При использовании данного метода изолированные растительные клетки сохраняют способность продуцировать ценные БАВ. При этом продуктивность культивируемых клеток в результате клеточной селекции может значительно превышать продуктивность

целых растений. К этой группе принадлежит подвид *S. centauroides subsp. komarovii*. Попытки интродукции этого вида на территории Сибирского ботанического сада оказались неудачными: растения не набирают достаточную биомассу и не переходят в генеративное состояние, а на территории Сибири данный подвид встречается редко и на каменистых склонах. Однако растения *S. centauroides subsp. komarovii* обладают 5 соединениями из группы флавоноидов [5] и одним экидистероидом – 20-гидроксиэкидизоном [13].

К третьей группе относятся малоперспективные и неперспективные виды. Стоит понимать, что в эту группу также входят виды, которые еще не изучены или недостаточно изучены, и при более глубоком и детальном изучении, могут пополнить ряд перспективных видов. В эту группу вошли виды *S. algida*, *S. cardunculus*, *S. kirghisorum* и *S. marginata*. Данные виды обитают в тяжело доступных местах, условия которых трудно воссоздать в условиях интродукции. Во всех видах обнаружен только 20-гидроксиэкидизон [3, 9, 12], виды не изучены на предмет содержания флавоноидов, и при этом обладают небольшой биомассой.

Видов, требующих специальной охраны среди сибирских видов *Serratula* нет.

Растения рода *Serratula* в Сибири представляют перспективный источник биологически активных веществ. Изучение их потенциала показало, что некоторые виды, такие как *S. coronata* и *S. centauroides*, обладают широким ареалом и большой биомассой, что делает их перспективными для использования в качестве источников разнообразных химических веществ и кормовых ресурсов. Другие виды, такие как *S. coronata subsp. manshurica* и *S. centauroides subsp. komarovii*, могут быть успешно интродуцированы или использованы для создания культур клеток, тканей и органов. Однако некоторые виды рода *Serratula* еще требуют дальнейшего изучения.

Список литературы

3-Метилкверцетин-4'-о-β-d-глюкуронопиранозид – новый флавоноид, выделенный из *Serratula coronata* L. / А.В. Мягчилов, Л.И. Соколова, П.Г. Горовой, В.Г. Савченко. // Химия растительного сырья. – 2016. – №4. – С. 77–81.

Выделение и идентификация флавоноидов из соцветий серпухи венценосной – *Serratula coronata* L. (Asteraceae) / А.В. Мягчилов, О.Э. Гончаренко, Л.И. Соколова [и др.] // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. – 2011. – №1. – С. 53–56.

Ганиев С.Г. Содержание экидизонов в некоторых растениях родов *Serratula* L. И *Rhaponticum* Ludw / Растительные Ресурсы. – 1980. – Т. 16, № 2. – С. 193–198.

- Жирова О.С. Род *Serratula* L. – Серпуха. // Флора Сибири. Т. 13. Новосибирск: Наука, 1997. С. 180–240.
- Мягчилов А.В. Флавоноиды *Serratula komarovii* Pjijn (Семейство *Asteraceae*) / А.В. Мягчилов, П.Г. Горовой, Л.И. Соколова // *Химия растительного сырья* – 2020. – №1. – С. 141–148.
- Мягчилов А.В. Флавоноиды восточноазиатского вида *Serratula manshurica* Kitag. / А.В. Мягчилов, Л.И. Соколова, П.Г. Горовой // *Химия растительного сырья*. – 2021. – № 1. – С. 167–173.
- Новосельская И.Л. Фитоэктистероиды *Serratula coronata* / И. Л. Новосельская, М. Б. Горовиц, Н. К. Абубакиров // *Химия Природных Соединений*. – 1981. – С. 668–669.
- Новые флавоноиды растения *Serratula coronata* L. / А.В. Мягчилов, Л.И. Соколова, П.Г. Горовой, П.С. Дмитренко. // *Химико-фармацевтический журнал*. – 2017. – Т. 51, № 2. – С. 23–27.
- Оленников Д.Н. Методика быстрого анализа 20- гидроксизекдизона в растениях и папоротниках с применением твердофазной 89 экстракции на полиамиде и микроколоночной ВЭЖХ-УФ / Д.Н. Оленников, Н.И. Кашенко // *Химия Растительного Сырья*. – 2018. – № 3. – С. 41–52.
- Оленников Д.Н. Фитоэктистероиды надземной части *Serratula centauroides*, произрастающей в Прибайкалье / Д.Н. Оленников, Н.И. Кашенко // *Химия растительного сырья*. – 2017. – № 2. – С. 37–44.
- Особенности состава флавоноидов в серпухе венценосной (*Serratula coronata* L.) Сибири и Дальнего востока России / А.В. Мягчилов, Л.И. Соколова, П.Г. Горовой, А.А. Кечайкин // *Химия растительного сырья*. – 2020. – № 2. – С. 171–179.
- Распространение 20-гидроксизекдизона и его аналогов в растениях // А.М. Беспасева, Б.И. Тулеуов, Гю Хабдолда, А.А. Турмухамбетов, [и др.] / *Вестник Карагандистского университета*. – 2012. – Т. 2 № 66. – С. 12–15.
- Фитоэктистероиды *Serratula komarovii* / А.Н. Воробьева, В.Г. Рыбин, Е.В. Зарембо, Г.А. Вербицкий // *Химия Природных Соединений*. – 2004. – № 5. – С. 404–406.
- Abubakirov N.K. Ecdysteroids of flowering (*Angiospermae*) / N.K. Abubakirov // *Chem. Nat. Comp.* – 1981. – Vol. 17. – P. 489–503.
- Application of ultrasound to extraction of biologically active substances of some *Serratula* species / L. Zibareva, A. Athipornchai, O. Wonganan, A. Suksamrarn // *International Journal of Food and Biosystems Engineering*. – 2017. – Vol. 5, is. 1. – P. 31–37
- Futher ecdysteroids from *Serratula coronata* L. (*Asteraceae*) / V.V. Volodin, L.I. Alexeeva, N.A. Kolegova [et al.] // *Biochem. Syst. Ecol.* – 1998. – Vol. 26. – P. 459–461.
- Low polarity phytoecdysteroids from the juice of *Serratula coronata* L. (*Asteraceae*) / V.N. Odinkov, S. Kumpun, I.V. Galyautdinov [et al.] // *Collect. Czech. Chem. Commun.* – 2005. – Vol. 70. – P. 2038–2052
- New minor phytoecdysteroids from the juice of *Serratula coronata* L. (*Asteraceae*) / I.V. Galyautdinov, Z.R. Sadretdinova, Z.S. Muslimov [et al.] // *J. Med. Plants Stud.* – 2016. – Vol. 4. – P. 30–34
- Phenolic compounds of *Serratula centauroides* and anxiolytic effect / S. Nikolaev, I. Nikolaeva, Y. Razuvaeva [et al.] // *Farmacina*. – 2019. – Vol. 67, is 3. – P. 504–510.
- Phytoecdysteroids from *Serratula centauroides* / A.N. Vorobeva, V.G. Rybin, E. V. Zarembo, E.V. Boltenkov // *Chem. Nat. Comp.* – 2005. – Vol. 41, is. 1. – P. 105–106.
- Phytoecdysteroids from the juice of *Serratula coronata* L. (*Asteraceae*) / V.N. Odinkov, I.V. Galyautdinov, L.M. Nadopekin [et al.] // *Insect Biochem. Molec. Biol.* – 2002. – Vol. 32. – P. 161–165.
- Preparative-scale chromatography of ecdysteroids of *Serratula wolffii* Andrae / A. Hunyadi, A. Gergely, A. Simon [et al.] // *J. Chom. Sci.* – 2007. – Vol. 45. – P. 76–86.

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОМИЦЕТОВ АНТАРКТИДЫ

Карманова В.В.

Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси; Минск, Республика Беларусь, veronikarmanova@gmail.com

Микобиота Антарктиды в значительной степени отличается от других континентов. В первую очередь это выражается в преобладании грибов отдела Ascomycota, а не Basidiomycota. Грибные сообщества материка состоят в основном из космополитных, психротолерантных (психротрофных) видов. Изучение разнообразия микромицетов Антарктиды важно как в фундаментальном аспекте, для установления роли грибов в экстремальных экосистемах и изучения закономерностей их расселения в биосфере, так и в прикладном, для выявления потенциальных продуцентов биологически активных веществ.

Экосистемы Антарктиды уникальны, поскольку характеризуются, во-первых, широким набором экстремальных для живых организмов факторов среды (низкие температуры, нехватка кислорода и питательных веществ, высокий уровень УФ излучения, гиперсоленость), и, во-вторых, минимальной антропогенной нагрузкой. Выживание грибов в таких условиях является следствием как экологического отбора, так и эволюционной адаптации, выраженной на физиологическом, метаболическом, структурном и генетическом уровнях. Грибы в Антарктиде играют роль в круговороте питательных веществ и углерода в наземных и морских экосистемах, выступают в качестве симбионтов, мутуалистов, патогенов и сапротрофов, образующих сложную биологическую сеть вместе с другими организмами, и являются интересной моделью для изучения коэволюции симбиоза в экстремальных условиях [1].

В экосистемах Антарктиды грибы встречаются в двух формах: мицелиальные грибы и дрожжи. Отличительной особенностью является преобладание грибов из отдела Ascomycota, а не Basidiomycota, как на других материках. Доля аскомицетов составляет 77,1 %, базидиальных грибов значительно меньше – 9,1 %. В первую очередь это связано с практически полным отсутствием высших растений в Антарктиде, с которыми базидиальные грибы вступают в симбиотические отношения, в том числе микоризы [3]. Низкое разнообразие грибов из отдела Mucoromycota, вероятно, связано со

строением их ценоцитного мицелия, воздействие отрицательных температур на который может приводить к разрыву грибных клеток [2]. Отмечается, что в континентальной Антарктиде отдел Basidiomycota представлен только дрожжами. Реже на материке встречаются представители отделов Chytridiomycota, Glomeromycota, грибоподобные Oomycota и Mucetozoa [4].

Отдел Ascomycota в Антарктиде представлен 12 семействами: *Saccharomycetaceae*, *Sclerotiniaceae*, *Thelebolaceae*, *Trichocomaceae*, *Trichosphaeriaceae*, *Arthrodermataceae*, *Chaetomiaceae*, *Нипокреацеае*, *Lasio-sphaeriaceae*, *Microascaceae*, *Мухотриацеае*, *Orbiliaceae*; отдел Basidiomycota – 2 семействами: *Tremellaceae* и *Cystobasidiomycetaceae*; отдел Mucoromycota – семейством *Mortierellaceae*. Наиболее распространены порядки *Onygenales*, *Eurotiales*, *Mortierellales*, *Mucorales*, *Saccharomycetales*, *Thelebolales* и *Helotiales* [3]. Доминирующими родами являются *Thelebolus*, *Cylindrocarpon*, *Glomerella*, *Golovinomyces*, *Penicillium*, *Phoma Cadophora*, *Geomyces*, *Rhodotorula*, *Cladosporium*, *Cladophialophora*, *Antarctomyces*, *Hyphozyma*, *Goffeauzyma*, *Geotrichum* (рисунок 1) [2]. Примечательно, что в Антарктиде преобладают микромицеты с конидиальным спороношением. Данную группу грибов выделяют в отдел Deuteromycota (Несовершенные грибы). В своем происхождении несовершенные грибы связаны с сумчатыми и реже с базидиальными грибами. Преобладание анаморфных грибов позволяет предположить, что упрощение жизненного цикла дает несовершенным грибам преимущество при колонизации антарктических субстратов в суровых климатических условиях.



Рисунок 1 – Разнообразие микромицетов Антарктиды

В антарктических почвах отмечается преобладание *Antarctomyces psychrotrophicus* Stchigel & Guarro, *Phoma* spp., *Thelebolus microsporus* (Berk. & Broome) Kimbr., *Pseudogymnoascus pannorum* (Link) Minnis & D.L. Lindner и дрожжей *Cryptococcus curvatus* (Diddens & Lodder) Golubev, *C. arrabidensis* Á. Fonseca, Scorzetti & Fell [4]. Для птичьих базаров характерна высокая численность и разнообразие микромицетов рода *Thelebolus* (*Thelebolus globosus* Brumm. & de Hoog, *T. ellipsoideus* Brumm. & de Hoog, *T. microsporus* Berk. & Broome Kimbr., *T. spongiae* Bovio, Garzoli, A. Poli, Prigione & Varese), также довольно часто выделяются *Thielavia antarctica* Stchigel & Guarro, *Hypocrea psychrophila* E. Müll., Aebi & J. Webster, *Microascus caviariformis* Malloch & Hubart [3].

На лишайниках встречаются нелихенофильные *Antarctomyces psychrotrophicus* Stchigel & Guarro, *Pseudogymnoascus* sp., *Thelebolus* sp., *Debaryomyces hansenii* (Zopf) Lodder & Kreger-van Rij, *Exophiala* sp., *Goffeauzyma gilvescens* (Chernov & Babeva) Xin Zhan Liu, F.Y. Bai, M. Groenew. & Boekhout, *Cryptococcus* sp., на мхах – *Cadophora malorum* (Kidd & Beaumont) W. Gams, *Geomyces pannorum* (Link) Sigler & J.W. Carmich., *Phoma herbarum* Westend.[4], *Candida* sp., *Cryptococcus albidus* (Saito) C.E. Skinner, *C. fildesensis* T.T. Zhang & Li Y. Yu, *C. humicola* (Dasz.) Golubev, *C. laurentii* (Kuff.) C.E. Skinner, *Cystobasidium laryngis* (Reiersöl) Yurkov, Kachalkin, H.M. Daniel, M. Groenew., Libkind, V. de García, Zalar, Gouliam., Boekhout & Begerow, *Epicoccum nigrum* Link, на цветковых растениях – *Alternaria* sp., *Leucosporidium golubevii* Gadanho, J.P. Samp. & R. Bauer, *Rhodotorula mucilaginosa* (A. Jörg.) F.C. Harrison, *Vishniacozyma victoriae* (M.J. Montes, Belloch, Galiana, M.D. García, C. Andrés, S. Ferrer, Torr.-Rodr. & J. Guinea) Xin Zhan Liu, F.Y. Bai, M. Groenew. & Boekhout [3].

Скалы и эндолиты, как наименее благоприятные для развития микромицетов субстраты, колонизируются преимущественно экстремофильными *Freidmannomyces endolithicus* Onofri, *F. simplex* Selbmann, de Hoog, Mazzaglia, Friedmann & Onofri, *Cryomyces minteri* Selbmann, de Hoog, Mazzaglia, Friedmann & Onofri, *C. antarcticus* Selbmann, de Hoog, Mazzaglia, Friedmann & Onofri [4], *Cystobasidium pallidum* (Lodder) Yurkov, Kachalkin, H.M. Daniel, M. Groenew., Libkind, V. de García, Zalar, Gouliam., Boekhout & Begerow, *Glaciozyma antarctica* (Fell, Statzell, I.L. Hunter & Phaff) Turchetti, L.B. Connell, Thomas-Hall & Boekhout, *Mrakia frigida* (Fell, Statzell, I.L.

Hunter & Phaff) Y. Yamada & Komag., *Rhodotorula mucilaginosa* (A. Jörg.) F.C. Harrison [3].

Таким образом, численность и разнообразие микромицетов Антарктиды относительно невелики, что, в первую очередь, определяется чрезвычайно суровыми климатическими условиями. Антарктические грибы обладают уникальными биохимическими механизмами, позволяющими регулировать жизненную активность в меняющихся условиях среды. По этой причине адаптированные к холоду микромицеты являются интересными объектами для изучения, поскольку большинство из них – потенциальные продуценты вторичных метаболитов с нетипичной структурой, в том числе антибиотических веществ, что важно, учитывая нарастающую проблему антибиотикорезистентности [2].

Список литературы

Власов Д. Ю., Зеленская М.С., Кирцидели И.Ю. Грибы на природных и антропогенных субстратах в Западной Антарктике // Микология и фитопатология. – 2012. – Т. 46. – № 1. – С. 20–26.

Кирцидели, И. Ю. Почвообитающие микроскопические грибы в экосистемах Арктики и Антарктики: дис. ... докт. биол. наук: 03.02.12 / И. Ю. Кирцидели. – СПб, 2019. – 459 с.

Никитин Д. А. Экологические особенности грибов Антарктиды // Микология и фитопатология. – 2021. – Т. 55. – № 2. – С. 79–104.

Rosa L. H. Fungi of Antarctica: Diversity, Ecology and Biotechnological Applications / L. H. Rosa [et al.] – Switzerland: Springer International Publishing, 2019. – 345 p.

ПОКАЗАТЕЛИ ФИТОМАССЫ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ЛИШАЙНИКОВЫХ ПАСТБИЦ СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ

Карсонова Д.Д.¹, Нешатаев В.В.¹, Дьячкова Т.В.²

¹Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург, РФ,
dariakarson@gmail.com

²Государственный природный заповедник «Ненецкий», г. Нарьян-Мар, РФ

*Измерение фитомассы является одним из наиболее часто используемых методов при оценке состояния пастбищ северного оленя. Нами была взвешена и измерена фитомасса с шести площадок, находящихся на лишайниковых позднеосенних пастбищах. Отмечается разница в фитомассе и участии кормовых видов лишайников в сообществах: асс. *Loiseleurio-Diapensietum subass. salicetosum nummulariae* var. *Loiseleuria procumbens* и в асс. *Rubo chamaemori-Dicranetum elongati* субасс. *caricetosum rariflorae*.*

Исследование проводилось на территории ФГБООЗ «Заповедник «Ненецкий»», в районе мыса Костяной Нос (Печорская губа). Цель исследования - апробация методики сбора наземной фитомассы для определения состояния лишайниковых пастбищ северного оленя и оценки их ресурсной значимости. Работы проводили на лишайниковых пастбищах, относящихся к сезону позднеосенних и зимних. Территория находится в использовании частного оленеводческого хозяйства, на территории выпасается порядка 600 голов.

Нами выполнено 20 полных геоботанических описаний с выявлением всего флористического состава с указанием характеристики местообитания, экспозиции и общего уклона поверхности, положения в рельефе, с полной почвенной характеристикой (выполнением почвенного разреза) и проективным покрытием растительного покрова (методика Браун-Бланке), измерена средняя высота каждого яруса. Из этих описаний 6 выполнены со сбором фитомассы, которая отбиралась с пяти случайных пробных площадок, расположенных по методу конверта. Пробные площадки 25x25 см были разделены на квадраты для более удобного подсчета проективного покрытия в процентах (покрытие ставилось по фракциям: кустарники, кустарнички, травы, лишайники, мхи). Травы и кустарнички собирались на уровне границы зеленой и бурой части мхов, полностью извлекалась лишайниковая и моховая дернины.

Фитомасса с площадок во влажном состоянии была разделена по фракциям, и упакована в крафтовые пакеты, предварительно пронумерованные, отдельно сортировалась мертвая часть мхов и лишайников, опад (далее – мортмасса). Высушенный до воздушно сухого состояния материал взвешен на весах с точностью до 0,01 г. Полученные значения занесены в таблицы программы Excel. Рассчитывали средние значения для 5 пробных площадок в пределах каждого описания (5x5 м), запас фитомассы приведен в г/м², установлено соотношение живой и мортмассы, а также определена доля участия лишайников в общей фитомассе.

Описанные сообщества относятся к классам *Loiseleurio procumbentis-Vaccinietae*, ранее описанному Лавриненко О. В. и Лавриненко И. А. для восточноевропейских тундр [1] и *Oxycocco-Sphagnetea* [2]. Представлены ассоциациями: *Loiseleurio-Diapensietum subass. salicetosum nummulariae* var. *Loiseleuria procumbens*, *Rubochamaemori-Dicranetum elongati* субасс. *caricetosum rariflorae*.

Во всех описаниях, с собранной фитомассой, заметно присутствие кормовых видов, определяющих покрытие: *Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina* (+ *C. stygia*); при этом на криптогамных корках формируются накипные лишайники (*Icmadophila ericetorum*, *Ochrolechia androgyna*, *O. frigida*), не представляющие кормовой ценности. В целом, соотношение облилиякормовых и не кормовых видов говорит о том, что пастбища находятся в пригодном для выпаса состоянии. Помимо критерия присутствия и облилия кормовых видов на площадке, состояние пастбища оценивалось по следующим показателям: 1) наличие пятен голого грунта, их процент на площадке (либо криптогамных корок); 2) доля отмерших лишайников и мхов (либо поломанных, плохо закрепленных лишайников); 3) высота лишайникового покрова, (при высоте меньше 2 см пастбище не пригодно для выпаса); 4) доля видов в лишайниковом покрове, устойчивых к выпасу; 5) покрытие накипных лишайников, поселяющихся на отмерших мхах после интенсивного выпаса; 6) количество помёта разного сезона на площадке (что говорит о регулярном выпасе оленя). Каждый критерий оценивается по 5-ти балльной шкале, где 1 – минимальные изменения растительного покрова, 5 – наиболее высокие; таким образом, площадка, набравшее наибольшее количество баллов, отличается максимальной степенью нарушения в результате интенсивного выпаса. Итоговый показатель мы

рассматривали как **индекс нарушенности площадки под влиянием выпаса**. Данные по фитомассе для всех площадок были усреднены и проанализированы, оценены в балльной системе и приведены в Таблице 1.

Таким образом, участки пастбищ, расположенные на торфяных буграх (DKos11-22, DKos17-22, DKos20-22), менее подвержены влиянию выпаса, в отличие от приуроченных к песчаным субстратам (DKos1-22, DKos3-22, DKos9-22). Полученные данные планируется экстраполировать на остальные описанные участки, где отбор фитомассы не проводился. Доля мортмассы в общей фитомассе была достаточно высокой, но зависимости взаимосвязи между этим показателем и типом сообщества не выявлено. Стоит отметить низкую высоту лишайников в описании DKos3-22, высокий процент (10%) криптогамных корок и трещин, покрытых накипными лишайниками, не имеющих кормовой ценности, а также значительный вклад в проективное покрытие видов, устойчивых к выпасу, что в общем итоге дает большое количество баллов (19) и характеризует пастбище как непригодное для дальнейшего выпаса. Тем не менее, на всех описанных площадках отмечается высокая доля лишайников в формировании общей фитомассы.

Таблица 1. Усредненные данные по фитомассе и индексу нарушенности площадок.

Название площадки	Фитомасса общая г/м ²	Фитомасса лишайников г/м ²	Мортмасса г/м ²	Доля кормовых видов (%)	Индекс нарушенности площадки (в баллах)
DKos1-22	922.85	351.16	281.03	40	3
DKos3-22	1001.16	632.11	222.84	5	19
DKos9-22	900.95	5433.6	325.89	50	7
DKos11-22	1330.19	687.63	378.91	50	1
DKos17-22	844.18	860.13	212.68	35	7
DKos20-22	1894.01	1928.25	549.98	50	5

Для получения однозначных выводов, необходимо определить зависимость фитомассы лишайников от их проективного покрытия. Попытки вывести формулу такой зависимости приведены в публикациях советских ученых прошлого века [3, 4 и др.]. В рамках настоящей работы планируется рассчитать подходящую формулу для

оценки взаимосвязи этих показателей. Тем не менее, уже на данном этапе очевидно, что для разных типов сообществ и, соответственно, категорий пастбищ, характер этой взаимосвязи будет различаться.

Общее состояние описанных лишайниковых пастбищ можно охарактеризовать как удовлетворительное. Полученные результаты нами планируется использовать для сравнения с другими методиками, где оценка состояния пастбищ проводилась без взвешивания фитомассы. В целом, данный метод можно охарактеризовать как более точный, по сравнению с имеющимися, но в то же время наиболее трудоемкий.

Список литературы.

1. Лавриненко О. В., Лавриненко И. А. / Растительность класса *Loiseleurio procumbentis-Vaccinietaea* Egger ex Schubert 1960 в восточноевропейских тундрах / Растительность России, г. Санкт-Петербург, 2020 г. №39.С.2784.
2. Лавриненко О. В., Лавриненко И. А. / Сообщества класса *Oxycocco-Sphagneteta* Вг.-Bl. et R. Tx. 1943 в восточноевропейских тундрах. / Растительность России, г. Санкт-Петербург, 2015 г. № 26. С. 5584.
3. Андреев В. Н. Методика учета и картирования кормовых запасов фитомассы Субарктики / Растит. ресурсы. 1971. Т. 7, вып. 3. С. 439–444.
4. Самбук Ф. В. Методика маршрутного исследования тундровых пастбищ / Тр. Поляр. комиссии. 1931. Вып. 6. С. 1–48.

РОД *VERONICA* L. В КОЛЛЕКЦИЯХ ГЕРБАРИЯ ИМ. П.Н. КРЫЛОВА ПО ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ: АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Локтева В.В.

Томский государственный университет; г. Томск, Россия, vitalina_lok@mail.ru

Род Veronica является одним из многочисленных представителей семейства Plantaginaceae Juss. и имеет широкое распространение на территории Сибири. Род включает в себя виды, которые содержат флавоноиды и иридоиды, что делает их ценными для медицины и фармацевтики. Данная работа посвящена анализу текущего состояния Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета, выявлению устаревших синонимов и разработке рекомендаций по актуализации коллекций.

Гербарий им. П.Н. Крылова основан в 1885 году и входит в тройку крупнейших гербариев России. Общий объем коллекций составляет около 500 тыс. гербарных образцов, из которых около 200 тыс. входит в состав коллекций Западной, Приенисейской и Восточной Сибири. Однако в условиях быстрой смены научных данных о систематике растений состояние гербария может не соответствовать современной номенклатуре.

Растения рода *Veronica* активно используется в народной медицине, поскольку содержат иридоиды и флавоноиды – вторичные метаболиты растений, обладающие широким диапазоном действия на человека, в том числе антибактериальным [1]. Вместе с тем, род *Veronica* известен своими декоративными свойствами, и часто используется в озеленении. Растения часто образуют межвидовые гибриды, которые могут обладать уникальным набором морфологических признаков и химического состава. Поэтому выявление видового состава является важной задачей не только в рамках систематики, но и для прикладных исследований.

На территории Сибири произрастает 43 вида рода *Veronica* [2, 3]. Просмотр коллекций Гербария сибирских флор показал наличие 35 видов. В коллекции Западной Сибири представлено 28 видов и 2 подвида: *V. agrestis* L., *V. anagallis-aquatica* L., *V. anagalloides* Guss., *V. beccabunga* L., *V. biloba* Schreb., *V. chamaedrys* L., *V. densiflora* Ledeb., *V. incana* L., *V. krylovii* Schischk., *V. laeta* Kar. & Kir., *V. longifolia* L., *V. macrostemon* Bunge, *V. nudicaulis* Kar. & Kir. (синоним *V.*

hispidula Boiss. & A.Huet), *V. officinalis* L., *V. pesica* Poir., *V. pinnata* L., *V. pinnata subsp. nana* (Krylov) Polozhij, *V. porphyriana* Pavlov, *V. porphyriana* × *V. longifolia*, *V. prostrata* L., *V. scutellata* L., *V. serpyllifolia* L., *V. × sessiliflora* Bunge, *V. spicata* L., *V. spicata subsp. paczoskiana* (Klokov) Kosachev (синоним *V. spicata subsp. spicata*), *V. spicata* × *V. porphyriana*, *V. spuria* L., *V. teucrium* L., *V. urticifolia* Jacq., *V. verna* L.; в коллекции Приенисейской Сибири – 16 видов: *V. × grisea* Kosachev & A.L.Ebel, *V. alpina* L., *V. anagallis-aquatica*, *V. beccabunga*, *V. chamaedrys*, *V. densiflora*, *V. incana*, *V. krylovii*, *V. longifolia*, *V. pinnata*, *V. prostrata*, *V. reverdattoi* Krasnob., *V. scutellata*, *V. sergievskiana* Polozhij (синоним *V. incana*), *V. serpyllifolia*, *V. spicata*; в коллекции Восточной Сибири – 12 видов: *V. alpina* L., *V. anagallis-aquatica*, *V. chamaedrys*, *V. ciliata* Fisch., *V. densiflora*, *V. incana*, *V. krylovii*, *V. linariifolia* Pall. ex Link, *V. longifolia*, *V. macrostemon*, *V. serpyllifolia*. Всего в фонде Гербария содержится 1133 гербарных листов данного рода.

Род *Veronica* относится к семейству Подорожниковые (Plantaginaceae) [4], однако в Гербарии данный род числится в семействе Норичниковые (Scrophulariaceae Juss.). При просмотре коллекций выявлен ряд синонимов, а также описание нескольких проявлений одного полиморфного вида, как разных видов.

В коллекции Западной Сибири отсутствуют сборы *V. × altaica* Kosachev, *V. poljensis* Murb., *V. filiformis* Sm., *V. cymbalaria* Bodard и *V. polita* Fr., в коллекции Приенисейской Сибири – *V. × schmakovii* Kosachev, *V. oxycarpa* Boiss, *V. pusilla* Kotschy ex Boiss., однако эти виды указаны в Конспектах Флор [2, 3].

Очевидно, Гербарий не может поспевать за новейшими открытиями в области систематики. Ввиду длительной истории Гербария в его коллекциях содержится большое число образцов, возраст которых составляет более 100 лет, по этой причине с целью повышения сохранности материала, гербарные листы не открывают и не перекадывают так часто, как этого требует современная наука. Также сказывается большое количество материала, который содержится в фонде Гербария, для полной актуализации всех коллекций потребуются длительный срок и немало усилий, а также уникальная система, которую ввел П.Н. Крылов, может быть утрачена. Однако, не смотря на большой объем фонда Гербария, коллекции Западной и Приенисейской Сибири считаются не полными и требуют

дополнительных сборов.

И всё же, Гербарий, в первую очередь, является фундаментальной основой для развития научной ботанической школы. Материалы Гербария часто используют в своей работе ученые многих вузов и научных учреждений России, а также студенты и аспиранты. Ввиду этого необходимо перенести род *Veronica* в семейство Подорожниковых, указать актуальные названия для устаревших синонимов и при возможности пополнить коллекции Западной и Приенисейской Сибири сборами материала из экспедиций или через обмен образцами с другими гербариями.

Список литературы

- Гусев Н. Ф. Антибактериальное исследование препаратов из видов *Veronica* L. Предуралья / Н. Ф. Гусев, О. Н. Немерешина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2005. – №4 (8). – С. 43–47.
- Доронькин В. М. Семейство Scrophulariaceae Juss. // Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения. – Нск: Изд-во СО РАН, 2012. – С. 394–398.
- Доронькин В. М. Семейство Scrophulariaceae – Норичниковые // Конспект флоры Сибири: Сосудистые растения. – Нск: Наука, 2005. – С. 193–195.
- An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II // Botanical Journal of the Linnean Society. — 2003. — Vol. 141 — P. 399–436.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЧИСЛЕННОСТЬ САХАЛИНСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ *CARDIOCRINUM CORDATUM* VAR. *GLEHNII*

Митусова Е.В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск,
Российская Федерация.
E-mail: mitusov.vitalij@bk.ru

*Данное исследование направлено на изучение морфологических особенностей *Cardiocrinum cordatum*, а также выявление факторов, влияющих на численность сахалинской (северной) популяции *Cardiocrinum cordatum* произрастающей в окрестностях г. Южно-Сахалинска.*

Cardiocrinum cordatum var. glehnii – это луковичное монокарпическое реликтовое растение (рисунок 1) третичной флоры сахалинского крупнотравья, островной эндемик Дальнего Востока, внесен в Красные книги РФ и Сахалинской области [1]. На Сахалине данный вид охраняется на территории государственного природного заповедника (ГПЗ) «Курильский» (Баркалов, 2005), заказников «Островной», «Озеро Добрецкое», памятников природы «Озеро Тунайча», «Популяция лилии Глена», «Верхнебуреинский», «Мыс Кузнецова», «Роща маньчжурского ореха», «Река Анна», «Лагуна Буссе», «Высокогорья горы Чехова» [1].

На территории Российской Федерации встречается только в пределах Сахалинской области, а именно на юге Сахалина и южных Курилах (Кунашир, Итуруп), за ее пределами – в Японии (о-ва Хоккайдо и Хонсю).

Помимо того, *Cardiocrinum cordatum var. glehnii* является гапаксантным растением, жизненный цикл которого длится 7–9 лет [4], при этом процесс цветения начинается уже на 6-й год жизни.



Рисунок 1 – *Cardiocrinum cordatum* в фазе цветения

По данным А.К. Клитина и М.М. Прокофьева [2], с прекращением массовых заготовок силоса и увеличением автопарка (что изменило географию мест массовой рекреации), шло постепенное увеличение численности сахалинских популяций *Cardiocrinum cordatum* вплоть до 2009 года. Однако по данным инвентаризаций, проведенных в 2014 и 2016 годах сотрудниками Сахалинского филиала Ботанического сада-института, было обнаружено, что 89–96 % коробочек *Cardiocrinum cordatum* были уничтожены грызуном, за исключением отдельных крайних экземпляров, растущих удаленно на крайних юго-восточном, юго-западном и северо-западном участках местообитаний долины р. Еланька и прилегающего к ней склона г. Большевик. Сходное явление в 2021 г. наблюдали и на других местах наиболее массового произрастания вида. Следовательно, идет постепенное старение популяций, т.к. семенное возобновление данного вида растения резко снижается в связи с поеданием семян грызуном.

К основным факторам, влияющих на численность сахалинской популяции *Cardiocrinum cordatum*, необходимо отнести зоогенные факторы и антропогенные воздействия. В первую очередь, к зоогенным факторам относят массовое уничтожение грызунами незрелых коробочек с семенами, объедание проростков (чем можно объяснить гибель абсолютного большинства из них), выкапывание и обгрызание материнских и дочерних луковичек, тем самым наносят колоссальный ущерб северным популяциям *Cardiocrinum cordatum*. В годы массового размножения грызунов последствия для популяции *Cardiocrinum*

cordatum бывают катастрофическими. Значительный урон в весенне-летний период причиняет бурый медведь, который съедает листья, побеги, луковицы и т.д., и, что особенно важно, бутоны.

Негативное воздействие на численность *Cardiocrinum cordatum* оказывает массовое посещение лесов отдыхающими, которое заключается в выпытывании проросших всходов растений, срывание цветоносов, утаптывание и уплотнение почвы, которое впоследствии оказывает негативное влияние на рост и развитие растений, в том числе, из-за нарушения транспорта питательных веществ, поступающих в корневую систему, а также загрязнение почвы твердыми бытовыми отходами.

Более того, были зарегистрированы случаи скашивания нераспустившихся цветоносов *Cardiocrinum cordatum*, произрастающих в местах массового отдыха населения.

В результате многочисленных исследований было установлено, что численность популяции *Cardiocrinum cordatum* сокращается вследствие обширных лесозаготовок, поэтому многие популяции сильно фрагментированы. Вследствие этого *Cardiocrinum cordatum* во фрагментированных лесах производит гораздо меньше семян, чем растения в более крупных популяциях. Следовательно, последствия фрагментации и изоляции местных популяций должны привести к быстрому снижению не только размеров популяции, но и генетического разнообразия. Поэтому, необходимо уделять особое внимание фрагментированным популяциям для их будущего сохранения [5].

Также, необходимо отметить, что в настоящее время на территории крупнейших в России мест произрастания *Cardiocrinum cordatum* осуществляются строительные мегапроекты, а именно создание территории опережающего социально-экономического развития (ТОР «Горный воздух»).

Исследование проводили в весенне-летний (с начала мая по конец августа) период в 2022 г. в юго-восточном пригороде г. Южно-Сахалинска на южном склоне г. Большевик. Для установления факторов, влияющих на сокращение численности данного вида, были выбраны 3 пробные площадки массового произрастания микропопуляций *Cardiocrinum cordatum*, на которых проводили тотальные подсчеты всех экземпляров данного вида.



Рисунок 2 – Карта расположения 3-х пробных площадок, проходящих вдоль г. Большевик, на территории Горнолыжного комплекса «Горный воздух». Цифры «1,2,3» обозначают пробные площадки, цифра «4» – «Долину туристов» [3]

Материалом для научного исследования послужили 392 экземпляра *Cardiocrinum cordatum* var. *glehnii* (суммарное число всех зарегистрированных экземпляров, произрастающих на 3-х пробных площадках), из которых 95 всходов (1-го года жизни) и 81 сеянец (2-го годов жизни), 121 двулистная особь, 70 многолистных особей (розеток), 26 цветоносов, а также, 22 дочерних луковички у всей совокупности цветоносов и 28 луковичек у всей совокупности розеток.

При тотальном осмотре всех генеративных особей *Cardiocrinum cordatum* var. *glehnii* в период с 14 VI по 12 VII 2022 г. следов поедания бутонов бурым медведем не обнаружено. В тоже время, массовые откусывания бутонов (1/3 бутонов была уничтожена медведем), зарегистрированы в 2016 году. Также, в 2017 году были обнаружены явные признаки поедания бутонов медведем, при этом процент причиненного ущерба не учитывался.

Процент съеденной вегетирующей надземной части (листьев) *Cardiocrinum cordatum* var. *glehnii* представлен на рисунке 3.

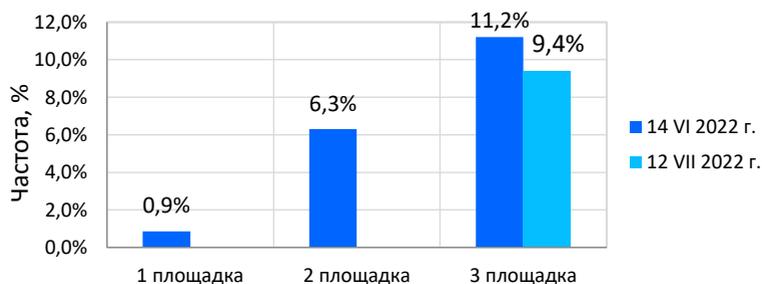


Рисунок 3 – Процентное соотношение съеденных листьев бурым медведем.

Примечание – значительная разница доли (%) съеденных листьев объясняется расположением пробных

Диаграмма распределения данных показывает, что 14 VI 2022 г., из 3-х пробных площадок, наибольший урон листьям *Cardiocrinum cordatum* был нанесен на 3-й пробной площадке и составил 11.2 % от общей массы вегетирующей надземной части, в связи с тем, что данная площадка расположена непосредственно в лесу. На 2-й пробной площадке

доль съеденных листьев бурым медведем составила 6.3 %. Помимо того, 12 VII 2022 г. были обнаружены значительные повреждения листьев *Cardiocrinum cordatum* произрастающих также, на 3-й пробной площадке со значением 9.4 %. Данное явление свидетельствует о том, что, именно, на 3-й пробной площадке проходила медвежья тропа.

Таким образом, значительный ущерб на семенное возобновление причиняют медведи съедающие бутоны, и в большей степени грызуны, поедающие незрелые коробочки. В нашем случае при обследовании всех 3-х пробных площадках поедания бутонов медведями не обнаружено, однако, обнаружены сильные повреждения дочерней луковички, а также, полностью съеденная материнская луковица, предположительно красно-серой полёвкой.

Список литературы

Баркалов В.Ю. *Cardiocrinum cordatum* (Thunb.) Makino // Красная книга Сахалинской области. Растения. – Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство, 2005. – С. 81.

Клитин А.К., Прокофьев М.М. Распространение и некоторые особенности морфологии Кардиокринума Глена (*Cardiocrinum glehnii*) (Liliaceae) на Сахалине // Вестник Сахалинского музея. 2010. № 17. С. 327–337.

Google Earth. 2022 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://earth.google.com/web/search> (дата обращения: 24.06.2022).

Kondo T., Sato C. Effects of temperature, light, storage conditions, sowing time, and burial depth on the seed germination of *Cardiocrinum cordatum* var. *glehnii* (Liliaceae) // Landscape and Ecological Engineering. 2007. Vol. 3, No. 1. P. 89–97.

Ohara M. Narumi T., Yoshizane T., Okayasu T., Masuda J., Kawano S. Life-history monographs of Japanese plants. 7: *Cardiocrinum cordatum* (Thunb.) Makino (Liliaceae) // Plant Species Biology. 2006. Vol. 21. P. 201–207.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ТРИХОМ НА ЛИСТЬЯХ РОДА RHODODENDRON (ERICACEAE)

Нитиевская Ю.Д.¹, Елисеева С.А.², Брицкий Д.А.³, Иванова А.Н.^{1,3}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет; Россия, Санкт-Петербург,
Университетская наб., д. 7–9.

² ГБОУ СОШ № 197 г. Санкт-Петербурга. *электронный адрес: niyuli.bio@gmail.com

³ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН; Россия, Санкт-Петербург, ул.
Профессора Попова, 2.

Изучено распределение железистых трихом, многоклеточных и одноклеточных волосков на поверхности листьев 32 видов рода Rhododendron. семейства Ericaceae. Показано, что характер опушения соответствует имеющейся системе рода. Распределение трихом на адаксиальной стороне листьев в виде двух областей, симметричных относительно центральной жилки, может быть систематическим признаком для секции Sciadorhodium подрода Azaleastrum.

Rhododendron L. – крупнейший род семейства Ericaceae, включающий по оценкам разных авторов более 1000 видов. Одним из важных признаков для систематики рода *Rhododendron* являются опушение побегов (Hoff, 1954; Тахтаджян, 1987 и др). Данная работа является частью исследования, направленного на выявление таксономически значимых признаков трихом рода Рододендрон и посвящена изучению распределения и морфологии секреторных и несекреторных трихом листьев.

Образцы листьев 32 видов рододендронов (список видов представлен в Примечаниях к таблице 1) собраны в парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им В.Л. Комарова РАН, С.-Петербург, в мае-июне в 2020-2023 гг. Распределение и морфологию трихом изучали на растущих листьях около 1/2 - 2/3 окончательной длины с помощью стереомикроскопа и сканирующего электронного микроскопа.

На листьях изученных видов обнаружены головчатые железистые трихомы (ЖТ) с длинной или короткой ножкой, чешуеподобные ЖТ, а также мелкие одноклеточные и крупные многоклеточные волоски (рис. 1).

Распределение морфологических типов трихом на растущих листьях растений рода Рододендрон представлено в таблице 1. Подроды и секции различаются по набору трихом, однако внутри

каждого из этих таксонов разнообразие невелико. Обычно плотность распределения, а у некоторых видов и разнообразие трихом выше в базальной и ниже в апикальной части. ЖТ на длинной и короткой ножке могут присутствовать у одного вида в базальной и апикальной части листа соответственно, но отсутствуют у видов с чешуевидными ЖТ. В группах, имеющих ЖТ на длинной или короткой ножке, имеются и многоклеточные волоски (рис. 1 1) за исключением некоторых видов секции *Ponticum*, у которых абаксиальная сторона покрыта длинными тонкими извитыми волосками (т.н. войлоком). У видов секции *Sciadorhodon* в базальной части листа многоклеточные волоски замещаются ЖТ с длинной ножкой, в том числе на краю листа (рис. 1 4). Морфология многоклеточных волосков у каждого вида идентична морфологии ножки ЖТ. Для этой секции характерна локализация ЖТ на адаксиальной стороне в виде двух областей, симметричных относительно центральной жилки.

У видов подсекции *Rhododendron* листовая пластинка равномерно покрыта чешуевидными ЖТ, плотность их распределения ниже с адаксиальной и выше с абаксиальной стороны (Рис. 1 8а, 8б). Одновременно на листе имеются ЖТ разного возраста (рис. 19).

У большинства видов секции *Ponticum* подрода *Hymenanthe* головки ЖТ окрашены в красный или желтый цвет. Этот факт указывает на особенности химического состава секрета ЖТ, общие для этой секции. На молодых растущих листьях внутри почки железки не окрашены, окраска головок развивается с увеличением возраста ЖТ (рис. 1 4, 5).

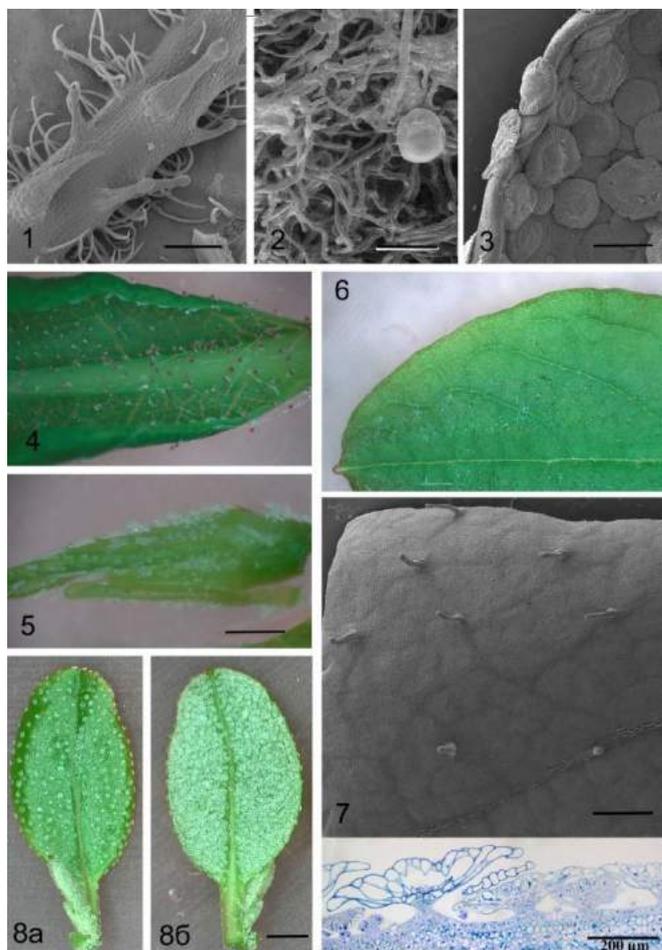


Рисунок 1 – Морфология и распределение трихом на листьях растений рода *Rhododendron*

R. albrechtii, железистые трихомы, многоклеточные и одноклеточные волоски над центральной жилкой, абаксиальная сторона листа. 2. *R. smirnovii*, длинные тонкие извитые волоски («войлок») и железистая трихома с каплей секрета на абаксиальной стороне листа. 3. Край листа *R. microlanum* с чешуевидными трихомами на абаксиальной поверхности листа. 4, 5. *R. atlanticum*, растущие листья с поверхности (4) и из внутренних слоев (5) почки. 6, 7. *R. schlippenbachii*. Область локализации железистых трихом под стереомикроскопом (6) и сканирующим электронным микроскопом (7). 8, 9. *R. ledebourii*, адаксиальная (8а) и абаксиальная (8б) поверхность листа, покрытого чешуевидными железистыми трихомами (9)

Azaleastrum		7/7/7	-7/7	8/28/528	8/278/278	2/2/2	-	8/8/8
Scido- rhodon	ALB							
	SCH	-7/7	1/28/28	-/-	18/18/278	-/-	-/-	-8/8
Fanus:	POU	8/8/8	8/18/18	18/18/18	8/8/8	8/18/18	18/18/18	8/8/8
	KIU	28/28/28	28/28/28	28/28/28	28/28/2	27/27/27	7/7/7	8/28/28
	OBT	8/8/8	18/18/18	18/18/18	8/8/8	78/78/78	7/7/7	8/8/8
	SIM	18/18/18	18/18/18	18/18/18	8/8/8	8/8/8	18/18/18	8/8/8

Работа выполнена с использованием оборудования Ресурсного центра «Развитие молекулярных и клеточных технологий» СПбГУ.

Список литературы

- Hoff A. Zur Stammesentwicklung der Gattung *Rhododendron*. DRG Jahrbuch. 1954. Bremen. 42-55.
Тихташкин А. Л. Система магнолиофитов. Л.: Наука, 1987. 440 с.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРЕСНОВОДНОЙ КРАСНОЙ ВОДОРОСЛИ *BATRACHOSPERMUM MONILIFORME* ROTH В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Петров В.Н.

Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь, petrov.vl@tut.by

В публикации отмечены данные о количественном составе рода Батрахоспермум. Более детально рассматривается единственный представитель этого рода в Беларуси – Батрахоспермум четковидный, приводятся его описание, экологические предпочтения и данные о распространении на территории страны.

По современным данным род *Batrachospermum* Roth с учетом форм и разновидностей включает 51 таксон (38 видов, 7 разновидностей, 6 форм) [7]. И только один представитель этого рода известен для Беларуси под уже устаревшим видовым эпитетом – *moniliforme* – четковидный. Современное название этого вида – Батрахоспермум студенистый (*B. gelatinosum* (Linnaeus) De Candolle) [7].

Слоевища Батрахоспермума четковидного однодомные и достаточно заметные – от 1–2 до 5–8 см, имеют вид слизистых кустиков бурого и оливкового цветов, состоящих из тонких бусоподобных нитей. Мутовки шаровидные, боченковидные, отдаленные или сближенные, (138–) 350–800 (–1100) мкм в диаметре; первичные пучки 7–14 клеток; сперматангии расположены концах пучков, 5–7 мкм в диаметре; карпогонияльные ветви 3–10 клеток; карпогонии (18–) 24–55 (–68) мкм длины с булавовидными или ланцетными трихогинами (5–) 6,5–14 (–17) в диаметре; карпоспорофитов 1–7 (–11) на мутовку, (40–) 60–143 мкм в диаметре; карпоспорангии обратнойцевидные, длиной 8–16 мкм и диаметром 6–12 мкм [8].

В литературных источниках *B. moniliforme* характеризуется широким географическим распространением (отмечен в странах Северной Америки, Европы и Азии) [8]. Водоросль обитает в пресных водах с большим спектром значений pH (5,0–8,4), температуры (0–19 °C), электропроводности 0–490 $\mu\text{S cm}^{-1}$, скорости течения 0–106 cm s^{-1} , цветности воды (от бесцветной до коричневой) [8]. Батрахоспермум часто предпочитает поселяться на камнях и ветках в

чистых водах рек и ручьев в условиях затенения. Может выдерживать слабое загрязнение водоема, при более сильном исчезает [1].

Впервые для Беларуси *V. moniliforme* был обнаружен преподавателем БГУ – Горовец Валентиной Константиновной [4]. Находка совершена в 70-х годах прошлого столетия в окрестностях озера Нарочь, Мядельского р-на [4].

По единственной находке, на тот момент, *V. moniliforme* был включен в раздел «водоросли» второго издания Красной книги Республики Беларусь, вышедшем в 1993 году [6]. Этот вид отмечен II категорией природоохранной значимости начиная со второго и включая последующие издания 2005 и 2015 годов [2,3,6]. В третьем издании Красной книги (2005 г.) информация о распространении *Batrachospermum moniliforme* была дополнена двумя новыми точками: обнаружен в окрестностях оз. Баторино Мядельского р-на и деревни Зеленое Минского р-на, Минской обл. [2]. Наибольшим количеством новых местообитаний *Батрахоспермум* отмечен в четвёртом томе Красной Книги (2015 г.). указывается по одной находке в Толочинском и Лепельском р-нах, Витебской обл., Крупском р-не (в р. Бобр), Минской обл., Ивьевском (р. Гавья), Щучинском (р. Ельня), Ошмянском (окрестности г.п. Буденовка) и Вороновском р-нах (р. Жижма), Гродненской обл. и три в Кормяном р-не (реки Сож, Кляпинка, Добрычь), Гомельской обл. [3]. Последняя известная находка отмечена в реке Березина, Докшицкого р-на на территории Березинского биосферного заповедника [9].

На сегодняшний день *V. moniliforme* отмечен 15 местообитаниями в 13 водотоках, расположенных в 11 районах, 4 областей. Информации о находках этой водоросли в Брестской и Могилевской областях не приводится. Многолетние исследования по распространению данного вида в ряде соседних стран выявили тенденцию сокращения его ареала в связи с хозяйственной деятельностью человека. В Беларуси так же необходимо проведение систематических наблюдений за данным редким видом.

Список литературы

1. Виноградова К.Л., Голлербах М.М., Зауер Л.М., Сдобникова Н.В. Определитель пресноводных водорослей СССР. Зелёные, красные и бурые водоросли. Вып. 13. Л., 1980. — 248 с.

2. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений Гл. редколлегия : Л. И. Хоружик (предс.),

Л. М. Сущеня, В. И. Парфенов и др. – Мн. : БэлЭн, 2005. – 456 с.

3. Красная книга Республики Беларусь: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений растения / гл. редкол.: И. М. Качановский (предс.), М. Е. Никифоров, В. И. Парфенов [и др.]. – 4-е изд. – Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі. – 2015. – 448 с.

4. Михеева, Т. М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог / Т. М. Михеева. – Минск: Изд-во БГУ, 1999. – 396 с.

6. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь. Рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення віды жывел і раслін / Беларус .Энцыкл.; Гал. рэдкал.: А. М. Дарафееў (старш.) і інш. – Мн., БелЭн, 1993 – 560 с.

7. AlgaeBase [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.algaebase.org>. – Дата доступа: 01.06.2023.

8. Vis, M.L., Necchi, O. J. Freshwater Red Algae – Phylogeny, Taxonomy and Biogeography. 1. ed. Cham: Springer Nature, 2022. v.1. 338 p

9. www.berezinsky.by [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.berezinsky.by/news-detail/?ELEMENT_ID=1870

ОСОБЕННОСТИ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ПРИДОРОЖНЫХ ГАЗОНОВ Г. МИНСКА

Романюк А.С.

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: a1i.romanyuk@yandex.ru

В ходе исследования флористического состава почвенных водорослей придорожных газонов г. Минска в 2022 г. было выявлено 64 вида водорослей. В работе приведены результаты таксономического анализа почвенной альгофлоры, а также сравнение спектра экобиморф водорослей почвенных образцов с разной степенью антропогенной нагрузки. Отмечены индикаторные виды водорослей, чувствительные к загрязнению.

Введение. В настоящее время антропогенное воздействие на объекты живой природы постоянно возрастает. Рост промышленных предприятий, строительство новых автомобильных дорог и современная демографическая тенденция на Земле – урбанизация, не лучшим образом сказываются на состоянии почвенных экосистем. Негативное воздействие на почвенную флору и фауну увеличивается вместе с развитием транспортного сообщения между различными городами и населенными пунктами. Некоторые виды исчезают, некоторые, наоборот, заселяют изменившуюся по физико-химическим показателям почву. Именно это и можно использовать в биоиндикации. Хорошо известны плюсы биоиндикации, особенно с помощью почвенных водорослей: дешево, быстро и точно [1].

Материалы и методы. Пробы почвенных субстратов отбирались в июле 2022 года по общепринятой методике в почвенной альгологии. Были отобраны образцы почвы с 4 участков на юго-западе г. Минска, отличающихся между собой степенью загруженности прилегающих автодорог:

1) газон вдоль дороги с низкой степенью загруженности по ул. Академика Курчатова близ студенческих общежитий;

2) газон вдоль дороги со средней степенью загруженности по ул. Наполеона Орды у жилого комплекса;

3) газон вдоль Минской кольцевой автодороги (МКАД) с высокой степенью загруженности в Московском районе г. Минска;

4) газон около биологического факультета БГУ, выступающий в

качестве контроля.

Степень загруженности автомобильных дорог определялась с помощью метода, при котором отмечалось количество проехавшего автотранспорта в единицу времени (за минуту).

Собранный материал был использован для постановки метода культур с целью выявления видового состава почвенных водорослей. Применялись почвенные и водные культуры. Почвенные культуры использовались в варианте со стеклами обрастания. Для водной культуры использовались 2 среды: среда Бристоль в модификации М.М. Голлербаха, а также среда Гусева №2. Для учета обилия на «стеклах обрастания» использовалась шкала обилия по Кузяхметову [2]. Для идентификации видов почвенных водорослей были использованы стандартные альгологические определители и обобщенный таксономический каталог Т.М. Михеевой [3].

Результаты и обсуждение. Было обнаружено 64 вида водорослей, среди которых 30 видов Cyanophyta, 15 видов Bacillariophyta, 9 видов Chlorophyta и 10 видов Xanthophyta.

В образцах, отобранных на газоне вдоль ул. Академика Курчатова, было выявлено 39 видов почвенных водорослей, из которых 19 видов водорослей отдела Cyanophyta, 7 – Bacillariophyta, 7 – Chlorophyta и 6 – Xanthophyta. Проведенный анализ показал, что наиболее высоким видовым разнообразием отличаются порядки Nostocales и Oscillatoriales в отделе Cyanophyta, среди Bacillariophyta – Naviculales, в отделе Xanthophyta – Mischococcales. В отделе Chlorophyta практически все порядки отмечаются примерно одинаковым разнообразием. Наибольшей встречаемостью отмечены: *Cylindrospermum muscicola*, *Tetracystis aggregata*, *Monodus chodatii*, *Nostoc Linckia*, *Pinnularia viridis*, *Navicula atomus*, *Navicula intermedia*, *Chlorella vulgaris*. Формула спектра жизненных форм имеет вид $P_{10}Ch_9B_7Cf_3H_4C_4$.

В образцах, отобранных вдоль ул. Наполеона Орды, был выявлен 31 вид почвенных водорослей, среди которых 14 видов относится к отделу Cyanophyta, 7 – Bacillariophyta, 6 – Chlorophyta и 4 – Xanthophyta. Наибольшее видовое разнообразие выявлено в порядке Oscillatoriales отдела Cyanophyta, а также в порядках Naviculales (Bacillariophyta), Chlorococcales и Chlorellales (Chlorophyta), Mischococcales (Xanthophyta). Наибольшей встречаемостью в исследуемых образцах отмечены следующие виды водорослей: *Oscillatoria angustissima*, *Navicula pelliculosa*, *Pinnularia intermedia*, *Navicula atomus*, *Lynghya aerugineo-*

coerulea, *Nostoc Linckia*, *Chlorococcum infusionum* и *Microcystis pulvereae* f. *incerta*. Формула спектра жизненных форм имеет вид: $P_8Ch_7B_7C_4Cf_3H_1V_1$.

В образцах, отобранных вдоль МКАД, было выявлено 30 видов почвенной альгофлоры, среди которых 16 видов относятся к отделу Cyanophyta, 5 видов – к Bacillariophyta, 5 видов – к Chlorophyta и 4 вида – к Xanthophyta. Наиболее многочисленным по количеству представителей в отделе Cyanophyta является порядок Oscillatoriales, в отделе Bacillariophyta – порядок Naviculales, в отделе Chlorophyta – порядки Chlorococcales и Chlorellales, в отделе Xanthophyta – порядок Mischococcales. Высшие баллы встречаемости характерны для *Chlorococcum infusionum*, *Oscillatoria angustissima*, *Tetracystis aggregate*, *Caloneis silicula*, *Nostoc Linckia*, *Microcystis pulvereae* f. *incerta*. Формула спектра жизненных форм – $P_8Ch_8B_5Cf_4C_3V_1$.

В образцах, отобранных около биологического факультета БГУ, было выявлено 43 вида водорослей, среди которых 21 вид относится к отделу Cyanophyta, 6 видов – Bacillariophyta, 8 видов – Chlorophyta, 8 видов – Xanthophyta. В отделе Cyanophyta преобладают представители из порядков Oscillatoriales и Nostocales, в Bacillariophyta – из Naviculales, в Chlorophyta – из Chlorococcales и Ulothrichales, в Xanthophyta – из Tribonematales и Mischococcales. Высокой встречаемостью характеризуются *Microcystis aeruginosa*, *Botrydiopsis* sp., *Anabaena variabilis* f. *variabilis*, *Cylindrospermum majus*, *Lyngbya aeruginoso-coerulea*, *Nostoc punctiforme* f. *punctiforme*, *Tetracystis aggregata*, *Tribonema vulgare*, *Chlorella viridis*, *Navicula atomus*, *Navicula borealis*, *Oscillatoria geminata*. Формула спектра жизненных форм – $P_{10}Ch_9Cf_8B_6H_5C_4V_1$.

Выводы. Выявлены особенности таксономической структуры почвенных водорослей придорожных газонов в зависимости от степени антропогенной нагрузки. Установлено, что видовое разнообразие почвенных водорослей сокращается с увеличением степени антропогенной нагрузки. Наиболее приспособленными к антропогенному прессу являются водоросли из отделов Cyanophyta и Bacillariophyta, наименее – Chlorophyta и Xanthophyta. Наибольшей представленностью в почвах, отобранных вдоль автомобильных дорог с высокой степенью загруженности, отличаются водоросли из порядков Nostocales и Oscillatoriales (Cyanophyta), а также Naviculales (Bacillariophyta), Chlorococcales (Chlorophyta) и Mischococcales (Xanthophyta). В почвенных образцах, отобранных вдоль дорог с наименьшей степенью

загруженности, отмечается увеличение видового разнообразия представителей вышеперечисленных порядков, а также водорослей порядков Ulothrichales (отдел Chlorophyta) и Tribonematales (отдел Xanthophyta).

Выявлена связь между степенью антропогенной нагрузки на почвы и развитием в них водорослей определенных экобиоморф. Так, в почвенных образцах, отобранных вдоль дорог с наибольшей загруженностью, отмечается увеличение представителей P-, Ch-, B-форм и уменьшение или полное исчезновение Cf-, C-, H-форм.

Водоросль *Chlorella mirabilis*, встречающуюся во всех почвенных образцах, кроме контроля, можно считать индикаторным видом антропогенного пресса. Также к индикаторным видам можно отнести *Caloneis silicula*, *Oscillatoria brevis* и *Anabaena verrucosa*, отмечающиеся только в почвенных образцах, отобранных вдоль МКАД. Отмечены виды водорослей, наблюдаемые только в контрольном почвенном образце и выпадающие из альгосинузий других исследуемых почвенных образцов: *Microcystis endobiotica*, *Gloecapsa limnetica*, *Nostoc gelatinosum* f. *halophilum*, *Oscillatoria borodinii*, *Phormidium foveolarum*, *Phormidium molle* и *Chlorococcum humicola*. Это говорит об их индикаторной роли в качестве представителей, которые чувствительны к антропогенной нагрузке.

Список литературы

1. Кабиров Р.Р. Почвенные водоросли: качественный состав, количественные характеристики, использование при проведении экологического мониторинга / Р.Р. Кабиров, Е.С. Пурина, Л.М. Сафиуллина // Успехи современного естествознания. 2008. №5. С. 54–55.
2. Кузяхметов, Г.Г. Методы изучения почвенных водорослей: учебное пособие / Г.Г. Кузяхметов, И.Е. Дубовик. – Уфа: Изд-во Башкирск. ун-та, 2001. – 60 с.
3. Михеева Т.М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог. БГУ. Минск, 1999. 395 с.

ВИДОВОЙ СОСТАВ ФЛОРЫ ЛОШАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Савицкая К.Л.

Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной
академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, karina_savv@mail.ru

*Во флоре Лошанского водохранилища насчитывается 105 видов высших растений из 70 родов, 35 семейств, 21 порядка, 3 классов, 3 отделов. 21,9% видов относится к «водному ядру» флоры водоема. Установлено усиление антропогенного эвтрофирования водохранилища в его приплотинной части, связанное с увеличением рекреационной нагрузки, индицируемое высокой фитоценотической активностью *Myriophyllum spicatum* L. (покрывает более 55 % площади акватории), а также интенсификация процессов заболачивания и накопления донных отложений в верховье водохранилища, сопровождающаяся массовым развитием *Equisetum fluviatile* L., *Stratiotes aloides* L., *Typha latifolia* L.*

Водохранилище Лошанское – малое русловое водохранилище сезонного регулирования, созданное на реке Лоша в 1968 г., расположенное в Узденском районе Минской области в окрестностях деревень Боровые, Кривели, Лоша и Сеножатки, используемое, в основном, для рекреации и малоустойчивое к эвтрофированию [1, 2]. Флора этого водоема ранее специально не исследовалась.

С июня по август 2018–2023 гг. проводилась инвентаризация видового состава растений берегов (зоны уреза воды, заплеска, переувлажненных и заболоченных экотопов и др.) и акватории водохранилища Лошанское с использованием детально-маршрутного метода. Регистрировалось присутствие различных видов водных растений, оценивалась их частота встречаемости и обилие в водоеме согласно шкалам [4] (таблица 1). Индекс гидрофитности флоры рассчитывался по методике Б. Ф. Свириденко [3].

Таблица 1 – Видовой состав, обилие и частота встречаемости растений Лошанского водохранилища

№ п/п	Виды растений	Русловая часть (верховье)	Приплотинная часть	Обилие вида, балл	Частота встречаемости вида в водоеме
Гелофиты, гиетрогелофиты, гиетрофиты, мезофиты					
1	<i>Acorus calamus</i> L.	+	-	2	довольно редко
2	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	+	+	1	довольно часто

3	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	+	+	1	довольно часто
4	<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol.	+	+	r	довольно редко
5	<i>Bidens cernuus</i> L.	+	+	1	изредка
6	<i>Bidens connatus</i> Willd.	+	+	r	редко
7	<i>Bidens frondosus</i> L.	+	+	1	изредка
8	<i>Bidens tripartitus</i> L.	+	+	1	редко
9	<i>Bolboschoenus planiculmis</i> (F.W. Schmidt) T.V. Egorova	-	+	r	редко
10	<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla × <i>Bolboschoenus planiculmis</i> (F.W. Schmidt) T.V. Egorov	-	+	+	очень редко
11	<i>Butomus umbellatus</i> L.	+	+	2	изредка
12	<i>Calla palustris</i> L.	+	-	r	редко
13	<i>Caltha palustris</i> L.	+	-	r	редко
14	<i>Cardamine amara</i> L.	+	+	r	редко
15	<i>Carex acuta</i> L.	+	+	2	изредка
16	<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	+	+	1	довольно редко
17	<i>Carex pseudocyperus</i> L.	+	+	1	довольно редко
18	<i>Carex rostrata</i> Stokes	+	+	1	довольно редко
19	<i>Cicuta virosa</i> L.	+	+	1	изредка
20	<i>Comarum palustre</i> L.	+	-	r	редко
21	<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. et Schult.	+	+	1	изредка
22	<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult.	+	+	1	довольно часто
23	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	+	+	1	довольно часто
24	<i>Equisetum fluviatile</i> L.	+	+	2	довольно часто
25	<i>Equisetum palustre</i> L.	+	+	r	редко
26	<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	+	+	1	изредка
27	<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	+	+	r	очень редко
	<i>Filipendula ulmaria</i> ssp. <i>denudata</i>	+	+	1	довольно редко
28	<i>Galium palustre</i> L.	+	+	2	довольно часто
29	<i>Galium rivale</i> (Sibth. et Smith) Griseb.	+	+	r	редко

30	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br.	+	+	2	довольно часто
31	<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmb.	+	+	1	довольно редко
32	<i>Glyceria notata</i> Chevall.	+	-	+	очень редко
33	<i>Impatiens noli-tangere</i> L.	+	+	r	редко
34	<i>Iris pseudacorus</i> L.	+	+	1	довольно редко
35	<i>Juncus articulatus</i> L.	+	+	1	часто
36	<i>Juncus effusus</i> L.	+	+	2	часто
37	<i>Leersia oryzoides</i> (L.) Sw.	-	+	r	очень редко
38	<i>Lycopus europaeus</i> L.	+	+	1	часто
39	<i>Lysimachia thyrsoflora</i> L.	+	+	1	изредка
40	<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	+	+	1	довольно часто
41	<i>Lythrum salicaria</i> L.	+	+	1	часто
42	<i>Mentha aquatica</i> L.	+	+	1	изредка
43	<i>Mentha arvensis</i> L.	+	+	r	изредка
44	<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	+	-	r	редко
45	<i>Myosotis scorpioides</i> L.	+	+	2	довольно редко
46	<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir.	+	+	1	довольно редко
47	<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Delarbre	+	+	1	довольно редко
48	<i>Persicaria minor</i> (Huds.) Opiz	+	+	r	редко
49	<i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rausch.	+	+	2	довольно часто
50	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	+	+	4	очень часто
51	<i>Poa palustris</i> L.	+	+	1	изредка
52	<i>Potentilla anserina</i> L.	+	+	1	часто
53	<i>Ranunculus flammula</i> L.	+	+	r	довольно редко
54	<i>Ranunculus lingua</i> L.	+	+	r	редко
55	<i>Ranunculus repens</i> L.	+	+	2	довольно часто
56	<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	+	+	r	редко
57	<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser	+	+	r	довольно редко

58	<i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser	+	+	r	довольно редко
59	<i>Rumex hydrolapathum</i> Huds.	+	+	r	довольно редко
60	<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	+	+	1	изредка
61	<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	+	+	3	часто
62	<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	+	+	2	изредка
63	<i>Scutellaria galericulata</i> L.	+	+	r	изредка
64	<i>Sium latifolium</i> L.	+	+	1	изредка
65	<i>Solanum dulcamara</i> L.	+	+	1	довольно редко
66	<i>Sparganium emersum</i> Rehman	-	+	1	довольно редко
67	<i>Sparganium erectum</i> L.	+	+	2	изредка
68	<i>Stachys palustris</i> L.	+	+	1	довольно часто
69	<i>Stellaria aquatica</i> (L.) Scop.	+	+	1	довольно часто
70	<i>Stellaria palustris</i> Hoffm.	+	+	r	редко
71	<i>Symphytum officinale</i> L.	+	+	r	довольно редко
72	<i>Thalictrum lucidum</i> L.	+	+	r	довольно редко
73	<i>Thelypteris palustris</i> Schott	+	+	r	довольно редко
74	<i>Thyselium palustre</i> (L.) Raf.	+	+	r	довольно редко
75	<i>Typha angustifolia</i> L.	+	+	3	часто
76	<i>Typha elata</i> Boreau	-	+	+	очень редко
77	<i>Typha intermedia</i> Schur.	-	+	+	очень редко
78	<i>Typha latifolia</i> L.	+	+	2	часто
79	<i>Urtica dioica</i> L.	+	+	1	довольно часто
80	<i>Veronica anagallis- aquatica</i> L.	+	+	1	довольно редко
81	<i>Veronica scutellata</i> L.	+	+	r	редко
82	<i>Zizania palustris</i> L.	+	-	+	очень редко
Гидрофиты					
83	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	+	+	1	изредка
84	<i>Elodea canadensis</i> Michx.	+	+	r	довольно редко
85	<i>Hottonia palustris</i> L.	+	-	r	редко

86	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.	+	+	1	довольно редко
87	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	+	+	5	очень часто
88	<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	+	-	1	редко
89	<i>Najas major</i> All.	-	+	г	очень редко
90	<i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm.	+	+	2	часто
91	<i>Nymphaea candida</i> C. Presl. et J. Presl.	+	+	1	изредка
92	<i>Potamogeton compressus</i> L.	+	+	г	редко
93	<i>Potamogeton crispus</i> L.	+	+	г	изредка
94	<i>Potamogeton lucens</i> L.	+	+	1	изредка
95	<i>Potamogeton natans</i> L.	+	+	г	редко
96	<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	+	+	1	изредка
97	<i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.	+	+	2	довольно часто
98	<i>Stratiotes aloides</i> L.	+	+	2	довольно часто
99	<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Bärner	+	+	1	изредка
100	<i>Utricularia vulgaris</i> L.	+	-	г	довольно редко
101	<i>Lemna gibba</i> L.	+	-	1	довольно редко
102	<i>Lemna minor</i> L.	+	+	1	изредка
103	<i>Lemna trisulca</i> L.	+	+	1	довольно редко
104	<i>Lemna turionifera</i> Landolt	+	-	г	довольно редко
105	<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid.	+	+	1	изредка

Водная флора Лошанского водохранилища представлена 105 видами из 70 родов, 35 семейств, 21 порядка, 3 классов, 3 отделов высших растений системы APG IV. 21,9% видового состава растений водохранилища приходится на гидрофиты, или «водное ядро» флоры.

Величина индекса гидрофитности (который изменяется в пределах от +1 (полный состав гидрофитов) до -1 (отсутствие гидрофитов в выборке)) для флоры Лошанского водохранилища достаточно низкая и составляет -0,56. Это связано с эвтрофированием водоема (вероятно, вследствие увеличения рекреационной нагрузки в

последние годы), вызвавшим монодоминирование, т. е. зарастание более 55% площади приплотинной части акватории водохранилища урутью колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.), преобладанием глубин свыше 1,5 м и сильным волнобоем, препятствующим развитию гидрофитов на прибрежных мелководьях.

Флора верховья Лошанского водохранилища отличается присутствием и повышенным обилием видов-индикаторов процесса заболачивания водоемов (*Equisetum fluviatile* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Cicuta virosa* L., *Stratiotes aloides* L., *Typha latifolia* L. и др.), что, наряду с обмелением, накоплением ила, и наблюдается в данной части водного объекта. Те же виды являются индикаторами мезоэвтрофных условий и умеренной антропогенной нагрузки.

Работа выполнена в рамках проекта «Оценка антропоустойчивости и прогноз динамики водной флоры в условиях различных антропогенных нагрузок» (договор с БРФФИ № Б23М-010 от 02.05.2023 г.).

Список литературы

1. Водохранилища Беларуси: справочник / Под общ. ред. М. Ю. Калинина. – Минск: ОАО «Полиграфкомбинат им. Я. Коласа», 2005. – 182 с.
2. Занкевич, Д. Л. Оценка устойчивости водохранилищ в бассейне реки Неман к антропогенному эвтрофированию / Д. Л. Занкевич, Ч. А. Романовский // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2014. – № 2. – С. 25–29.
3. Свириденко, Б. Ф. Структура водной флоры Северного Казахстана / Б. Ф. Свириденко // Бот. журн. – 1997. – Т. 82, № 11. – С. 46–57.
4. Сцепановіч, І. М. Навукова-метадычныя асновы маніторынгу лугавой і лугава-балотнай расліннасці Беларусі / І. М. Сцепановіч, А. Ф. Сцепановіч. – Мінск: Беларус. навука, 2013. – 289 с.

РЕСУРСНО-ФИТОХИМИЧЕСКИЙ ОПТИМУМ ЗАГОТОВКИ ПОБЕГОВ *VACCINIUM VITIS-IDAEA* НА ВОЗРАСТНОМ ГРАДИЕНТЕ КУЛЬТУР *PINETUM PLEUROZIOSUM*

Садковская А.И., Созинов О.В.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы; г. Гродно,
Республика Беларусь, annet.sadkovskaya@mail.ru, ledum@list.ru

*Проведены мониторинговые ресурсоведческие исследования *Vaccinium vitis-idaea* в сукцессионном ряду *Pinetum pleuroziosum* на территории ландшафтного республиканского заказника «Гродненская Пуца». Многолетние результаты показали, что относительно максимальные значения урожайности побегов *Vaccinium vitis-idaea* характерны приспевающим сообществам при относительно высоком качестве сырья по суммарному содержанию антоцианов, проантоцианидинов и флавоноидов.*

Использование не древесных ресурсов леса приобретает все большее значение в связи с современными тенденциями перехода к комплексному использованию биологических ресурсов и устойчивому лесопользованию [7].

Vaccinium vitis-idaea L. (брусника) – является ценнейшим дикорастущим ягодным и лекарственным растением, которое является важным ценотическим компонентом лесных биоценозов [8]. Данный вид имеет широкий ареал произрастания, охватывает большую часть Европы, Азии и Северной Америки и встречается в хвойных и хвойно-мелколиственных лесах, на окраинах заболоченных лесных участков. *Vaccinium vitis-idaea* нетребовательна к плодородию почвы, достаточно зимостойка, морозостойка и засухоустойчива, но довольно требовательна к свету [4]. В Беларуси встречается в лишайниковом, мшистом, черничном и сфагновом (на микроповышениях) типах лесов [6]. Плоды и листья брусники обладают высокой пищевой и лекарственной ценностью, Листья и ягоды *V. vitis-idaea*, содержащие биологически активные вещества, широко применяются в народной и официальной медицине. Ценность пищевых и лечебно-профилактических свойств этого вида обусловлена содержанием в ягодах, листьях и побегах значительного количества физиологически активных соединений: органических кислот, сахаров, пектинов, витаминов, фенольных соединений, арбутина и микроэлементов [3, 5].

Исследования проводили на территории ландшафтного заказника республиканского значения «Гродненская Пуца» (Беларусь,

Гродненская область, Гродненский район) с 10–15 августа 2018 – 2022 г. в течение 10–14 дней. В период исследований нами проведены мониторинговые ресурсоведческие описания в сукцессионном ряду культуры *Pinetum pleuroziosum* (A2) I – V класса возраста древостоя на 8 пробных площадях (400 м²) в 2018 году, 14 – 2019 году и по 15 пробных площадей каждый год с 2020 по 2022 года. Урожайность (г/м²) побегов *V. vitis-idaea* определяли методом проективного покрытия [2]. В учётных площадках определяли проективное покрытие *V. vitis-idaea*, а также в 1 дм² (наиболее заполненным в пределах 1 м²) срезали сырьё (*Cormi Vitis idaeae* (побеги *V. vitis-idaea*). Далее сырьё сушили воздушно-теневым способом и определяли воздушно-сухую фитомассу на лабораторных весах НТ-220 СЕ с $\pm 0,01$. Определение суммарного содержания антоцианов, проантоцианидинов и флавоноидов листьев *V. vitis-idaea* определяли по [1].

В каждой пробной площади определяли сквозистость методом конверта и абсолютную освещенность с помощью люксметра «Ю–116», с погрешностью измерений $\pm 10\%$, в 5-кратной повторности и контрольные значения (в начале и конце на максимально освещенном участке, n=2) и оценивали относительную освещенность в %.

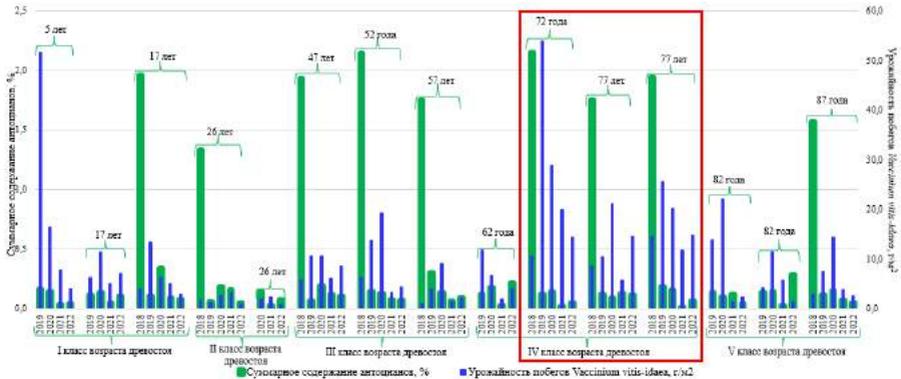
В результате анализа полученных данных с 2018 по 2022 год исследований искусственных сосняков мшистых, нами выявлено, что максимальная урожайность *Cormi Vitis idaeae* ($51,68 \pm 15,62$ г/м², возд.-сух.) характерна молодняку (культура) в возрасте 5 лет после сплошной рубки 2016 года; данному биотопу характерна высокая относительная освещенность – 100% и сквозистость – 99,69 %. Так же высокие значения урожайности характерны приспевающим сообществам (от $8,46 \pm 1,25$ до $53,82 \pm 6,92$ г/м²) за пять лет исследований, кроме сосняка возраста 62 года. Относительно невысокие значения урожайности характерны жерднякам (от $0,80 \pm 0,14$ до $2,44 \pm 0,26$ г/м²), что обусловлено изменением светового режима – снижением относительной освещенности до 10,30% и сквозистости до 23%, за счет смыкания крон древесного яруса.

Изучение фитохимического состава *Folia Vitis idaeae* (листья *V. vitis-idaea*) в разных классах возраста древостоя искусственных *Pinetum pleuroziosum* показало, что суммарное содержание антоцианов находится в пределах от 0,013% до 2,15%, с относительным максимальным количеством в приспевающих сосняках и в 2019 году в молодняке 5 лет (после сплошной рубки). Суммарное содержание

проантоцианидинов *Folia Vitis idaeae* варьирует от 0,11% до 15,00%, среднее значение данного параметра в каждом классе возрасте за 5 лет исследований варьирует незначительно (5,48 – 7,39%).

Максимальное содержание флавоноидов (5,26–22,13 %) характерно средневозрастным и приспевающим фитоценозам в 2018 году, с 2019 по 2022 год исследований, мы наблюдаем, тенденцию к уменьшению суммарного содержания флавоноидов с 7,80 до 0,006%.

Анализируя изменчивость ресурсной фитомассы и суммарного содержания антоцианов (рисунок 1), проантоцианидинов (рисунок 2) и флавоноидов нами выявлен ресурсно-фитохимический оптимум заготовки растительного сырья (относительно высокая урожайность и качество сырья) в лесных культурах, который формируется для *V. vitis-idaea* в приспевающих сообществах *Pinetum pleuroziosum*.



Примечание: 5 лет – возраст древостоя на изученной пробной площади; возраст древостоя указан на момент первого года исследований; красной рамкой обозначены относительно максимальные значения урожайности *Cormi Vitis idaeae* и суммарного содержания антоцианов

Рисунок 1 – Изменчивость урожайности *Cormi Vitis idaeae* и суммарного содержания антоцианов в классах возраста культуры сосняков мшистых

Таким образом, оптимальная урожайность *Cormi Vitis idaeae* в заказнике Гродненская Пуца (Беларусь) в условиях культуры для устойчивой заготовки при относительно высоком качестве растительного сырья по суммарному содержанию антоцианов, проантоцианидинов и флавоноидов формируется в приспевающих *Pinetum pleuroziosum*.



Примечание: 5 лет – возраст древостоя на изученной пробной площади; возраст древостоя указан на момент первого года исследований; красной рамкой обозначены относительно максимальные значения урожайности *Corymbus vitis-idaea* и суммарного содержания антоцианов

Рисунок 2 – Изменчивость урожайности *Corymbus vitis-idaea* и суммарного содержания проантоцианидинов в классах возраста культуры сосняков мшистых

Список литературы

- 1) Биохимические методы анализа растений / Под ред. М.Н. За-прометова. – Москва: Издательство иностранной литературы, 1960. – 592 с.
- 2) Буданцев А.Л., Харитонов Н.П. Ресурсоведение лекарственных растений / А.Л. Буданцев. – СПб. 1999. – 88 с.
- 3) Государственная фармакопея Республики Беларусь. – Том II Общие и частные фармакопейные статьи Разработана на основе Европейской Фармакопеи. – Минск, 2007. – 471 с.
- 4) Кузнецова И.Б. Влияние освещения на процессы побегообразования и ризогенеза брусники обыкновенной при клональном микроразмножении / И.Б. Кузнецова, А.И. Чудецкий, Г.В. Тяк // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2021. № 3(64). С. 102–108.
- 5) Курилович, Т.В. Брусника: культивирование как альтернатива заготовкам сырья в естественных местообитаниях / Т.В.Курилович. – Лекарственное растениеводство: от опыта прошлого ксовременным технологиям. – Полтава, 2015.–С.118–122.
- 6) Морозов, О.В. Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) сосновых лесов Беларуси / О.В. Морозов, под ред. Ж.А. Рупасовой; Центр. Бот. Сад. НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2006. – 114 с.
- 7) Старицын, В.В., Беляев, В.В. О современном состоянии ресурсов брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и черники (*Vaccinium myrtillus* L.) в лесах Архангельской области / В.В. Старицын, В.В. Беляев // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 2. – С. 71–77.
- 8) Чиркова, Н.Ю., Егошина, Т.Л. Демографические характеристики ценопопуляций *Vaccinium vitis-idaea* L. в условиях южнотаежных лесов Кировской области / Н.Ю. Чиркова, Т.Л. Егошина // Вестник ОУГ. – 2007. – №12. – С. 96–101.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКОБИОТЫ НА КАМЕННЫХ ПАМЯТНИКАХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА НА ОСНОВЕ МЕТАГЕНОМНЫХ И КУЛЬТУРАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Сазанова К.В.¹, Зеленская М.С.², Власов Д.Ю.^{1,2}

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова, Россия, Санкт-Петербург, barinova-kv@mail.ru

²Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, Санкт-Петербург

*Каменные памятники в Санкт-Петербурге обильно заселены грибами, выявление которых зависит от методического подхода. Согласно метагеномным исследованиям абсолютный доминант по встречаемости - гриб *Clusia karalitana*. По данным культуральных исследований абсолютным доминантом является *Aureobasidium pullulans*. Различия между мраморными и гранитными памятниками по биоразнообразию грибов на их поверхностях минимальны. Сезонные различия выражаются в существенном увеличении биоразнообразия грибов в осенний период.*

Исследования разнообразия микромицетов на памятниках из камня проводятся в Санкт-Петербурге с 1998 г. За этот период обследовано более 300 памятников из мрамора, известняка и гранита (Власов и др., 2002; Горбушина и др., 2002; Сазанова и др., 2020, 2022). Однако некоторые аспекты биоразнообразия грибов на памятниках в Санкт-Петербурге до сих пор остаются неизученными. Первый вопрос заключается в том, как меняется картина биоразнообразия грибов при использовании метагеномного анализа по сравнению с культуральными методами. Второй вопрос – как меняется состав грибов на памятниках в течение одного вегетационного периода, что важно при разработке методов защиты памятников от биовыветривания. В данной работе мы попытались ответить на эти вопросы.

Пробы для исследования были отобраны на территории Музея «Некрополь XVIII века» и «Некрополь мастеров искусств» (Государственный музей городской скульптуры, Центральный район Санкт-Петербурга) в 2022 г. дважды: ранний вегетационный период (апрель) и поздний вегетационный сезон (сентябрь). В исследование были включены памятники из силикатных (гранит) и карбонатных (мрамор) пород. Образцы для культурального и метагеномного анализа брали из различных типов субэкральных биопленок (САБ): темноокрашенные биопленки, предположительно образованных

преимущественно нелихенизированными грибами (САБ1); зеленые биопленки с преобладанием водорослей (САБ2) и биопленки с преобладанием лишайников (САБ3).

Для изоляции, культивирования и идентификации грибов небольшие фрагменты биопленок помещали на поверхность питательной среды Чапека-Докса и инкубировали в течение 2–4 недель при температуре 22°C. Идентификацию проводили по морфологическим признакам. Частоту встречаемости видов учитывали по соотношению числа колоний вида к общему числу колоний на питательной среде.

Для выделения ДНК использовали коммерческий набор PowerSoil. Использовали дополнительную очистку для удаления гуминовых кислот. Идентификацию микромицетов проводили с использованием праймеров для амплификации сайта (ITS1—5,8 S—ITS2) («Бигль», Санкт-Петербург, Россия). Были использованы праймеры для анализа максимального разнообразия из руководства (Fungal sequencing...). Секвенирование проводили на приборе MiSeq с использованием набора MiSeqReagentKit v3 (600 циклов) в парном режиме 2*300 циклов. Полученные данные анализировали с помощью пакета программ QIIME2. При формировании OTU использовался порог подобия последовательностей 97%.

В результате культуральных исследований было выявлено 19 видов *Ascomycota*. Лишь в одной пробе был обнаружен единственный вид *Mucoromycota* (*Entomortierella lignicola*). Более чем в 90% проб присутствовали *Aureobasidium pullulans*, *Alternaria alternata* и *Cladosporium cladosporioides*. Встречаемость *Alternaria chartarum*, *Cladosporium herbarum*, *C. sphaerospermum* и *Sydowia polyspora* достигала 50%. Абсолютным доминантом по частоте встречаемости и обилию оказался вид *Aureobasidium pullulans*. Около четверти всего разнообразия составляли типичные анаморфные почвенные грибы: *Trichoderma viride*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Tritiracium sp.*, *Epicoecum nigrum*. В целом их численность составляла 1,5-2%. Род *Penicillium* был представлен 4 видами: *P. brevicompactum*, *P. chrysogenum*, *P. decumbens*, *P. oxalicum*. Эти виды встречались редко и их численность не превышала 2,5%.

Сравнительный анализ биоразнообразия грибов в разных типах САБ показал, что образцы САБ2 контрастировали с САБ1 и САБ3 за счет максимального обилия *Aureobasidium*-подобных грибов, прежде

всего *A. pullulans* в САБ2 (до 88% САБ2 и до 50% в САБ1 и САБ3). Микроколониальные грибы были обнаружены преимущественно в САБ1 и САБ2.

Значительные различия разнообразия грибов были связаны с сезоном. Общие закономерности изменений в структуре изменения грибных сообществ заключались в увеличении биоразнообразия и относительной численности редких видов при снижении численности доминирующего вида *A. pullulans* в осенний период. Существенных различий в разнообразии грибов между силикатными и карбонатными породами не обнаружено.

По данным метагеномного анализа разнообразие грибов в основном было представлено *Ascomycota* — 71–97%. Доля *Basidiomycota* составляет 0,2–14,3%. Около 10% общей ДНК во всех образцах не было идентифицировано. По мере снижения ранга таксона количество неидентифицированных грибов увеличивалось и достигало около 20% на уровне рода. Число порядков варьировало для разных выборок и достигало 61. Среди них 6 - лишенизированные грибы. Доминировали грибы из порядков *Chaetothyriales*, *Dothideales*, *Capnodiales*, *Helotiales* и *Pleosporales*. Порядок *Chaetothyriales* достигал до 98% ДНК во всех исследованных образцах. Порядок *Dothideales* был вторым по численности (до 40% во всех пробах).

На уровне рода было выявлено 190 таксонов. Большинство из них (114) были единичными находками только в одном образце. Абсолютным доминантом во всех пробах был род *Knufia* (до 85% общей численности). В большинстве проб род *Aureobasidium* достигал 21% от общей численности.

Таким образом, в отличие от культуральных методов, по данным метагеномного анализа группа микроколониальных грибов является самой многочисленной по количеству видов и самой крупной по численности. В эту группу входят 6 родов: *Knufia*, *Celosporium*, *Vermiconia*, *Neophaeococcomyces*, *Coniosporium*, *Bradymyces*.

Основной доминирующий род *Knufia* представлен тремя видами: *K. karalitana*, *K. endospora* и *K. peltigerae*. Среди них наиболее многочисленным видом является *K. karalitana*.

Вторую по численности группу составляют грибы с *Aureobasidium*-подобной морфологией: *Aureobasidium*, *Rhinocladiella*, *Sacothecium*, *Exophiala*. Третьей многочисленной группой является комплекс *Cladosporium*, включающий *Cladosporium*, *Capronia* и

Trichomerium. Четвертая группа представлена грибами комплекса *Alternaria* (крупноспоровые микромицеты): *Paracamarosporium*, *Alternaria* и *Stemphylium*. Эти грибы были обнаружены во всех пробах, но их численность не превышала 4%.

Представители других морфо-экологических групп (дрожжевые грибы из *Saccharomycetaceae*, грибы, связанные с растениями) встречались значительно реже. Среди представителей *Basidiomycota* доминировали ксилотрофные грибы: *Baltazaria*, *Laetiporus*, *Phlebia*, *Heterobasidion*, *Peniophora*, *Ganoderma*, *Pleurotus*, *Sistotrema*, *Huiphodontia*, *Botryobasidium*, *Bjerkandera*, *Fomes*, *Fomitopsis*, *Oxyporus*. Кроме того обильно были представлены дрожжевые формы базидиомицетов различной экологии.

Сравнение грибов по типам САБ показало, что обилие *Aureobasidium*-подобных грибов было наименьшим в САБ1, в отличие от САБ2 и САБ3.

Сезонное сравнение грибов показывает, что осенью увеличивается доля *Basidiomycota*. Численность *Ascomycota* колебалась по-разному. *Capnodiales* и *Pleosporales* преобладают осенью. Весной доминирует порядок *Dothideales*. Основные тенденции заключались в следующем: обилие *Aureobasidium*-подобных и микроколониальных грибов возрастало весной и снижалось осенью. Доли других групп осенью увеличиваются.

Различия между мрамором и гранитом по разнообразию грибов минимальны.

На основании проведенного исследования можно заключить, что каменные памятники в Санкт-Петербурге обильно заселены грибами, выявление которых зависит от методического подхода. Очевидно, к выявленным грибам относятся как истинные обитатели камня, так и грибы, споры которых попали на поверхность камня из внешней среды. Поэтому, помимо таксономического разнообразия грибов, важным, на наш взгляд, является учет эколого-морфологических особенностей, послуживших основанием для деления грибов на группы. Оба методических подхода (культивационный и метагеномный) однозначно указывают на то, что комплекс доминирующих грибов в САБ на мраморе и граните Санкт-Петербурга формируют темноокрашенные микромицеты.

Согласно метагеномным исследованиям, абсолютным доминантом по встречаемости во всех пробах был гриб *Knufia*

karalitana, не идентифицированный методами культивирования.

По результатам культурального анализа мы предполагаем присутствие рода *Knufia* в комплексе микроколониальных грибов. Вид *Knufia karalitana* впервые был выделен и описан на памятниках в Италии, но на камне он встречается реже, чем *K. petricola* и *K. marmoricola* (De Leo et al., 2022).

Во всех типах САБ обнаружены типичные почвенные грибы (виды родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Botrytis*, *Fusarium*), а также связанные с растительными субстратами микромицеты. Эти грибы, а также базидиомицеты из *Russulales*, *Agaricales* и *Polyporales* являются случайными для литобиотических сообществ и возникают за счет удержания спор в биопленках на поверхности камня. Обилие базидиомицетов осенью может быть связано с формированием в этот период плодовых тел и спор.

Максимальное биоразнообразие микромицетов отмечено в биопленках с преобладанием лишайников, о чем свидетельствуют как культуральные так и метагеномные данные. Это можно объяснить тем, что споры грибов, попавших из атмосферы, в большей степени задерживаются в таком типе САБ.

Полученные данные в целом показывают, что формирование микобиоты на каменных памятниках в условиях городской среды представляет собой многофакторный процесс. Наиболее объективные характеристики микобиоты можно получить с помощью комплекса культуральных и молекулярно-генетических методов с учетом особенностей биопленок и влияния времени года.

Исследование выполнено при поддержке Комитета по Науке и Высшей школе Санкт-Петербурга.

Список литературы

Власов Д.Ю., Зеленская М.С., Франк-Каменецкая О.В. Микромицеты на мраморных памятниках музейных некрополей Александро-Невской Лавры (Санкт-Петербург). Микология и фитопатология, 2002. Т. 36. № 3. С. 7–10.

Горбушина А.А., Ляликова Н.Н., Власов Д.Ю., Хижняк Т.В. Микробные сообщества на мраморных памятниках Санкт-Петербурга и Москвы: видовой состав (разнообразие) и трофические взаимодействия. Микробиология. 2002. Т. 71. № 3. С. 409–417.

Сазанова К.В., Зеленская М.С., Бобир С.Ю., Власов Д.Ю. Микромицеты в биопленках на каменных памятниках Санкт-Петербурга. Микология и фитопатология. 2020. Т. 54. № 5. С. 329–339.

Sazanova K.V., Zelenskaya M.S., Vlasov A.D., Bobir S.Y., Yakkonen K.L., Vlasov D.Y. Microorganisms in superficial deposits on the stone monuments in Saint Petersburg.

Microorganisms. 2022. 10. 316. [https://doi: 10.3390/microorganisms10020316](https://doi.org/10.3390/microorganisms10020316).

De Leo F., Marchetta A., Urzi C. Black fungi on stone-built heritage: Current knowledge and future outlook. Appl. Sci. 2022. V. 12. (3969).
<https://doi.org/10.3390/app12083969>

Fungal sequencing and classification with the ITS Metagenomics Protocol
<https://www.illumina.com/content/dam/illumina-marketing/documents/products/appnotes/its-metagenomics-app-note-1270-2018-001-web.pdf>

ЭЛЕКТРОННАЯ БАЗА ДАННЫХ ЭКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОХООБРАЗНЫХ БЕЛАРУСИ

Сакович А.А.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

Обновлена база данных по биоэкологии и географии мохообразных, содержащей 6 блоков информации по экоморфам, биоморфам и географическим элементам 433 видов мохообразных Беларуси. База данных является информационной основой при первичной обработке данных по мохообразным умеренного климатического пояса Европы.

Одной из задач данной публикации является попытка обратить внимание научной общественности к действующей базе данных «Биоэкология и география мохообразных Беларуси» (Database of geography and ecology of bryophytes of Belarus version 2.0) (БД), с целью оптимизировать первичную обработку данных бриологами, геоботаниками, флористами и др. специалистами. БД является основой для дискуссии по спорным моментам экологии и географии мхов и корректировки информации при такой необходимости. БД по экологии и географии мохообразных Беларуси, включающая 433 вида, создана в 2014 г. [2] и представляет собой файл MS Excel где размещены 8 блоков, 6 из них заполнены основными параметрами вида: экоморфы (трофоморфы, гидроморфы), формы роста (биоморфы), жизненные стратегии, а также широтная и долготная характеристики ареала. Информация применима к Беларуси и территориям со сходными параметрами умеренного климатического пояса Европы. БД создана для структурирования и систематизации основных базовых характеристик видов мхов. Но так как в первой версии БД (2014) долготная составляющая ареала не была достаточно проработана и представляла сводку не полных данных, нами дополнен и обновлен массив информации по географии мохообразных (рисунок 1).

информационную систему (БД) по экологии и географии мохообразных в других климатических поясах с целью стандартизации классификационных систем по экологии и географии мохообразных, что является необходимым условием для корректного сравнительного анализа видовых списков мохообразных территорий различного масштаба.

Автор выражает благодарность за содействие и поддержку доктору биологических наук, заведующему кафедрой ботаники ГрГУ им. Я. Купалы Созинову О.В.

Список литературы

1. Городков, К.Б. Типы ареалов насекомых тундры лесных зон Европейской части СССР / К.Б. Городков // Ареалы насекомых европейской части СССР. – Л, 1984. – С. 3-20.
2. Сакович, А.А. Биоэкологическая база данных мохообразных Беларуси / А.А. Сакович, Г.Ф. Рыковский // Актуальные проблемы экологии: материалы X международ. науч.-практ. конф (Гродно, 1-3 окт. 2014г. Ч. 1 /ГрГУ имени Я. Купалы [и др]; редкол.:В.Н. Бурдь (гл. ред.) [и др.]. – Гродно 2014. – С. 39–40.
3. Сакович, А. А. Хорология бриофлоры Полесья: долготная структура / А. А. Сакович, М. С. Малько, Г. Ф. Рыковский // Природные ресурсы. – 2023. – № 1. – С. 61-69.
4. Сакович, А.А. Хорология бриофлоры Полесья: широтная структура / А.А. Сакович, М.С. Малько, Г.Ф. Рыковский // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Сер. 5, Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2023. – Т. 13. – № 2.
5. Толмачев, А.И. Введение в географию растений / А.И. Толмачев. –Л, 1974.–244с.
6. American Bryophyte catalog. Режим доступа: [https://sciweb.nybg.org/science2/hcol/bryo/index.asp.html]. Дата доступа: [24.02.2021].
7. The world flora online. Режим доступа: [http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0001195848#B]. Дата доступа: [24.02.2021].

МОРФОЛОГИЯ ПЫЛЬЦЫ МЕДОНОСНЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА ROSACEAE ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Скомаха А.Д.

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской Академии наук, Санкт-Петербург, Россия, ASkomakha@binran.ru

Проведен анализ пыльцы 12 видов медоносных растений семейства Rosaceae Ленинградской области России. Выделено 2 палинотина: тип Sanguisorba, с 6-лопастным очертанием с полюса; тип 3-бороздно-оровый со струйчатой скульптурой, в котором выделено 3 подтипа: подтип Dasiphora, отличающийся наличием мелких гранул на струйчатой поверхности экзины; подтип Crataegus с характерными короткими струями скульптуры; подтип Rosa — самый распространенный подтип с классической струйчатой скульптурой.

Исследование пыльцы представителей семейства Rosaceae Ленинградской области выполнялось в рамках темы лаборатории палинологии БИН РАН (Федерального бюджетного учреждения науки Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской Академии Наук) по составлению "Пыльца медоносных растений Северо-Запада России". Палинологическая характеристика мёда, т. е. определение видовой принадлежности пыльцы растений, содержащейся в образцах продукции — обязательное требование к качеству мёда (ГОСТ 19792-2017). Достоверность определения пыльцы зависит от степени изученности морфологии пыльцевых зерен медоносных растений региона, из которого происходит тестируемые образцы. Также информация о количестве и качестве пыльцы в мёде позволяет определить лечебные или аллергенные свойства продукта и выявить некоторые болезни пчёл. В настоящее время для Северо-Западного региона России атласов пыльцы, выполненных на современном уровне, не существует.

Интерес к исследованию пыльцы появился еще в XIX веке. В то время исследования проводились на светооптическом уровне без предварительной химической обработки пыльцы [2] и позволяли описывать лишь форму и размер пыльцевых зерен. С появлением сканирующей электронной микроскопии у исследователей появилась возможность получать изображения мельчайших деталей скульптуры поверхности пыльцевого зерна, фиксируя существенные различия в их

строении [3]. С помощью СЭМ (сканирующего электронного микроскопа) было выполнено множество палинологических исследований [4, 5, 6], однако, и в настоящее время данные о строении пыльцевых зерен представителей семейства Розовые очень разрозненны и не достаточны для составления атласа "Пыльца медоносных растений Северо-Запада России".

Для пыльцевого анализа были отобраны 12 видов растений из семейства Розовые: *Alchemilla vulgaris* L.; *Crataegus sanguinea* Pall.; *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.; *Geum rivale* L.; *Potentilla erecta* (L.) Raeusch.; *Rosa majalis* Herrm.; *Rosa rugosa* Thunb.; *Rubus caesius* L.; *Rubus odoratus* L.; *Sanguisorba officinalis* L.; *Sorbus aucuparia* L.; *Spiraea chamaedryfolia* L. Данные виды являются широко распространенными и доступными для пчел, а их пыльца очень часто встречается в образцах меда.

Материал для исследования был собран маршрутным методом в мае–июне 2021 г. и гербаризирован в природной среде. Для помощи в последующим определении были сделаны фотографии растений в естественных условиях, а также фотографии отдельных органов непосредственно на растении. Видовую принадлежность собранных образцов определяли с помощью Иллюстрированного определителя растений Ленинградской области [1].

Химическая обработка пыльцы проведена ацетолизным методом Г. Эрзмана, с заменой уксусного ангидрида на пропионовый. Цель данной обработки — удаление содержимого пыльцевых зерен для лучшего распознавания основных признаков диагностики пыльцевых зерен при микроскопическом исследовании. После химической обработки изготовлены препараты для светооптического исследования методом заключения образцов пыльцы в желатин-глицерин и подготовлены образцы пыльцы для дальнейшего исследования с помощью СЭМ Jeol JSM-6390LA. В ходе проведения светооптического исследования и исследования с использованием Jeol JSM-6390LA выполнялась фотофиксация изображений. Полученные микрофотографии, отражающие ключевые особенности строения пыльцевого зерна (очертание пыльцевого зерна, характер его симметрии, форма, размер, наличие и количество апертур) для каждого вида растений объединены в фототаблицы. Отдельное внимание уделялось строению экзины — внешнему слою спородермы, ее толщине, характеру скульптуры и текстуры пыльцевого зерна, ее

видимости при светооптическом исследовании, или ее типу на фотографии, полученной с использованием сканирующего электронного микроскопа.

По полученным фототаблицам (рисунок 1) составлены описания пыльцевых зерен исследованных видов, палинологический ключ, выявлены таксономически значимые признаки пыльцы на уровне семейства Розовые и 12 видов, выделено 2 палинотипа. Эти данные будут использованы при составлении атласа "Пыльца медоносных растений Северо-Запада России".

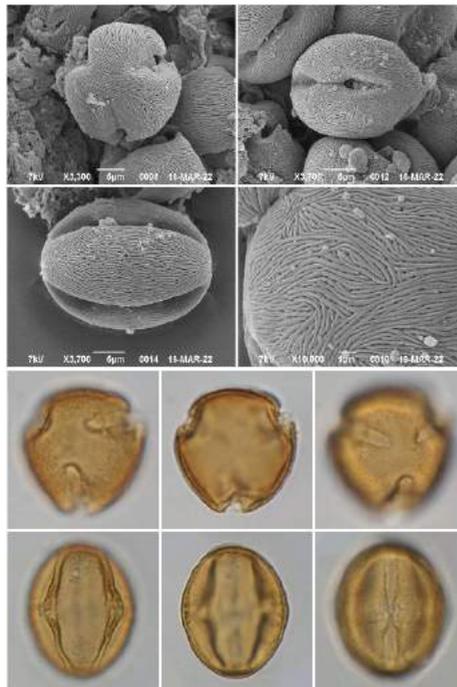


Рисунок 1 – Пример фототаблицы (*Sorbus aucuparia* L.)

На основе анализа результатов исследования получены следующие выводы:

1. Пыльцевые зерна изученных видов семейства Розовые эллипсоидные, изополярные, трех-, или шести-бороздно-оровые; от 18 до 40,0 мкм, экзина тонкая от 1,5 до 1,8 мкм.

2. Скульптура поверхности пыльцевых зерен у исследованных

видов струйчатая, за исключением бородавчатой у *Rubus odoratus* L. Различима только при исследовании с помощью сканирующего электронного микроскопа.

3. Особенности морфологии пыльцевых зерен изученных видов позволили выделить 2 палинотипа: тип *Sanguisorba*, характеризующийся 6-лопастным очертанием с полюса и включающий в себя один вид — *Sanguisorba officinalis* L.; тип 3-бороздно-оровый со струйчатой скульптурой, в котором выделяется 3 подтипа: подтип *Dasiphora*, отличающийся наличием мелких гранул на струйчатой поверхности экзины, представлен видом *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.; подтип *Crataegus* с характерными короткими струями скульптуры, по аналогии с предыдущем подтипом представлен одним видом — *Crataegus sanguinea* Pall.; подтип *Rosa* — самый распространенный подтип с классической струйчатой скульптурой, включает следующие виды: *Alchemilla vulgaris* L.; *Geum rivale* L.; *Potentilla erecta* (L.) Raeusch.; *Rosa majalis* Herrm.; *Rosa rugosa* Thunb.; *Rubus caesius* L.; *Rubus odoratus* L.; *Sorbus aucuparia* L.; *Spiraea chamaedryfolia* L.

Основной целью данной работы было выявление и описание морфологического разнообразия пыльцы медоносных растений семейства Розовые Ленинградской области для создаваемого атласа «Пыльца медоносных растений Северо-Запада России».

1. В ходе выполнения были использованы и описаны следующие методы: метод сбора и гербаризации растительного материала для последующего пыльцевого анализа; методы предобработки растительных образцов для пыльцевого анализа на СМ и СЭМ: химическая обработка пыльцы ацетоллизным методом Эрдмана с заменой уксусного ангидрида на пропионовый; изготовление препаратов для СМ методом заключения в желатин-глицерин; изготовление столиков для СЭМ; приемы работы со СМ и СЭМ.

2. С помощью СМ и СЭМ исследована пыльца следующих 12 представителей семейства Розовые:

Alchemilla vulgaris L.; *Crataegus sanguinea* Pall.; *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.; *Geum rivale* L.; *Potentilla erecta* (L.) Raeusch.; *Rosa majalis* Herrm.; *Rosa rugosa* Thunb.; *Rubus caesius* L.; *Rubus odoratus* L.; *Sanguisorba officinalis* L.; *Sorbus aucuparia* L.; *Spiraea chamaedryfolia* L.

3. Выявлены таксономически значимые признаки пыльцы 12 видов, 9 родов и самого семейства Розовые; выделено 2 палинотипа.

Список литературы

- Иллюстрированный определитель растений Ленинградской области / Редакторы: А.Л. Буданцев, Г.П. Яковлев. М. – Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 799 с.
- Purkinje J. E. De cellulis antherarum fibrosis nec non de granorum pollinarium formis: commentatio phytonica. / Purkinje J. E. – Vratislavia, 1830. – P. 106.
- Hebda R. J. Pollen morphology of Rosaceae of Western Canada / Hebda R. J., Chinappa C. C., Smith B. M. // Grana, 1988 – Vol. 27, №2, P. 95-113.
- Wronska-Pilarek D. Pollen morphology and variability of invasive *Spiraea tomentosa* L. (Rosaceae) from populations in Poland / Wronska-Pilarek D., Wiatrowska B., Bocianowski J. // PLoS ONE, 2019. – V. 14, №8. P. 19. – DOI: 10.1371/journal.pone.0218276.
- Faghir M. B. Pollen morphology of the genus *Alchemilla* L. (Rosaceae) in Iran / Faghir M. B., Attar F.; Shavvon R. S., Mehrmanesh A. // Turkish Journal of Botany, 2015. – V. 39, №2. P. 267-279.
- Lechowicz K. Pollen morphology and variability of species from the genus *Rubus* L. (Rosaceae) alien and invasive in Poland // Lechowicz K., Bocianowski J., Wronska-Pilarek D. // Webbia. Journal of Plant Taxonomy and Geography, 2021. – V. 76, №1. P. 109-121. – DOI: 10.36253/jopt-10355.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ГЕРБАРНОЙ КОЛЛЕКЦИИ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ИНСТИТУТА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф. КУПРЕВИЧА НАН БЕЛАРУСИ (MSK-V)

Слесарёнок Я.Ю., Евсеева М.М.

*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси,
Минск; Slesarenok_yana@mail.ru, m.yauseyeva@yandex.by*

Гербарий является уникальным и в то же время абсолютно единственным достоверным документом, подтверждающим произрастание именно этого вида именно в этом месте и именно в этот период времени. Кроме этого он является документально-достоверной материальной базой для проведения биохимических, генетических и других подобных работ. Он дает сведения о составе, изменении флоры той или иной территории, о распространении видов и условиях их произрастания [1].

Свое формирование Гербарий Института экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси начал в 1922 году и в минувшем, 2022 году он отметил свое столетие. В 1964 году ему присваивается международный индекс MSK, он заносится в международный реестр Гербариев и причисляется к важнейшим ботаническим коллекциям бывшего СССР и мира [2]. К настоящему времени Гербарий является старейшим и самым крупным в стране [1]. По состоянию на 01.08.2023 года его основная база включает 222 166 гербарных листов. В 2002 году Гербарий был внесен в перечень научных объектов, которые составляют Национальное достояние Республики Беларусь под реестровым №4, с выделением средств из республиканского бюджета на поддержание и функционирование коллекции начиная с 2003 года [3]. С этого времени начала формироваться и электронная база данных, для которой вначале были сформированы принципы построения, наполнения, функционирования, подготовлена электронная оболочка базы, выполненная на основе базы, разработанной для Гербария ЦБС НАН Беларуси.

В состав Гербария на сегодняшний день включены 7 коллекций, из которых самой многочисленной является коллекция сосудистых растений. В настоящее время гербарий действует на основании

«Положения о Гербарии Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси», утвержденного приказом директора Института от 28 марта 2019 г.

Наполнение компьютерной базы данных «Гербарий MSK-V» началось с 20.02.2004 г., когда были введены первые сто гербарных листов. Динамика ввода данных (количество введенных гербарных образцов) т.е. наполнения гербария по годам не имеет линейной зависимости и зависит от многих факторов, в т.ч. степени подготовки материалов (готовые гербарные листы или листы с полевыми этикетками, определенные или требующие определения и т.п.). Так, например, за неполный 2004 год в базу было введено 21 116 гербарных листов, за 2005 – 28 167, 2006 – 17 689; 2007 – 20 810; 2008 – 21 645; 2009 – 18 535; 2010 – 5 816; 2011 – 7 163; 2012 – 3 958; 2013 – 7 368; 2014 – 8 489; 2015 – 7 008; 2016 – 3 648; 2017 – 6 540; 2018 – 17 918; 2019 – 7 147; 2020 – 6 038. После ввода основной части коллекции темпы ввода сильно замедлились, ранее собранные и не введенные материалы отсутствуют, и к настоящему времени темпы составляют около 4-5 тысяч гербарных листов в год. Так, в 2022 г. обработано и введено в базу данных с раскладкой материалов на постоянное хранение в основной фонд 4 611 гербарных листов, которые были собраны в 98 административных районах республики.

Большинство районов с наименьшим показателем численности гербарных сборов, посещались сотрудниками лаборатории специально в ходе полевых экспедиций. Всего только в 2022 г. гербарный материал был собран из 31 административного района Беларуси.

Предварительный анализ базы данных позволяет сосредоточить внимание на самых мало представленных в отношении гербарных материалов административных районах, благодаря чему быстрыми темпами идет наполнение этих районов и в целом значительно повышается степень их флористической изученности.

По предварительным подсчетам нативная флора административного района должна составлять от 500 до 700-800 таксонов, а с учетом культивируемого компонента она должна составлять не менее 800-1000 таксонов. В настоящее время такие показатели уже достигнуты для ряда районов и в ближайшие годы их число будет неуклонно расти, что будет очень значительным подспорьем при выходе очередных томов капитального издания

«Флора Беларуси». Так, например, если гербарий всех представителей семейства *Ranunculaceae* за период с 1922 по 2010 год (время начала основных работ по отдельным томам Флоры) составлял около 4 000 листов, то только за 5 последних лет, на протяжении которых велась непосредственная работа над 4 томом, посвященном, в т.ч. и представителям этого семейства, было собрано свыше 6 500 листов, составляя на сегодня 10 068 листов. Сохранять данную тенденцию превалирования сборов по очередному тому сотрудники предполагают и в будущем, а самая главная наша задача на этом этапе – вовремя вносить все материалы в базу, не создавая залежей необработанного гербария.

Особенно разительно отличаются показатели представленности видового состава по административным районам в отдельные периоды (рис. 1, 2). Если в 2013 году районов, которые были бы представлены числом видов более 1 000 составляло всего 4, а районов, с показателями менее 400 составляло более половины, то в 2023 первых стало 11, а слабо представленных сократилось до 37. Причем, если в 2023 году наименьшие показатели представленности на район составляли 200-300 видов то 10 лет назад были районы, в которых было собрано от 20 до 100 таксонов. На ближайшие годы ставится задача достичь минимальных показателей не менее 400 таксонов на административный район, убрав неокрашенные участки с карты республики и увеличив количество регионов с показателем более 1 000 таксонов на 10-12, достигнув абсолютного значения 20 и более.

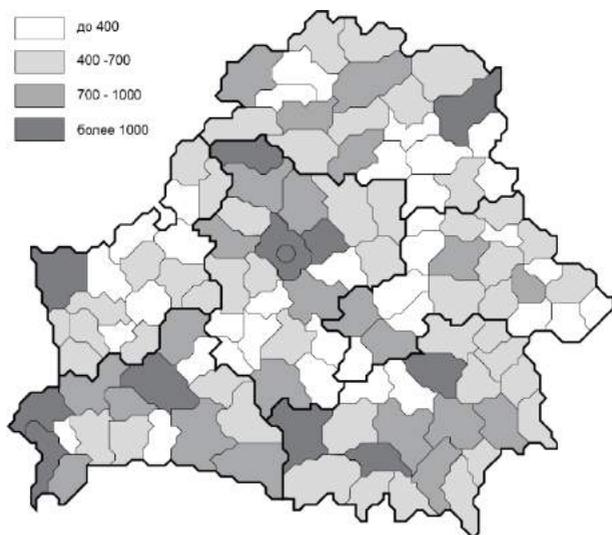


Рисунок 1 – Динамика численности гербарных листов по административным районам, представленных в Гербарии по состоянию на 1.08.2023

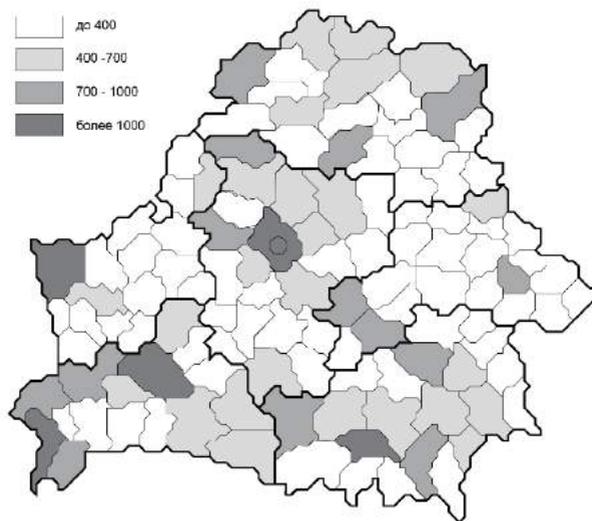


Рисунок 2 – Динамика численности гербарных листов по административным районам, представленных в Гербарии по состоянию на 1.08.2013

Таким образом, всего в базе данных на 01.08.2023 г. хранится информация о 222 166 образцах высших сосудистых растений. Общий объем базы составляет 267 Мб. При сохранении существующих темпов роста численности гербария и увеличении числа представленных таксонов в пределах отдельных административных районов гербарий Института сохранит лидирующие позиции в республике и будет соответствовать высокому статусу объекта Национального достояния.

Список литературы

1. Гербарий / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси; под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – 72 с.
2. История становления гербария Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси (MSK) / Д.В. Дубовик, В.И. Парфенов, Г.Ф. Рыковский, А.Н. Скуратович, С.С. Савчук // История ботаники в России. К 100-летию юбилею РБО. Сборник статей Международной научной конференции, Тольятти, 14-17 сентября 2015 г. Т.2. Ботанические научные школы и лидеры. – Тольятти, 2015. – С. 157–161.
3. Об объявлении гербария Института экспериментальной ботаники имени В.Ф.Купревича Национальной академии наук Беларуси и Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов (научной коллекции типовых и промышленно ценных непатогенных микроорганизмов Института микробиологии Национальной академии наук Беларуси) научными объектами, которые составляют национальное достояние [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 11 июня 2002 г., № 758 // Законодательство Республики Беларусь; – Минск, 2022. *Источник: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C20201827/> – Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь.*

ИЗМЕНЧИВОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННОГО СЫРЬЯ БРУСНИКИ НА ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИХ ГРАДИЕНТАХ (ВОРОНОВСКИЙ РАЙОН БЕЛАРУСИ)

Филипчик П.П., Созинов О.В.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы; г. Гродно, Беларусь
polina_filipchik@mail.ru, o.sozinov@grsu.by

*Изучена изменчивость фитомассы сырья *Vaccinium vitis-idaea* (побеги; возд.-сух.) на эколого-ценотических градиентах сосновых лесов Вороновского района Беларуси. Урожайность *V. vitis-idaea* в сосняках мшистых и орляковых варьирует от 1 до 478,22 г/м², средняя масса – 142,89 г/м². Параметры фитоиндикации и сквозистость имеют достоверное невысокое влияние на урожайность побегов брусники ($p=0,048$; $\eta^2=8,54\%$). Распределение фитомассы сырья (возд.-сух.) на экологических градиентах имеет бимодальный характер. Согласованная изменчивость фитомассы сырья брусники и экологических факторов не линейна – $tk\ 0,86-0,87$.*

Брусника *Vaccinium vitis-idaea* L. имеет важное хозяйственное значение (фармакопейный вид), широкое распространение и значительную амплитуду варьирования экологических условий произрастаний [3].

Цель работы – изучение изменчивости урожайности лекарственного сырья брусники (побеги) на эколого-ценотических градиентах в Вороновском районе Беларуси.

Исследование проводили в июле-октябре 2022 года в Вороновском районе Гродненской области. Заложены шесть пробных площадей (ПП=400 м²) в сосняках орляковых (4) и сосняках мшистых (2). Изученные фитоценозы отнесены нами к ассоциациям: сосняк бруснично-зеленомошный (код ПП А3), сосняк дубняково-черничный (А4), сосняк дубняково-мшистый (А5) и осинник сосново-брусничный (А6), в сосняках мшистых – сосняки крушиново-черничные (А7-А8). Класс бонитета древостоя I (сосняки мшистые, А7-А8) и IA (сосняки орляковые, А3-А6), средняя высота древостоя от 23 до 27 м., возраст древостоя от 65-75 лет – приспевающие, относительная полнота 0,7. Тип лесорастительных условий (ТЛУ) – в сосняках орляковых В₂, в сосняках мшистых А₂. Сквозистость крон определяли с помощью фотокамеры: в полевом сезоне фотографировали кроны в пяти точках ПП на уровне 0,5-0,6 м (20,2 Мп) и оценивали световой режим в программе ImageJ по схеме метода уколов [4]. Урожайность побегов

брусники изучали методом учётных площадок 900 см² (30×30 см, по 20 на ПП, всего УП=120) по градиенту обилия брусники. Надземную фитомассу брусники (облиственные побеги *Vaccinium vitis-idaea cormi*) срезали с каждой учётной площадки и сушили воздушно-теневым способом [5]. Далее определяли воздушно-сухую фитомассу брусники на аналитических весах VIBRA НТ-220СЕ до второго знака после запятой.

Рассчитывали экологические режимы биотопов по шкалам Д.Н. Цыганова [1]. В программе Statistica 10 проводили корреляционный анализ для выявления связи массы лекарственного сырья и экологического фактора (термоклиматическая ТМ; континентальность климата КН; аридность/гумидность климата ОМ, криоклиматическая СР, увлажнение почв НД, трофность почв ТР, богатство почв азотом NT, кислотность почв РС, освещенности (LC), переменность увлажнения почв FH и сквозистость) и дисперсионный для сравнения урожайности брусники на шести фитоценозах. Рассчитывали критерий криволинейности по Н. А. Плохинскому; значение коэффициента криволинейности ниже 3 мы принимали за условно прямолинейную связь [2].

Анализ полученных данных показал, что урожайность *Vaccinium vitis-idaea* в изучаемых сообществах варьируется от 0,09 до 43,04 г/0,09м², средняя масса – 12,86 г/0,09м². Наибольшая средняя масса брусники в осиннике сосново-брусничном (А6; 15,45 г/0,09м²) при уровне сквозистости 39,61%, наименьшая в сосняке крушиново-черничном (А7; 8,15 г/0,09м², сквозистость 38,4%) (рисунок 1).

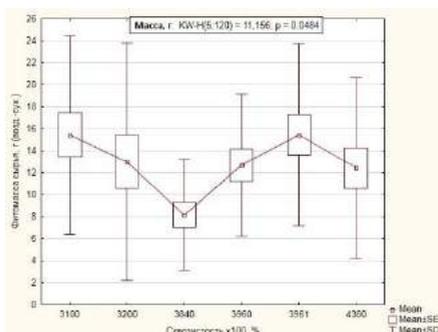


Рисунок 1 – Урожайность *Vaccinium vitis-idaea* (побеги; воздушно-сухая) на градиенте сквозистости (mean – средняя масса, mean SE – ошибка среднего, mean±SD – квадратичное отклонение; КВ-Н – критерий Крускала-Уоллиса)

Данные урожайности *Vaccinium vitis-idaea* не подчинены нормальному закону распределения - уровень значимости критерия Шапиро-Уилка $p < 0,05$. По результатам непараметрического дисперсионного анализа Крускала-Уолиса выявлено влияние экологических факторов на фитомассу сырья *Vaccinium vitis-idaea cormi* (возд.-сух.) ($N=11,16$ и $p=0,048$). Выявлено невысокое влияние каждого фактора на урожайность побегов брусники ($p=0,067$, $\eta^2=8,54\%$). Такие результаты объясняем схожестью лесотипологических условий изучаемых сообществ [4].

По результатам корреляционного анализа выявлена нелинейная зависимость между фитомассой побегов (воздушно-сухой) брусники и экологическими факторами ($p > 0,05$).

Критерий криволинейности (t_k) связи массы воздушно-сухой побегов *Vaccinium vitis-idaea* и сквозистости равен 0,86, для других факторов $t_k=0,87$.

Зависимости фитомассы сырья *Vaccinium vitis-idaea* на градиенте факторов имеют бимодальный характер и показаны на примере (рисунок 2, рисунок 1) богатства почвы азотом (NT) и сквозистости.

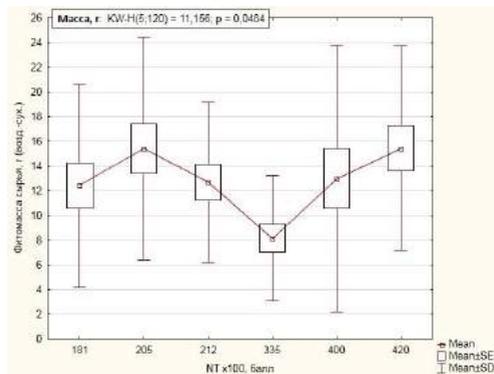


Рисунок 2 – Характеристика связи между фитомассой сырья богатством почв азотом NT (mean – средняя масса, mean SE – ошибка среднего, mean±SD – квадратичное отклонение; KW-H – критерий Крускала-Уолиса)

Исследование изменчивости урожайности *Vaccinium vitis-idaea cormi* на эколого-ценотических градиентах в приспевающих среднеполнотных сосняках мшистых и орляковых показало, что экологические факторы (термоклиматическая ТМ; континентальность

климата KN; аридность/гумидность климата OM, криоклиматическая CR, увлажнение почв HD, трофность почв TR, богатство почв азотом NT, кислотность почв RC, освещенности LC, переменность увлажнения почв FH и сквозистость) имеют достоверное низкое влияние на урожайность побегов брусники ($p=0,048$; $\eta^2=8,54\%$). Выявлено бимодальное распределение фитомассы сырья (возд.-сух.) на градиентах факторов (TM; KN; OM, CR, HD, TR, NT, RC, LC, FH и сквозистость). Зависимость между фитомассой сырья брусники и экологическими факторами условно прямолинейная ($p>0,05$, $t_k - 0,86-0,87$).

Список литературы

1. Бузук Г.Н., Созинов О.В. Регрессионный анализ в фитоиндикации (на примере экологических шкал Д.Н. Цыганова) / Г.Н. Бузук, О.В. Созинов // Ботаника. – Минск: Право и экономика, 2009. – Вып. 37. – С. 356-362.
2. Плохинский Н.А., Биометрия / 2-е изд. - М.: Изд-во МГУ, 1970. - 367 с.
3. Созинов О.В. Ресурсная характеристика ценопопуляций *Vaccinium vitis-idaea* (*Ericaceae*) в Гродненской области (Республика Беларусь) // Растительные ресурсы. 2014. – Т. 50, вып. 3 – С. 337-346.
4. Филипчик, П.П. Методы учёта обилия и урожайности фитомассы *Vaccinium vitis-idaea*: сравнительная оценка / П.П. Филипчик, О.В. Созинов // Теоритические и прикладные аспекты организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений: материалы междунар. Науч. Конф., посвящ. 95-летию со дня рожд. члена-корресп. НАН Беларуси Е.А. Сидоровича (9-10 марта 2023 г.) / ЦБС НАН Беларуси. – Минск, 2023. – С. 114-117.
5. Чиков, П.С. Пособие по сбору и заготовке лекарственных растений / П.С. Чиков. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 120 с.

СЕКЦИЯ 2. ФИЗИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

РОЛЬ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ПРОЯВЛЕНИИ ИНВАЗИВНОСТИ РАСТЕНИЯМИ ИЗ РОДА МЕЛКОЛЕПЕСТНИК (*ERIGERON* L.)

Азза М.Д.

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
БЕЛАРУСИ»,

220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Беларусь, e-mail: margo.azza@mail.ru

Изучено влияние водных экстрактов из растительного сырья 3-х видов растений: мелколепестничка канадского, мелколепестника однолетнего и мелколепестника едкого, на рост и развитие тест-культур. Экстракты инвазивных видов мелколепестника однолетнего и мелколепестничка канадского концентрацией 10% оказали наиболее ингибирующее действие на рост проростков тест-культур. Концентрация 0,001% стимулировала ростовые процессы тест-культур.

Сохранение биоразнообразия является приоритетом развития человечества и природы как материальной основы существования цивилизации. Среди угроз биоразнообразию планеты наиболее серьезной является неконтролируемое распространение чужеродных организмов [3]. Инвазивные виды растений приносят ущерб не только экосистемам, но также отдельным отраслям экономики и здоровью человека. Для оценки влияния инвазивных видов на растительные сообщества необходимо оценить аллелопатическую активность видов.

В ходе работы проведена оценка аллелопатической активности инвазивных видов Беларуси мелколепестничка канадского (*Conyza canadensis* L.), мелколепестника однолетнего (*Erigeron annuus* (L.) Pers.), и а также аборигенного вида Беларуси мелколепестника едкого (*Erigeron acris* L.).

Аллелопатическую активность растений определяли по А.М. Гродзинскому [2]. В качестве тест-культур использовали редис посевной (сорт Французский завтрак) и некоторые виды культурных растений: яровой ячмень (сорт Батяка) и озимая пшеница (сорт Августина).

Семена тест-культуры и культурных растений проращивали в

чашках Петри с прорезями на фильтровальной бумаге, смоченной водными экстрактами, полученными из надземной биомассы растений, различных концентраций (0,001%, 0,01%, 0,1%, 1%, 10%). В качестве контроля служили семена, обработанные дистиллированной водой. Семена проращивали в термостате при температуре 22 °С. Эксперимент проводили в 3-х повторностях [4]. Энергию прорастания, всхожесть и линейный рост анализируемых тест-культур определяли согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» [1].

Результаты проведенных опытов показали, что 10%-ая концентрация водных экстрактов, полученных из надземной биомассы всех трех видов мелколепестника, оказывают сильное ингибирующее действие на рост проростков тест-культуры редиса посевного (сорт Французский завтрак). Наибольший ингибирующий эффект оказал мелколепестник однолетний. Он ингибировал рост корней на 63,5%, а рост побегов – на 66,23%. Также мелколепестничек канадский ингибировал рост корней на 74,69% и рост побегов на 53,57%. Мелколепестник едкий оказал наименьший ингибирующий эффект среди представленных видов мелколепестника, подавляя рост корней и побегов соответственно на 43,13% и на 31,12%. С уменьшением концентрации ингибирующий эффект снижается и имеет тенденцию к стимулированию процессов прорастания тест-культуры. Мелколепестничек канадский оказал наибольший стимулирующий эффект в концентрации 0,001%. Длина корней редиса увеличивалась на 22%, рост побега – на 6,54%.

На энергию прорастания семян тест-культуры редиса посевного обработка экстрактами оказывала меньшее влияние, чем на линейный рост корней и побегов. В наших опытах только при обработке растворами с 10%-ой концентрацией отмечается достоверное снижение данного показателя (81-88%) по сравнению с контролем (96,6%). Обработка семян редиса экстрактами с концентрациями от 0,001% до 1% к достоверным изменениям энергии прорастания не приводила.

Для оценки влияния аллелопатической активности экстрактов, полученных из надземной биомассы трех видов мелколепестника проведена оценка их влияния на прорастание культурных видов растений. Экстракты концентрацией 10% ингибировали рост озимой пшеницы сорта Августина сильнее, чем рост редиса посевного. Наиболее ингибирующей активностью обладал мелколепестник

однолетний. Он подавлял прорастание корней пшеницы на 77,22%, а побегов – на 84,33% по отношению к контролю. Мелколепестничек канадский также ингибировал прорастание пшеницы, но в меньшей степени: длина корней ингибировалась на 67,44%, а побегов на 60,32%. Мелколепестник едкий оказывал ингибирующее влияние меньше всего, он ингибировал рост корней и побегов соответственно на 49,29% и 32,34%. Концентрация экстрактов от 1% до 0,01% не оказала существенного влияния на линейный рост корней и побегов пшеницы, а концентрация 0,001% оказала незначительный стимулирующий эффект. Наиболее активно рост побегов стимулировал мелколепестничек канадский. Длина побегов увеличилась на 5,47% по сравнению с контролем. Мелколепестник едкий оказал небольшой стимулирующий эффект на корни – длина увеличилась на 9,16%.

На ячмень сорта Батка 10%-ые экстракты разных видов мелколепестника оказывали практически такое же влияние, как на пшеницу. Мелколепестник однолетний обладал наибольшим ингибирующим эффектом. Он угнетал рост побегов на 81,9%, а рост корней на 65,3%. Мелколепестничек канадский занимает промежуточное положение по ингибирующей активности между мелколепестником однолетним и едким. Он ингибировал рост корней и побегов соответственно на 57% и 62,6% по сравнению с контролем. Мелколепестник едкий оказал более сильное влияние на ячмень, нежели на пшеницу и редис посевной. Экстракты 0,001%-ной концентрации не стимулировали рост проростков ячменя сорта Батка. Только мелколепестник однолетний оказал незначительный стимулирующий эффект на корни ячменя – на 1,8 % по сравнению с контролем.

В ходе проделанной работы установлено, что наибольшее снижение линейных параметров корней и побегов у тест-культуры и культурных растений наблюдается при обработке семян 10%-ми водными экстрактами из надземной части мелколепестничка канадского и мелколепестника однолетнего, меньшее – мелколепестника едкого. Высокие концентрации сильнее оказывают ингибирующее действие на побеги тест-культуры – редиса посевного и культурных растений – ярового ячменя и озимой пшеницы, чем на корни. Концентрация 0,001% оказывает стимулирующий эффект на рост корней и побегов тест-культур. Ростовые процессы озимой пшеницы сильнее ингибируются водными экстрактами из надземной

части разных видов мелколепестника, чем яровой ячмень и редис посевной. Мелколепестник однолетний оказался наиболее аллелопатически активным, мелколепестник едкий обладал наименьшей аллелопатической активностью.

Список литературы

1. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Изд-во стандартов, 1985. – 64 с.
2. Гродзинский А.М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ: основы химического взаимодействия растений / А.М. Гродзинский. – Киев: Наукова думка, 1965. – 200 с.
3. Дубовик Д.Б. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д.Б. Дубовик [и др.] ; под общ. ред. В.И. Парфенова, А.В. Пугачевского ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф. Купревича. – Минск : Беларуская навука, 2020. – 407 с.
4. Прохоров В.Н. Инвазионный потенциал некоторых видов растений из рода Мелколепестник (*Erigeron* L.) / В.Н. Прохоров, Е.Н. Карасева, А.В. Бабков, М.М. Сак, М.Д. Азза // Ботаника (исследования) : сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. Бот. НАН Беларуси. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С. 194–201.

ВОЗДЕЙСТВИЕ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ НА НЕФЕРМЕНТАТИВНУЮ ПРОДУКЦИЮ ГИДРОКСИЛЬНОГО РАДИКАЛА

Арзамазкина К.И., Герман А.Д., Мацкевич В.С.

Белорусский государственный университет; Минск, Беларусь, электронный адрес:
v.mackievic@gmail.com

Среди активных форм кислорода гидроксильный радикал обладает наивысшей реакционной способностью и является наиболее опасным для живых систем. В данной работе при помощи ЭПР-спектрометрии и спиновой ловушки ДМПО было показано, что добавление свободных аминокислот снижает неферментативную продукцию гидроксильного радикала в смеси 1 ммоль/л CuCl_2 , 1 ммоль/л L-аскорбата, 1 ммоль/л H_2O_2 : при введении гистидина ЭПР-сигнал ДМПО-НО \cdot уменьшился в 2,5 раза, а при введении пролина – в 1,5 раза.

ВВЕДЕНИЕ

Активизация исследований последних десятилетий в направлении раскрытия природы и механизмов образования активных форм кислорода (АФК), а также выяснения их биологической роли связана со значением этого феномена, как одного из ключевых звеньев передачи сигналов в живом организме на уровне отдельных молекул. Образование и передача таких сигналов реализуются как в ходе нормальных физиологических процессов, так и при стрессе [1-3]. Окислительный стресс – дисбаланс между свободными радикалами и антиоксидантами в организме – развивается в ответ на действие всех стрессовых факторов. Одной из первых реакций растительного организма на такое состояние является активация антиоксидантной системы. Вначале используются имеющиеся резервы (пул специфических антиоксидантных ферментов и низкомолекулярных веществ), после чего происходит синтез специальных высокоактивных белковых систем [1]. Одним из важнейших классов низкомолекулярных соединений являются аминокислоты. Научные данные свидетельствуют о способности отдельных аминокислот к снижению повреждающих эффектов, обусловленных окислительным воздействием различной природы на разных уровнях организации. Например, установлено, что пролин является эффективным перехватчиком синглетного кислорода и предотвращает клеточную гибель при окислительном стрессе. Также была показана способность

гистидина к перехвату пероксильных радикалов, предотвращению карбоксилирования белков и образования белковых сшивок [4]. Целью данной работы было оценить способность свободных аминокислот влиять на ферментативную продукцию гидроксильного радикала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования химии свободных радикалов использовался метод ЭПР-спектроскопии. В качестве контроля выступал буфер: **0,1 ммоль/л KCl, 0,1 ммоль/л CaCl₂, 1 ммоль/л ТРИС, 2 ммоль/л МЕС.** В качестве системы генерации гидроксильного радикала была использована смесь: **1 ммоль/л CuCl₂, 1 ммоль/л L-аскорбата, 1 ммоль/л H₂O₂ (Cu/a).** В данные смеси вводился **1 ммоль/л аминокислоты (пролина или гистидина).** Все растворы готовились на воде Milli Q, pH доводился до 6. К тест-растворам прибавляли спиновые ловушки, наиболее чувствительные к OH[•] в водных растворах: ПОВН (α -(4-пиридил-1-оксид)-N-трет-бутилнитрон) и ДМПО (5,5-диметил-1-пирролин-N-оксид). Итоговая концентрация для ПОВН была 3 ммоль/л, ДМПО – 100 ммоль/л. Реакционная смесь переносилась в капилляры, которые закупоривались воском и помещались в резонатор ЭПР-спектрометра **SpinscanX, ADANI.** Данные анализировались в программе **eSpinoza.**

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе было проведено исследование эффективности спиновых ловушек в контрольных условиях и в системе, генерирующей гидроксильный радикал. Для обеих систем было рассчитано соотношение сигнал-шум. Данный параметр был на порядок выше при использовании ДМПО, таким образом дальнейшие тесты проводились с использованием данной ловушки (рисунок 1).

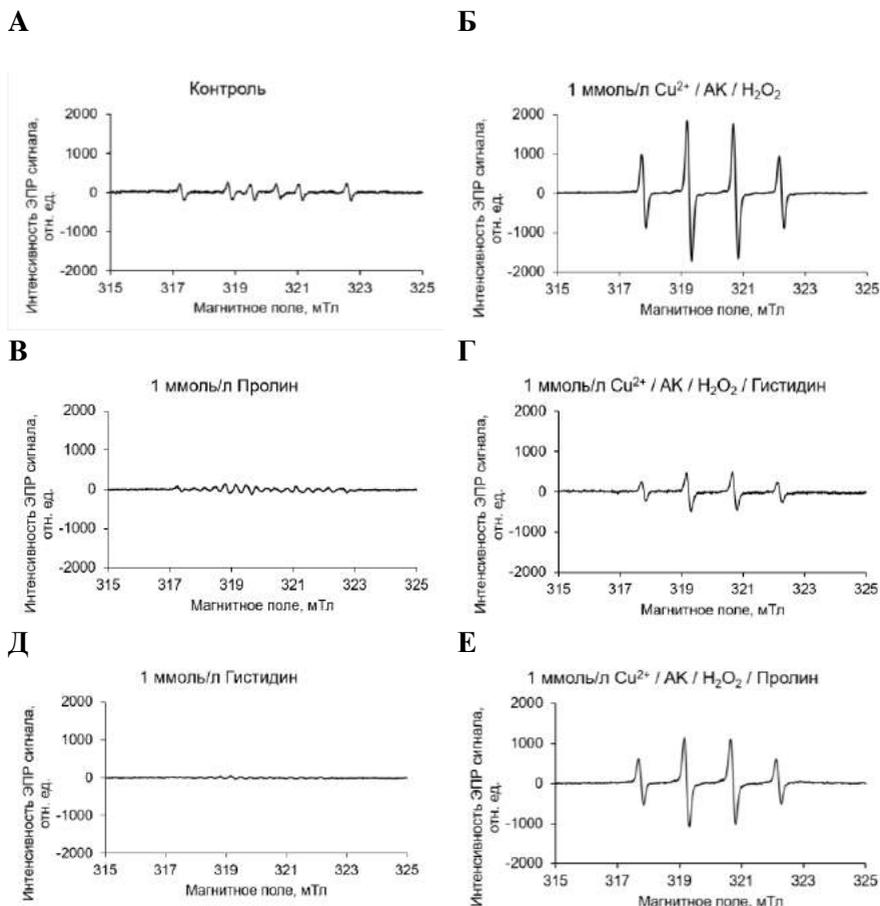


Рисунок 1 – Типичные ЭПР-кривые сигнала ДМПО-НО, полученные при помощи ЭПР-спектрометра SpinScanX (ADANI) при тестировании следующих смесей: А – буферный раствор: 0,1 ммоль/л КСl, 0,1 ммоль/л СаСl₂, 1 ммоль/л ТРИС, 2 ммоль/л МЕС, рН 6 (контроль); Б – 1 ммоль/л СuСl₂, 1 ммоль/л аскорбат, 1 ммоль/л Н₂О₂; В – 1 ммоль/л пролин; Г – 1 ммоль/л СuСl₂, 1 ммоль/л аскорбат, 1 ммоль/л Н₂О₂, 1 ммоль/л пролин; Д – 1 ммоль/л гистидин; Е – 1 ммоль/л СuСl₂, 1 ммоль/л аскорбат, 1 ммоль/л Н₂О₂, 1 ммоль/л гистидин. Концентрация спиновой ловушки во всех пробах составляла 100 ммоль/л ДМПО

На рисунке 2 продемонстрировано, что при добавлении смеси, генерирующей гидроксильные радикалы (1 ммоль/л СuСl₂, 1 ммоль/л L-аскорбата, 1 ммоль/л Н₂О₂) интенсивность ЭПР-сигнала ДМПО-НО достоверно ($p < 0,001$) увеличивалась в 150 раз по сравнению с

контролем (буферный раствор). Гистидин и пролин в концентрации 1 ммоль/л не вызывали образование гидроксильного радикала, сигнал ДМПО-НО· был на уровне контроля. В то же время, при введении аминокислот совместно со смесью, генерирующей гидроксильные радикалы, интенсивность ЭПР-сигнала ДМПО-НО· существенно снижалась. В случае добавления гистидина в 2,5 раза, а при добавлении пролина в 1,5 раза.

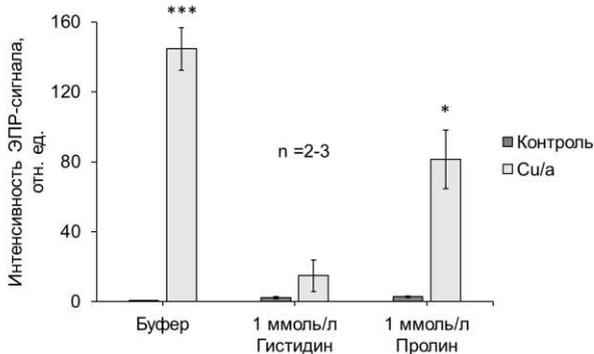


Рисунок 2 – Эффект добавления аминокислот на интенсивность ЭПР-сигнала ДМПО-НО· в контрольных условиях (0,1 ммоль/л KCl, 0,1 ммоль/л CaCl₂, 1 ммоль/л ТРИС, 2 ммоль/л МЕС, pH 6) и в смеси Cu/a (1 ммоль/л CuCl₂, 1 ммоль/л аскорбат, 1 ммоль/л H₂O₂, pH 6). Достоверность различий рассчитывалась по отношению к контролю при помощи теста ANOVA: * – p ≤ 0,05, * – p ≤ 0,001**

Таким образом, было показано, что гистидин и пролин демонстрируют антиоксидантную активность, существенно снижая ЭПР-сигнал ДМПО-НО·. Протекторное действие аминокислот, вероятно, происходит за счет хелатирования меди, а также возможно за счет других механизмов, что имеет важное значение в развитии ответных реакций живых систем на стресс.

Работа была выполнена в рамках задания «Исследование функционального взаимодействия сигнально-регуляторных и антиоксидантных систем при стрессе с целью повышения общей стрессоустойчивости высших растений и создания новых биотехнологий» (№ государственной регистрации 20211222, руководитель В.В. Демидчик) подпрограммы «Молекулярные и клеточные биотехнологии-2» государственной программы научных исследований «Биотехнологии-2» на 2021–2025 годы.

Список литературы

1. Signaling role of reactive oxygen species in plants under stress / V.D. Kreslavski [et al.] // *Russ. J. Plant Physiol.* – 2012. – Vol. 59. – P. 141–154.
2. Halliwell, H. Free Radicals in Biology and Medicine / H. Halliwell, J.M.C. Gutteridge. – United Kingdom: Oxford University Press, 2015. – 896 p.
3. Demidchik, V. Mechanisms of oxidative stress in plants: From classical chemistry to cell biology / V. Demidchik // *Environmental and Experimental Botany.* – 2015. – Vol. 109. – P. 212–228.
4. Milach, O.A. Pro(anti)oxidant Properties of Amino Acids and Their Derivatives in The Presence of Fe²⁺ and Cu²⁺ Ions / O.A. Milach, I.V. Mel'sitova, I.L. Yurkova // *Russ J Gen Chem.* – 2020. – Vol. 90, №6. – P.987–993.

ВЛИЯНИЕ УФ-В НА СО₂-ГАЗООБМЕН, ФЛУОРЕСЦЕНЦИЮ И СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЯХ ОЧИТНИКА ТРЕХЛИСТНОГО

Атоян М.С., Малышев Р.В.

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН; г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28, Россия, e-mail: marinaatoyan@ib.komisc.ru

Изучено влияние УФ-В - радиации на СО₂ – газообмен, содержание фотосинтетических пигментов, флуоресценцию листьев очитника трехлистного. Установлено, что при облучении УФ-В - радиации в дозе 2520 и 7560 Дж/м² наблюдается снижение интенсивности фотосинтеза как на уровне фотохимических, так и биохимических процессов. Несмотря на снижение функциональных параметров газообмена, не выявлено значимого влияния УФ-В на пигментный комплекс, что, по-видимому, свидетельствуют о резистентности фотосинтетических пигментов.

В естественных условиях растения постоянно находятся под воздействием ультрафиолетового излучения. В спектре солнечного света 7% энергии приходится на ультрафиолет. Это длины электромагнитных волн в диапазоне 200-400 нм. Ультрафиолет подразделяют на 3 вида – С, В и А. С областями излучения 100-280 нм, 280-320 нм, 320-400 нм соответственно. УФ-С – губительный и полностью поглощается атмосферными газами. УФ-В небольшая его часть все же достигает поверхности земли, УФ-А почти беспрепятственно проходит сквозь атмосферу, воздействуя в дальнейшем на растения и другие объекты живого мира [2]. Хорошо известно, что основной жизненный процесс растений – фотосинтез – экологически весьма лабилен. Однако фотосинтетический аппарат является и одним из наиболее чувствительных к действию стрессовых факторов систем растений, в частности, УФ-радиации [7,8]. Одной адаптационно - защитной реакцией при действии УФ лучей является способность к резкому изменению уровня содержания пигментов [4]. В результате адаптации ассимиляционной деятельности растений к условиям среды достигается уровень биологической продуктивности, необходимый для успешного выживания и конкурентоспособности видов и стабильного существования экосистемы в целом [1].

Целью данной работы было изучение влияния УФ-В – радиации на СО₂-газообмен, флуоресценцию хлорофилла и содержание пигментов в листьях очитника трехлистного.

Объектом исследования были растения очитника трехлистного (*Hylotelephium trephillum* (Haw.) Holub) – многолетнего травянистого растения, семейства Толстянковые. (Crassulaceae), произрастающего на дерново-слоистой, песчано-супесчаной хорошо дренируемой почве в заливаемой части пойменной террасы р. Сысолы. Растения (40 шт.) выкапывали и переносили в лабораторию, где они в течение 4 суток были адаптированы к лабораторным условиям: температуре 25 °С при фотопериоде 9/15ч, освещенности 400 мкМ квантов /м² с (светильники ТМ Uniel, ULI-10P-18W). После адаптации растения были разделены на контрольную и опытную группы. Растения опытной группы подвергались УФ облучению диапазона «В» интенсивностью 0,7 Вт/м², продолжительностью один час/сутки. После облучения растения выставляли на свет. Измерения функциональных параметров растений *H. trephillum* опытной группы проводили при дозе УФ-В облучения 2520 Дж/м² (1-е сутки) и 7560 Дж/м² (3-е сутки).

Влияние УФ-В облучения на растения оценивали у отделенных листьев 2-3 яруса. В качестве функциональных показателей метаболизма использовали индуцированную флуоресценцию хлорофилла, интенсивность СО₂ газообмена и содержание фотосинтетических пигментов.

Флуоресценцию хлорофилла определяли с помощью флуориметра РАМ-2100 («Walz», Германия) у растений, предварительно адаптированных в темноте. Интенсивности СО₂ газообмена оценивали с помощью ИК-газоанализаторе Li-cog 7000 («LI-COR», США), измерения проводили при температуре 20 °С и плотности светового потока 400-450 мкМоль квантов/м²с. Содержание фотосинтетических пигментов определяли в ацетоновой вытяжке на спектрофотометре UV-1700 («Shimadzu», Япония) при длинах волн – 662 и 644 нм хлорофиллы и 478 нм каротиноиды.

Обработка данных, полученных в пяти биологических повторностях, проведена методами математической статистики с использованием MS Excel 2003.

Известно, что УФ-В излучение, изменяет в первую очередь фотосинтетическую активность растений [3] при этом УФ-радиация действует на растения двумя путями: с одной стороны, вызывает ингибирование фотосинтетической активности, или повреждение фотосинтетического аппарата, с другой стороны, вызывает индукцию защитных систем [7]. Результаты наших исследований по выявлению

действия УФ-В радиации на пигменты свидетельствуют о достаточно высокой их устойчивости в пластидах. Только после 3-х ч. экспозиции отмечалась небольшая тенденция к увеличению содержания зеленых и желтых пигментов (таблица 1).

Таблица 1 - Влияние УФ-В радиации на CO₂ газообмен и содержание пигментов в листьях *H.trephilum*

Доза УФ, Дж/м ²	Интенсивность фотосинтеза, мг CO ₂ / г сухой массы ч.	Интенсивность дыхания, мг CO ₂ / г сухой массы ч.	Хлорофилл <i>a+b</i> , мг/г сухой массы	Каротиноиды, мг/г сухой массы
0 (контроль)	55.2±2.07	6.7±0.5	11.8±1.2	1.7±0.1
2520	5.8±1.87	4.5±1.2	11.7±1.2	1.6±0.1
7560	0.027±0.4	9.8±0.3	13.4±1.3	1.9±0.1

В состав антенн фотосинтетического аппарата высших растений входят различные виды хлорофиллов (Хл а, Хл b) и каротиноидов (ксантофилы, лютеин, β-каротин). Принято считать, что способностью к флуоресценции *in vivo* обладают только молекулы Хл а, т.к. вся энергия возбуждения, полученная другими пигментами антенны, передается на молекулы Хл а [6]. Исследования флуоресценция хлорофилла в пластидах при УФ облучении выявили высокую чувствительность молекул хлорофилла к УФ действию [5].

Относительные значения влияния ультрафиолета на интенсивность работы фотосистемы II оценивались по параметрам замедленной флуоресценции хлорофилла. Установлено, что воздействие света спектра УФ-В на параметры флуоресценции хлорофилла имело дозозависимый эффект. Выявлено снижение максимальной (F_m), и стационарной (F_t) флуоресценции у адаптированных к свету листьев (F'_m). Одним из параметров, показывающим степень адаптированности растений к освещению, является скорость переноса электронов ($ETR = (F'_m - F_t) / F'_m * 0,84 * 0,5 * \Phi AR (\text{мкМ} / \text{м}^2 \text{с})$). Установлено, что УФ-В облучение приводило к снижению скорости потока электронов на 17% при дозе 2520 Дж/м² и на 31 % при дозе 7560 Дж/м² в сравнении с контролем (табл. 2). Необходимо добавить, что кроме скорости транспорта электронов УФ-В облучение оказало негативное влияние на эффективность фотохимических реакций ($Yield = (F'_m - F_t) / F_t$). Выявлено снижение

Yield после часа воздействия на 15% и на 30% после 3х часов облучения. Регрессия показателей замедленной флуоресценции хлорофилла, ETR и Yield по сравнению с контролем указывает на снижение активности преобразования световой энергии.

Таблица 2 - Влияние УФ-В радиации на интенсивность замедленной флуоресценции хлорофилла (отн. ед) в листьях *Hylotelephium trephillum*

Доза УФ, Дж/м ²	Fm	Fm'	Ft	ETR	Yield
0 (контроль)	0.513±0.02	0.35± 0.02	0.115±0.006	96.5±2.3	0.696±0.022
2520	0.358±0.019	0.25± 0.01	0.105±0.006	80.1±3.8	0.591±0.029
7560	0.293±0.047	0.25± 0.03	0.128±0.011	67.1±5.3	0.486±0.029

Примечание: Fm – максимальная амплитуда изменений интенсивности флуоресценция; Ft – амплитуда изменений флуоресценция, измеренная, через 3-5 минут после включения света. Fv/Fm – максимальная фотохимическая эффективность ФСII; ETR – скорость потока электронов через фотосистемы; Yield – эффективность фотохимических реакций фотосистемы II.

Результаты измерения CO₂ - газообмена листьев *H. trephillum* показали, что при ФАР 400-450 мкМ/м² в контроле интенсивность фотосинтеза составила 55,2 а, дыхания 6,7 мг CO₂/ г сухой массы. Под влиянием УФ-В в дозе 2520 Дж/м² интенсивность фотосинтеза снизилась почти в 10 раз, дыхания на 33%. При дозе 7560 Дж/м² фотосинтез подавлялся полностью, а интенсивность дыхания увеличивалась по сравнению с контролем почти на 50 %, а по сравнению с дозой 2520 Дж/м² более чем в 2 раза (таблица 1). Активация дыхания, по-видимому, связана с необходимостью энергетических затрат для процессов репарации структур, поврежденных УФ-В.

Таким образом, дозы УФ-В облучения в дозах 2520 Дж/м² и 7560 Дж/м² приводили к снижению скорости потока электронов (ETR) и на эффективность фотохимических реакций (Yield), что в целом приводит к существенному снижению интенсивности фотосинтеза, но не оказывают значительного влияния на пигментный комплекс листьев. Под влиянием УФ-В интенсивность фотосинтеза снижалась, а интенсивность дыхания в сравнении с контролем увеличивалась.

Список литературы

- Горышина Т.К. Фотосинтетический аппарат растений и условия среды 1989. Л.: Изд-во ЛГУ 202 с.
- Данильченко О.А., Гродзинский Д.М., Власов В.Н. Значение ультрафиолетового излучения в жизнедеятельности растений // Физиология и биохимия культурных растений. 2002. Т. 34. № 3. С. 187-197.
- Дубров А.П. Генетические и физиологические эффекты действия ультрафиолетовой радиации на высшие растения. М.: Наука, 1968. 257с.
- Калевич А.Е. Экологические аспекты действия излучения / Пушино, ПНЦ АИ СССР. 1991. С. 22.
- Ковалева О.А. Влияние УФ-облучения на биосинтез пигментов и фотодинамические характеристики переменной флуоресценции листьев меристемных регенератов картофеля //Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер.біял.навук.-2006.-№5. С.85-88.
- Нестеренко Т.В., ШиховВ.Н., Тихомиров А.А. Флуоресцентный метод определения реактивности фотосинтетического аппарата листьев растений //Журнал общей биологии 2019, т.80, №3 С.187-199.
- Kosobryukhov A.A., Lyubimov V.Yu., Kreslavski V.D. (2015) Adaptive mechanisms of photo synthetic apparatus to UV radiation. In: Stress Responses in Plants. Mechanisms of Toxicity and Tolerance, Springer, pp. 59-78.
- Kreslavski V.D., Shmarev A.N., Lyubimov V.Yu., Semenova G.A., Zharmukhamedov S.K., Schirshikova G.N., Khudyakova A.Yu., Allakhverdiev S.I. (2018b) Response of photosynthetic apparatus in *Arabidopsis thaliana* L. mutant deficient in phytochrome A and B to UV-B. *Photosynthetica*, С. 56, 418–426.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИЙ РАСТЕНИЙ МОРКОВИ И КИТАЙСКОЙ КАПУСТЫ НА РАЗЛИЧНЫЕ РЕЖИМЫ ОСВЕЩЕНИЯ И МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Багрецова М.Р.¹, Морозов Я.В.²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
lol2101bear@mail.ru

²Российский государственный аграрный университет – Московская
сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева; Москва, Россия,
yasson2008@ya.ru

В статье продемонстрирована потенциальная возможность выращивания китайской капусты и моркови в совместном посеве в овощной космической оранжерее, так как обе культуры предъявляют близкие требования к условиям освещения и азотного питания.

Увеличение длительности перспективных космических экспедиций предъявляет повышенные требования к среде обитания космонавтов, для чего, в частности, потребуются особые вегетационные установки – космические оранжереи – для выращивания овощных растений в комплексе бортовых систем жизнеобеспечения экипажей [1]. В Институте медико-биологических проблем РАН предложена концепция 4-модульной конвейерной цилиндрической оранжереи для выращивания листовых овощей, моркови, томатов и сладкого перца на борту Межпланетного корабля марсианского экспедиционного комплекса [2]. В космических оранжереях, предназначенных для работы в условиях микрогравитации, перспективным методом корневого снабжения является использование пористых мембран в сочетании с гидрофильными капиллярно-пористыми соленасыщенными субстратами на основе ионообменных смол [3]. Такие субстраты принято называть ионообменными почвозаменителями, или ионитами. Искусственный почвозаменитель является пока одним из основных расходных материалов, не возобновляемых в условиях космического полета. Эффективность его использования обычно тем выше, чем большую биомассу растений можно вырастить на единицу массы почвозаменителя без его замены. Одним из возможных путей увеличения удельных урожаев для овощных культур с длительными сроками товарной вегетации может быть уплотнение посева на

начальных стадиях выращивания какими-либо быстрорастущими растениями, к которым относятся практически все листовые овощи. Листовые овощи и морковь, вследствие особенностей архитектоники надземной части, практически не затеняют друг друга при расположении растений близко друг к другу. При этом гораздо эффективнее расходуется электроэнергия, затрачиваемая на освещение посева, так как при выращивании моркови в монокультуре листовой индекс посева значительную часть вегетации остается меньше 1. В предварительных опытах было показано отсутствие негативного аллелопатического взаимовлияния моркови с рядом листовых культур при совместном выращивании. Однако для успешного выращивания двух и более культур в смешанном посеве необходимо, чтобы эти культуры имели близкие требования к основным параметрам внешней среды: интенсивности и спектрального состава падающего на посев светового потока, а также уровня и качественного состава минерального питания. Поэтому изучение влияния вышеназванных факторов на рост и развитие растений моркови и подсеваемых листовых культур является актуальной задачей.

Объектом опытов явились морковь *Daucus carota*L., сорт Внучка, и китайская капуста *Brassica chinensis* L., сорт Веснянка. Сорт китайской капусты был выбран из-за своей скороспелости (период достижения товарной спелости составляет 24 суток) и высокого содержания аскорбиновой кислоты в листьях (80 – 100 мг/100 г сырой массы, в то время как у сортов салата, реализуемых в Москве через торговую сеть, этот показатель не превышает 10 мг/100 г). Сорт моркови был выбран из-за скороспелости (растения формируют корнеплоды к 60 суткам вегетации), низкорослости и компактной формы корнеплода, что позволяет выращивать растения в корневых модулях малого объема. Растения выращивали в особых вегетационных устройствах, называемых корневыми модулями, отличительной чертой которых является наличие гидрофильных мембран из мелкопористого титана плоской или цилиндрической формы (рис. 1, 2). Корневые модули были заполнены ионообменным соленасыщенным почвозаменителем гранулированной или волокнистой структуры (Институт общей и органической химии, Беларусь). Растения освещали круглосуточно светильником на базе белых (4000К) светодиодов (СД) или белых с добавлением красных СД (660±15 нм) при отношении значений плотности потока фотонов

(ППФ) от красных и белых СД, равном 1,5. Общая ППФ варьировала от 300 до 600 мкмоль/(м²·с). Варианты минерального питания состояли в изменении отношения аммонийной и нитратной форм азота в питательном растворе при фиксированном значении суммарной концентрации азота, равном 120 мг/л.



Рисунок 1 – Корневой модуль для выращивания моркови с плоской мелкопористой мембраной(А) и всходы моркови в возрасте 17 суток. 1 – корпус кюветы, 2 – пористая металлокерамическая мембрана, 3 – слой корней, образующийся на мембране в процессе роста растений, 4 – гранулированный ионитный почвозаменитель БИОНА-312™, 5 – съемная картонная рама, 6 – слой мульчирующих гранул



Рисунок 2 – Корневой модуль с цилиндрической мелкопористой мембраной с посевом китайской капусты (А) и моркови (Б). 1 – пористые трубки из мелкопористого титана, 2 – вкладыши из волокнистого ионообменного соленасыщенного почвозаменителя БИОНА-ВЗ, 3 – защитный чехол

Согласно результатам проведенных экспериментов, в исследованном диапазоне значений ППФ наиболее быстрый рост и продуктивность по хозяйственно-полезной части урожая обеих культур отмечали при $500 \text{ мкмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Урожай съедобной биомассы капусты составил $(3,0 \pm 0,1) \text{ кг}/\text{м}^2$, моркови – $(2,3 \pm 0,1) \text{ кг}/\text{м}^2$. При этом ни у одной из исследуемых культур не выявили достоверных различий по продуктивности между посевами, выращенными под светильниками на основе белых или белых с добавлением красных СД. Однако, учитывая, что красные СД энергетически более выгодны вследствие низкой активности квантов красного света и к тому же стимулируют накопление аскорбиновой кислоты в листьях китайской капусты, комбинированный светильник на базе красных и белых СД является более предпочтительным.

Азот является важнейшим и одним из наиболее активно потребляемых элементов минерального питания практически всех сельскохозяйственных культур. Параметры азотного питания растений: общая концентрация, соотношение нитратной и аммонийной форм – имеют ключевое значение как для роста, так и для содержания нитратов в растительных тканях. Последний показатель, как известно, является строго регламентируемым, и его повышение сверх допустимого предела делает выращенную продукцию непригодной к потреблению. На рис. 3 представлены показатели растений, выращенных в различных условиях азотного питания при уровне ППФ, равном $(410 \pm 20) \text{ мкмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ и отношении $\text{ППФ}_{\text{СДкрас}}/\text{ППФ}_{\text{СДбел}}$, равном 1,5. Проведенные эксперименты показали, что для китайской капусты предпочтительным является нитратно-аммонийное питание при 15%-й – 45%-й доле аммонийного азота и суммарной концентрации азота в питательном растворе, равном $120 \text{ мг}/\text{л}$. У моркови частичная замена нитратного азота аммонийным не увеличила, но и не уменьшила урожай корнеплодов (рис. 3а). Вместе с тем варьирование формами азота в растворе не повлияло на содержание нитратов в съедобной биомассе (рис. 3б).

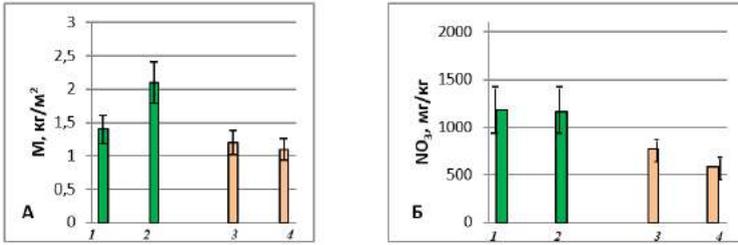


Рисунок 3 – Продуктивность (А) и содержание нитратов в съедобной биомассе (Б) в зависимости от параметров азотного питания. 1, 3 – нитратное азотное питание; 2, 4 – нитратно-аммонийное азотное питание при $N-NH_4/N-NO_3=0,6$ и общей концентрации азота в питательном растворе 120 мг/л. 1,2 – китайская капуста, 3, 4 – морковь

В целом, можно заключить, что существует потенциальная возможность выращивания китайской капусты и моркови в совместном посеве в овощной космической оранжерее, так как обе культуры предъявляют близкие требования к условиям освещения и азотного питания.

Список литературы

- Morrow R.C., Wetzel J.P., Richter R.C., Crabb T.M. Evolution of space-based plant growth technologies for hybrid life support systems // ICES. 2017-301. 2017.
- Berkovich Yu.A., Smolyanina S.O., Krivobok N.M., Erokhin A.N., Agureev A.N., Shanturin N.A. Vegetable production facility as a part of a closed life support system in a Russian Martian space flight scenario // Advances in Space Research. 2009.
- Berkovich Yu., Krivobok N., Krivobok A., Smolyanina S. Advanced nutrient root-feeding system for conveyor-type cylindrical plant growth facilities for microgravity // Life Sciences in Space Research. – 2016. — V. 8. – P. 14-21.

УЧАСТИЕ ИММУНОСТИМУЛЯТОРОВ В РЕГУЛЯЦИИ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА МИНИ-КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ВИРУСНОМ ЗАРАЖЕНИИ И НЕДОСТАТКЕ ВЛАГИ

Балюк Н.В.

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: balyuck.natalya@yandex.ru

Исследовано действие эпибрассинолида в сочетании с салициловой кислотой и метилжасмонатом на количество и массу мини-клубней картофеля, содержание в них сухого вещества, крахмала и аскорбиновой кислоты. В условиях комбинированного стресса обработка эпибрассинолидом снижала степень заражения Y-вирусом картофеля при сохранении продуктивности и улучшении качества продукции. Вместе с тем, обработка трехкомпонентной смесью сопровождается наибольшей массой и количеством получаемых мини-клубней, однако защитное действие против вирусной инфекции в этом варианте опыта не проявлялось.

Основным звеном в системе оригинального семеноводства картофеля является ускоренное размножение безвирусного материала. Невысокий коэффициент размножения значительно увеличивает период сортообновления и содействует накоплению болезней в процессе репродуцирования, что существенно снижает продуктивность и качество продукции.

Одним из направлений повышения устойчивости растений к неблагоприятным воздействиям природы является применение препаратов, обладающих антистрессовыми и иммуностимулирующими свойствами, которые не только подавляют развитие возбудителей болезней, но и повышают биологическую и хозяйственную продуктивность. Развитие клубней картофеля представляет собой сложный биологический процесс, требующий согласованного взаимодействия эндогенных и внешних факторов. Показано, что соединения с иммуностимулирующей активностью играют важную роль в регуляции процессов клубнеобразования. При этом одно и то же соединение может по-разному влиять на разных этапах формирования клубней [4].

В связи с этим целью данной работы являлось изучение влияния эпибрассинолида (ЭБЛ) с салициловой кислотой (СК) и метилжасмонатом (МеЖ) на степень вирусного заражения,

продуктивность и качество получаемых мини-клубней картофеля при вирусном заражении и водном дефиците.

Опыты проведены на клонально микроразмноженных растениях картофеля белорусской селекции сорта *Бриз*. Культивирование растений-регенерантов осуществляли на торфяном почвогрунте «Двина» при выявленной оптимальной влажности почвогрунта – 70–100% от полной влагоемкости и в условиях водного дефицита – 40–45% от полной влагоемкости. Обработку растений проводили путем опрыскивания листовой поверхности ЭБЛ в концентрации 10^{-7} моль/л с МеЖ – $1 \cdot 10^{-7}$ моль/л и/или СК – $1 \cdot 10^{-6}$ моль/л. Заражение Y-вирусом картофеля проводили через 3 сут после обработки иммуностимуляторами. Условия водного дефицита создавали через неделю после обработки растений и продолжали в течение 14 сут до появления симптомов повреждений на листьях, после чего их фиксировали.

В условиях совокупного стресса – вирусного заражения и недостатка влаги только при использовании ЭБЛ наблюдалось уменьшение степени инфицирования на 27,3%. Применение смесей ЭБЛ+СК и ЭБЛ+МеЖ не вызывало достоверно значимых отличий по содержанию вирусных частиц в сравнении с зараженным контролем, что, вероятно, связано с ингибированием ЭБЛ экспрессии генов, отвечающих за салицилат- и жасмонат-зависимые ответы. При обработке трёхкомпонентной смесью – ЭБЛ с СК и МеЖ наблюдали накопление Y-вируса в листьях картофеля, что может быть связано с интерференцией отдельных сигнальных систем, индуцируемых одновременно недостатком влаги и вирусным заражением.

Для растений картофеля свойственно слабое развитие корневой системы, поэтому представляло интерес изучение продуктивности растений картофеля в условиях вирусного заражения и недостатка влаги. Так, обработки иммуностимуляторами способствовали сохранению или стимулированию образования мини-клубней в сравнении с их количеством у здоровых и инфицированных контрольных растений. Максимальное количество получаемых мини-клубней сформировалось в варианте с использованием трёхкомпонентной смеси – ЭБЛ+СК+МеЖ, на 32% больше, чем в зараженном контроле (таблица 1). Кроме того, в данном варианте также отмечено значительное накопление общей массы мини-клубней, что вероятно связано с усиленной транслокацией углеводов из листьев в

клубни. Например, в исследованиях на перце показано, что опрыскивание СК вызывало повышение инвертазной активности, накопление фотоассимилятов в плодах, тем самым увеличивая их массу [3].

Важный элемент урожайности, который регламентируется на семенной картофель – это размер клубней по наибольшему поперечному диаметру. Для мини-клубней он составляет 9–60 мм. Кроме того, маленькие мини-клубни показывают большие потери при хранении, обеспечивают пониженную продуктивность растений в поле. В контрольных неинфицированных растениях получены максимальные значения по диаметру и средней массе одного мини-клубня. Однако, обработки иммуностимуляторами не оказали достоверного влияния на данные показатели.

В условиях комбинированного стресса накопление сухого вещества и крахмала в мини-клубнях картофеля отмечено только в варианте с ЭБЛ, что коррелирует с антивирусной устойчивостью и может свидетельствовать об эффективном формировании защитных сил. Эти результаты согласуются с литературными данными, где более высокие концентрации крахмала в клубнях демонстрируют наибольшую устойчивость к фитофторозу [5].

Таблица 1 – Продуктивность и качественная характеристика мини-клубней картофеля в условиях вирусного заражения и недостатка влаги при обработке эпибрассинолида с сигнальными молекулами

Показатели / варианты	Кол-во клубней, шт / контейнер	Масса клубней, г/ контейнер	Содержание крахмала, %	Содержание аскорбиновой кислоты, мг%
Контроль	29,8±1,5a	378,0±21,2ab	12,9±0,6ab	26,7±1,9a
УВК	31,2±2,0a	337,9±18,9a	12,6±0,3a	21,8±1,1b
ЭБЛ	39,3±2,7b	429,0±25,5c	14,3±0,4b	27,7±1,6a
ЭБЛ+СК	39,9±2,8b	416,0±23,0bc	12,2±0,3ab	31,4±1,5ac
ЭБЛ+МеЖ	39,0±3,6b	382,2±22,6b	13,4±0,3ab	35,4±1,6c
ЭБЛ+СК+МеЖ	45,6±3,5b	460,0±31,2c	11,9±0,2a	28,9±1,2a

Инфицирование У-вирусом картофеля на фоне недостатка влаги привело к достоверному снижению аскорбиновой кислоты по сравнению с неинфицированным контролем. Во всех исследуемых

вариантах при обработке иммуностимуляторами происходила аккумуляция аскорбиновой кислоты, при этом значительное повышение на 39% отмечено в варианте с ЭБЛ+МеЖ. Отмечено участие МеЖ в регуляции накопления аскорбиновой кислоты у нескольких видов растений. Так, при заражении растений вирусом турнепса было зафиксировано увеличение содержания аскорбиновой кислоты, опосредованной МеЖ, что коррелировало со степенью устойчивости к вирусам [1]. Таким образом, МеЖ может усиливать транскрипцию генов, участвующих в биосинтезе *de novo* и регенерации аскорбиновой кислоты. Это, в свою очередь, приводит к более высокой скорости синтеза аскорбиновой кислоты *de novo* и к увеличению поступления ее восстановленной формы для поддержания многих вторичных путей и сохранения окислительно-восстановительного статуса растительных клеток. Кроме того, показано положительное влияние аскорбиновой кислоты на индукцию клубнеобразования [2], что в целом согласуется с нашими результатами. Из этого следует, что накопление аскорбиновой кислоты при обработке иммуностимуляторами, вероятно, способствует снижению стрессовой нагрузки в клубнях картофеля, оказывая антиоксидантное действие и повышая коэффициент размножения.

При выращивании растений картофеля в условиях совокупно действующих факторов – вирусного заражения и недостатка влаги при обработке иммуностимуляторами наблюдали увеличение количества мини-клубней, однако их масса снижалась. Максимальный коэффициент размножения и наибольшая масса полученных мини-клубней зафиксировали при обработке трёхкомпонентной смесью иммуностимуляторов – ЭБЛ+СК+МеЖ, однако защитного действия против вирусной инфекции в этом варианте не отмечалось. Применение ЭБЛ, обладающего антивирусной активностью, способствуют сохранению продуктивности и повышению качества продукции.

Таким образом, на начальных этапах оригинального семеноводства при вирусном заражении и водном дефиците, применение иммуностимуляторов является перспективным приемом, позволяющим повысить коэффициент размножения и снизить стрессовую нагрузку.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Б22М-037).

Список литературы

1. Ascorbic acid accumulates as a defense response to Turnip mosaic virus in resistant *Brassica rapa* cultivars / A. Fujiwara [et al.] // J. Exp. Bot. – 2016. – Vol. 67, № 14. – P. 4391–4402.
2. Effect of Salicylic Acid and Salinity Stress on the Performance of Tomato Plants / M. Naeem [et al.] // Gesunde Pflanzen. – 2020. – Vol. 72, № 4. – P. 393–402.
3. Elwan, M. W. M. Improved productivity and quality associated with salicylic acid application in greenhouse pepper / M. W. M. Elwan, M. A. M. El-Hamahmy // Scientia Horticulturae. – 2009. – Vol. 122, № 4. – P. 521–526.
4. Hormonal regulation of tuber formation in potato / Bulbous plants: biotechnology / N. P. Aksenova [et al.]; eds K. Ramavat, and J. Mérillon. Boca Raton, 2013. – Ch. 1.–P.3–36.
5. The effect of endophytic bacteria *Bacillus subtilis* and salicylic acid on some resistance and quality traits of stored *Solanum tuberosum* L. tubers infected with fusarium dry rot / O. Lastochkina [et al.] // Plants. – 2020. – Vol. 9, № 6. – P. 738–1–13.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИСТА *DISAKISPERMA YEMENICA* (POACEAE) В УСЛОВИЯХ ЗАСОЛЕНИЯ

Борисенко Т.А.^{1,2}, Котеева Н.К.²

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия, [spbuniv@spbuniv.ru](mailto:spbu@spbuniv.ru)

²ФГБУН Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия, secretary@binran.ru

Изучение галофитных видов важно для понимания механизмов солеустойчивости. В семействе Poaceae этот признак часто развивается в группах с C₄-растениями. Исследуемый в данной работе вид, Disakisperma yemenica, принадлежит к подсемейству Chloridoideae, в котором обнаружены как солесекретирующие галофиты, так и C₄-виды разных биохимических подтипов. Однако особенности фотосинтеза и устойчивость к засолению для видов рода Disakisperma остаются не изученными. Данная работа направлена на изучение солеустойчивости D. yemenica и установление его фотосинтетического подтипа.

Проблема засоления почв в современном мире стоит весьма остро, так как большинство культурных растений не приспособлены к условиям солевого стресса. Изучение галофитов важно для понимания механизмов солеустойчивости и поиска пути внедрения этих признаков в культурные виды. C₄-фотосинтез является важным эволюционным приобретением, которое позволило некоторым растениям более устойчиво закрепиться в определённых экологических нишах, в том числе в областях, подверженных засолению. Среди злаков встречается много растений с C₄-метаболизмом, однако лишь для небольшого количества точно установлен биохимический подтип и охарактеризован анатомический тип. Злаки с C₄-типом метаболизма часто произрастают на засоленных почвах, имея такие преимущества как минимизация фотодыхания и увеличенная эффективность использования воды. Поиск и изучение новых солеустойчивых видов с выявлением типа их фотосинтеза необходимы для изучения эволюции разных механизмов солеустойчивости и их связи с эволюцией фотосинтетических типов.

Одним из эффективных механизмов солеустойчивости является функция секреции избытка токсичных ионов из тканей листа. Среди злаков солеустойчивые виды, способные к выделению соли через двуклеточные солевые железки, обнаружены только в подсемействе

Chloridoideae (Poaceae) [2, 7]. Также для разных филогенетических линий данного подсемейства характерны разные биохимические и анатомические подтипы C_4 -фотосинтеза [11]. Род *Disakisperma* является сестринским для клады, в которой описаны виды с разными C_4 -биохимическими подтипами и секреторной функцией в условиях засоления. Характеристика видов рода *Disakisperma* важна для оценки эволюции C_4 -фотосинтеза и солеустойчивости. Для этого был поставлен эксперимент по выращиванию растений в условиях разной степени засоления (0 мМ, 200 мМ, 400 мМ NaCl), после чего был проведен ряд исследований по изучению физиологических, анатомических и ультраструктурных изменений.

Одним из самых надежных критериев определения C_4 -растений можно считать наличие кранц-анатомии. Для однозначного определения биохимического подтипа C_4 -фотосинтеза используют вестрен-блоттинг анализ, транскриптомный анализ или измерение активность трех декарбоксилаз. По литературным данным, для четырёх видов рода *Disakisperma* была описана кранц-анатомия листа, на основании чего они считаются C_4 -видами [9]. Эти же авторы определили биохимический подтип рода как НАД-маликэнзимный (НАД-мэ) на основании центрипетального расположения хлоропластов. В данном исследовании при использовании вестрен-блоттинг анализа трех декарбоксилаз был доказан НАД-мэ биохимический подтип фотосинтеза у *Disakisperma yemenica*. Анализ анатомии и ультраструктуры листа показал, что для *D. yemenica* характерно центрипетальное расположение хлоропластов и митохондрий в клетках обкладки (КО) (рисунок 1), крупные многочисленные митохондрии со специализированными кристами в КО и хорошо развитые грани в хлоропластах КО, тогда как в хлоропластах мезофилла сильно развиты межгранные тилакоиды. Субериновая пластинка отсутствует в стенке КО. Подобные особенности строения являются отличительной чертой растений НАД-мэ биохимического подтипа [1] и позволяют классифицировать анатомический подтип исследуемого вида как классический НАД-мэ подтип.

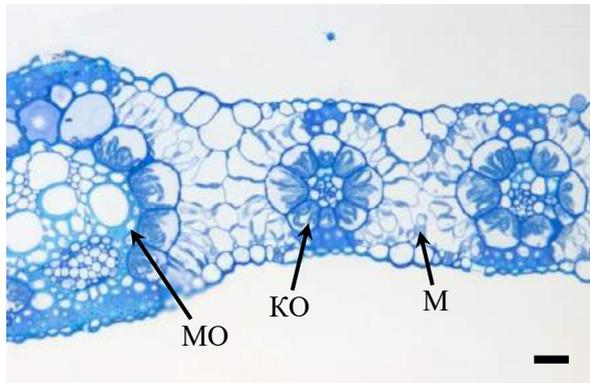


Рисунок 1 – Поперечный срез листа из группы контроль (0 мМ). КО – хлоренхимная обкладка, МО – местомная обкладки, М – мезофилл. Линейка 20 мкм

Основным условием для отнесения вида к галофитам по Flowers и Colmer, 2008 [6] является благополучное развитие и размножение при концентрации NaCl в среде 200мМ и больше. В соответствии с полученными в ходе нашего исследования данными, *D. yemenica* является галофитом. При этом в условиях засоления наблюдается ряд изменений в анатомии, морфологии и физиологии растения. При проведении эксперимента с *D. yemenica* были обнаружены снижение ростовых и физиологических показателей.

У растений, росших в условиях засоления, значительно уменьшается интенсивность фотосинтеза с увеличением концентрации соли (таблица 1). Снижение интенсивности фотосинтеза связано, скорее всего, с уменьшением устьичной проводимости, что отмечается и для других солеустойчивых C_4 -злаков [4]. *D. yemenica* можно считать среднеустойчивым галофитом. Об этом также свидетельствует снижение эффективности использования воды при увеличении засоления. Однако даже в условиях засоления эффективность использования воды остается высокой по сравнению с C_3 -растениями [8]. Кроме того, при засолении в листьях *D. yemenica* примерно на 10% относительное содержание воды.

Таблица 1. Показатели газообмена *D. yemenica* у разных групп. c_i – внутритканевая концентрация углекислого газа, A – эффективность фотосинтеза, E – уровень транспирации, g_s – устьичное сопротивление, WUE_i – внутренняя эффективность использования воды. Разные буквы означают статистически значимую разницу между группами при $p \leq 0,05$.

Группа	c_i , μbar	A , $\mu\text{mol CO}_2$ $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$	g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$	WUE_i , $\mu\text{mol CO}_2$ mmol^{-1}	RWC
Контроль	203,12 ± 3,32 a	14,79 ± 0,14 a	2,51 ± 0,05 a	0,128 ± 0,002 a	116,42 ± 1,95 a	98,25 ± 0,41 a
200мМ	211,18 ± 4,95 a	6,99 ± 0,39 b	1,35 ± 0,06 b	0,063 ± 0,003 b	110,79 ± 2,48 a	90,78 ± 0,65 b
400мМ	270,16 ± 5,37 b	4,39 ± 0,11 c	1,09 ± 0,02 b	0,055 ± 0,001 b	80,90 ± 2,66 b	89,08 ± 0,80 b

В ответ на солевой стресс у *D. yemenica* изменяется концентрация фотосинтетических пигментов (таблица 2). Чем большему засолению подвергается растение, тем меньше становится соотношение хлорофилла а к хлорофиллу b. Кроме того, наблюдается увеличение и общего количества фотосинтетических пигментов почти в два раза. С этими изменениями связан более тёмный цвет листьев у растений, подверженных солевому стрессу.

Таблица 2. Содержание пигментов в разных группах *D. yemenica* на единицу массы ($\mu\text{g}/\text{mg}$). Разные буквы означают статистически значимую разницу между группами при $p \leq 0,05$.

Группа	Хлорофилл а	Хлорофилл b	Суммарная концентрация хлорофиллов а и b	Суммарная концентрация каротиноидов
Контроль	1,72 ± 0,14 a	0,42 ± 0,07 a	2,14 ± 0,20 a	0,41 ± 0,14 a
200мМ	2,18 ± 0,09 ab	0,63 ± 0,09 ab	2,81 ± 0,16 ab	0,42 ± 0,08 ab
400мМ	3,04 ± 0,07 b	1,02 ± 0,17 b	4,06 ± 0,22 b	0,51 ± 0,13 b

В условиях засоления у галофитов наблюдается увеличение содержания Рубиско [10]. По нашим данным вестерн-блоттинг анализа, при сильном засолении у *D. yemenica* увеличивается количество этого фермента.

В условиях засоления также у *D. yemenica* были отмечены изменения в морфологии, анатомии. На обеих сторонах листа увеличилось число устьиц, уменьшилась толщина листа и расстояние между жилками. В нашем исследовании при воздействии засоления на

D. yemenica не происходило ультраструктурных изменений в хлоропластах и митохондриях ни в КО, ни в клетках мезофилла, тогда как у других видов (как галофитов, так и гликофитов) часто происходит деформация тилакоидной системы [5]. Подобная устойчивость ультраструктуры может означать бóльшую приспособленность.

В настоящем исследовании было впервые показано, что у исследуемого вида основным механизмом изоляции соли вне цитоплазмы клеток при развитии солеустойчивости является секреция соли наружу. Секреция осуществляется двуклеточными солевыми железками, основной задачей которых является выделение избытка ионов. Среди злаков в настоящее время известно лишь 29 видов, которые имеют солевыводящую функцию [3].

Таким образом, в ходе исследования было показано, что *D. yemenica* является галофитным видом. Снижение показателей фотосинтеза, уровня транспирации, содержания воды и эффективности использования воды позволяет отнести исследуемый вид к среднеустойчивым видам. Также были выявлены структурные изменения листа в условиях засоления и основной механизм солеустойчивости – выделение соли солевыми железками. Также была дана точная характеристика типа фотосинтеза у *D. yemenica*, которая имеет НАД-мэ биохимический подтип C₄-фотосинтеза и классический НАД-мэ анатомический тип.

Работа выполнена в рамках гранта РФФ 22-24-01124.

Список литературы

1. C₄ Photosynthesis: Kranz forms and single-cell C₄ in terrestrial plants / G. E. Edwards, E. V. Voznesenskaya – C₄ photosynthesis and related CO₂ concentrating Mechanisms, 2011 – с. 29-61.
2. Comparative ultrastructure of microhairs in grasses / V. Amarasinghe, L. Watson – Botanical Journal of the Linnean Society, 1988 – № 98, с. 303-319.
3. Could vesicular transport of Na⁺ and Cl⁻ be a feature of salt tolerance in halophytes? / T. J. Flowers [et al.] – Annals of Botany, 2019 – № 123, с. 1-18.
4. Differential photosynthetic responses to salinity stress between two perennial grass species contrasting in salinity tolerance / Y. Liu [et al.] – HortScience horts, 2011 – № 46, с. 311-316.
5. Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance / S. Salama [et al.] – Journal of Plant Physiology, 1994 – № 144, с. 241-247.
6. Salinity tolerance in halophytes / T. J. Flowers, T. D. Colmer – The New Phytologist, 2008 – №179, с. 945-963.
7. Salt glands in the Poaceae family and their relationship to salinity tolerance / G.

Ceccoli [et al.] – The Botanical Review, 2015 – № 81, с. 162-178.

8. Structural diversity in salt excreting glands and salinity tolerance in *Oryza coarctata*, *Sporobolus anglicus* and *Urochondra setulosa* / N. K. Koteyeva [et al.] – Planta, 2023 – № 257.

9. The grass genera of the world: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval / L. Watson [et al.] 1992.

10. Variation in Rubisco content and activity under variable climatic factors / J. Galmes [et al.] – Photosynthesis Research, 2013 – №117, с. 73–90.

11. Why C4 Photosynthesis? C4 Plant Biology / R. F. Sage; ed: R. F. Sage, R. K. Monson – San Diego, USA, Academic Press, 1999.

СКРИНИНГ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОМИЦЕТОВ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ

Василевская Е.Д., Иванов О.А., Шевцов Н.А., Лазаревич Д.К.

¹Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси;
Минск, Беларусь, elenavasilevskaa19@gmail.com

*В работе приведены предварительные результаты скрининга ферментативной активности микромицетов *Chaetomium megalocarpum*, *Phialophora malorum*, *Pseudogymnoascus pannorum*, *Trichoderma* sp., *Aspergillus niger*, *Orbicula parietina*, которые были выделены из различных субстратов Восточной Антарктиды. Культивирование проводилось на специализированных средах, при различных температурах. Полученные результаты показали, что исследуемые грибы являются психротолерантными организмами, так как способны продуцировать ферменты при низких температурах.*

Грибы-микромицеты – одна из разнообразнейших групп организмов, обитающих в суровых условиях южного полюса Земли. Особого внимания заслуживают штаммы-продуценты холодоактивных ферментов (альфа-амилаз, протеаз, хитиназ, β -галактозидаз), способных эффективно катализировать реакции биохимических превращений при низких температурах. Такие ферменты представляют большой интерес для биотехнологической отрасли и промышленного применения, поскольку превосходят используемые аналоги, обеспечивая необходимую скорость ферментативных процессов при низких температурах, что ведет к снижению энергетических затрат и в целом повышает экономическую эффективность соответствующих производств.

Для скрининга ферментативной активности были отобраны шесть видов грибов (*Chaetomium megalocarpum*, *Phialophora malorum*, *Pseudogymnoascus pannorum*, *Trichoderma* sp., *Aspergillus niger*, *Orbicula parietina*), выделенных из различных субстратов и любезно предоставленных лабораторией микологии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси. Культивирование проводилось на специализированных средах, содержащих сухое обезжиренное молоко (0.8%) – для выявления протеолитической активности и картофельный крахмал (0.2%) – для определения амилолитической активности. Культуры инкубировали в течении 4-5 дней при различных температурах в диапазоне от 5 до 25°C, чтобы

установить оптимальную температуру для максимальной продукции фермента. Ферментативную активность микромицетов оценивали по размеру (мм) зон просветления вокруг их колоний, возникающих в результате гидролиза соответствующих субстратов.

В результате экспериментов было выявлено, что *Trichoderma sp.* проявляет протеолитическую активность только при 5 градусах, в то время как на других температурах наблюдается активный рост гриба на среде, но отсутствует ферментативная активность. Полностью отсутствует данный тип активности у *Chaetomium megalocarpum*. *Aspergillus niger* обладает слабо выраженной активностью, в то время как у *Phialophora malorum* и у *Pseudogymnoascus pannorum* эта активность чётко выражена по всему диапазону температур (рисунок 1). При это интенсивность действия протеаз у *Pseudogymnoascus pannorum* повышается при снижении температуры, у *Phialophora malorum* такой зависимости не наблюдается (пик активности приходится на 10 и 25°C).

Также было выявлено, что амилазной активностью обладают все виды грибов, однако зависимость от температуры прослеживается не у всех, исключением является *Orbicula parietina*. Что же касается остальных, то повышение температуры приводит к увеличению амилолитической активности (рисунок 2).

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что исследуемые грибы являются психротолерантными организмами, так как способны продуцировать ферменты при низких температурах. Отдельно можно выделить *Pseudogymnoascus pannorum*, который является главным претендентом для получения холодоактивных протеаз, так как с понижением температуры активности данных ферментов увеличивается.

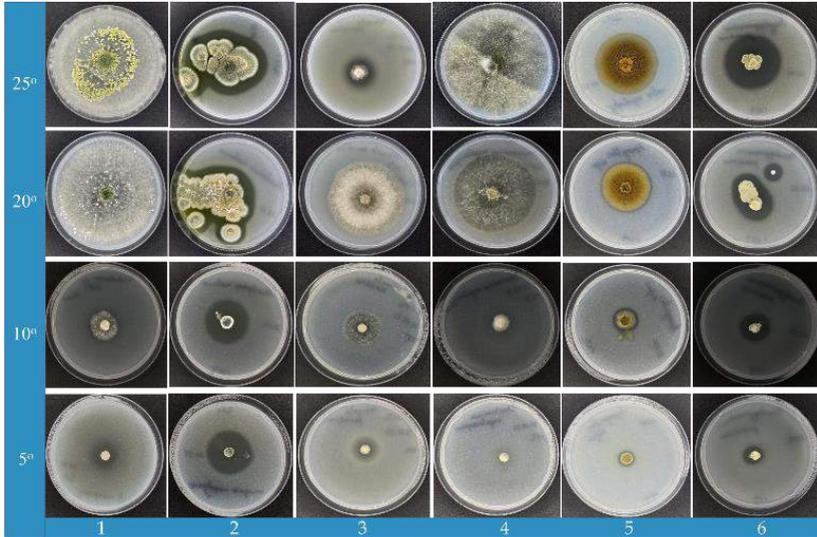


Рисунок 1 – Протеолитическая активность. 1-*Trichoderma* sp., 2-*Phialophora malorum*, 3-*Orbicula parietina*, 4-*Chaetomium megalocarpum*, 5-*Aspergillus niger*, 6-*Pseudogymnoascus pannorum*

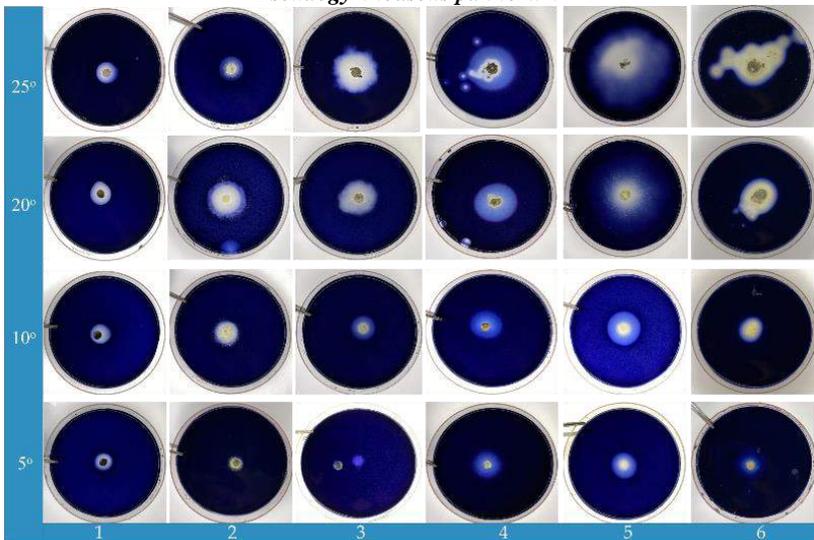


Рисунок 2 – Амилитическая активность. 1-*Aspergillus niger*, 2-*Orbicula parietina*, 3-*Chaetomium megalocarpum*, 4-*Pseudogymnoascus pannorum*, 5-*Trichoderma* sp., 6-*Phialophora malorum*.

ВЛИЯНИЕ СОСНОВЫХ ОПИЛОК И ИХ ЭКСТРАКТОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ МИЦЕЛИЯ *LENTINULA EDODES*

Вертикова Т.У.¹, Функ А.В.¹, Боянгина К.Е.², Плотников Е.В.³

¹МАОУ Школа “Перспектива”, Томск, Российская Федерация, perspectiva@education70.ru

²ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

³НИ ТГУ

*В статье предложена методика культивирования мицелия *Lentinula edodes* на питательных средах с экстрактом из сосновых опилок. Была проведена идентификация штамма гриба с целью определения подлинности его видовой принадлежности молекулярным методом. Результаты проведенной работы показывают, что добавление в питательные среды экстрактов сосновых опилок ускоряет рост мицелия *L. edodes*.*

Lentinula edodes (Berk.) Pegler, 1976, или шиитакэ – высший съедобный гриб, обладающий иммуномодулирующей, противоопухолевой и противовирусной активностью [6]. Он обладает уникальным химическим составом, что позволяет ему положительно влиять на организм человека. Экстракт плодовых тел грибов также обладает противовирусными и антибактериальными свойствами [4]. Полисахариды шиитакэ, ответственные за его полезные свойства, сохраняются и после термической обработки [3].

Культивирование лекарственного гриба *Lentinula edodes* имеет большое значение за счет его иммуномодулирующих свойств. Шиитакэ участвуют в поддержании иммунитета и в выведении из организма тяжелых металлов при нарушениях обмена веществ, в частности, при ожирении [8].

В естественных местах обитания *L. edodes* произрастает на древесине деревьев *Castanopsis cuspidata*, ареал этого дерева находится в Восточной Азии [7], где располагаются основные грибные фермы *L. edodes*. В России шиитакэ культивируют в Приморском крае [5] и на Сахалине, т. к. эти субъекты граничат со странами Азии, следовательно, возможно приобретение древесины *C. cuspidata*, на которой произрастает *L. edodes*.

На территории Сибири *C. cuspidata* не произрастает, поэтому необходимо получить штамм *L. edodes*, который способен давать высокую урожайность на видах деревьев, распространенных в Сибири [2].

В связи с этим целью проекта стала оценка влияния сосновых опилок и их экстрактов на рост и развитие мицелия *L. edodes*. Для достижения этой цели поставлены следующие задачи:

- 1) идентифицировать мицелий;
- 2) оценить влияние сосновых опилок и их экстрактов на развитие мицелия *L. edodes*;
- 3) оценить влияние экстрактов сосновых опилок на рост мицелия, его биомассу и образование плодовых тел.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МИЦЕЛИЯ *L. EDODES*

Мицелий был приобретен на Агрофирме «Поиск» вместе с заражениями, в том числе с плесенью. И для установления подлинности видовой принадлежности полученной чистой культуры гриба была проведена ее идентификация путем сравнения частичной нуклеотидной последовательности гена ITS [1] [9] с референсными образцами. Работа состояла из трех этапов: выделение ДНК, постановка ПЦР и проведение электрофореза. Полученный штамм условно назвали L1.

Секвенирование проводили в научно-производственной компании Синтол, Москва. Идентификацию проводили в программе UGENE Version 44. Филогенетическое дерево строили в MEGA 11 методом ближайшего соседа с бутстрап-поддержкой (Bootstrapped Neighbour-Joining Tree).

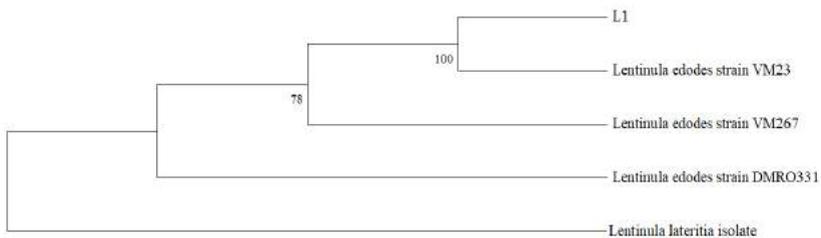


Рисунок 1 – Филогенетическое дерево выделенного штамма

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ *L. EDODES* В ЛАБОРАТОРИИ

Посев был произведен в стерильных условиях ламинарного бокса. Предварительно питательные среды стерилизовали в автоклаве ВК-70 при температуре 121°C в течение 30 минут. Металлические и стеклянные изделия стерилизовали в сухожаровом шкафу при температуре 160°C в течение 2 часов 30 минут.

Для культивирования мицелия гриба использовалась твердая питательная среда Tsujijama. Для введения в среду микроэлементов необходимо приготовить маточные растворы. Как только мицелий разрастется на всю чашку Петри, его пересаживают на зерновой субстрат. Для его приготовления смешивали 1 кг зерна пшеницы, 10 г гипса, 10 г мела, 2 л воды. Дальнейший рост мицелия происходил на субстрате из опилок. Для приготовления субстрата смешивали 900 г сосновых опилок, 100 г зерна, 1 г мела и 1 г гипса и добавляли дистиллированную воду до состояния липкой субстанции. Полив производится с постоянной периодичностью.

Для оценки влияния экстрактов сосновых опилок на развитие мицелия штамм был посажен на различные по содержанию экстрактов питательные среды. В эксперименте участвовали четыре группы сред:

- 1) 23 мл питательной среды и 23 мл 10 %-ного экстракта сосновых опилок;
- 2) 46 мл питательной среды (контрольная группа);
- 3) 23 мл питательной среды и 23 мл дистиллированной воды;
- 4) 23 мл питательной среды и 23 мл 5 %-ного экстракта сосновых опилок.

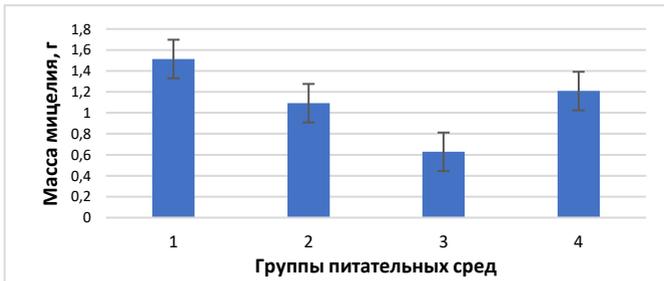


График 1 – Масса мицелия на различных группах сред

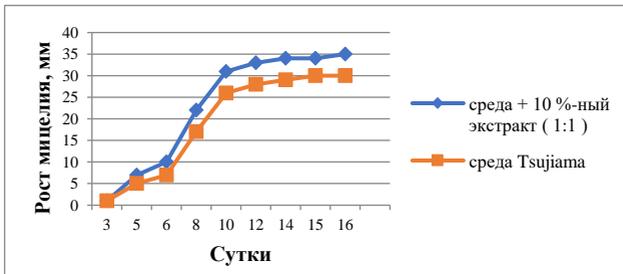


График 2 – Влияние экстракта сосновых опилок на рост мицелия

ВЫВОДЫ

1. Молекулярные методы подтвердили принадлежность выделенной чистой культуры гриба к виду *Lentinula edodes*.
2. Экстракты сосновых опилок ускоряют рост мицелия.
3. Масса мицелиев, выращенных на питательной среде с добавлением 10 %-ного экстракта больше массы контрольной группы на 25 %.
4. Урожайность с одного сбора составила 145 г, лучшие результаты: 54г,45г,30г, средняя масса плодового тела составила 34г.

Список литературы

1. Воропаев А. Д., Екатеринчев Д. А., Филина Ю. С., Несвижский Ю. В., Воропаева Е. А., Лиханская Е. И. Анализ эффективности различных методов идентификации грибов рода *Candida* / А. Д. Воропаев, Е. А. Воропаева, Д. А. Екатеринчев, Е. И. Лиханская, Ю. В. Несвижский, Ю. С. Филина // Успехи медицинской микологии. – 2020. – Том XXI глава 4. – С. 317 – 320.
2. Калашников, Андрей Анатольевич. Новая технология культивирования высших базидиомицетов в искусственно замкнутой экосистеме : диссертация кандидата биологических наук : 03.01.06 / Калашников Андрей Анатольевич; [Место защиты: Сарат. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова].- Саратов, 2011. - 143 с.
3. Карпов Ф. Ф. Выращивание гриба шиитаке в теплице / Ф. Ф. Карпов // Гавриш. – 2007. – № 5. – С. 27–29.
4. Кириленко М. А., Кузнецов О. Ю. Оценка биологического действия фармакологических форм шиитаке (*Lentinus edodes*) на лактобактерии / М. А. Кириленко, О. Ю. Кузнецов // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. – 2019. – Т. 28. – С. 56–62.
5. Комин П. А. Ареал гриба шиитаке (*Lentinula edodes* (berk.) pegler) в Приморском крае / П. А. Комин // Вестник КрасГАУ. – 2017. – №4. – С. 178–181.
6. Сотникова Н. Ю., Милькова Е. В., Кузнецов О. Ю., Мартенова А. А. Иммуномодулирующее действие сока гриба шиитаке *in vitro* / А. А. Мартенова, Е. В. Милькова, О. Ю. Кузнецов, Н. Ю. Сотникова // Успехи медицинской микологии. – 2003. –Т. 1. – С. 286–287.
7. Ткачёва М. Н. Преимущества использования поверхностного культивирования гриба шиитаке в биотехнологии / М. Н. Ткачёва // Сборник материалов международных научно-практических конференций. – 2018. – С. 220–223.
8. Хуссейн А. С., Налбандян А. А. Оптимизация процесса культивирования грибов шиитаке в искусственно созданных условиях / А. А. Налбандян, А. С. Хуссейн // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 2. – С. 31–32.
9. Eva Bellemain, Tor Carlsen, Christian Brochmann, Eric Coissac, Pierre Taberlet & Havard Kausserud. ITS as an environmental DNA barcode for fungi: an in silico approach reveals potential PCR biases / Eva Bellemain, Christian Brochmann, Tor Carlsen, Eric Coissac, Pierre Taberlet & Havard Kausserud // BMC Microbiology. – 2010. – article number. – 189.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ ПРИРОДНОГО И СИНТЕТИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА

Генк К.С.¹, Русакович А.А.², Черныш М.А.²

¹УО «Национальный детский технопарк»; Минск, Беларусь, kseniyagenk@gmail.com

²Биологический факультет БГУ; Минск, Беларусь, chernyshmaryia@gmail.com

*В данной работе, на основе методики спектроскопии электронного парамагнитного резонанса, был выявлен ряд соединений природного и синтетического происхождения, проявляющих антиоксидантные свойства. С помощью ростовых тестов на культурах *Arabidopsis thaliana*, *Triticum aestivum*, *Forsythia intermedia* была определена способность отобранных соединений (аскорбиновая кислота, отвар шиповника) стимулировать ростовые процессы, а также оказывать протекторный эффект на морфометрические показатели высших растений в условиях окислительного стресса.*

В результате воздействия различных факторов внешней среды, включая почвенное засоление и засуху, загрязнение воздуха токсическими соединениями, влияние высоких и низких температур, дефицит элементов минерального питания, присутствие гербицидов, растения постоянно подвергаются стрессу. Такое воздействие вызывает ответные реакции растительного организма. Зачастую наблюдается нарушение метаболических процессов в клетках растений, в результате чего происходит увеличение генерации активных форм кислорода (АФК) [2; 5]. Накопление АФК сверх нормы приводит к развитию у растений окислительного стресса, который, в свою очередь, сопровождается окислительным повреждением ДНК, перекисным окислением липидов, модификациями белков, приводит к различным патологическим процессам, негативно влияющим на жизнедеятельность организма и способным привести к гибели [3].

Ежегодно, в результате воздействия на растительные организмы неблагоприятных факторов окружающей среды, в мире происходят потери значительных объёмов урожая [2]. Актуальной остаётся проблема создания методов и технологий, а также поиска синтетических и природных веществ, направленных на повышение устойчивости важнейших сельскохозяйственных культур к окислительному стрессу.

Так, целью данной работы стало выявление и сравнение

эффективности природных и синтетических веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, а также оценка их воздействия на морфометрические параметры высших растений в условиях окислительного стресса.

Напрямую обнаружить вещества, определяющие окислительный стресс – свободные радикалы – в сложных смесях и в биологических системах можно с использованием методики спектроскопии электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), способной определять вещества несущие неспаренный электрон [4; 8]. Для выявления высокореакционных соединений, таких как АФК, применяют ЭПР-спектроскопию со спиновыми ловушками – химическими веществами, способными специфично взаимодействовать со свободными радикалами и формировать стабильные долгоживущие парамагнитные аддукты, что значительно повышает чувствительность и точность метода [1; 7].

Наибольшей повреждающей активностью среди АФК обладает гидроксильный радикал [3; 5; 6]. Его определение методом ЭПР-спектроскопии проводилось с использованием спиновой ловушки DMPO. Сигнал спинового аддукта DMPO-OH· в системе, генерирующей гидроксильный радикал, использовался в качестве контроля.

Далее к системе, генерирующей гидроксильный радикал добавлялись природные и синтетические соединения, потенциально обладающие антиоксидантными свойствами – 0,3 % ДМСО, 0,3 мМ батокупроин, 0,5 и 1 мМ аскорбиновая кислота, экстракты из базилика, шпината и винограда, сок граната и отвар щиповника – и проводилась оценка их способности снижать интенсивность ЭПР-сигнала в сравнении с контролем. Результаты проведения ЭПР-анализа с синтетическими соединениями представлены на рисунке 1.

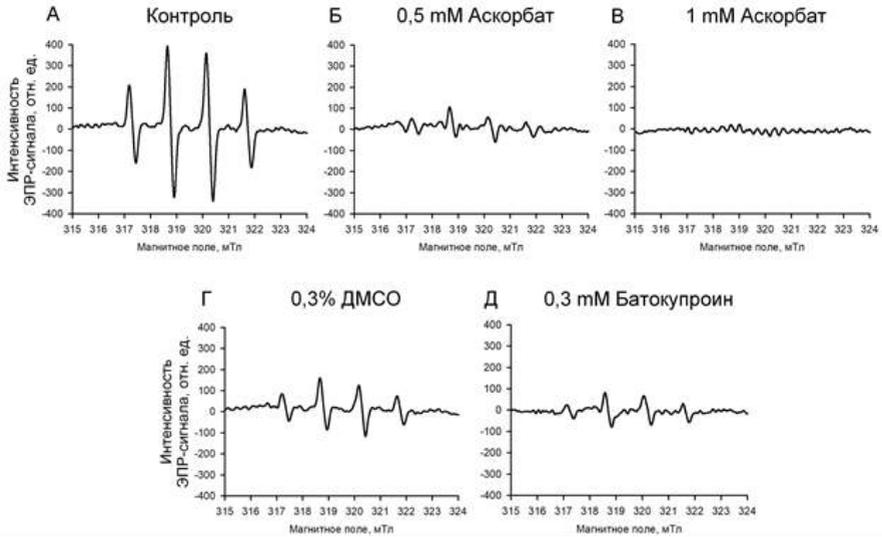


Рисунок 1 – ЭПР-спектры аддуктов DMPO-НО \cdot в системе, генерирующей гидроксильные радикалы: 1 mM CuCl $_2$, 1 mM Аскорбат, 1 mM H $_2$ O $_2$ (контроль), при добавлении синтетических антиоксидантов

Было показано, что 0,3 % ДМСО, 0,3 мМ батокупроин, 0,5 и 1 мМ аскорбиновая кислота, а также отвар шиповника демонстрируют антиоксидантную активность, существенно снижая ЭПР-сигнал DMPO-НО \cdot , что, вероятно, связано с их способностью нейтрализовать гидроксильный радикал либо ингибировать процессы, приводящие к его образованию за счет хелатирования меди. Так как наибольшая эффективность была определена для аскорбата и отвара шиповника, дальнейшие тесты проводились с использованием данных образцов.

Далее, с целью оценить протекторный эффект природных и синтетических антиоксидантов на рост и развитие высших растений в условия окислительного стресса проводились ростовые тесты на *Arabidopsis thaliana*, *Triticum aestivum*, *Forsythia intermedia*. Результаты ростового теста на культуре *A. thaliana* представлены на рисунке 2.

Было оценено влияние окислительного стресса на ростовые показатели растений. Добавление к среде культивирования смеси, генерирующей гидроксильный радикал, приводило к значительному ингибированию роста корней каждой из культур. Так, средние значения длины корней пшеницы на 10 сут выращивания в присутствии 0,1 мМ

и 0,3 мМ раствора Фентона снизились на 60 % и 70 %, соответственно, по сравнению с контролем, арабидопсиса на 50 % и 90 %, рост корней форзиции не наблюдался. Листья всех растений, культивируемых в условиях окислительного стресса, подверглись видимому хлорозу.

Добавление к среде культивирования 0,3 мМ аскорбиновой кислоты, а также отвара шиповника с эквивалентной концентрацией аскорбата, не стимулировало ростовые процессы *A. thaliana*, в отличие от добавления отвара шиповника с концентрацией аскорбата 0,9 мМ, приводившего к увеличению среднего значения длины корней на 25 % относительно контроля.

Стимулирующее воздействие на ростовые параметры *T. aestivum* оказало только внесение в среду культивирования отвара шиповника, содержащего аскорбат в концентрации 0,3 мМ. Так, наблюдалось достоверное увеличение среднего значения длины корней в данном варианте на 15 % по сравнению с контролем.

Добавление в среду выращивания *F. intermedia* 0,3 мМ аскорбата и отвара шиповника с содержанием АК 0,3 и 0,9 мМ оказало стимулирующий эффект на ростовые процессы культуры и привело к достоверному увеличению средней длины корней на 15%, 27 % и 25 % соответственно, по сравнению с контролем.

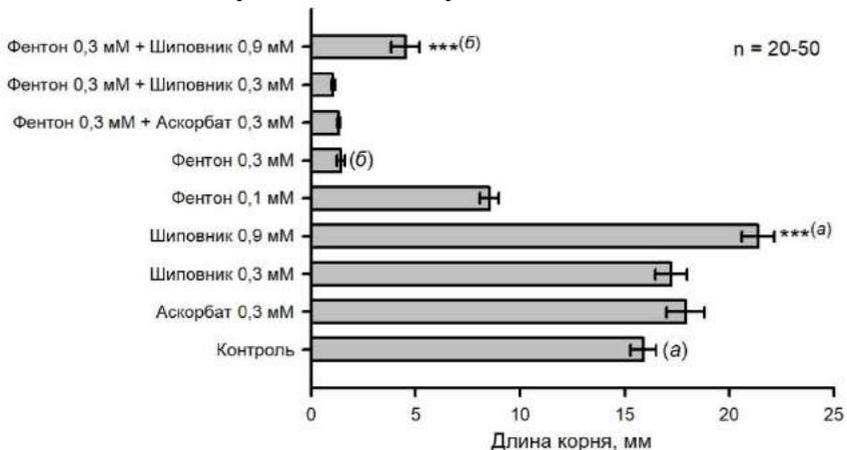


Рисунок 2 – Средние значения длины корней *A. thaliana*. Достоверность различий рассчитывалась при помощи ANOVA теста (а) – по отношению к контролю, (б) – по отношению к растениям, выращенным на среде с 0,3 мМ раствором Фентона: *** - $p < 0,001$

Далее была исследована способность выбранных антиоксидантов оказывать протекторное воздействие на ростовые процессы растений в условиях окислительного стресса. Добавление 0,3 мМ аскорбата и отвара шиповника с эквивалентной концентрацией аскорбиновой кислоты, к среде культивирования *A. thaliana*, содержащей стресс-фактор не приводило к видимым изменениям длины корня относительно контрольной группы (растения, выращенные на среде с 0,3 мМ Фентоном), в отличие от добавления отвара шиповника с концентрацией аскорбата 0,9 мМ. В данном случае наблюдалось статистически достоверное увеличение длины корней *A. thaliana* на 70 %. Культивирование *T. aestivum* и *F. intermedia* на среде, содержащей стрессор совместно с антиоксидантами не оказало протекторного эффекта на ростовые параметры растений.

Так, в результате работы был выявлен ряд соединений, способных оказывать протекторный эффект на растительные организмы в условиях окислительного стресса. Показано, что каждая из культур обладает специфичностью в отношении антиоксиданта и его концентрации, и требует их индивидуального подбора.

Список литературы

1. Bruckner A. In situ electron paramagnetic resonance: a unique tool for analyzing structure-reactivity relationships in heterogeneous catalysis / A. Bruckner // Chem. Soc. Rev. – 2010. – Vol. 39. – P. 4673–4684.
2. Demidchik, V. Mechanisms of oxidative stress in plants: from classical chemistry to cell biology / V. Demidchik // Environmental and experimental botany. – 2015. – Vol. 109. – P. 212–228.
3. Halliwell, H. Free Radicals in Biology and Medicine / Halliwell H., Gutteridge J.M.C. – United Kingdom: Oxford University Press, 2015. – P. 40–290.
4. Likhtenshtein, G. Electron spin interactions in chemistry and biology: fundamentals, methods, reaction mechanisms, magnetic phenomena, structure investigation / G. Likhtenshtein, K.A. Earle // World Scientific Publishing Company, 2014. – 500 P.
5. Reactive oxygen signaling and abiotic stress / G. Miller [et al.] // Physiologia Plantarum. – 2008. – Vol. 133. – P. 481–489.
6. Senescence, stress, and reactive oxygen species / I.Jajic [et al.] // Plants. – 2015. – Vol. 4. – P. 393–411.
7. Shukla, A.K. ESR spectroscopy for life science applications: An introduction / A. K. Shukla – Prayagraj, Uttar Pradesh, India: Springer International Publishing, 2021. – P. 72.
8. Swapnalin, Jh. Recent Developments in Electron Paramagnetic Resonance for Spectroscopic Applications / Jh. Swapnalin, S. Kumar, P. Banerjee // Biointerface Research in Applied Chemistry. – 2022. – Vol. 13, № 1. – P. 301–312.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИСАХАРИДНОЙ МАТРИЦЫ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЯЧМЕНЯ

Герасимович К.М.

Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси;
Минск, Республика Беларусь, herasimovichkm@gmail.com

В работе проведено исследование влияния нанокмпозитов хитозан-Ag и их разведённых растворов на энергию прорастания, лабораторную всхожесть и биометрические показатели семян ярового ячменя сорт Добры. Установлено, что нанокмпозиты с концентрациями $C_{\text{хит}} = 3,1 \text{ мг/мл}$; $C_{\text{Ag}} = 0,31 \text{ мг/мл}$ и ниже не оказывают значительного негативного эффекта на рост и развитие проростков ячменя.

Одним из перспективных направлений исследований в настоящее время является применение нанотехнологий в растениеводстве [4]. В повышении урожайности и качества сельскохозяйственных культур большое значение приобретают биогенные металлы в коллоидном состоянии (наночастицы). К наиболее широко используемым наноматериалам можно отнести наночастицы серебра [2, 5]. В отличие от ионного серебра наночастицы менее токсичны, обладают пролонгированным действием и не требуют применения больших доз для достижения необходимого биологического эффекта [3].

Изучение литературных данных показывает, что влияние наночастиц серебра на сосудистые растения исследуют, главным образом, в связи с токсическим действием их высоких концентраций [1]. Биологическая активность наночастиц зависит от их размера, формы и способа получения. Использование наночастиц серебра, встроенных в полимерную матрицу, привлекает особое внимание как стратегия снижения токсичности металлов без потери их противомикробного действия. Перспективным способом синтеза наночастиц серебра является химическое восстановление катионов Ag^+ полисахаридами. Использование восстановительного и стабилизирующего потенциала полисахаридов при синтезе наночастиц Ag позволяет получать коллоиды в водных средах без использования токсичных восстановителей и растворителей, а также без дополнительного введения стабилизатора в реакционную смесь [6].

Следует отметить, что синтезируемые таким способом наноконпозиты полисахарид-Ag являются биосовместимыми и могут обладать свойствами, присущими каждому из компонентов, в том числе возможна реализация синергетического действия [7].

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния наноконпозитов хитозан-серебро на рост и развитие ярового ячменя сорт Добры в течение прорастания.

Проведено исследование влияния наноконпозитов хитозан-Ag на энергию прорастания, лабораторную всхожесть и биометрические показатели семян ярового ячменя. Образцы предоставлены лабораторией микро- и наноструктурированных систем Института химии новых материалов НАН Беларуси. В опыте использовали следующие варианты образцов наноконпозитов:

1 – Хит Ag ($C_{\text{хит}} = 31 \text{ мг/мл}$; $C_{\text{Ag}} = 0,31 \text{ мг/мл}$) соотношением хитозан-серебро 100:1;

2 – Хит Ag ($C_{\text{хит}} = 31 \text{ мг/мл}$; $C_{\text{Ag}} = 3,1 \text{ мг/мл}$) с соотношением хитозан-серебро 10:1;

3 – Хит Ag ($C_{\text{хит}} = 3,1 \text{ мг/мл}$; $C_{\text{Ag}} = 0,31 \text{ мг/мл}$) с соотношением хитозан-серебро 10:1.

1/10; 2/10; 3/10 – образцы наноконпозитов, разведенные в 10 раз, 1/50; 2/50; 3/50 –разведенные в 50 раз и 1/100; 2/100; 3/100 – разведенные в 100 раз.

Энергию прорастания и всхожесть ячменя определяли согласно ГОСТ 12038-84, проращивая семена в чашках Петри на фильтровальной бумаге в термостате при температуре 20°C. Повторность опыта четырехкратная, в каждую чашку раскладывалось по 50 семян. Опытные варианты – семена замачивались в наноконпозитах и их в растворах в течение 3 часа, Контроль – семена замачивались в дистиллированной воде.

Прорастание семян — чувствительный и решающий этап жизненного цикла сельскохозяйственных культур, на который влияют генетические особенности, наличие влаги, качество почвы и условия окружающей среды. Установлено, что образцы наноконпозитов из вариантов 1 с соотношением хитозан-серебро 100:1 и 2 – с соотношением хитозан-серебро 10:1 полностью ингибируют прорастание семян (таблица 1). Выдерживание семян в образце 3 и в растворах разбавленных образцов наноконпозитов уменьшало энергию прорастания по сравнению с контролем от 19 до 34 процентов.

Таблица 1 – энергия прорастания и всхожесть семян ярового ячменя при обработке растворами нанокompозитов, %

Вариант опыта	Энергия прорастания	Всхожесть
Контроль	74±2	90±2
1	0	0
2	0	0
3	40±3 *	90±1
1/10	33±4 *	93±1
2/10	40±3 *	92±1
3/10	45±4 *	90±1
1/50	56±4 *	94±1
2/50	50±7 *	92±2
3/50	41±3 *	93±1
1/100	52±4 *	92±1
2/100	44±4 *	92±1
3/100	47±2 *	92±1

* – отличия достоверны $p < 0,05$

Однако к 7-м суткам прорастания негативный эффект нанокompозитов на прорастание нивелировался, кроме образцов из вариантов 1 и 2, и всхожесть семян из опытных вариантов не отличалась от контроля.

Отмечено положительное влияние обработок образцами 1 и 2, разведенными в 50 раз и образца 3, разведенного в 10 и 100 раз на развитие корневой системы проростков. В отдельных опытных вариантах обнаружено снижение массы корней. Стимуляции роста побегов при использовании опытных образцов не выявлено. Образцы нанокompозитов хитозан-серебро 1 и 2, разведенные в 10 раз и образец 3 угнетали рост побегов (таблица 2).

Таблица 2 – Биометрические показатели ярового ячменя при обработке растворами нанокompозитов

Вариант опыта	Длина корней	Длина побегов	Масса корней	Масса побегов
Контроль	18,5±0,3	14,8±0,2	0,165±0,005	0,134±0,003
1/10	18,5±0,3	13,4±0,2*	0,167±0,005	0,128±0,003
1/50	20,2±0,2*	14,2±0,2	0,196±0,006*	0,132±0,004
1/100	19,1±0,3	14±0,2*	0,165±0,006	0,126±0,003
2/10	19,4±0,3*	13,9±0,2*	0,149±0,005*	0,132±0,003
2/50	19,8±0,2*	14,1±0,3	0,171±0,004	0,128±0,003
2/100	18,6±0,3	14±0,3*	0,146±0,005*	0,129±0,004
3	19,4±0,3*	13,9±0,2*	0,149±0,005*	0,132±0,003
3/10	19,3±0,3*	14,2±0,2	0,167±0,006	0,132±0,003
3/50	18,8±0,2	14,5±0,3	0,15±0,005*	0,133±0,004
3/100	19,6±0,3*	14,3±0,2	0,182±0,006*	0,136±0,003

* – отличия достоверны $p < 0,05$

Таким образом установлено, что образцы нанокompозитов хитозан-серебро с концентрацией хитозана 31 мг/мл и серебра 0,31 мг/мл с соотношением 100:1 (вариант 1), а также хитозана 31 мг/мл и серебра 3,1 мг/мл с соотношением 10:1 (вариант 2) оказывают токсичное действие на всхожесть и прорастание семян ярового ячменя. Однако разведение данных нанокompозитов в 50 раз способствует активному росту корневой системы, а в 100 раз не оказывает существенного влияния на прорастание семян. Образец 3: нанокompозит хитозан-серебро с концентрациями хитозана 3,1 мг/мл и серебра 0,31 мг/мл проявил более слабое токсичное действие на прорастание семян ячменя, и при разведении в 10 и 100 способствовал увеличению длины корневой системы проростков.

Список литературы

1. Choi O., Deng K.K., Kim N.J., Ross J.L., Surampalli R.Y., Hu Z. The inhibitory effects of silver nanoparticles, silver ions and silver chloride colloids on microbial growth, *Water Res.*, 42, 3066–3074 (2008)
2. El-Batal A.I., Gharib F.A.E.-L., Ghazi S.M., Hegazi A.Z., El Hafz A.G.M.A. Physiological Responses of Two Varieties of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to Foliar Application of Silver Nanoparticles. *Nanomater. Nanotechnol.* 2016;6:13. doi: 10.5772/62202.
3. Jiang H., Li M., Chang F.Y., Li W., Yin L.V. Physiological analysis of silver

nanoparticles and AgNO₃ toxicity to *Spirodela polyrhiza*, *Environ Toxicol Chem.*, 31 (8), 1880–1886 (2012).

4. Liu C, Zhou H, Zhou J. The Applications of Nanotechnology in Crop Production. *Molecules*. 2021 Nov 23;26(23):7070. doi: 10.3390/molecules26237070. PMID: 34885650; PMCID: PMC8658860

5. Musante C., White J.C. Toxicity of silver and copper to *Cucurbita pepo*: Differential effects of nano and bulk-size particles. *Environ. Toxicol.* 2012;27:510–517. doi: 10.1002/tox.20667.

6. Sharma V. K., Yngard R. A., Lin Y. Silver nanoparticles: green synthesis and their antimicrobial activities // *Advances in colloid and interface science.* – 2009. – Т. 145. – №. 1-2. – С. 83-96

7. Kulikouskaya V., Hileuskaya K., Kraskouski A., Kozerozhets I., Stepanova E., Kuzminski I, You L., Agabekov V. Chitosan-capped silver nanoparticles: A comprehensive study of polymer molecular weight effect on the reaction kinetic, physicochemical properties, and synergetic antibacterial potential. // *SPE Polymers.* – April 2022. – V. 3, Issue2. – P. 77-90. DOI: 10.1002/pls2.10069

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ Ni^{2+} И Ni -ГИСТИДИНОВЫХ КОМПЛЕКСОВ НА РОСТ И АРХИТЕКТУРУ КОРНЕЙ *HORDEUM VULGARE*

Герман А.Д., Арзамазкина К.И., Мацкевич В.С.

Белорусский государственный университет; Минск, Беларусь, электронный адрес:
v.mackievic@gmail.com

*В настоящее время актуальной является проблема никелевого загрязнения, поскольку данный металл поступает в большом количестве в окружающую среду из промышленных отходов и бытовых изделий. Известно, что в ответ на никелевый стресс растения синтезируют свободную аминокислоту гистидин, связывающую никель в комплексы. В данной работе было протестировано влияние никеля и никель-гистидиновых комплексов на рост и архитектуру корней сельскохозяйственных культур на примере *Hordeum vulgare*.*

ВВЕДЕНИЕ

Одной из наиболее важных экологических проблем является загрязнение почв тяжелыми металлами, которые могут в больших количествах накапливаться в растениях и по пищевым цепям попадать в организм животных и человека. В частности, актуальным является загрязнение никелем – металлом, чрезвычайно широко используемым в промышленности [1, 4]. Несмотря на то, что никель относится к микроэлементам высших растений и является жизненно важным компонентом для их роста и развития, в первую очередь выступая в качестве кофактора уреазы и ряда гидролаз [1], концентрация Ni^{2+} в среде свыше 10–50 мкмоль/л токсична для большинства из видов растений [1, 2, 4]. Повышенные уровни никеля вызывают замедление роста побегов и корней, хлороз и некроз листьев, нарушение функционирования фотосинтетического аппарата, повреждение клеточных мембран, снижение активности ферментов антиоксидантной системы и увеличение уровня активных форм кислорода (АФК) [2, 4, 6, 7]. В качестве защитной реакции на избыток тяжелых металлов растения синтезируют органические хелаторы – свободные аминокислоты, органические кислоты и фитохелатины [3, 4]. Среди них, гистидин (Гис) обладает высоким сродством к никелю. Тем не менее, механизм протекторного действия Гис остается не до конца понятным. С одной стороны, он хелатирует ионы никеля, с другой, образующиеся комплексы редокс-активны и могут

способствовать запуску АФК-зависимых реакций [5]. Целью данной работы являлось протестировано влияние никеля и никель-гистидиновых комплексов на рост и архитектуру корней сельскохозяйственных культур на примере *Hordeum vulgare* L.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служил ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare* L.). Проростки выращивались рулонным методом. Семена стерилизовались 10% раствором гипохлорита натрия (Белизна) на протяжении 10 мин, промывались под проточной водой и выкладывались на лист фильтровальной бумаги на расстоянии примерно 1 см от верхнего края, сверху накрывались еще одним листом, и все вместе скручивались в рулоны, которые помещались в стаканы с питательной средой, содержащей 10% стандартный набор солей Мурасиге и Скуга. В данную среду вводились тестируемые растворы Ni^{2+} ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) и комплексов Ni-гистидин в соотношении 1 Ni^{2+} : 2 Гис, рН устанавливался на уровне 6,0. Затем стаканы ставили в стерильную камеру с поддерживаемым освещением (16 ч свет, 8 ч темнота) и температурным режимом (22 °С). На 7 сутки регистрировалась длина основного корня и побегов, расчеты производились в приложении *ImageJ*. Параметры архитектуры корня анализировались при помощи инвертированного микроскопа Nikon Eclipse TS100. Также определялась биомасса корней и надземной части.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Было выявлено, что внесение никеля в среду достоверно ингибировало рост корней, начиная с концентрации 0,01 мМ. При концентрации 0,3 мМ наблюдался полублетальный эффект. Максимальное ингибирование ростовых процессов обнаружилось при концентрации Ni^{2+} 10 мМ: наблюдалось почти полное торможение ростовых процессов корня (снижение длины корня на 93,6% по сравнению с контролем). Добавление в среду Ni^{2+} совместно с Гис значительно снижало токсический эффект данного металла, особенно при высоких концентрация никеля (3 мМ и 10 мМ). При 10 мМ Ni^{2+} и 20 мМ Гис рост корня тормозился только на 72,7% (рисунок 1, А). В случае изменения длины проростков негативное влияние никеля проявлялось схожим образом. Достоверное ингибирование обнаружилось, начиная с концентрации 0,01 мМ, а максимальное

негативное влияние оказывалось при 10 мМ (уменьшение длины на 91,5%). Добавление гистидина также оказывало протекторное действие (рисунок 1, Б).

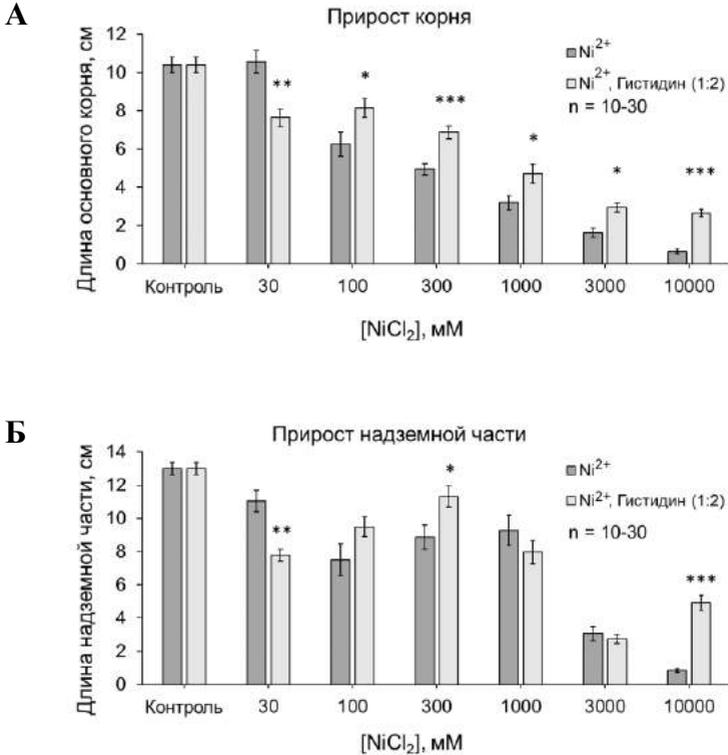


Рисунок 1 – Изменение длины корней (А) и длины надземной части (Б) проростков *Hordeum vulgare* L. При выращивание в среде, содержащей Ni²⁺, в течение 7 сут (X±Sx). Достоверность различий рассчитывалась между обработками Ni²⁺ и Ni²⁺-гистидин при помощи ANOVA теста: * – p≤0,05, ** – p≤0,01, * – p<0,001**

Так как никель в большей степени воздействует на корни растений, были также проанализированы изменения архитектуры корня: диаметр корня в зоне покоящегося роста, диаметр в зоне всасывания и длина атрихобластов. Проведенные эксперименты показали, что наиболее чувствительным к никелевому стрессу оказался диаметр корня в зоне покоящегося роста. Максимальный негативный

эффект также наблюдался при концентрации 10 мМ Ni²⁺: ширина корня снизилась на 53,4% по сравнению с контролем. Добавление гистидина частично компенсировало негативное влияние никеля: на 20% (рисунок 1, В). Наименее чувствительным к избытку никеля оказалось изменение диаметра в зоне всасывания. При максимальной концентрации никеля (10 мМ) происходило уменьшение данного параметра на 40%.

Также было протестировано накопление биомассы корней и надземной части при выращивании ячменя на среде с никелем и никель-гистидином. Ингибирующий эффект, оказываемый никелем на изменение биомассы, достоверно наблюдается при более высоких концентрациях Ni²⁺, начиная с 0,3 мМ в случае сырой массы и сухой массы надземной части, и 0,03 мМ в случае сухой массы корня. Введение гистидина частично снижало эффект, оказываемый никелем.

Таким образом, было показано, что никель оказывает ингибирующее действие на рост корней и наземной части ячменя, при этом корни демонстрируют большую чувствительность к данному металлу. Добавление гистидина оказывает протекторное действие в условиях никелевого стресса. Вероятно, с одной стороны, гистидин способен хелатировать никель, тем самым уменьшая его доступность для растения, а, с другой стороны, никель совместно с гистидином могут формировать редокс-активные комплексы, способные индуцировать синтез активных форм кислорода, который может являться сигналом для запуска адаптивных реакций в клетках растений.

Работа была выполнена в рамках задания «Исследование функционального взаимодействия сигнально-регуляторных и антиоксидантных систем при стрессе с целью повышения общей стрессоустойчивости высших растений и создания новых биотехнологий» (№ государственной регистрации 20211222, руководитель В.В. Демидчик) подпрограммы «Молекулярные и клеточные биотехнологии-2» государственной программы научных исследований «Биотехнологии-2» на 2021–2025 годы.

Список литературы

1. Ahmad, M. S. A., & Ashraf, M. Essential roles and hazardous effects of nickel in plants / M.S.A. Ahmad, M. Ashraf // *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. – 2011. – P. 126 – 152.
2. Effects of nickel on growth and composition of metal micronutrients in barley plants grown in nutrient solution / H. Rahman [et al.] // *Plant Nutrition*. – 2005. – Vol. 28. – P. 393–404.
3. Free histidine as a metal chelator in plants that accumulate nickel / U.Krämer [et

al.] // Nature. – 1996. – Vol. 379. – P. 635–638.

4. Functions and toxicity of nickel in plants: recent advances and future prospects / Chen C. [et al.] // CLEAN - Soil, Air, Water. – 2009. – Vol. 37(4-5). – P. 304–313.

5. Halliwell, H. Free Radicals in Biology and Medicine / H. Halliwell, J.M.C. Gutteridge. – United Kingdom: Oxford University Press, 2015. – 896 p.

6. Short-term nickel residual effect in field-grown soybeans: nickel-enriched soil acidity amendments promote plant growth and safe soil nickel levels / B.W. Rodak [et al.] // Archives of Agronomy and Soil Science. – 2021. – P. 1–16.

7. Ингибирование ростовых процессов и индукция запрограммированной клеточной гибели в корне *Helianthus annuus* L. под действием ионов никеля и никель-гистидиновых комплексов / В.С. Мацкевич и др. // Журнал Белорусского государственного университета. Биология. – 2020. – №1. – С. 11–19.

АКТИВАЦИЯ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН И РОСТ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАНОЧАСТИЦ

Груммо М.Д.¹, Молчан О.В.²

¹Государственное учреждение образования «Средняя школа № 26 г. Минска», Минск, Беларусь, maria.hrumo@gmail.com

²Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, olgamolchan@mail.ru

Проведено исследование влияния наночастиц селена, кремния и углерода (фуллерена C₆₀ и фуллерена C₇₀) на прорастание семян и рост проростков пшеницы. Показано, что прайминг наночастицами Se не изменяет энергии прорастания и всхожести семян, но увеличивает длину листьев проростков без стимуляции образования сухой массы. Использование наночастиц Si и углерода (фуллерен C₆₀) увеличивает энергию прорастания, не влияет на длину листьев, но в определенных концентрациях повышает массу проростков. Наночастицы фуллерена C₇₀ не оказывают достоверного влияния на все исследованные параметры.

Спрос на продовольствие постоянно растет, поэтому важно искать новые подходы, способствующие сохранению и увеличению урожайности. Использование нанотехнологий в сельском хозяйстве – возможное решение проблемы продовольственного кризиса [1, 2, 4].

Цель работы: оценка влияния наночастиц селена (Se), кремния (Si) и углерода (фуллерена C₆₀ и фуллерена C₇₀) на прорастание семян и рост проростков пшеницы.

Объекты исследования – наночастицы Se, Si (на основе биогенных полимеров) [1, 2] и углерода (C₆₀ и C₇₀) [4]; модельные биологические объекты – семена и проростки пшеницы (сорт Дарья) [7]. *Предмет исследования* – физиологические реакции растений пшеницы на обработку наночастицами.

Работа выполнена в 2022 г. на базе лаборатории водного обмена и фотосинтеза растений Института экспериментальной ботаники Национальной академии наук Беларуси.

Методы исследования.

Прайминг – «активация» семян для обеспечения быстрой и однородной всхожести. Семена пшеницы замачивали в растворах наночастиц в темноте при температуре 20°C в течение 20 часов, при доступе воздуха. Контрольные семена одновременно обрабатывали дистиллированной водой [3].

Оценка энергии прорастания и всхожести семян. Обработанные семена проращивали в чашках Петри в термостате при 20°C. На 3-е и 7-е – их всхожесть. Подсчитывали только нормально проросшие семена (не менее двух хорошо развитых корешков) [3].

Определение биомассы. Обработанные семена проращивали методом бумажных рулонов в дистиллированной воде при температуре 20°C и освещении 150 мкмоль/(с·м²). На 7 сутки определяли длину, сырую и сухую массу листьев проростков. Массу растительного материала оценивали с помощью аналитических весов. Сухую массу определяли, высушивая материал при 70°C до постоянного веса [3, 6].

Статистическая обработка данных. Эксперименты проводили в 4-кратной повторности. Использовали стандартные методы статистики Excel, рассчитывали среднее арифметическое и стандартное отклонение [5].

Результаты и их обсуждение.

Влияние наночастиц на прорастание семян пшеницы. В эксперименте использовали наночастицы селена в концентрации 750–3000 мг/л. Прайминг наночастицами селена не изменяет как энергию прорастания, так и всхожесть семян. Из результатов проведенного эксперимента очевидно, что наночастицы кремния в диапазоне концентраций от 100 до 1000 мг/л оказывают стимулирующее воздействие на энергию прорастания семян, повышая дружность их всходов, в некоторых случаях (100 мг/л) на 1/3 (рисунок 1). Влияние прайминга наночастицами фуллерена C₆₀ на энергию прорастания и всхожесть семян пшеницы представлено на рисунке 2. Наночастицы фуллерена C₆₀ в диапазоне концентраций 1–5 мг/л оказывают значительное воздействие на энергию прорастания и незначительное на всхожесть семян. При обработке семян наночастицами фуллерена C₇₀ существенно не изменяется как энергия прорастания, так и всхожесть семян пшеницы.

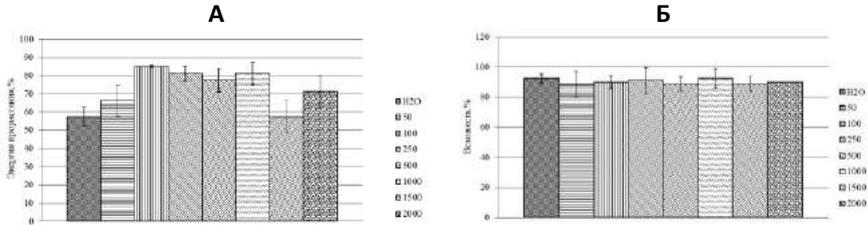


Рисунок 1 – Влияние наночастиц кремния на энергию прорастания (А) и всхожесть (Б) семян пшеницы

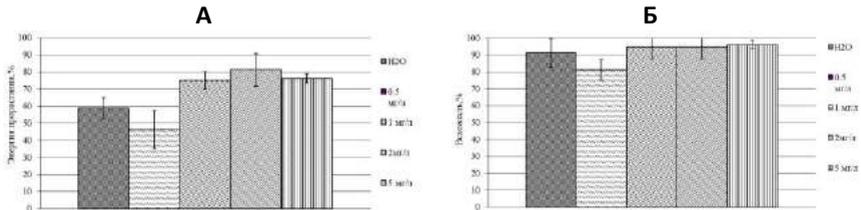


Рисунок 2 – Влияние наночастиц фуллерена C₆₀ на энергию прорастания (А) и всхожесть (Б) семян пшеницы

Влияние наночастиц на рост проростков пшеницы.

Наночастицы селена в диапазоне концентраций от 750 до 3000 мг/л оказывают влияние на длину и массу листьев проростков пшеницы, что отражено на рисунке 3. Из данных рисунка 4 следует, что наночастицы кремния не оказывают достоверного влияния на длину листьев. При этом прайминг наночастицами кремния (50–1000 мг/л) оказывает заметное воздействие на массу листьев, достигая максимальных значений массы листьев в концентрации 500 мг/л. На рисунке 5 показано, что прайминг наночастицами фуллерена C₆₀ стимулирует рост проростков пшеницы лишь в концентрации 0,5 мг/л. В иных концентрациях воздействие либо отсутствует (1 и 2 мг/л), либо оказывается тормозящим (5 мг/л), что, однако, не является статистически достоверным. При обработке семян наночастицами фуллерена C₇₀ отмечено некоторое несущественное повышение значений длины листьев и их массы.

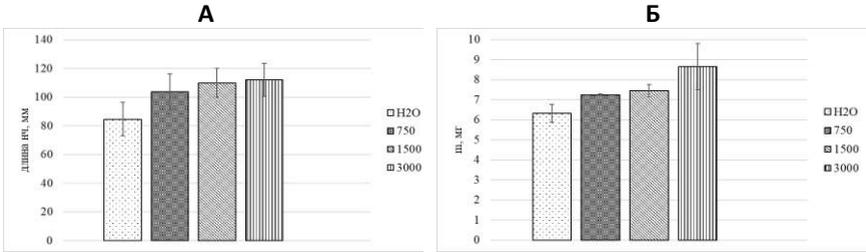


Рисунок 3 – Влияние наночастиц селена на рост проростков пшеницы (А – длина листьев, Б – масса)

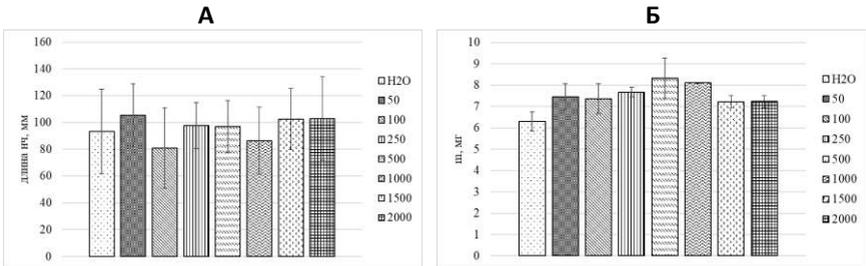


Рисунок 4 – Влияние наночастиц кремния на рост проростков пшеницы (А – длина листьев, Б – масса)

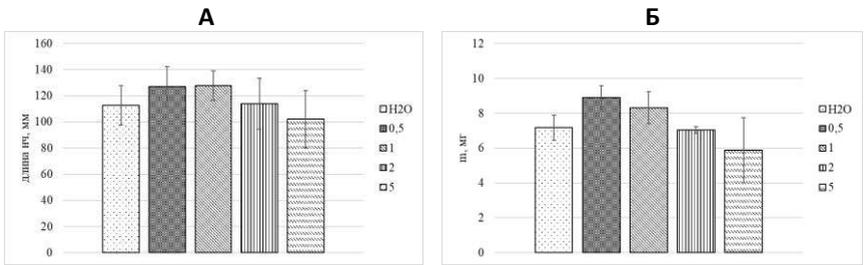


Рисунок 5 – Влияние наночастиц фуллерена C₆₀ на рост проростков пшеницы (А – длина листьев, Б – масса)

Таким образом, в результате анализа полученных результатов можно сделать вывод о том, что прайминг семян наночастицами при определенных концентрациях и режимах проведения позволяет активировать прорастание семян и рост проростков пшеницы. Процессы активации, вероятно, обусловлены стимуляцией поступления в семена достаточного количества влаги для их набухания и таким образом, запуском прорастания. Кроме того, влияние наночастиц на биохимические процессы в семенах, корнях и листьях проростков способствуют ускорению их роста в результате активации

водообмена и накопления сухого вещества. При стимуляции ростовых процессов наночастицы селена, кремния и углерода, скорее всего, задействуют различные механизмы.

Были сформулированы следующие *выводы*:

1. Прайминг наночастицами Se не изменяет энергии прорастания и всхожести семян, но увеличивает длину листьев проростков без стимуляции образования сухой массы, инициируя рост клеток растяжением за счет поступления воды (регуляции водообмена).

2. Использование наночастиц Si и углерода (фуллерен C₆₀) увеличивает энергию прорастания, т.е. обеспечивают быстрое и равномерное прорастание семян пшеницы, не влияет на длину листьев, но в определенных концентрациях повышает массу проростков.

3. Углеродные наночастицы фуллерена C₇₀ не оказывают достоверного влияния на энергию прорастания, всхожесть семян, на длину, сырую и сухую массу проростков пшеницы.

В результате можно заключить, что наночастицы кремния, селена и углерода (фуллерен C₆₀), активируя различные физиологические и биохимические механизмы в семенах и проростках пшеницы, могут стимулировать прорастание семян и рост растений пшеницы.

Полученные результаты могут помочь в разработке перечня подходящих наноматериалов для нужд сельского хозяйства. Это поможет минимизировать действие абиотических стрессов (засухи, экстремальных температур, пестицидов), ведущих к задержке прорастания и снижению всхожести. Таким образом, данное направление является актуальным, ведь раннее развитие посевов и равномерные всходы – важная составляющая урожайности зерновых культур.

Список литературы

1. Азизбеян, С. Г. Исследование эффективности микроудобрений на основе наночастиц биоэлементов / С. Г. Азизбеян // Нанотехника. – 2012. – № 4 (32). – С. 51–53.
2. Валуева, С. В. Морфология и биологическая активность наносистем на основе наночастиц селена / С. В. Валуева [и др.] // «Нанотехника». – 2012. – № 4 (32). – С. 53–58.
3. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартинформ, 2011. – 31 с.
4. Микроудобрения НАНО-КРЕМНИЙ НПК. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mikroudobrenija-nano-kremnij-npk-1.mozellosite.com/>. – Дата доступа: 17.11.2022.
5. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. – Минск, 1973. – 320с.
6. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://thesaurus.rusnano.com/>. – Дата доступа: 17.11.2022.
7. Сорт: Дарья // ТОО ОХМК. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ohmk.kz/ru/product/sort-darya>. – Дата доступа: 17.11.2022.

ВЫБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* РОБИНИИ ЛОЖНОАКАЦИЕВОЙ (*ROBINIA PSEUDOACACIA* L.)

Гусева О.Ю.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии» 394087, г. Воронеж, ул. Ломоносова, 105, Россия, e-mail: guseva.oks2017@yandex.ru

В результате данного исследования была изучена эффективность использования различных типов эксплантов для клонального микроразмножения робинии ложноакациевой. Растительный материал отбирался на разных сроках вегетационного периода. Отмечено, что экспланты, изолированные в начале лета, обладали большей жизнеспособностью и содержали меньше инфекции, чем укороченные зеленые побеги с одревесневшей частью прошлогодней ветви, взятые в апреле.

В лесном хозяйстве отмечена тенденция на спрос быстрорастущих деревьев, устойчивых к неблагоприятным факторам окружающей среды. Робиния ложноакациевая характеризуется неприхотливостью к почвенному составу, засухоустойчивостью и быстрым темпом роста в молодом возрасте. Насаждения данной породы могут быть использованы для создания полезащитных полос для южной лесостепи и степи с засоленными почвами. Таким образом, разработка технологии микроразмножения робинии ложноакациевой в культуре *in vitro* является актуальной для решения различных задач степного и защитного лесоразведения. По литературным данным, первичными эксплантами для клонального микроразмножения этого дерева служили сегменты с пазушными и апикальными почками, а также семядоли [1-4]. В качестве стерилизующих агентов применялись растворы хлорида ртути (0,1-0,2 %) и этанола (70%) [1-4]. Изучено, что наиболее подходящей базовой питательной средой для культивирования робинии является М/С [2-4]. Для пазушного побегообразования оказался оптимальным следующий состав питательной среды: ½ М/С, сахара 30 г/л, агар агар 5,5 г/л и БАП 1 мг/л [3]. Исследовано, что возраст дерева не влиял на эффективность клонального микроразмножения (сравнивали деревья 10- 60- и 300-летнего возраста) [3].

Объекты и методы. Для введения в культуру *in vitro Robinia*

pseudoacacia L. отбирался материал в виде укороченных молодых побегов с одревесневшей (прошлогодней) частью ветви от двух деревьев, произрастающих на территории Элистинского участкового лесничества (Республика Калмыкия), а также зеленые побеги длиной 10-15 см, отобранные на территории дендрария ВНИИЛГИСБиотех (г. Воронеж) в начале июня.

Стерилизация всех эксплантов проводилась двухэтапно (в нестерильных и стерильных условиях): мыльная вода (3 мин), Domestos (7 мин), мертиолят (13 мин). Используемые варианты питательных сред: 1) M/S+НУК 0,1 мг/л + БАП 0,5 мг/л; 2) M/S+ БАП 0,5 мг/л. Всего было введено по 2 дерева из каждого региона. Для получения новых зеленых побегов одревесневшие ветви робинии со спящими почками погружали в емкости с водой и хранили в лаборатории при комнатной температуре. Примерно через 3 недели развивались зеленые побеги длиной 5-10 см, которые в дальнейшем использовались для введения в культуру *in vitro*.

Результаты исследования. При стерилизации эксплантов с одревесневшей частью наблюдалось наибольшее количество инфицированных культур (90%). В лаборатории из одревесневших ветвей были получены дополнительные молодые побеги, использование которых для клонального микроразмножения робинии позволило повысить количество асептических эксплантов до 57%. Лучшие результаты были достигнуты при стерилизации изолированных зеленых побегов с дерева в начале июня (84% асептических микрочеренков), рисунок 1.

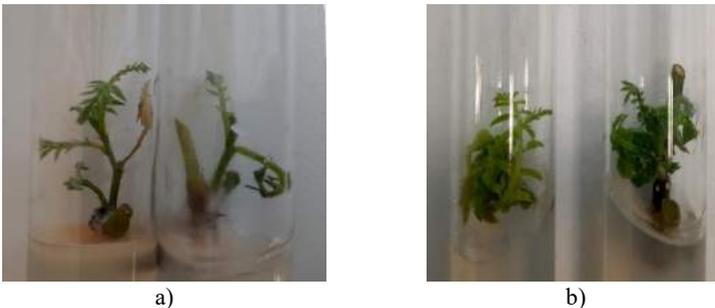


Рисунок 1 – Первичные культуры робинии ложноакациевой на питательной среде M/S+ БАП 0,5 мг/л, полученные: а) в апреле (с одревесневшей частью ветви) и б) в июне

Таким образом, наиболее оптимальным материалом для введения в культуру *in vitro Robinia pseudoacacia* L. являются молодые зеленые побеги длиной 5-10 см, изолированные с дерева в начале июня. Данным способом было получено основное количество асептических и жизнеспособных эксплантов (до 84%). Получение новых побегов робинии из спящих почек в лаборатории позволило получить дополнительный материал от испытуемых деревьев и увеличить выход жизнеспособных асептических эксплантов до 57%.

Список литературы

1. Kanwar K. In vitro selection for resistance against *Fusarium eguiseitii* in *Robinia pseudoacacia* L. / K. Kanwar [et al.] // Tree and Forestry science and biotechnology. – 2011. – No. 5 (Special Issue 1). – С. 53-57
2. Kovacs G.M. In vitro interaction of the truffle *Terfezia terfezioides* with *Robinia pseudoacacia* and *Helianthemum ovatum* / G.M. Kovacs, C.Vagvolguy, F. Oberwinkler // Folia Microbiol. – 2003. – Vol. 48 (3) – С. 369-378
3. Szyr-Borowska I. Micropropagation and *in vitro* rooting of *Robinia pseudoacacia* L. recalcitrant genotypes / I. Szyr-Borowska [et al.] // Folia Forestalia Polonica. – 2020. – Vol. 62 (1). – С. 13-21
4. Мазуренко В.Д. Морфогенний розвиток рослин *Robinia pseudoacacia* L. при культивуванні в умовах *in vitro* / В.Д. Мазуренко, Л.А.Колдар, М.В. Небиков // Научний вестник НЛТУ України. – 2008. – Т. 18, № 9 – С. 52-56

АНАЛИЗ АНТИРАДИКАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА *LAMIACEAE* LINDL.

Дитченко Т.И., Комарова В.А.

Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь,
ditchenko@bsu.by

Водно-спиртовые экстракты, полученные из надземной части шалфея лекарственного, мяты перечной, проявляют вдвое более высокую антирадикальную активность по сравнению с экстрактами, полученными из розмарина лекарственного, тимьяна ползучего и базилика душистого. Проявление антирадикальных свойств экстрактов исследуемых представителей семейства Lamiaceae в значительной степени определяется содержанием фенолокислот.

Окислительный стресс является одной из причин развития многих заболеваний, таких как атеросклероз, диабет, болезнь Альцгеймера, ишемическое и реперфузионное поражение тканей, бронхолегочные и нейродегенеративные патологии [1]. Процессы свободнорадикального окисления приводят к нарушению физико-химической структуры и свойств мембран, ингибированию мембранно-связанных и цитоплазматических ферментов, блокированию синтеза белков и аминокислот, нарушению биоэнергетических процессов. В связи с этим актуальной задачей является поиск фитопротекторов, обладающих антирадикальной и антиоксидантной активностью. Фенольные соединения (ФС) являются основными антиоксидантами растительного происхождения, сочетающими способность ингибировать процессы свободнорадикального окисления в живых организмах с низкой токсичностью [2]. Их биологическая активность зависит от строения, количества, местонахождения гидроксильных групп в бензольном ядре, а также степени полимеризации. Богатым источником вторичных метаболитов фенольной природы являются растения семейства *Lamiaceae* Lindl. По мнению ряда авторов, потенциал лечебного и лечебно-профилактического применения фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов, получаемых из представителей Яснотковых, до сих пор остается нереализованным, несмотря на пристальное внимание исследователей [3].

Целью настоящей работы явилась сравнительная оценка

антирадикальной активности (АРА) водно-спиртовых экстрактов, полученных из лекарственного сырья представителей семейства *Lamiaceae*, и установление ее взаимосвязи с уровнями накопления растворимых ФС, в т.ч. фенолокислот.

В качестве объектов исследования использовалось лекарственное растительное сырьё базилика душистого (*Ocimum basilicum* L.), мелиссы лекарственной (*Melissa officinalis* L.), мяты перечной (*Mentha piperita* L.), розмарина лекарственного (*Rosmarinus officinalis* L.), тимьяна ползучего (*Thymus serpyllum* L.), шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.). Для определения АРА экстрактов из лекарственного растительного сырья представителей семейства *Lamiaceae* использовался метод, основанный на ингибировании стабильного хромоген-радикала 2,2-дифенилпикрил-1-гидразила (ДФПГ). К его достоинствам относятся высокая воспроизводимость, простота выполняемых операций, общедоступность необходимого оборудования, высокая чувствительность, высокая селективность по отношению к антирадикальным антиоксидантам [4]. Для количественного определения содержания суммы ФС в водно-спиртовых экстрактах представителей семейства *Lamiaceae* Lindl. использовался метод дифференциальной спектрофотометрии, основанный на образовании окрашенных комплексов ФС с реактивом Фолина-Дениса. Определение содержания фенолокислот в пересчете на хлорогеновую кислоту проводили с помощью метода прямой спектрофотометрии.

На первом этапе работы получали концентрационные зависимости ингибирования радикала ДФПГ компонентами водно-спиртовых экстрактов из 6 представителей семейства *Lamiaceae* Lindl. В случае экстрактов базилика душистого, розмарина лекарственного, тимьяна ползучего выход кривой ингибирования радикалов ДФПГ на плато происходил, начиная с концентрации 0,02%. Ингибирование радикалов ДФПГ экстрактами из мелиссы лекарственной, мяты перечной и шалфея лекарственного отмечалось в присутствии более низких концентраций. В частности, при действии концентраций менее 0,01% происходило выраженное возрастание АРА, а при более высоких концентрациях отмечался выход концентрационных зависимостей на плато. Полученные данные свидетельствуют о наличии различий между исследуемыми объектами по их способности вызывать тушение радикалов ДФПГ.

Для количественного анализа АРА водно-спиртовых экстрактов представителей семейства *Lamiaceae* для каждого объекта проводился расчет EC_{50} – концентрации экстракта, при которой наблюдается 50%-ное ингибирование радикалов ДФПГ. Чем меньше величина EC_{50} , тем выше АРА экстракта. В нашей работе использовался графический метод, суть которого заключается в том, что на графиках, отражающих концентрационные зависимости ингибирования ДФПГ, выделяют линейный участок, для которого получают линию тренда и уравнение линейной зависимости, которое используется для определения EC_{50} . В случае экстрактов из Melissa лекарственной, мяты перечной и шалфея лекарственного хорошо выражена линейная зависимость ингибирования радикалов ДФПГ отмечалась в диапазоне концентраций от 0,001 до 0,01%. Величины коэффициента аппроксимации линейной функцией составляли при этом 0,95; 1,00 и 0,95, соответственно. В случаях экстрактов из базилика душистого, розмарина лекарственного, тимьяна ползучего аппроксимация линейной зависимостью производилась в диапазоне концентраций от 0,001 до 0,02%, а величины коэффициента аппроксимации составили 0,95; 0,98 и 0,95, соответственно.

Самое низкое значение EC_{50} было характерно для экстракта, полученного из лекарственного сырья «Шалфея листья». Водно-спиртовые экстракты из Melissa лекарственной и мяты перечной имели равные значения АРА, которые составляли в среднем 0,007%. Вдвое более высокие величины EC_{50} наблюдалась для экстрактов, полученных из розмарина лекарственного, тимьяна ползучего и базилика душистого. Таким образом, исследованные виды семейства *Lamiaceae* можно разделить на две группы в зависимости от величины АРА водно-спиртовых экстрактов: первая группа – объекты, характеризующиеся достаточно высокой АРА – шалфей лекарственный, Melissa лекарственная, мята перечная; вторая группа – объекты, характеризующиеся менее выраженной АРА – розмарин лекарственный, тимьян ползучий и базилик душистый.

АРА экстрактов растений обусловлена химическим составом сырья и в основном определяется качественным и количественным составом фенольных веществ. Как отмечалось ранее, ФС представляют собой один из наиболее многочисленных классов ВМ, который включает следующие основные группы: оксibenзойные кислоты, гидроксикоричные кислоты и кумарины, флавоноиды. В связи с этим

представляло интерес определение содержания антиоксидантов фенольной природы в экстрактах из исследуемых представителей семейства *Lamiaceae*, а также установление характера взаимосвязи уровней суммарного накопления растворимых ФС, фенолокислот со значениями АРА.

Установлено, что наиболее высоким содержанием ФС характеризовались экстракты, полученные из розмарина лекарственного. Для данного объекта уровни накопления растворимых ФС достигали в среднем $19,56 \pm 1,5$ мг/г сух.в. или 1,96% сух.в. В экстрактах, полученных из надземной части базилика душистого и шалфея лекарственного, содержание суммы ФС было практически одинаковым и составило в среднем $18,6 \pm 1,2$ мг/г сух.в. В случае водно-спиртового экстракта из тимьяна ползучего содержание ФС было равно $17,63 \pm 1,4$ мг/г сух.в. Таким образом, средние показатели накопления ФС для четырех перечисленных выше объектов отличались не более, чем на 10%. При этом достоверные различия между ними отсутствовали, что позволяет сделать вывод о том, что использованное в настоящей работе сырье розмарина лекарственного, базилика душистого, шалфея лекарственного, тимьяна ползучего характеризуется практически равными уровнями содержания суммы ФС. Самое низкое значение содержания анализируемых вторичных метаболитов обнаружено для экстрактов, полученных из листьев мяты перечной – $15,05 \pm 0,7$ мг/г сух.в., что было практически на 30% ниже по сравнению с экстрактами из розмарина лекарственного. В случае экстрактов из Melissa лекарственной содержание ФС составило в среднем $16,5 \pm 0,5$ мг/г сух.в., что было также достоверно ниже по сравнению с первой группой лекарственных растений. Корреляционный анализ данных по содержанию ФС и величины EC_{50} экстрактов показал отсутствие корреляций между ними (значение коэффициента корреляции 0,58). Таким образом, можно заключить, что АРА экстрактов исследуемых представителей семейства *Lamiaceae* напрямую не зависит от суммарного содержания ФС.

Среди вторичных метаболитов фенольной природы в растениях наиболее широко представлены фенолокислоты. Оксibenзойные кислоты и их производные (ванилиновая, п-гидроксibenзойная, протокатеховая, галловая, гентизиновая) обнаружены практически во всех покрытосеменных растениях. Гидроксикоричные кислоты (п-кумаровая, кофейная, феруловая, синаповая) и их производные в

высших растительных организмах распространены повсеместно в чистом виде или в форме разнообразных эфиров. Способность фенолокислот тормозить свободнорадикальные реакции играет важную роль в уменьшении риска развития серьезных заболеваний [5]. В связи с этим на следующем этапе нашей работы было проведено количественное определение содержания фенолокислот в пересчете на хлорогеновую кислоту. Установлено, что наиболее высоким содержанием фенолокислот характеризовался водно-спиртовой экстракт, полученный из шалфея лекарственного. Для данного объекта уровни накопления анализируемых вторичных метаболитов достигали в среднем $12,11 \pm 0,46$ мг/г сух.в. Практически равные показатели были характерны для экстрактов, полученных из Melissa лекарственной. Для остальных объектов обнаружено достоверно более низкое содержание фенолокислот. Так, в экстрактах, полученных из мяты перечной, содержание фенолокислот в пересчете на хлорогеновую кислоту в среднем составило $10,46 \pm 0,4$ мг/г сух.в. Еще более низкие значения были характерны для водно-спиртовых экстрактов из розмарина лекарственного и тимьяна ползучего – $9,13 \pm 0,3$ мг/г сух.в. и $9,68 \pm 0,3$ мг/г сух.в., соответственно. По сравнению с экстрактами из листьев шалфея лекарственного полученные данные были ниже на 25%. Самое низкое содержание фенолокислот обнаружено для экстракта из базилика душистого – $7,48 \pm 0,4$ мг/г сух.в., что было в 1,4 раза меньше относительно экстрактов из шалфея лекарственного. Корреляционный анализ данных по содержанию фенолокислот и величины EC_{50} экстрактов позволил установить хорошо выраженную обратную взаимосвязь между данными показателями. Следовательно, проявление антирадикальных свойств экстрактов исследуемых представителей семейства *Lamiaceae Lindl.* в значительной степени определяется содержанием фенолокислот. Установленные закономерности могут быть использованы при проведении фармакогностического анализа лекарственного растительного сырья.

Список литературы

1. Gupta, D. Methods for determination of antioxidant capacity: a review. / D. Gupta // Intern. J. of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2015. – Vol. 6 (2). – P. 546–566.
2. Меньщикова, Е.Б. Фенольные антиоксиданты в биологии и медицине. Строение, свойства, механизмы действия / Е.Б. Меньщикова, В.З. Ланкин, Н.В. Кандалицева. – Lambert Academic Publishing, 2012. – 495 с.
3. Представители семейства *Lamiaceae Lindl.* как источники лекарственного растительного сырья для получения нейротропных средств (обзор) / Ж.В. Звездина [и

др.] // Фармация и фармакология. – 2020. – Т. 8, №1. – С. 4–28.

4. Филиппенко, Т.А. Фенольные соединения растительных экстрактов и их активность в реакции с дифенилпикрилгидразилом / Т.А. Филиппенко, Н.И. Беляя, А.Н. Николаевский // Химико-фармацевтический журнал. – 2004. – № 8. – С. 34–36.

5. Kumar, N. Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications / N. Kumar, N. Goel // Biotechnology Reports. – 2019. – Vol. 24. – P. 1–7.

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ФЕНИЛПРОПАНОИДОВ И ФЛАВОНОИДОВ ИЗ КУЛЬТУР КЛЕТОК И ТКАНЕЙ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ

Дитченко Т.И., Черткова Е.И.

Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь,
ditchenko@bsu.by

*Оптимальные условия для экстрагирования фенолпропаноидов и флавоноидов из биомассы каллусной и суспензионной культур *Echinacea purpurea* L. Moench различаются. Наиболее полное извлечение гидроксикоричных кислот и их производных обеспечивается при продолжительности экстрагирования 45 мин, температуре 80°C, соотношении сырья и экстрагента 1:100 и концентрации этанола 70%. Экстракцию флавоноидов целесообразно проводить в течение 45 мин при кипячении с обратным холодильником (100°C), соотношении сырья и экстрагента 1:50 и концентрации этанола 70%.*

На основе культивируемых клеток и тканей высших растений созданы и активно развиваются перспективные технологии для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства: получение биологически активных веществ, микрклональное размножение и оздоровление растений, ускорение селекционного процесса на основе методов клеточной инженерии, получение генетически модифицированных растений, сохранение генофонда высших растений. Особый интерес представляет способность изолированных клеток, тканей и органов растений синтезировать вещества вторичного метаболизма, которые широко используются в медицине, пищевой промышленности, при производстве косметических средств и др. [6-8]. Интерес исследователей к этому направлению работ неслучаен, поскольку клеточная биотехнология для получения физиологически активных веществ имеет ряд преимуществ по сравнению с использованием традиционного растительного сырья, в частности, получение биомассы клеток не зависит от сезона, климатических и почвенных условий, возможность оптимизировать условия культивирования клеток, позволяющих синтезировать в необходимом количестве нужные метаболиты, автоматизация процесса [4]. Для разработки экономически рентабельных технологий получения БАВ из культур клеток и тканей растений необходим подбор оптимальных условий ферментации и дальнейшей процедуры

извлечения целевых метаболитов. В связи с этим целью настоящей работы явилось исследование условий экстрагирования (продолжительность, соотношение сырья и экстрагента, температура, концентрация экстрагента) на степень извлечения вторичных метаболитов фенольной природы из биомассы каллусной и суспензионной культур *Echinacea purpurea* L. Moench.

Объектами исследования служили каллусная и суспензионная культуры эхинацеи пурпурной листового происхождения. Длительно пассируемая каллусная культура имела рыхлую консистенцию и характеризовалась хорошо выраженной желто-оранжевой окраской. Суспензионная культура по степени агрегированности относилась к среднеагрегированному типу, включала клетки преимущественно сферической формы и небольшие агрегаты. Для культивирования каллусной и суспензионной культур эхинацеи пурпурной была использована питательная среда по прописи Мурасиге-Скуга с добавлением 3% сахарозы, 0,2 мг/л 2,4-Д, 1,0 мг/л ИУК и 0,5 мг/л кинетина. Определение содержания гидроксикоричных кислот (ГКК) и их производных в пересчете на цикориевую кислоту [2], флавоноидов в пересчете на кверцетин [3] производили с помощью спектрофотометрического метода.

Фенилпропаноиды (ГКК и их производные) являются доминирующей группой вторичных метаболитов фенольной природы в водно-спиртовых экстрактах из культур клеток и тканей эхинацеи пурпурной [1, 5]. С целью установления оптимальной продолжительности их экстрагирования из биомассы каллусной и суспензионной культур *Echinacea purpurea* были протестированы 3 режима, в которых продолжительность кипячения с обратным холодильником составляла 15, 30 и 45 мин. Установлено, что для каллусной культуры наиболее оптимальным режимом для выделения ГКК является проведение экстракции в течение 45 мин, тогда как для суспензионной культуры достаточно 30-ти минутного экстрагирования. При анализе содержания флавоноидов в экстрактах из каллусной и суспензионной культур не выявлены достоверные различия в зависимости от продолжительности экстрагирования.

Важнейшим фактором, влияющим на полноту и скорость извлечения действующих веществ из растительного сырья, является соотношение между количеством сырья и экстрагента. В связи с этим на следующем этапе работы были проанализированы 3 режима

экстрагирования, для которых соотношение между навеской биомассы каллусной либо суспензионной культуры и объемом 70%-го этанола в качестве экстрагента составляло 1:50, 1:100 и 1:150. Продолжительность экстрагирования во всех вариантах составляла 45 мин. Показано, что степень экстрагирования ГКК из биомассы каллусной культуры эхинацеи пурпурной не различается при соотношении сырья и экстрагента 1:100 и 1:150, и снижается в среднем на 20% при соотношении 1:50. Для суспензионной культуры все использованные опытные варианты характеризовались практически равными уровнями выделения ГКК. Следовательно, с целью унификации условий экстрагирования фенолпропаноидов из каллусной и суспензионной культур может быть рекомендовано соотношение между сырьем и этанолом 1:100. Наиболее оптимальным режимом экстрагирования суммы флавоноидов из биомассы каллусной и суспензионной культур эхинацеи пурпурной является нагревание на водяной бане с обратным холодильником в течение 45 мин при соотношении 1:50. При использовании соотношений 1:100 и 1:150 выявлено существенное снижение содержания флавоноидов в получаемых экстрактах, что, предположительно, связано с ухудшением условий для спектрофотометрического определения данной группы вторичных метаболитов.

На следующем этапе работы было проведено количественное определение содержания вторичных метаболитов в зависимости от температуры экстрагирования. Помимо варианта, в котором экстрагирование производилось при температуре 100°C (кипение с обратным холодильником), использовались опытные варианты, в которых водно-спиртовые экстракты получали в более мягких условиях при температурах 80 и 50°C. В случае каллусной культуры наиболее полное извлечение ГКК достигалось при температуре экстрагирования 80°C. Для суспензионной культуры уровни ГКК не отличались между собой в результате проведения экстрагирования при 100 и 80°C, но резко снижалось в случае получения экстрактов при 50°C. Количественный анализ суммарного содержания флавоноидов позволил установить, что уменьшение температуры экстрагирования от 100 до 50°C приводило к последовательному снижению степени извлечения флавоноидов из биомассы каллусной культуры эхинацеи пурпурной. В случае суспензионной культуры проведение экстракции при 100 и 80°C обеспечивало практически равные уровни флавоноидов

в полученных экстрактах. Снижение температуры экстрагирования до 50°C сопровождалось 2-х кратным уменьшением степени извлечения анализируемых соединений. Таким образом, среди протестированных режимов наиболее оптимальной температурой экстрагирования флавоноидов из биомассы каллусной и суспензионной культур эхинацеи пурпурной является температура 100°C.

С целью установления оптимальной концентрации экстрагента для извлечения фенилпропаноидов и флавоноидов из биомассы каллусной и суспензионной культур эхинацеи пурпурной были протестированы 3 режима, в которых концентрация этанола составляла 50, 70 и 96%. В качестве контроля использовали 70%-ный этанол. Установлено, что для каллусной и суспензионной культур наиболее оптимальным режимом для выделения ГКК является проведение экстракции с использованием 70%-ого этанола. При анализе содержания флавоноидов в клетках каллусных и суспензионных культур было выявлено, что использование 50%-ого и 96%-ого этанола содержание флавоноидов в водно-спиртовых экстрактах было достоверно ниже по сравнению с использованием 70%-ого этилового спирта.

В таблице 1 суммированы данные о максимальных уровнях извлечения вторичных метаболитов фенольной природы из биомассы каллусной и суспензионной культур эхинацеи пурпурной и условиях экстрагирования, их обеспечивающих.

Таблица 1 – Максимальные уровни извлечения вторичных метаболитов фенольной природы из биомассы каллусной и суспензионной культур эхинацеи пурпурной

Вторичные метаболиты	Каллусная культура		Суспензионная культура	
	Содержание, мг/г сух.в.	Условия экстрагирования*	Содержание, мг/г сух.в.	Условия экстрагирования*
ГКК	17,12±0,09	45 мин 1:100 80°C 70% этанол	12,68±0,39	45 мин 1:100 80°C 70% этанол
Флавоноиды	3,71±0,25	45 мин 1:50 100°C 70% этанол	2,79±0,32	45 мин 1:50 100°C 70% этанол

Примечание: продолжительность экстрагирования, соотношение сырья и экстрагента, температура, концентрация экстрагента

Среди протестированных режимов наиболее оптимальным для извлечения ГКК из биомассы каллусной и суспензионной культур эхинацеи пурпурной является экстракция в течение 45 мин при температуре 80°C, соотношении сырья и экстрагента 1:100 и концентрации этанола 70%. В свою очередь, экстракцию флавоноидов целесообразно проводить в течение 45 мин при кипячении на водяной бане с обратным холодильником (100°C), соотношении сырья и экстрагента 1:50 и концентрации этанола 70%. Таким образом, оптимальные условия экстрагирования фенольных соединений и флавоноидов отличаются по двум параметрам: соотношению сырья и экстрагента, температура экстрагирования. В отличие от экстрагирования ГКК при соотношении сырья и экстрагента 1:100 для анализа содержания флавоноидов в экстрактах из каллусной и суспензионной культур эхинацеи пурпурной может быть рекомендовано 1:50, поскольку при использовании более разбавленных экстрактов, вероятно, происходит ухудшение аналитических параметров используемого метода дифференциальной спектрофотометрии. Различия в наиболее подходящих температурных условиях экстрагирования ГКК и флавоноидов, вероятно, обусловлены тем, что термостабильность ГКК при повышении температуры от 80 до 100°C несколько снижается. Установленные закономерности могут быть использованы для оптимизации технологий выделения и количественного анализа вторичных метаболитов фенольной природы из биомассы культур клеток и тканей лекарственных растений.

Список литературы

1. Анализ производных кофейной кислоты в каллусной культуре *Echinacea purpurea* / Т.И. Дитченко [и др.] // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2017. – Т. 7. № 2. – С. 54–63.
2. Куркин, В.А. Количественное определение суммы гидроксикоричных кислот в надземной части *Echinacea purpurea* / В.А. Куркин [и др.] // Растительные ресурсы. – 1998. – Т. 34. Вып. 2. – С. 81–85.
3. Накопление биомассы и фенольных соединений каллусами *Oxycoccus palustris* Pers. и *O. macrocarpus* (Ait.) Pers. в присутствии разных цитокининов / Е.В. Березина [и др.] // Физиология растений. – 2019. – Т. 66. – № 1. – С. 35–45.
4. Перспективные биотехнологии: коллекции культур клеток высших растений как основа разработки и производства лекарственных препаратов / Е.В. Попова [и др.] // Физиология растений. – 2021. – Т. 68, № 3. – С. 277–244.
5. *Echinacea* biotechnology: advances, commercialization and future considerations / J.L. Parsons [et al.] // *Pharmaceutical Biology*. – 2018. – Vol. 56. – P. 485–494.
6. Krasteva G. Recent applications of plant cell culture technology in cosmetics and foods / G. Krasteva, V. Georgiev, A. Pavlov // *Engineering in Life Sciences*. – 2021. – Vol. 21. – P. 68–76.
7. Kreis W. Exploiting plant cell culture for natural product formation / W. Kreis // *Journal of Applied Botany and Food Quality*. – 2019. – Vol. 92. – P. 216–225.
8. Plant cell culture technology in the cosmetics and food industries: current state and future trends / R. Eibl [et al.] // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2018. – Vol. 102, № 20. – P. 8661–8675.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РАСТЕНИЯХ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОНЬЮГАТОМ ХИТОЗАН-ФЕРУЛОВАЯ КИСЛОТА

Еловская Н.А.¹, Николайчук В.В.²

¹Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси; Минск, Беларусь, yaloukaya92@mail.ru

²Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси; Минск, Беларусь

Изучена реакция адаптированных растений картофеля сорта Бриз на двукратную обработку конъюгатом на основе хитозана и феруловой кислоты (Хит-ФК) в двух концентрациях 0,025 мг/мл и 0,05 мг/мл в оптимальных условиях выращивания. Выявлено положительное влияние обработок на высоту растений, а также на накопление основных фотосинтетических пигментов по сравнению с контролем. Конъюгат Хит-ФК снижает содержание перекиси водорода и продуктов перекисного окисления липидов, а также воздействует на компоненты антиоксидантной системы за счет изменения активности ПО и СОД, пролина.

Введение. Разработка и внедрение новых регуляторов роста и развития растений, обладающих иммуностимулирующим действием, одно из наиболее прогрессивных и быстро развивающихся направлений интенсификации сельского хозяйства. В свою очередь, регуляторы роста на основе природных компонентов обладают рядом преимуществ по сравнению с классическими препаратами: низкая себестоимость и норма расхода, биоразлагаемость и нетоксичность, объясняющие большое число исследований в данной области.

Оксикоричные кислоты (например, кофейная и феруловая кислоты), как представители группы фенилпропаноидов, способны оказывать существенное влияние на процессы роста и развития растений, а также стимулировать устойчивость к неблагоприятным факторам среды [5; 10]. Включение оксикоричных кислот в матрицу-носитель, в роли которого выступает физиологически активный биополимер, например, хитозан, направлено на повышение биодоступности и стабилизацию кислот, а также получение соединений с бинарными свойствами. Так, в работах [9; 11] продемонстрировано усиление антиоксидантной активности соединений на основе хитозана с оксикоричными кислотами, а в [3; 6] показано, что инкрустация семян огурца и пшеницы конъюгатами

хитозан-оксикоричные кислоты способствовала активизации роста и снижению интенсивности окислительных процессов.

Ранее было показано, что внесенные в питательную среду конъюгаты на основе хитозана и оксикоричных кислот стимулируют рост и развитие микрклональных растений картофеля сорта Бриз в культуре *in vitro* [2]. В связи с этим возникла необходимость в исследовании реакции адаптированных *ex vitro* растений картофеля на обработку конъюгатом хитозан-феруловая кислота.

Материалы и методы. Объект исследования – микрклонально размноженные растения картофеля сорта Бриз. Адаптацию растений-регенерантов проводили на почвогрунте торговой марки Двина на основе верхового торфа. Обработку картофеля проводили методом 2-кратного опрыскивания листовой поверхности конъюгатом хитозан-феруловая кислота (Хит-ФК) в концентрации 0,025 мг/мл (В1) и 0,05 мг/мл (В2) с недельным интервалом. В качестве контроля использовали растения, обработанные дистиллированной водой. Оценивали высоту растений, содержание фотосинтетических (ФС) пигментов, накопление пролина, пероксида водорода, фенольных соединений, продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), а также активность антиоксидантных (АО) ферментов – пероксидазы (ПО) и супероксиддисмутазы (СОД).

Результаты и обсуждение. Обработка растений картофеля конъюгатом Хит-ФК стимулировала рост и способствовала увеличению высоты стебля на 21,6 и 26,7% (для концентрации 0,025 мг/мл и 0,05 мг/мл соответственно) по сравнению с контрольными растениями соответственно.

Характер ростовых процессов в большей степени определяется интенсивностью процесса фотосинтеза, поставляющих необходимые для развития организма метаболиты. Интенсивность процесса фотосинтеза напрямую зависит от сформированности фотосинтетического аппарата и уровнем содержания пигментов. Обработанные конъюгатом растения картофеля характеризовались увеличением содержания всех ФС пигментов в результате 2-кратной обработки (табл. 1) при отсутствии достоверных различий между опытными вариантами.

Таблица 1 – Содержание фотосинтетических пигментов (мг/г сухой массы) в листьях картофеля при обработке растений конъюгатом хитозан-феруловая кислота

Показатель	Вариант		
	Контроль	В1 концентрация 0,025 мг/мл	В2 концентрация 0,05 мг/мл
Хлорофилл а	12,54±0,55 ^a	16,89±1,82 ^b	16,26±0,59 ^b
Хлорофилл b	3,95±0,18 ^a	5,33±0,67 ^b	5,35±0,06 ^b
Каротиноиды	2,30±0,11 ^a	3,32±0,56 ^b	3,38±0,13 ^b

Образование активных форм кислорода (АФК) и активизация процессов ПОЛ могут быть использованы как надежные показатели физиологического состояния растений. После 2-кратной обработки растений картофеля Хит-ФК в концентрациях 0,025 мг/мл и 0,05 мг/мл наблюдали снижение содержания пероксида водорода – в 1,3 и 1,4 раза по сравнению с контролем соответственно и замедление процесса ПОЛ, о котором судили по снижению накопления в листьях обработанных растений конечного продукта окисления липидов – малонового диальдегида (МДА) (рис. 1а). Причем отсутствовали достоверные различия между опытными вариантами.

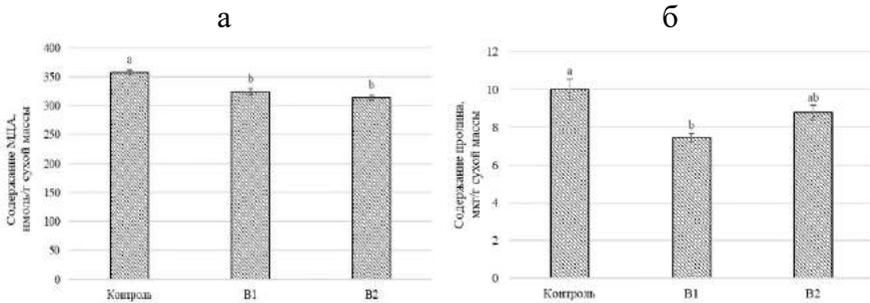


Рисунок 1 – Содержание малонового диальдегида (МДА) (а) и пролина (б) в листьях картофеля при обработке растений конъюгатом хитозан-феруловая кислота (использованные концентрации для В1 – 0,025 мг/мл, для В2 – 0,05 мг/мл)

Содержание пролина, выступающего в роли низкомолекулярного антиоксиданта [1], может значительно повышаться при обработке растений различными химическими соединениями [7; 8]. В данной

исследовании содержание пролина в листьях достоверно снизилось в 1,3 раза при обработке растений Хит-ФК в концентрации 0,025 мг/мл (B1) по сравнению с контролем, в то время не было выявлено достоверной разницы между контрольными растениями и опытными растениями, обработанными Хит-ФК в концентрации 0,05 мг/мл (B2) (рис. 1б).

Активность таких ферментов, как ПО и СОД, характеризуют работу антиоксидантной системы растений и может свидетельствовать об усилении или ослаблении окислительных процессов при использовании разнообразных химических агентов. Активность ПО снизилась на 62,9% для опытных растений, обработанных Хит-ФК в концентрации 0,025 мг/мл (B1) и на 41,9% после обработки конъюгатом в концентрации 0,05 мг/мл (B2) по сравнению с необработанными растениями. А в то же время, как активность СОД снизилась на 16,9% только у растений после использования Хит-ФК в концентрации 0,025 мг/мл (B1).

Считается, что оксикоричные кислоты усиливать образование фенольных соединений [4]. Однако, полученные результаты свидетельствуют о том, что конъюгат Хит-ФК не оказал влияние на накопление фенольных соединений в листьях картофеля.

Заключение. Обработка адаптированных растений картофеля среднераннего сорта Бриз белорусской селекции конъюгатом хитозан-феруловая стимулирует рост растений опытных вариантов и накопление в листьях основных фотосинтетических пигментов. При этом отмечено ослабление окислительных процессов, сопровождающееся снижением содержания перекиси водорода и замедлением процессов перекисного окисления липидов, и снижение активности антиоксидантных ферментов – пероксидазы и супероксиддисмутазы и уровня пролина. Таким образом, конъюгат хитозан-феруловая кислота можно рассматривать как перспективный стимулятор, способный даже в малых концентрациях оказывать положительное воздействие на рост и физиолого-биохимическое состояние растений.

Список литературы

1. Вежник, Ю. В. Участие наночастиц металлов и их оксидов в регуляции про-/антиоксидантного баланса у высших растений / Ю. В. Вежник, А. Н. Дерябин // Физиология растений. – 2023. – Т. 70, № 2. – С. 133-147.

2. Еловская, Н. А. Стимулирующее действие оксикоричных кислот и их

конъюгатов с хитозаном на рост и биохимические показатели микроклонов картофеля *in vitro* / Н. А. Еловская, Ж. Н. Калацкая, Н. А. Ламан, К. С. Гилевская, В. И. Куликовская, В. В. Николайчук // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, №6. – С. 605-613.

3. Недведь, Е. Л. Параметры роста и антиоксидантная активность в проростках огурца при применении конъюгатов хитозана с оксикоричными кислотами в условиях солевого стресса / Е. Л. Недведь, Ж. Н. Калацкая, И. А. Овчинников, Е. И. Рыбинская, А. Н. Красковский, В. В. Николайчук, К. С. Гилевская, В. И. Куликовская, В. Е. Агабеков, Н. А. Ламан // Журнал прикладная биохимия и микробиология. – 2022. – Т. 58, № 1. – С. 74–82.

4. Budna, G. A. Exogenous caffeic acid inhibits the growth and enhances the lignification of the roots of soybean (*Glycine max*) / G. A. Budna, R. B. Lima, D. Y. Zanardo, W. D. dos Santos, M. Ferrarese, O. Ferrarese-Filho // Journal of Plant Physiol. – 2011. – V. 168, № 14. – P. 1627-1633.

5. El-Awadi, M. E. Investigation of growth promoting activity of some phenolic acids / M. E. El-Awadi, M. G. Dawood, Y. R. Abdel-Baky, K. G. El-Rokiek // Agriculture Engineering International: CIGR Journal. – 2017. – Special Issue. – P. 53–60

6. Kraskouski, A. Synthesis and properties of hydrogel particles based on chitosan-ferulic acid conjugates / A. Kraskouski, V. Nikalaichuk, V. Kulikouskaya, K. Hileuskaya, J. Kalatskaja, H. Nedved, N. Laman, V. Agabekov // Soft Materials. – 2021. – Vol. 19, №4. – P. 495-502.

7. Mishra, S. Inhibition of ribonuclease and protease activities in arsenic exposed rice seedlings: role of proline as enzyme protectant / S. Mishra, R. S. Dubey // Journal of Plant Physiology. – 2006. – Vol. 163, Iss. 9. – P. 927-936.

8. Muley, A.B. Gamma radiation degradation of chitosan for application in growth promotion and induction of stress tolerance in potato (*Solanum tuberosum* L.) / A. B. Muley, P. R. Shingote, A. P. Patil, S. G. Dalvi, P. Suprasanna // Carbohydrate Polymers. – 2019. – Vol. 210. – P. 289–301.

9. Nagy, V. Chitosan-hydroxycinnamic acid conjugates: optimization of the synthesis and investigation of the structure activity relationship / V. Nagy, P. Sahariah, M. A. Hjalmarsdottir, M. Masson // Carbohydrate polymers. – 2022. – Vol. 277. – P. 118896.

10. Rivero, R. M. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants / R. M. Rivero, J. M. Ruiz, P. C. Garcia, L. R. Lopez-Lcfebre, E. Sanchez, L. Romero // Plant Science. – 2001. – Vol. 160. – P. 315-321.

11. Sun, Y. Synthesis, characterization, and the antioxidant activity of phenolic acid chitooligosaccharide derivatives / Y. Sun, J. Xia, J. Cui, Y. Mi, J. Zhang, Zh. Guo // Marine Drugs. – 2022. – Vol. 20. – P. 489.

ВЛИЯНИЕ ГИСТИДИНА НА СОДЕРЖАНИЕ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА И ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОРОСТКАХ ОЗИМОГО РАПСА, ВЫРАЩЕННЫХ НА ЭКЗОГЕННОЙ 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЕ

Емельянова А.В., Курьянчик Т.Г.

ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси», г. Минск,
Республика Беларусь,
e-mail: yashchuk.anna@mail.ru

Установлено, что в проростках озимого рапса, выращенных на растворе экзогенной 5-аминолевулиновой кислоты в присутствии гистидина (тушителя синглетного кислорода), снижается развитие фотоокислительных процессов, генерируемых действием высокой концентрации 5-аминолевулиновой кислоты, что проявляется в уменьшении общего уровня активных форм кислорода и снижении содержания фотопротекторных антиоксидантов – фенольных соединений.

Одним из основных показателей развития окислительных процессов в растительной клетке является изменение уровня активных форм кислорода (АФК). При отсутствии стрессовых условий их содержание сохраняется на постоянном и достаточно низком уровне, в то время как чрезмерное образование АФК в растительной клетке приводит к перекисному окислению липидов и значительным нарушениям в структурно-функциональной организации клеточных мембран [4]. Стоит отметить, что увеличение генерации АФК в клетке происходит при воздействии различных неблагоприятных абиотических и биотических стрессовых факторов (температурный стресс, УФ-излучение, засоление, водный дефицит, увеличение интенсивности освещения, воздействие патогенов и др.). Кроме того, известно, что использование 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК) в высокой концентрации приводит к образованию большого количества тетрапирролов, которые при воздействии света генерируют высокореактивный синглетный кислород, высокое содержание которого является причиной возникновения фотоокислительного стресса в растениях [1]. В свою очередь, во избежание негативного воздействия синглетного кислорода на компоненты фотосинтетических мембран и клетку в целом, растения синтезируют различные антиоксидантные соединения, в том числе и соединения фенольной природы [6]. Целью данного исследования является

изучение влияния гистидина, который является химической ловушкой (тушителем) для синглетного кислорода, на общий уровень АФК, а также содержание фенольных соединений в проростках озимого рапса, выращенных на растворе экзогенной АЛК в высокой концентрации.

В качестве объекта исследования использовали 7-дневные проростки озимого рапса (*Brassica napus* L.) сорта «Зорны». Проростки выращивали в лабораторных условиях на дистиллированной воде (контроль), растворе АЛК в концентрации 200 мг/л и на растворе АЛК 200 мг/л в присутствии 25 мМ гистидина. Семена проращивали в пластиковых контейнерах на фильтровальной бумаге в режиме 14 ч света/10 ч темноты под белыми люминесцентными лампами Philips TD-36/765 (5000 люкс) при температуре $26 \pm 2^\circ\text{C}$. Для анализа использовали семядольные листья проростков. Общее содержание фенольных соединений определяли по методу, описанному в работе [5], используя реактив Фолина-Чокальтеу. Для оценки содержания АФК использовали флуоресцентный метод, описанный в работе [3]. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием стандартного пакета программ «Excel 2010». Различия считали статистически достоверными при $p \leq 0,05$.

В работе [2] установлено, что выращивание проростков озимого рапса на растворе экзогенной АЛК в концентрации 200 мг/л приводило к изменению характерной для контрольных проростков зеленой окраски ткани на розово-фиолетовую, что обусловлено накоплением в них антоцианов (рисунок 1). Однако проростки, выращенные на растворе экзогенной АЛК в присутствии гистидина, сохраняли зеленую окраску ткани и в них значительно снижалось содержание антоцианов [2].



Рисунок 1 – Внешний вид проростков озимого рапса, выращенных на воде (контроль), растворе АЛК в концентрации 200 мг/л и на растворе АЛК 200 мг/л в присутствии 25 мМ гистидина

Также в ходе исследований установлено, что в проростках озимого рапса, выращенных на растворе экзогенной АЛК в концентрации 200 мг/л, общее содержание фенольных соединений возрастало на 63% по сравнению с таковым в контрольных проростках, выращенных на воде, и составляло $5,6 \pm 0,20$ мг/г сырой массы (рисунок 2). Вместе с тем, показано, что добавление в среду выращивания совместно с АЛК раствора гистидина, приводило к снижению на 20% количества фенолов по сравнению с их содержанием в проростках, выращенных только на растворе экзогенной АЛК, и составляло $4,4 \pm 0,15$ мг/г сырой массы (рисунок 2).

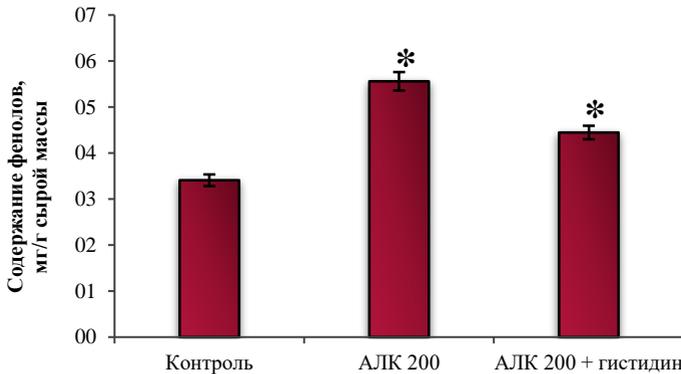


Рисунок 2 – Общее содержание фенольных соединений в семядольных листьях озимого рапса, выращенного на воде (контроль), растворе АЛК 200 мг/л (АЛК 200) и растворе АЛК 200 мг/л в присутствии 25 мМ гистидина (АЛК +гистидин); * $p \leq 0,05$

Кроме того, показано, что в проростках варианта «АЛК» общее содержание АФК возрастало на 68% по сравнению с контрольными проростками (рисунок 3). Однако при выращивании проростков на растворе экзогенной АЛК в присутствии гистидина, отмечалось снижение на 26% общего количества АФК по сравнению с их уровнем в проростках, выращенных только на растворе АЛК (рисунок 3). Вместе с тем, стоит отметить, что в проростках варианта «АЛК+гистидин» общее содержание АФК возрастало на 25% по сравнению с контрольными проростками (рисунок 3).

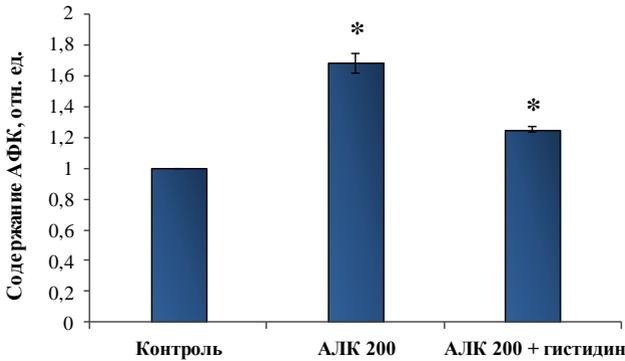


Рисунок 3 – Общее содержание АФК в семядольных листьях озимого рапса, выращенного на воде (контроль), растворе АЛК 200 мг/л (АЛК 200) и растворе АЛК 200 мг/л в присутствии 25 мМ гистидина (АЛК +гистидин); * $p \leq 0,05$

Таким образом, полученные результаты указывают на то, что в проростках озимого рапса, выращенных на растворе экзогенной АЛК в высокой концентрации, происходит активное развитие фотоокислительных процессов, связанных с генерацией в таких проростках существенных количеств АФК, а также увеличением содержания фотопротекторных соединений фенольной природы. Вместе с тем, совместное использование при выращивании проростков растворов АЛК и гистидина (тушителя синглетного кислорода) снижало степень развития АЛК-индуцированных фотоокислительных процессов, что проявлялось в снижении общего уровня АФК в таких проростках. В данных условиях в проростках озимого рапса уменьшалась окислительная нагрузка и, тем самым, отсутствовала необходимость в активации защитных механизмов, что и проявлялось в снижении содержания фенолов.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (грант Б22М-016).

Список литературы

1. Аверина, Н. Г. Биосинтез тетрапирролов в растениях / Н. Г. Аверина, Е. Б. Яронская – Минск: Беларуская навука, 2012. – 413 с.
2. Емельянова, А. В. Влияние 5-аминолевулиновой кислоты на накопление фотопротекторных соединений – антоцианов, в проростках озимого рапса / А. В.

Емельянова, Н. Г. Аверина // Современные проблемы экспериментальной ботаники : материалы II Междунар. науч. конф. молодых ученых, Минск, 28 сентября–02 октября 2020 г. / Нац. акад. наук Беларуси; Ин-т эксперимент. бот. им. В. Ф. Купревича Нац. акад. наук Беларуси ; ред. А. В. Бабков. – Минск, 2020. – С. 63–65.

3. Козел, Н. В. Фотоокислительные процессы, индуцированные в растениях ячменя и табака сенсбилизаторами ксантоеновой природы: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.02 / Н.В. Козел // – Минск, 2009. – 146 л.

4. Колупаев, Ю. Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции/ Ю. Е. Колупаев // Вестник Харьковского национального аграрного университета. Сер. Биология. – 2007. – Вып. 3, № 12. – С. 6–26.

5. Kamtekar, S. Estimation of Phenolic content, Flavonoid content, Antioxidant and Alpha amylase Inhibitory Activity of Marketed Polyherbal Formulation / S. Kamtekar, V. Keer, V. Patil // Journal of Applied Pharmaceutical Science. – 2014. – Vol.4, №09. – P.061-065.

6. Phenolic compounds in plants: biogenesis and functions / L. Babenko [et al.] // Ukr. Biochem. J. – 2019. – Vol. 91, № 3. – P. 5–18.

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО РАСТВОРА НА БАЗЕ СОЛЕНАСЫЩЕННЫХ ИОНИТНЫХ ПОЧВ

Иванова А.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный научный центр российской федерации Институт медико-биологических проблем Российской академии наук; Москва, Россия, doc@imbr.ru

В статье приводятся экспериментальные данные успешного использования гранулированного соленасыщенного ионита Симплион™ для приготовления питательного раствора, адекватного потребностям растений применительно к космической оранжерее «Витацикл-Т»

Ионопоника – это метод корневого снабжения растений, основанный на использовании соленасыщенных ионообменных субстратов (ионитов), которые при намокании выделяют в воду необходимые растениям минеральные элементы в определенных соотношениях концентраций. Данный метод может быть применен для обеспечения минерального питания растений в ситуациях, когда затруднено использование классической гидропоники, например, при выращивании растений на борту космического корабля в условиях микрогравитации [2; 3]. В ГНЦ РФ ИМБП РАН в настоящее время проходят испытания опытного образца цилиндрической конвейерной оранжереи «Витацикл-Т», предназначенной для снабжения космонавтов свежими листовыми овощами на Российском сегменте МКС. Оранжерея включает в себя систему минерального питания растений с двумя обогатительными патронами. Первый, основной, патрон заполнен гранулированным соленасыщенным ионитом Симплион™ (Институт общей и органической химии, Беларусь); второй запасной обогатительный патрон заполнен медленно действующим удобрением Osmocote¹⁷⁻¹¹⁻¹⁰ PRO 3-4M (ICL, Нидерланды). Автоматическое приготовление питательного раствора осуществляется путём пропускания воды через первый обогатительный патрон (ОП-1), которая, проходя через слой ионита, обогащается всеми необходимыми растениям минеральными элементами. Полученный таким образом питательный раствор поступает в корнеобитаемую зону. Контроль над содержанием солей в

растворе осуществляется с помощью измерения его электропроводности. Когда электропроводность снижается ниже допустимого уровня, в раствор подается доза насыщенного солевого раствора из второго обогатительного патрона (ОП-2) до достижения заданного уровня электропроводности. Целью данного этапа работы явилось изучение химического состава и соответствия потребностям растений раствора, приготовленного при пропускании воды через ОП-1 с ионитом Симплион™, а также проверка возможности коррекции состава питательного раствора и его пригодности для выращивания растений при добавлении доз насыщенного солевого раствора из ОП-2 с медленно действующим удобрением по мере истощения запасов минеральных солей в ОП-1 с ионитом.

Приготовление питательного раствора. ОП-1 длиной 374 мм и диаметром 84 мм устанавливали вертикально и заполняли сухим ионитом Симплион™ в количестве 1450 см³. Ионит засыпали небольшими порциями массой 50-60 см³ и смачивали питьевой водой с удельной электропроводностью (УЭП), равной 0,12 мСм/см, закачивая ее снизу с помощью перистальтического насоса. Намоченный ионит оставляли на 3 суток для стабилизации гранул ионита, после чего через ионит прокачивали воду со скоростью 1500 см³/сут. Вытекающий из ОП-1 раствор собирали в сборные емкости, периодически измеряя УЭП вытекающего раствора, и использовали для выращивания растений и химического анализа.

Подготовка растительного материала. Объектом опытов явилась китайская капуста *Brassica chinensis* L., сорт Веснянка (ВНИИССОК, Россия). Растения выращивали в водной культуре в стеклянных сосудах объемом 100 мл с ежедневной сменой растворов или в штатных корневых модулях оранжереи «Витацикл-Т», заполненных волокнистым ионообменным почвозаменителем [1]. Раствор в корневые модули подавали либо с помощью сосуда Мариотта, либо автоматически с помощью регулятора режима увлажнения корневых модулей оранжереи «Витацикл-Т» (рис. 1). В качестве питательных растворов использовали растворы из ОП-1 с УЭП от 2,03 до 1,06 мСм/см, а также растворы, полученные при добавлении концентрированного раствора из ОП-2 к раствору, полученному после истощения ионита (УЭП < 1,2 мСм/см). Контролем во всех экспериментах явились растения, выращиваемые по аналогичной технологии на стандартном питательном растворе

Чеснокова в дозе 0,5 нормы. Растения выращивали в условиях круглосуточного освещения при плотности потока фотонов (400 ± 30) мкмоль/($m^2 \cdot c$), температуре (25 ± 3) °С и относительной влажности воздуха (35 ± 5) %.



Рисунок 1 - Выращивание растений китайской капусты в водной культуре (А) и в корневых модулях космической оранжереи «Витацикл-Т», соединенных с сосудом Мариотта (Б) или регулятором режима увлажнения (В). 1 – корневые модули оранжереи, 2 – сосуд Мариотта, 3 – регулятор режима увлажнения

Результаты и обсуждение. На предыдущем этапе нашей работы было установлено, что УЭП раствора, вытекающего из ОП-1, не должна опускаться ниже 1,2 мСм/см. Согласно нашим данным, данный уровень УЭП может быть достигнут при протекании через ОП-1 около 11 л воды в расчете на 1 кг ионита (рис. 2). Химический анализ вытекающего раствора показал, что в диапазоне значений УЭП от 2,0 до 1,2 мСм/см содержание всех макроэлементов сопоставимо с их содержанием в стандартных питательных растворах, используемых при выращивании растений гидропонным методом (табл. 1).

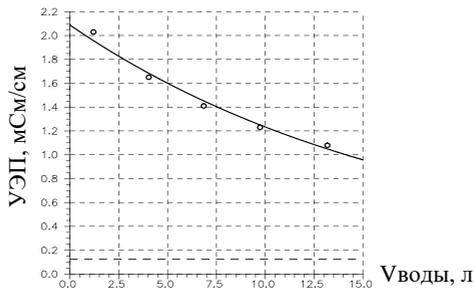


Рисунок 2 - Зависимость удельной электропроводности раствора от объема воды, протекшей через обогатительный патрон с ионитом. Пунктирной чертой обозначена нижняя граница удельной электропроводности раствора

Продуктивность растений китайской капусты в фазе технической спелости (24 сут.), выращенных в корневых модулях оранжереи «Витацикл-Т» на растворе, вытекающем из ОП-1 с ионитом Симплион™, составила (203±43) г/КМ, что соответствует (1,35±0,28) кг/м². Продуктивность растений, выращенных в аналогичных условиях на стандартном питательном растворе Чеснокова в дозе 0,5 нормы составила (233±30) г/КМ, или (1,55±0,20) кг/м².

Таблица 1. Содержание минеральных элементов в растворе, вытекающем из обогатительного патрона с ионитом Симплион™ и стандартных питательных растворах в дозе 0,5-1,0 нормы

Содержание элемента, мг/л	Стандартные растворы				Растворы из обогатительного патрона			
	Кнопла	Хогланда	Чеснокова	УЭП=2,03 мСм/см	УЭП=1,65 мСм/см	УЭП=1,41 мСм/см	УЭП=1,23 мСм/см	УЭП=1,06 мСм/см
N, в т.ч.	60–119	126–252	130–260	168±5	138±4	113±2	101±2	98±3
N-NO ₃	60–119	112–224	130–260	165±3	138±4	113±2	101±2	98±3
N-NH ₄	0	14–28	0	3±2	0	0	0	0
K	69–138	195–390	210–420	190±30	160±30	150±30	130±20	120±20
P	15,5–31	31–62	49–98	11±1	9±1	8±2	8±1	6±1
Ca	70–140	60–120	120–240	186±4	144±5	130±2	120±3	103±3
Mg	15–30	24–48	75–150	69±4	54±5	51±3	40±2	36±3
S	20–40	32–64	95–190	24±2	16±18	13±2	11±2	10±2
Fe	2,1 – 4,2			0,23± 0,06	0,10± 0,03	0,08± 0,01	0,06± 0,01	>0,05

По мере истощения ионита в ОП-1 снижается содержание минеральных элементов в вытекающем растворе, прежде всего фосфора, азота и железа, что замедляет рост растений. Так, при выращивании в водной культуре даже при коротких экспозициях (с 8 по 15 сутки вегетации) относительная скорость роста (ОСР) растений на растворе с УЭП, равной 1,06 мСм/см, была на 30% ниже по сравнению с контролем, но при добавлении к раствору небольших доз насыщенного солевого раствора из ОП-2 с МДУ до значений УЭП от 1,2 до 1,6 мСм/см ОСР возрастала до контрольного уровня (табл. 2).

Таблица 2. Относительная скорость роста растений, г/(г·сут), в период с 8 по 15 сутки вегетации при выращивании на растворах, полученных при пропускании воды через истощенный ионит с добавлением насыщенного солевого раствора из обогатительного патрона с МДУ Osmocote₁₇₋₁₁₋₁₀

Раствор Чеснокова, УЭП=1,61 мСм/см	Ионит, УЭП=1,06 мСм/см	Ионит и МДУ		
		УЭП=1,21 мСм/см	УЭП=1,38 мСм/см	УЭП=1,58 мСм/см
0,72±0,10	0,50±0,08	0,69±0,20	0,74±0,18	0,69±0,14

При выращивании растений в течение 24 суток в корневых модулях оранжереи «Витацикл-Т» раствор, вытекающий из ОП-1 с истощенным ионитом (УЭП=1,06 мСм/см), после добавления насыщенного раствора из ОП-2 до величины УЭП, равной 1,28 мСм/см, обеспечил такую же продуктивность, что и в контрольном варианте: (250±60) и (233±30) г/КМ, соответственно. Эти значения соответствуют продуктивности посева (1,67±0,40) и (1,55±0,20) кг/м².

В целом, проведенные исследования показали, что система автоматического приготовления питательного раствора с использованием гранулированного солена насыщенного ионита СимплионTM в сочетании с медленно действующим удобрением Osmocote₁₇₋₁₁₋₁₀ PRO 3-4М способна обеспечить адекватные условия минерального питания растений в космической оранжерее «Витацикл-Т».

Список литературы

- Беркович Ю.А., Кривобок Н.М., Смолянина С.О., Ерохин А.Н. Космические оранжереи: настоящее и будущее. М: Слово, 2005. - 368 с.
- Солдатов В.С., Пёрышкина Н.Г., Хорошко Р.П. Ионитные почвы. Минск, 1978. - 271 с.
- Berkovich Yu., Krivobok N., Krivobok A., Smolyanina S. Advanced nutrient root-feeding system for conveyor-type cylindrical plant growth facilities for microgravity // Life Sciences in Space Research. – 2016. – V. 8. – P. 14-21.

МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ *IN VITRO* НА ГОРМОНАЛЬНЫХ СРЕДАХ

Ивасенко М.Д., Малиновский А.А., Плотников Е.В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск,
Россия

ivassenko.mary@mail.ru
AlexMalinovskiy2004@gmail.com
evplotnikov88@gmail.com

Клональное микроразмножение растений позволяет получить оздоровленный растительный материал в том числе для использования на ситифермах. Кроме того, данная технология позволяет увеличить производство посадочного материала, улучшить его качество, и ускорить процесс получения конечного продукта. В данной работе представлены результаты по проращиванию семян земляники садовой сорта Delissimo hydro, адаптации полученных растений к условиям ситифермы, а также по получению растений in vitro, их размножению, укоренению и адаптации к условиям ex vitro.

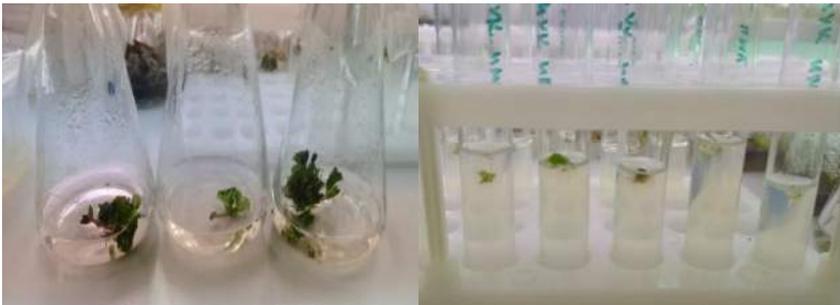
В современном мире возрастает спрос на экологически чистую сельскохозяйственную продукцию; в связи с этим популярным становится использование эргономичных ситиферм. На таких ситифермах возможно реализовать полный биотехнологический цикл: от культуры *in vitro* (в пробирке), до культуры *ex vitro* на ситиферме и микроклонального размножения вегетативных частей растения, собранных с ситифермы. Современное сельскохозяйственное производство требует использования здоровых растений, что ставит задачу отработки надежного способа получения качественного посадочного материала.

Нами была выбрана культура земляники садовой (*Fragaria × ananassa*, Duchesne ex Rozier, 1785). Данная культура в последнее время имеет большой спрос, однако *Fragaria × ananassa* имеет достаточное количество возбудителей заболеваний и посадочный материал зачастую остается зараженным [1]. Вегетативное размножение не всегда оказывается успешным и большой процент растений погибает. Укоренение эксплантов земляники *in vitro* (в пробирке) является решением проблемы получения и сохранения здорового растительного материала. В связи с этим целью нашей работы стало создание технологии получения укорененных

микрклонов значимых сортов земляники садовой в культуре *in vitro*. Адаптация микрклонов к условиям *ex vitro* – заключительный этап клонального микроразмножения растений [6]. Одним из вариантов является адаптация на ситиферме, где происходит реализация полного биотехнологического цикла и обеспечение генетически однородным здоровым растительным материалом.

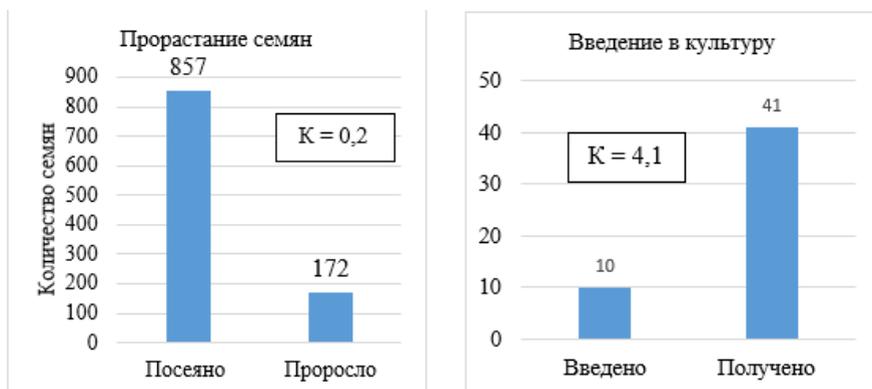
Объектом исследования стала земляника садовая сорта *Delissimo hydra*. *Delissimo hydra* - голландский сорт, является ремонтантным, отличительные особенности: сочность и аромат ягод и их интенсивно-красная окраска. В ходе исследования были посажены семена земляники садовой на питательную среду Мурасиге-Скуга (МС). Для введения земляники в культуру *in vitro* использовали МС с добавлением 6-бензиламинопурина (6-БАП) 0,5 мг/л.

Обработка семян проводилась стерилизующим раствором (дистиллированная вода, этиловый спирт, перекись водорода в соотношении 40:3:3), посев семян осуществлялся в стерильные пластиковые контейнеры на питательную среду МС в ламинарном боксе. Была проведена адаптация *ex vitro* к условиям ситифермы. Подросшие микрклоны были пересажены на гидропонную установку для дальнейшей адаптации. Сбор усов с адаптированных растений и введение в культуру простерилизованных почек земляники. Для введения в культуру *in vitro* почки стерилизовали. Из стерильных эксплантов, вырезали почки и высаживали на питательную среду с добавлением 6-БАП. Часть введенных в культуру *in vitro* эксплантов пересаживалась на жидкую питательную среду (рисунок №1). Вторая часть – на твердую питательную среду (Рис. №2).



Рисунки №1 и №2 – экспланты на жидкой среде и растения, посаженные на укоренение

В результате из 857 посаженных *in vitro* семян проросло 172 шт., коэффициент размножения составил 0,2, что свидетельствует о низкой эффективности метода (рис. №3). Контаминации подверглись 284 шт., не проросло 401 шт. Было адаптировано на ситиферме 172 растения (приживаемость 100%). Получены взрослые растения, которые послужили материалом для введения в культуру *in vitro* вегетативных почек. Из 85 усов, собранных с ситифермы, были вырезаны и введены в культуру *in vitro* 10 почек. Из 10 почек в результате 1 цикла размножения получили 41 микроклон на среде МС с использованием гормона БАП-6 0,5 мг/л. Коэффициент размножения составил 4.1 (Рис. №4).



Рисунки №3 и №4— результаты всхожести семян и результаты вегетативного размножения на среде МС

Коэффициент размножения (К) = соотношение полученного посадочного материала к использованному при размножении

Наибольшую эффективность показал способ размножения из вегетативных почек, т.к. при этом методе коэффициент размножения в 20 раз выше, вместе с тем это может быть связано и с различием в составе питательных сред.

Список литературы

А. М. Прохоров Земляника // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] — 3-е изд. — М.: Советская энциклопедия, 1969—1978.

Ж. А. Бородаева, С. А. Муратова, С. В. Кулько, Л. А. Тохтарь Влияние различных источников углеводного питания на ризогенез микрочеренков ягодных культур в условиях *in vitro* // Биологические науки. – Белгород, Мичуринск, 2017.

М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова Приемы повышения укореняемости

микроробегов земляники садовой в культуре *in vitro*// Вестник Марийского государственного университета серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – Ижевск, 2017. Т. 3. № 2 (10). – С. 34-38.

Н. А. Вечернина, О. К. Таварткиладзе, И. Д. Бородулина, А. А. Эрст Адаптация растений-регенерантов с использованием гидропоники // Известия Алтайского государственного университета – 2008. – С. 7-10

Н. В. Катаева, Р. Г. Бутенко Клональное микроразмножение растений. — М., 1983.

О. В. Мацнева, Л. В. Ташматова Клональное микроразмножение земляники – перспективный метод современного питомниководства // Современное садоводство – Contemporary horticulture – 2019.- №4

С. Э. Шноль Гормоны растений. «Биохимия», цикл лекций профессора Шноля С.Э.

КАЛЛУСОГЕНЕЗ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ – ЛЕВЗЕИ САФЛОРОВИДНОЙ

Игнатьева А.О.¹, Власова Т.С.², Плотников Е.В.¹

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, ignateva_a18@mail.ru

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва, vlasova.taisiya123@gmail.com

*Получена каллусная культура краснокнижного, эндемичного вида – *Rhaponticum carthamoides*. Оптимизирована питательная среда Мурациге-Скуга с помощью 6-бензиламинопурина (6-БАП), индолилуксусной кислоты (ИУК), мезоинозита и сахарозы с целью индукции образования недифференцированных клеток. Из 45 посаженных почек в 21 экспланте наблюдали каллусогенез. В настоящее время продолжается изучение соматического эмбриогенеза каллуса.*

В настоящее время остро стоит проблема о физическом и психологическом здоровье людей. Воздействие окружающей среды, неправильный образ жизни, генетические предрасположенности к заболеваниям, высокий уровень стресса влияют на иммунитет человека и появление у него различных заболеваний. Так как медикаментозные средства прямого воздействия могут привести к различным побочным эффектам, последующему осложнению, зависимости от них, то для укрепления нервной системы и иммунитета преимущественно используют тонизирующие, адаптогенные препараты на основе растительного сырья.

Одним из часто используемых лекарственных растений является левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides* Willd), или маралий корень. В его состав входят инулин, органические кислоты, алкалоиды, флавоноиды, антоцианы, воски и наиболее значимым являются фитоэкдистероиды, а именно 20-гидроксиэкдизон (запатентованное название «экдистен»). Средства, содержащие экдистероиды, активно потребляются в следующих сегментах рынка: здоровье человека, спорт, косметические изделия, биотехнология, препараты регуляторов роста и развития растений. Левзея является эндемическим видом Сибири, а также внесена в Красную книгу России, что вносит ограничение на его сбор, использование в производстве и делает необходимым внесение

растения в культуру.

Одной из технологий выращивания растений в искусственных условиях является получение каллусной культуры. Каллус – это неорганизованная меристематическая ткань, состоящая из дедифференцированных клеток, получение которой регулируется концентрацией фитогормонов в среде (ауксинов и цитокининов). Каллусные культуры являются важной составляющей биотехнологии растений для использования клеточной биомассы в получении различных биологических веществ.

Таким образом, целью работы стало получение каллусной культуры левзеи сафлоровидной для дальнейшего размножения растения в условиях *in vitro*.

Для получения каллусной культуры использовали агаризованную питательную среду Мурасиге-Скуга (MS) модифицированную сахарозой (30 г/л), мезоинозитом (0,1 г/л), индолилуксусной кислотой (ИУК) и 6-бензиламинопурином (6-БАП). Также для поддержания чистой культуры вносились антибиотики: хлорамфеникол, конамицин и ампицилин. Для получения каллусной культуры использовали 3 питательные среды: MS0 (контроль) – 1 группа; MS с добавлением ИУК 2 мг/л, 6-БАП 2 мг/л – 2 группа; MS с ИУК 1 мг/л, 6-БАП 4 мг/л – 3 группа.

Корневищные почки левзеи очищали от внешних покровов, выкладывали на стерильные фильтры и прокапывали 3-хратно 70% спиртом. После их помещали на новый стерильный фильтр, заливали раствором 5% беномила и оставляли на 10 минут.

Обработанные почки помещали в пробирки с питательной средой. Всего высажено 45 почек, по 15 в каждый тип питательной среды. После почки высаживались в пробирки с застывшей агаризованной модифицированной питательной средой MS, для сохранения стерильности пробирки запечатывали парафилмом. Штатив с пробирками помещали на стеллаж под белые люминесцентные лампы при температуре 23°C.

Через 2 недели наблюдали первое появление каллусной ткани, через 2 недели были получены каллусные культуры левзеи. Наиболее активно образование каллуса наблюдалось в 3 группе, его отсутствие в 1 группе. Полученные каллусы были разделены на фрагменты размерами 7 на 7 мм (в среднем) и пересажены на новую питательную среду. В настоящее время ведутся исследования по соматическому

эмбриогенезу полученного каллуса.

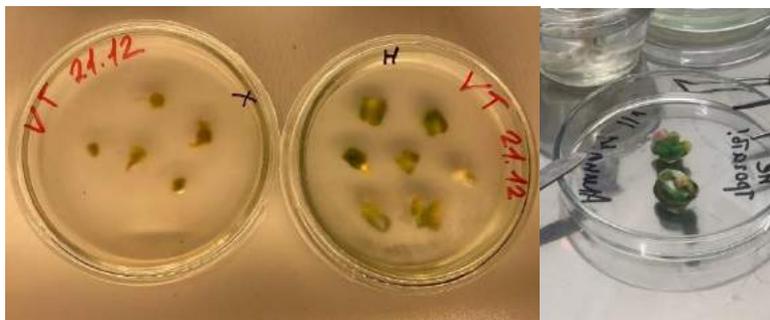


Рисунок 1 - Каллусная культура левзеи сафлоровидной

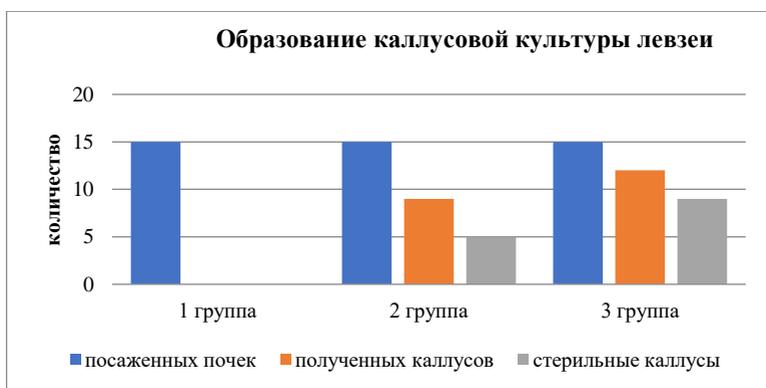


Рисунок 2 - График образования каллусной культуры

Список литературы

Абдувохидов А. Т. Левзея сафлоровидная, большоголовник, маралий корень / растение адаптоген / А. Т. Абдувохидов, И. Д. Кароматов // Электронный научный журнал «Биология и интегративная медицина». – 2017. – №2. – С. 180–186.

Авксентьева О. А. Биотехнология высших растений: культура in vitro / О. А. Авксентьева, В. А. Петренко // Учебно-методическое пособие. – 2011. – 60 с.

Алешкин В. А. Роль питательной среды в получении гемокультуры / В. А. Алешкин, С. С. Афанасьев, О. Ю. Борисова, Н. М. Каргальцева, В. И. Кочеровец // Материалы II Национального конгресса бактериологов. – 2016 – №3. – С.

Булатова А. А. Влияние сахарозы и глюкозы на показатели роста и содержание углеводов в каллусной культуре / А. А. Булатова, М.П. Шапчиц, В.М. Юрин. – Минск, 2011. – с. 33.

Каренов Р.С. Биотехнология: ее роль и место в научно-техническом прогрессе / Р.С. Каренов, К.Б. Бекишев // Вестник Карагандинского университета. – 2018 – №3(93). – С. 53-56

Каренов Р. С. Биотехнология как приоритетное направление индустриально-инновационного развития Казахстана / Р. С. Каренов // Серия «Биология. Медицина. География». – 2015 – №1(77). – С. 50-61.

Каретников А.И. Оценка пригодности различных сортов садовой земляники для гидропонного культивирования/ А.И. Каретников, Е.В. Плотников // XXIV Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета. – 2022 – Часть 1. – С. 68-69

Карнаичук Р. А. Создание клеточной культуры трансгенного табака с геном интерлейкина-18 человека как продуцента белков медицинского назначения / Р.А. Карначук, В.Ю. Дорофеев, Е.С. Гвоздева, Ю.В. Медведева, М.В. Ефимова, А.А. Чурин, Л.Б. Глухова // Вестник Томского государственного университета. – 2007. - №1. – С.75-86.

Конинская Н. Г. Введение в культуру *in vitro* *osmunda regalis* l. introducing *osmunda regalis* l. *in vitro* / Н.Г. Конинская, В.И. Маляровская, Р.С. Рахмангулов // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2020. – С.86-91.

Murashige T., Skoog F. A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassay with Tobacco Tissue Culture // *Physiol. Plant.* 1962. Vol. 15, № 13. P. 473–497.

Проблемы, перспективы биотехнологии и биологических исследований: сб. тр. VIII Регион. конф. студ. младших курсов., Бийск, 2018 г. Изд.: ФГБОУ ВПО "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова" (АлтГТУ), Бийский технологический институт. – 24-25 с.

Тимофеева О. А. Культура клеток и тканей растений: учеб. пособие / О. А. Тимофеева, Р. И. Румянцева. – Казань, 2012. – 2-7 с.

***DIOSCOREA ALATA* L. – ЦЕННЫЙ ИСТОЧНИК БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Карасева Е.Н.

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф. КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
БЕЛАРУСИ»,

Минск, Беларусь, e-mail: ledymc_net@mail.ru

*Изучено накопление биологически активных веществ в растениях *Dioscorea alata* L. и определена АОА этанольных экстрактов листьев. Исследования биохимического состава клубней и листьев растений *Dioscorea alata* L. показали, что они являются ценным источником биологически активных веществ, могут быть использованы в качестве иммуностимуляторов в составе с фитосборов.*

Одним из перспективных видов для введения в культуру в зоне умеренного климата является диоскорея крылатая. Этот вид обладает большим спектром хозяйственно-полезных свойств, среди которых пищевые, лекарственные, декоративные и многие другие [1]. Она является не только ценным источником диосгенина, но и я одним из наиболее перспективных экзотических тропических видов для возделывания в условиях оранжерей и зимних теплиц, а также как высокодекоративного растения открытого грунта, выращиваемого как однолетник.

Объектом исследования служили растения диоскорея крылатая (*Dioscorea alata* L.) [2].

С целью интродукции диоскореи крылатой в культурную флору Беларуси в Институте экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси в 2012 г. начаты исследования по разработке технологии размножения этого вида и агротехники его возделывания в открытом и закрытом грунте для дальнейшего внедрения в практику озеленения и как источника биологически активных соединений.

Суммарное содержание флавоноидов [6], гидроксикоричных кислот (ГКК) [5], антоцианов [4], антиоксидантной активности [7]. Содержание диосгенина, флавоноидов и ГКК проводили с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) в градиентном режиме на хроматографе UltiMate 3000 (Thermo Fisher Scientific, Германия).

Известно, что окраска молодых растущих листьев диоскореи

крылатой пурпурная, а завершивших рост – зеленая. В этой связи интересным было сравнить АОА их экстрактов, поскольку пурпурная окраска предположительно обусловлена накоплением антоцианов. Как следует из рисунка 1, независимо от возраста листа экстракты обладают высокой и практически одинаковой АОА, которая составила в среднем 82,2 %.

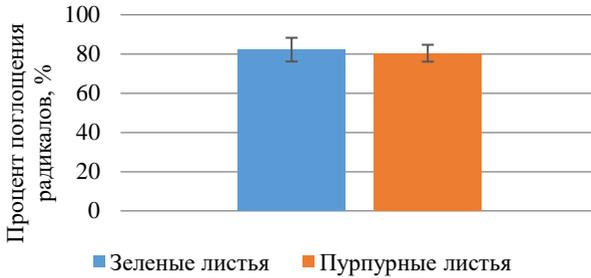


Рисунок 1 - Антиоксидантная активность экстрактов из листьев растений *Dioscorea alata* L.

В то же время, анализ содержания антиоксидантов фенольной природы в листьях диоскореи крылатой показал, что накопление гидроксикоричных кислот (ГКК) (хлорогеновой, кофейной и феруловой), флавоноидов (основной компонент лютеолин-7-глюкозид) и антоцианов выше в молодых растущих пурпурных листьях (рисунок 2-4).

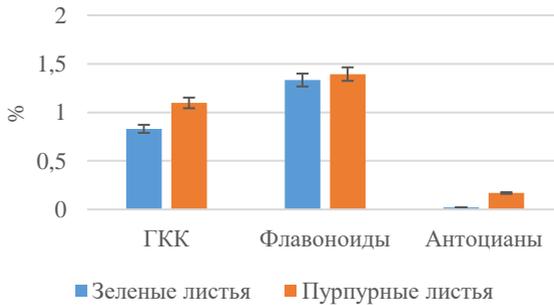
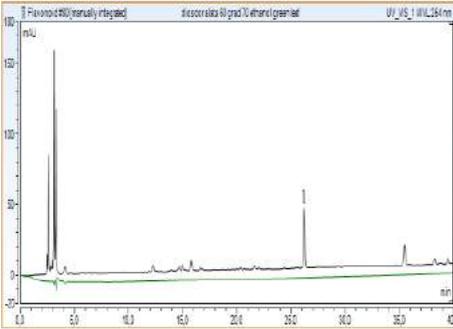
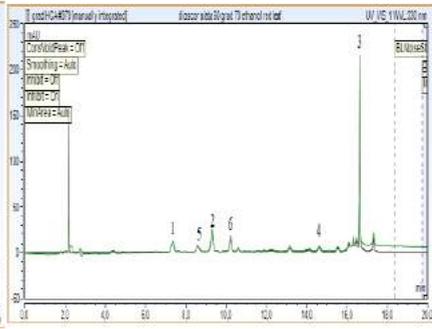


Рисунок 2 – Содержание биологически активных веществ в листьях *Dioscorea alata* L., %



1 – лютеолина 7-гликозид (цинарозид)
Рисунок 3 – Хроматограмма водно-этанольного извлечения из пурпурных листьев растений *Dioscorea alata* L.



1 – хлорогеновая кислота; 2 – кофейная кислота; 3 – феруловая кислота; 4, 5 и 6 – антоцианы
Рисунок 4 – Хроматограмма водно-этанольного извлечения из пурпурных листьев растений *Dioscorea alata* L.

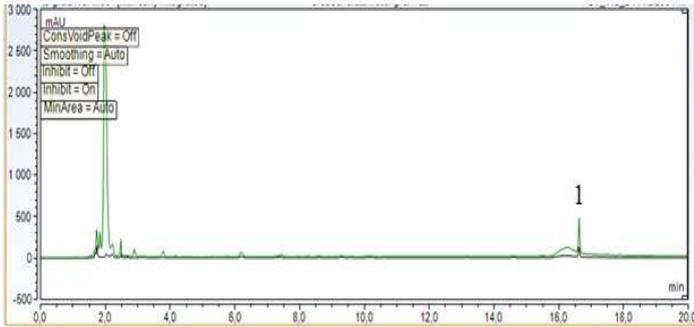
Феномен высокой активности экстрактов из зеленых листьев (рисунок 1), вероятно, обусловлен более высоким уровнем накопления антиоксидантов другой химической природы.

Среди биологически активных веществ растений рода *Dioscoreae* L. наибольший интерес представляют стероидные сапонины, наиболее характерным представителем которых является диосгенин, который является сырьем для получения гормональных препаратов группы кортизона.

Содержание диосгенина в листьях *Dioscorea alata* L., определенное методом ВЭЖХ, составило от 2,11 % до 2,35 % (рисунок 5). Общее содержание диосгенина в клубнях составило 232,2 мкг/г (таблица 1), при этом его накопление происходит, главным образом, в верхнем слое клубней, включая эпидермис (85,9 % от общего количества) [3].

Таблица 1 – Содержание диосгенина в различных частях клубня *Dioscorea alata* L.

Часть клубня <i>Dioscorea alata</i>	Содержание диосгенина, мкг/г воздушно-сухой массы
Верхний слой с эпидермисом, 1 см	199,37 ± 4,35
Средний слой, 3 см	27,06 ± 0,31
Сердцевина	5,76 ± 0,45



1 – диосгенин

Рисунок 5 - Хроматограмма извлечения из пурпурных листьев

Таким образом, исследования биохимического состава клубней и листьев растений *Dioscorea alata* L. показали, что они являются ценным источником биологически активных веществ, могут быть использованы в качестве иммуностимуляторов в составе с фитосборов.

Список литературы

1. Coursey, D.G. Yams: an account of the nature, origins, cultivation and utilisation of the useful members of the Dioscoreaceae / D.G. Coursey.—London : Longmans, 1967.—230p.
2. Effect of blanching on properties of water yam (*Dioscorea alata*) flour / Н. Harijono [et al.] // Advance J. of Food Science a. Technology. – 2013. – Vol. 5, № 10. – P. 1342–1350.
3. Ламан, Н. А. Накопление диосгенина в растениях *Dioscorea alata* L., выращенных в лабораторных условиях / Н. А. Ламан, Н. А. Копылова, Е. Н. Карасева // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С.170–175.
4. Лукашов, Р. И. Фенольные соединения рудбекии шершавой цветков и их иммуностимулирующая активность / Р. И. Лукашов, Д. В. Моисеев // Вестн. Витеб. гос. мед. ун-та. – 2015. – № 4. – С. 118–124.
5. Новаш, Д. С. Влияние природы и состава растворителя на эффективность экстракции гидроксикоричных кислот и их производных из травы эхинацеи пурпурной / Д. С. Новаш // Современные достижения фармацевтической науки в создании и стандартизации лекарственных средств и диетических добавок, которые содержат компоненты природного происхождения : материалы III Междунар. науч.-практ. интернет-конф. (2 апр. 2021, Харьков) / М-во здравоохранения Украины [и др.] ; редкол.: А. А. Котвицкая [и др.]. – Харьков, 2021. – С. 144–145.
6. Точкова, Т. В. Спектрофотометрический метод количественного определения суммы флавоноидов в цветках липы / Т. В. Точкова, В. Н. Бубенчикова // Ресурсоведческое и фитохимическое изучение лекарственной флоры СССР : науч. тр. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т фармации. – М., 1991. – Т. 29. – С. 173–177.
7. Хасанов, В. В. Методы исследования антиоксидантов / В. В. Хасанов, Г. Л. Рыжова, Е. В. Мальцева // Химия раст. сырья. – 2004. – № 3. – С. 63–75.

СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА МЕЛАФЕНА И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Кириллова И.Г., Андреева Е.А.

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
г. Орёл, Российская Федерация, e-mail: kafbotany17@mail.ru

Исследовано действие фосфорорганического соединения мелафена (меламинавая соль бис(оксиметил)фосфиновой кислоты) совместно с микроэлементами (цинком и бором) на некоторые показатели фотосинтетической деятельности растения. Показано, что совместное применение мелафена и микроэлементов (цинка и бора) активизирует фотосинтетическую деятельность картофеля через увеличение количества хлорофилла и интенсификацию нециклического фотофосфорилирования хлоропластов. Большой эффект отмечен при совместном действии мелафена и цинка.

Как известно, изучение способа действия малотоксичных регуляторов роста растений с антиоксидантными свойствами остается актуальным в современной физиологии и биохимии растений. В регуляции продукционного процесса растений не последнюю роль играет и трофическая система регуляции. В данной работе исследовано действие фосфорорганического соединения мелафена (меламинавая соль бис(оксиметил)фосфиновой кислоты) совместно с микроэлементами (цинком и бором) на некоторые показатели фотосинтетической деятельности растения картофеля (содержание хлорофиллов, нециклическое фотофосфорилирование изолированных хлоропластов), а также на активность фермента-антиоксиданта - пероксидазы. В литературе практически нет данных о совместном действии мелафена и микроэлементов, за исключением единичных сведений о взаимодействии мелафена и бора в отношении продуктивности растений [4].

Цель работы: установить взаимодействие регулятора роста мелафена и микроэлементов (бора и цинка) в отношении некоторых фотосинтетических показателей растения картофеля.

Для исследований использовали растения картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Удача селекции ВНИИ картофельного хозяйства (Россия). Растения выращивали в условиях вегетационного домика в почвенной культуре на серой лесной почве N₉₀P₆₀K₁₅₀. В вегетационном

сосуде с 10 кг почвы выращивали 1 растение и поддерживали влажность 60 % от полной влагоемкости почвы. Обработку регулятором роста мелафеном и микроэлементами проводили путем замачивания посадочных клубней в водных растворах: мелафена - 10 мкМ, а также в смеси мелафена в указанной концентрации с цинковым купоросом ($ZnSO_4 \times 7H_2O$) – 2,8 мМ и в смеси с борной кислотой (H_3BO_3) – 8 мМ в течение 4 часов. Определяли следующие показатели: концентрацию хлорофиллов- спектрофотометрическим методом, активность нециклического фотофосфорилирования изолированных хлоропластов по убыли неорганического фосфата в среде инкубации, активность пероксидазы – по методу Бояркина [2]. Исследования проводили в листьях средней формации в фазах: всходов и бутонизации в 4-кратной биологической и 5-кратной химической повторности. Достоверность результатов оценивали по критерию Стьюдента.

Как показали исследования, обработка мелафеном растений картофеля существенно не повлияла на содержание хлорофиллов. Вместе с тем совместная обработка мелафеном и микроэлементами – цинком и бором - способствовала некоторому увеличению концентрации хлорофиллов в листе (в равной степени) (таблица 1). Как известно, цинк является компонентом алкогольдегидрогеназы, принимающей участие в образовании пигментного аппарата растений. Также показано, что цинк принимает активное участие в синтезе ДНК, что обеспечивает упрочение хлорофилл-белкового комплекса. В отношении микроэлемента бора имеются также указания, что он способствует увеличению количества и размеров хлоропластов [1].

Что касается интенсивности нециклического фотофосфорилирования, то следует отметить, что индивидуальная обработка мелафеном существенно не повлияла на данный показатель. Результаты оказались на уровне контроля (таблица 1). В литературе имеются сведения, что препарат мелафен практически не оказывал влияния на нециклическое фотофосфорилирование [3]. Вместе с тем, в наших исследованиях показано возрастание данного показателя при совместном действии мелафена и микроэлементов (цинка и бора). Увеличение составило 1,6 и 1,2 раза соответственно (таблица 1). Положительное действие микроэлемента цинка на нециклическое фотофосфорилирование, по-видимому, связано с активацией цинксодержащего фермента - карбоангидразы. Синергизм («слагающий» эффект) в действии цинка и мелафена, содержащего в

своем составе фосфиновую группировку, может быть также связан с усилением транспорта фосфорной группировки, поскольку, известно, что цинк оказывает существенное влияние на поступление и обмен фосфора в растениях [1]. Совместное применение мелафена и бора также оказало положительный эффект в отношении изучаемых фотосинтетических показателей через упрочение хлорофилл – белкового комплекса и усиления экспорта ассимилятов из листа (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние мелафена и микроэлементов на фотосинтетические показатели растения картофеля

Вариант	Хлорофилл а, мг/ г сырой массы	Хлорофилл б, мг/г сырой массы	Сумма хлорофилло в (а+б), мг/ г сырой массы	Фотофосфорилирование, мкМ РН/ (мг Хл.*ч)
Контроль	0,95±0,05	0,24±0,01	1,19±0,03	145±9
Мелафен	0,95±0,05	0,22±0,01	1,17±0,03	136±8
Мелафен+Zn	1,07±0,06	0,27±0,02	1,34±0,06	232±16
Мелафен+B	1,07±0,06	0,26±0,02	1,33±0,06	178 ±9

Наряду с определением фотосинтетических показателей изучалось действие указанного регулятора роста и микроэлементов на активность антиоксидантного фермента – пероксидазы. Показано, что регулятор роста мелафен и мелафен совместно с цинком и бором повысили активность пероксидазы в листьях картофеля. Большой эффект оказал мелафен совместно с микроэлементом цинком (таблица 2). Данные согласуются с данными по фотофосфорилированию. Как известно, фермент пероксидаза утилизирует активные формы кислорода, которые могут образовываться в фотосинтетической цепи.

Таблица 2 – Влияние мелафена и микроэлементов на активность пероксидазы в листьях растения картофеля, опт.ед. / г сырой массы*с

Вариант	Активность пероксидазы
Контроль	20,0±1,2
Мелафен	26,3±1,8
Мелафен+Zn	36,0±2,5
Мелафен+B	33,3±2,0

Таким образом, в ходе исследований показано, что растения картофеля чувствительны к обработке фосфорорганическим

регулятором роста мелафеном. Совместное применение мелафена и микроэлементов (цинка и бора) активизирует фотосинтетическую деятельность картофеля через увеличение количества хлорофилла и интенсификацию нециклического фотофосфорилирования хлоропластов. Большой эффект отмечен при совместном действии мелафена и цинка.

Список литературы

1. Агрохимия биогенных элементов / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, И.А. Лебедевский, М.А. Осипов – Краснодар: КубГАУ, 2020. – 223 с.
2. Гавриленко В.Ф., Ладынина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. М. – 1975. – 392 с.
3. Кашина О.А. Исследование влияния фосфоорганического соединения мелафена на рост и энергетические процессы клеток хлореллы: автореф... дис. кан. наук. – Уфа. 2007. – 25 с.
4. Сяпуков Е.Е. Энергетическая и экономическая эффективность регуляторов роста и борной кислоты в технологии сахарной свеклы// Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2012 № 4. – С. 20-23.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ФОРМ БЫСТРОРАСТУЩИХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Константинов А.В.¹, Острикова М.Я.¹, Богинская Л.А.¹, Кулагин Д.В.,
Куделина Т.Н.², Осипенко Н.В.¹, Полевикова Е.Н.¹, Комарова В.А.¹

¹ГНУ «Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, avkonstantinof@mail.ru

²ГНУ «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича», Минск, Беларусь

Трудоемкость оценки стрессоустойчивости древесных растений в естественной среде требует разработки лабораторных методик и диагностических критериев, которые также могут быть использованы в ходе клеточной селекции. На основе изучения органогенеза микроклонов in vitro и регенерационного коэффициента, как сводного показателя, удалось выявить ряд видовых и клоновых различий быстрорастущих пород в условиях хлоридно-натриевого засоления. Выявлена относительная устойчивость растений клонов осины Ос2 и кб76 высокоствольной карельской березы к присутствию NaCl в условиях моделируемого стресса.

В настоящее время интенсивное накопление солей на территориях, представляющих потенциальный интерес для сельскохозяйственного использования, является всемирной проблемой, охватывая площадь более 340 млн. га, при этом повышение засоленности для подавляющего числа территорий происходит ввиду естественных причин. Вместе с тем, интенсивная хозяйственная деятельность приводит к дополнительному ухудшению плодородия почв и усугублению экологических проблем, выражающихся в солевом загрязнении орошаемых почв, грунтовых вод и водных источников [1].

Наряду с засухой и экстремальными температурами, засоление выступает одним из основных абиотических факторов, оказывающих негативное влияние на ростовые и метаболические процессы растений, что проявляется в изменениях скорости накопления биомассы, общей и хозяйственной продуктивности вследствие нарушения минерального питания и физиолого-биохимических процессов. Кроме того, отмечается нарушение взаимодействия растений с микробоценозом почвы и снижение их устойчивости к патогенным инфекциям и вредителям [2-3]. На основе принципов современной инженерии окружающей среды и лесной биотехнологии возможна разработка локальных решений проблемы засоления почв за счет проведения

лесовосстановления с использованием посадочного материала устойчивых генотипов, полученного на основе тканевой селекции, что значительно сокращает время полевых испытаний.

Осмотический стресс и фитотоксичное воздействие хлоридов активируют в растениях различные механизмы адаптации, непосредственно обусловленные селективным накоплением или выбросом ионов, контролем их поглощения и транспорта или изолированием в компартменты. Наблюдаются также системные изменения процесса фотосинтеза и структуры клеточных мембран, а также модификация ряда сигнальных систем, регулирующих синтез фитогормонов, антиоксидантов и веществ, поддерживающих осмотическое давление цитоплазмы [4-6].

С учетом вышесказанного целью нашей работы была разработка комплекса показателей, позволяющих изучать устойчивость различных генотипов древесных растений к хлоридно-натриевому засолению при культивировании в условиях *in vitro*.

Исходным материалом являлись микроклональные растения осины обыкновенной (клоны V22 и Oc2), тополя волосистоплодного (клон M77), березы повислой и карельской формы березы повислой (клоны б631 и к676). Нарботку исходного материала проводили в течение 2 месяцев на модифицированной среде WPM (Lloyd G., McCown B., 1980) для древесных растений (7,0 г/л микробиологического агара, 30,0 г/л сахарозы), без добавления регуляторов роста. Полученные регенеранты микрочеренковали, получая одно- и двухузловые экспланты, которые субкультивировали по 10-12 шт. на питательные среды MS (Murashige T., Skoog F., 1962), дополненные хлоридом натрия в концентрациях 0,25% и 0,50%, контрольный вариант без внесения NaCl. Все варианты опыта ставили в двух повторностях. Ежедневно оценивали жизнеспособность эксплантов и морфофизиологическое состояние, изучали особенности органогенеза, рассчитывали показатели ризогенеза и ростового коэффициента (отношение высоты стволика регенерантов к длине корня).

В результате проведенного эксперимента выявлено, что сохранность микрочеренков быстрорастущих древесных растений семейств *Salicaceae* и *Betulaceae* в контрольном и опытных вариантах существенно различается (таблица 1), так, в случае субкультивирования эксплантов осины обыкновенной на среду,

содержащую 0,25% NaCl данный показатель снижается более чем в 2,0 раза, а в случае тополя – в 1,6 раза. При этом в случае повышения уровня засоления для клона V22 сохранность падает еще в 2,3, а для эксплантов клона Ос2 указанной тенденции не наблюдается. В случае клонов березы повислой и карельской березы сохранность эксплантов на опытных средах ниже контрольных показателей в 1,2-1,6 раза.

Таблица 1 – Результаты оценка сохранности и интенсивности укоренения регенерантов осины и березы на питательных средах с различным содержанием хлорида натрия

Клон	Вариант*	Сохранность, %	Укоренение, %
V22	К	95,5	85,7
	I**	42,5	41,6
	II***	18,1	18,2
Ос2	К	90,9	85,0
	I	41,6	50,0
	II	41,8	38,4
M77	К	83,3	71,4
	I	51,1	42,9
	II	20,0	0
б631	К	100,0	85,7
	I	80,0	64,7
	II	53,0	54,5
к676	К	100,0	95,0
	I	77,3	70,6
	II	61,1	63,6
*К – безNaCl; I – 0.25% NaCl; II – 0.5% NaCl			

Относительно интенсивности ризогенеза выявлены схожие закономерности. В случае клонов осины происходит снижение корнеобразования в присутствии изучаемых концентраций хлорида натрия в 1,7-1,3 и 2,0-2,3 раза для растений клонов V22 и Ос2 соответственно. Отмечено снижение интенсивности ризогенеза эксплантов тополя на среде с 0,25% NaCl в 1,6 раза в сравнении с контролем и полное отсутствие развития корней в случае 0,50% концентрации селективного агента, что согласуется с литературными данными [7].

Отмечено что на средах, содержащих хлорид натрия, экспланты тестируемых клонов осины и березы отличались формированием небольших утолщений базальных частей микрочеренков, при этом экспланты тополя характеризовались развитием диффузного

сахаристого каллуса по всей поверхности. Указанная реакция может являться проявлением защитного морфогенетического ответа на токсическое действие NaCl.

Изучение ростовых показателей регенерантов позволило выявить значительное колебание качественных и количественных показателей. Средние показатели высоты стволика и длины корней растений осины клона V22 при культивировании на среде с 0,25% NaCl снижались в 2,3 и 2,1 раза соответственно. При повышении концентрации органогебез микроклонов протекал слабо, развивались укороченные хлорозные микропобеги и лишь зачаточные корешки ($0,2 \pm 0,1$ мм). Сходным образом засоление воздействовало и на экспланты осины клона Ос2 (таблица 2).

Наименьшую способность к органогебезу в условиях хлоридно-натриевого загрязнения проявили экспланты тополя клона М77 (таблица 2), так при концентрации соли 0,25% высота микропобегов ниже чем у растений контрольной группы в 1,8 раза, а средняя длина корня ниже в 2,0 раза. При 0,50% соли в среде отмечено лишь распускание единичных аксиллярных почек тополя и полное отсутствие ризогенебеза.

Таблица 2 – Морфометрические показатели регенерантов осины и березы в условиях моделируемого солевого стресса

Клон	Вариант	Высота стволика, см	Длина корней, см	Количество корней, шт.	Ростовой коэффициент Рк
V22	К	$3,0 \pm 1,0$	$1,5 \pm 0,2$	$4,8 \pm 1,1$	2,0
	I	$1,3 \pm 0,6$	$0,7 \pm 0,1$	$3,1 \pm 1,2$	1,8
	II	$0,8 \pm 0,3$	$0,2 \pm 0,1$	$2,8 \pm 1,1$	4,0
Ос2	К	$4,5 \pm 0,7$	$2,5 \pm 0,6$	$5,4 \pm 1,3$	1,8
	I	$2,5 \pm 0,5$	$1,2 \pm 0,2$	$4,4 \pm 1,0$	2,1
	II	$1,2 \pm 0,5$	$0,9 \pm 0,1$	$3,1 \pm 1,2$	1,3
М77	К	$3,6 \pm 0,7$	$1,4 \pm 0,2$	$3,9 \pm 1,6$	2,6
	I	$2,0 \pm 0,9$	$0,7 \pm 0,2$	$3,2 \pm 1,0$	2,8
	II	$0,4 \pm 0,1$	0	0	-
6631	К	$1,8 \pm 0,4$	$2,6 \pm 1,7$	$2,9 \pm 1,1$	0,7
	I	$1,2 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,2$	$1,3 \pm 0,5$	0,9
	II	$0,5 \pm 0,1$	0	0	-
кб76	К	$6,3 \pm 1,2$	$2,8 \pm 1,4$	$2,7 \pm 0,8$	2,3
	I	$4,4 \pm 1,3$	$1,7 \pm 0,6$	$1,2 \pm 0,5$	2,6
	II	$1,1 \pm 0,6$	$0,7 \pm 0,3$	$1,1 \pm 0,3$	1,6
*К – безNaCl; I – 0.25%NaCl; II – 0.5% NaCl					

В случае клонов березы показано, что линейные параметры микропобегов в присутствии 0,25% NaCl в 1,5–1,4 раза меньше показателей регенерантов контрольной группы, а значения средней длины корней ниже в 1,8–1,6 раза.

Расчеты показали незначительное повышение ростового коэффициента на 0,2–0,3 для большинства клонов в вариантах опыта с 0,25% NaCl, что говорит о преимущественном снижении интенсивности развития корневой системы относительно роста стволика на фоне солевого стресса. Обратная картина отмечена только относительно регенерантов клона V22.

Таким образом, можно заключить, что показатели сохранности микрочеренков и интенсивности их укоренения могут быть использованы при дифференциации клонов быстрорастущих пород по степени устойчивости к хлоридно-натриевому засолению.

Выявлены генотипические различия регенерационного потенциала микрочеренков быстрорастущих древесных растений в условиях засоления (NaCl), установлены его селективные (0,25%) и полулетальные (0,5%) концентрации для различных объектов. Отдельные генотипы можно рассматривать в качестве перспективных при создании солеустойчивых форм древесных растений методами клеточной селекции.

Список литературы

1. Гулиев А.Г., Самофалова И.А., Мудрых Н.М. Засоление – глобальная экологическая проблема в орошаемом земледелии // Пермский аграрный вестник. – 2014. – №4 (8). – С. 32–43.
2. Agarwal P.K., Shukla P.S., Gupta K. Bioengineering for salinity tolerance in plants: state of the art // Molecular biotechnology. – 2013. – Vol. 54. – P. 102–123.
3. Белова Т.А., Кравченко А.С. Физиологические основы адаптации растений к воздействию солевого стресса // Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2018. – № 1 (17).
4. Иванищев В.В. О механизмах солеустойчивости растений и специфике влияния засоления // Известия ТулГУ. Естественные науки. – 2019. – Вып. 4. – С. 76–87.
5. Parida A., Das A. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2005. – Vol. 60. P. – 324–349.
6. Smirnov N. Plant resistance to environmental stress // Current Opinion in Biotechnology. – 1998. – Vol. 9. – P. 214–219.
7. Алиева З.М. Лабораторный способ оценки солеустойчивости ресурсных видов древесных растений // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. – №2. – С. 20–23.

ВЛИЯНИЕ LED-ОСВЕЩЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМ СООТНОШЕНИЕМ КРАСНОГО И СИНЕГО ДИАПАЗОНОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И НАКОПЛЕНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В МИКРОЗЕЛЕНИ РЕДИСА И ПОДСОЛНЕЧНИКА

Кугач В.А., Курнушко А.С., Молчан О.В.

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
БОТАНИКИ ИМЕНИ
В.Ф. КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»;
г. Минск, Беларусь, e-mail: 1viktoriakugach1@gmail.com

Изучены особенности влияния LED-освещения с различным соотношением красного и синего света на продуктивность и накопление фенольных соединений в микрозелени редиса и подсолнечника. Показано стимулирующее действие LED-освещения с К/С 2, 4 и 6 на рост растений редиса и отсутствие эффектов на растения подсолнечника. Содержание соединений фенольной природы в микрозелени редиса при люминесцентном и LED-освещении с К/С 1, 2 и 4 было схожим и снижалось при использовании освещения с К/С 6. Применение LED-источников снижало содержание фенольных соединений в микрозелени подсолнечника.

Выращивание растений в контролируемых условиях позволяет устранять зависимость от сезонных изменений климата и в значительной степени регулировать процессы роста и развития. Такие условия культивирования требуют эффективных источников искусственного света. Светодиодное (LED) освещение рассматривается как особенно перспективное для выращивания растений в закрытом грунте. Такие свойства LED-светильников, как энергоэффективность, длительный срок службы, низкое тепловое излучение, эффективность потока фотонов и возможность моделировать спектральный состав делают их наиболее подходящими в использовании для будущих систем освещения [2]. Особенно привлекает производителей экономическая выгода вследствие более эффективного роста растений: предполагается, что LED-освещение позволит стимулировать укоренение и прорастание семян, ускорить накопление вегетативной биомассы, цветение и созревание плодов, увеличить урожайность и накопление биологически активных веществ (БАВ).

Свет оказывает ключевое влияние на рост и развитие растений, обеспечивая протекание и регуляцию двух важнейших

физиологических процессов – фотосинтеза и фотоморфогенеза. Под воздействием света также осуществляется контроль таких физиологических процессов, как фототропизм, движение хлоропластов, регуляция смены дня и ночи, открытие/закрытие устьиц и др. Синтез биоактивных соединений и антиоксидантов при воздействии освещения определенного спектра позволяет повышать пищевую ценность зеленых культур [2]. Однако свет различного спектрального состава по-разному влияет на морфогенез и фотосинтетические реакции растений, и только выбор нужного спектра светодиодного источника может способствовать усилению метаболизма питательных веществ, синтеза и накопления БАВ, тем самым улучшая качество продукции [2]. Поэтому управление освещённостью и спектральным составом является ключом к повышению качества и продукционного потенциала растений, выращиваемых в контролируемых условиях [2].

Целью данной работы было исследование влияния LED-освещения с различным соотношением красного и синего диапазонов на продуктивность и накопление фенольных соединений в микрозелени редиса и подсолнечника, видов, относящихся к C_3 -растениям, но отличающихся по уровням потенциальной эффективности фотосинтеза.

Объектом исследования являлись побеги редиса (*Raphanus sativus* L.) и подсолнечника (*Helianthus annuus* L.), полученные по технологии выращивания микрозелени. Семена растений высевали на поверхность увлажнённой минеральной ваты и проращивали в темноте при 25°C в течение 3 суток. Далее микрозелень выращивали при различных вариантах LED-освещения и контрольном люминесцентном (LL) на протяжении 4 суток. Были созданы условия нескольких вариантов LED-освещения с различным соотношением красного и синего света (К/С), плотность потока фотонов составляла 100 мкмоль·м⁻²·с⁻¹. Побеги срезали, определяли их сырую и сухую массу. Высушенный при 60°C и измельченный до состояния пудры растительный материал использовали для экстракции и биохимического анализа. Содержание фенольных соединений, флавоноидов и веществ с антирадикальной активностью определяли спектрофотометрически общепринятыми методами с применением реактива Фолина-Чокальтеу, хлорида алюминия и 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH), соответственно. Статистическую обработку

данных выполняли с использованием табличного процессора MS Excel. Эксперименты проводили в четырёхкратной повторности. Для оценки достоверности различий между экспериментальными вариантами применяли однофакторный дисперсионный анализ. Различия показателей считали достоверными при $P < 0,05$ [1 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

В результате было показано, что освещение по-разному влияет на накопление биомассы и соединений фенольной природы. Как видно на рисунке 1, максимальное накопление сырой массы микрорезелени редиса отмечено при LED-освещении с К/С 2, 4 и 6 (рис. 1А). В то же время интенсивность роста побегов подсолнечника при используемых вариантах освещения, как люминесцентного, так и светодиодного, была схожей (рис. 1Б). Также было установлено, что при LED-освещении с К/С 1, 2 и 4 содержание фенольных соединений у микрорезелени редиса сравнимо с контрольным LL вариантом, а при К/С 6 достоверно ниже, чем при более низких К/С (рис. 1В). При LED-освещении с К/С 6 достоверно ниже контроля было и содержание флавоноидов. Растения подсолнечника отреагировали на тестируемое LED-освещение снижением содержания соединений фенольной природы (рис. 1Г).

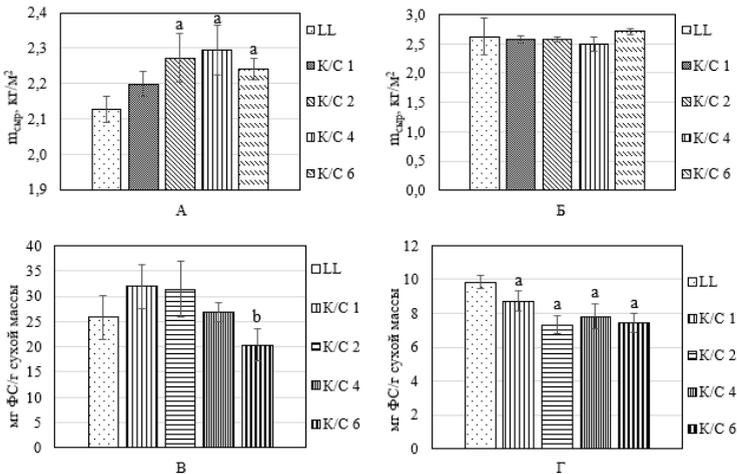


Рисунок 1 – Влияние LED-освещения на накопление биомассы (А, Б) и фенольных соединений (В, Г) в микрорезелени редиса (А, В) и подсолнечника (Б, Г) а – отличия от контроля (LL) достоверны при $P < 0,05$

в - отличия от других вариантов LED-освещения достоверны при $P < 0,05$

Красный и синий свет особенно важны для протекания процессов фотосинтеза и фотоморфогенеза растений, поскольку наиболее активно поглощаются фотосинтетическими пигментами и основными белками-фоторецепторами: фитохромами, криптохромами и фототропинами. Исследования воздействия на растения длин волн красного и синего диапазонов уже показали, что использование красных светодиодов приводит к увеличению сырой и сухой массы, высоты растений и площади листьев [2]. Было замечено, что добавление красных светодиодов в сочетании с небольшой порцией синих светодиодов при низкой или умеренной интенсивности света приводило к улучшению роста листьев салата латука и пекинской капусты [2, 3–5, 7]. Красные светодиоды, дополненные синими и дальнекрасными, стимулировали увеличение высоты, биомассы и площади листьев у кольраби, горчицы, двух сортов листовой капусты [2, 6]. При этом в большинстве работ отмечается видоспецифичность реакции растений на интенсивность и спектральный состав света, в особенности на соотношение К/С. Поэтому при проектировании систем освещения для выращивания растений следует учитывать требования определенных видов растений к дозам и соотношению красного и синего света [2]. Наблюдаемые нами различия в эффектах LED-светильников с разным соотношением К/С могут быть обусловлены особенностями требований растений редиса и подсолнечника к условиям освещения для оптимизации процессов фотоморфогенеза и фотосинтеза. Так, оба вида относятся к C_3 -растениям, но эффективность фотосинтеза подсолнечника сравнима с таковой у C_4 -растений, например, у кукурузы, и почти вдвое больше, чем у редиса.

Список литературы

1. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск: Выш. шк., 1973. – 320 с.
2. Al Murad, M. Light Emitting Diodes (LEDs) as Agricultural Lighting: Impact and Its Potential on Improving Physiology, Flowering, and Secondary Metabolites of Crops / M. Al Murad [et al.] // Sustainability 2021, 13, 1985. <https://doi.org/10.3390/su13041985>
3. Avercheva, O. Biochemical, photosynthetic and productive parameters of Chinese cabbage grown under blue–red LED assembly designed for space agriculture / O. Avercheva [et al.] // Adv. Space Res. – 2014. – P. 1574–1581.
4. Chin, L.Y. Study of high power light emitting diode (LED) lighting system in accelerating the growth rate of *Lactuca sativa* for indoor cultivation / L.Y. Chin, K.K. Chong // Int. J. Phys. Sci. – 2012. – P. 1773–1781.
5. Lee, M.J. Increase in biomass and bioactive compounds in lettuce under various

ratios of red to far-red LED light supplemented with blue LED light / M.J. Lee, K.H. Son, M.M. Oh // *Hortic. Environ. Biotechnol.* – 2016. – P. 139–147.

6. Samuoliene, G. LED illumination affects bioactive compounds in romaine baby leaf lettuce / G. Samuoliene [et al.] // *J. Sci. Food Agric.* – 2013. – P. 3286–3291.

7. Son, K.H. Leaf shape, growth and antioxidant phenolic compounds of two lettuce cultivars grown under various combinations of blue and red light-emitting diodes / K.H. Son, M.M. Oh // *HortScience.* – 2013. – P. 988–995.

ВЛИЯНИЕ ПРАЙМИНГА СЕМЯН НАНОЧАСТИЦАМИ СЕЛЕНА И СЕЛЕНИТОМ НАТРИЯ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ РЕДИСА И ПОДСОЛНЕЧНИКА

Курнушко А.С., Молчан О.В.

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
БОТАНИКИ ИМЕНИ
В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»,
г. Минск, Беларусь, e-mail: annkurnushko@mail.ru

Изучены особенности влияния прайминга семян наночастицами селена и селенитом натрия на морфометрические параметры проростков редиса и подсолнечника, различающихся по способности накапливать селен видов, при различных концентрациях (100–1000 мг/л) и времени обработки (3, 6 и 9 ч). Показано ингибирующее действие селенита натрия (500 и 1000 мг/л) на прорастание семян и рост проростков подсолнечника и отсутствие ингибирующих эффектов наночастиц селена на растения обоих видов. Установлена стимулирующая роль селена на растениях редиса при использовании для прайминга наночастиц селена.

Селен (Se) – один из важнейших элементов для живых организмов. Он в значительной степени поступает в рацион человека через растения, которые поглощают его из почвы [13]. Селен важен и для полноценного функционирования растительного организма. Растения могут реагировать на экзогенное применение селена положительно или негативно в зависимости от вида и стадии роста, а также форм и доз применяемых препаратов [15]. В то время как все растения усваивают селен, некоторые виды (аккумуляторы) накапливают его в больших количествах без видимых побочных эффектов. Наноразмерный селен является достаточно перспективной для использования формой, поскольку наночастицы часто обладают меньшей токсичностью и большей биосовместимостью, чем органические или неорганические соединения селена [11,19]. При этом к настоящему времени мало известно о механизмах, с помощью которых растения поглощают, транспортируют и метаболизируют селен [16]. Особый интерес представляет исследование влияния селена в различных формах на прорастание семян и рост проростков. Одним из эффективных способов предпосевной обработки семян является прайминг, технология, при которой семена умеренно увлажняются до момента, когда начинаются метаболические процессы без

фактического прорастания [10]. Использование оптимальных режимов прайминга часто обеспечивает ускоренное и равномерное прорастание, улучшает качество и формирование всходов, стимулирует ферментативную активность, регулируя процессы роста и развития проростка [2].

Целью данной работы было исследование влияния различных режимов обработки семян наночастицами селена и селенитом натрия на рост проростков редиса и подсолнечника, видов, отличающихся по уровням накопления селена.

Объектом исследования являлись проростки редиса (*Raphanus sativus* L.) и подсолнечника (*Helianthus annuus* L.). Семена обрабатывали наночастицами селена или селенитом натрия в концентрациях 100–1000 мг/л в течение 3, 6 и 9 часов, затем проращивали в термостате при 25°C в чашках Петри между слоями фильтровальной бумаги, смоченной дистиллированной водой, согласно ГОСТ [3]. Тестируемые в работе наночастицы селена были синтезированы в оболочке из биогенных полимеров [1]. В качестве контрольных вариантов использовали обработанные дистиллированной водой и необработанные сухие семена. На 3 суток определяли энергию прорастания, длину, сырую и сухую массу побегов и корней проростков. Статистическую обработку данных выполняли с использованием табличного процессора MS Excel. Эксперименты проводили в четырехкратной повторности. Для оценки достоверности различий между экспериментальными вариантами применяли однофакторный дисперсионный анализ. Различия показателей считали достоверными при $P < 0,05$ [4**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

В данной работе было показано, что прайминг наночастицами селена и селенитом натрия не изменял энергию прорастания семян редиса, которая оставалась достаточно высокой и составляла 90–95%. При обработке семян подсолнечника в течение 3 часов в суспензии наночастиц селена с концентрацией 250 мг/л энергия прорастания достоверно увеличивалась, в среднем на 10–15%, по сравнению с обоими вариантами контроля. При других обработках семян подсолнечника наночастицами значимого влияния на энергию прорастания выявлено не было. В то же время, применение селенита натрия в концентрации 500 и 1000 мг/л приводило к снижению энергии прорастания по сравнению с контролем в среднем на 40% и 50 %, соответственно, вне зависимости от времени обработки.

Также было отмечено, что наночастицы селена в большинстве вариантов обработок не влияли на сухую массу корня и побега проростков редиса и подсолнечника. Только использование наночастиц в концентрации 250 мг/л для замачивания семян в течение 3 часов приводило к достоверному увеличению сухой массы корня редиса по сравнению с контролем. Это согласуется с обнаруженным другими авторами ростом сухой массы корня кунжута и подсолнечника под действием наночастиц селена [6,7]. Значимого действия селенита натрия на сухую массу побегов редиса и подсолнечника тоже в большинстве случаев показано не было.

Не было также выявлено достоверного по сравнению с контролем влияния наночастиц и на длину побегов проростков обоих видов при всех вариантах обработок. В то время как применение селенита натрия в концентрации 500 и 1000 мг/л снижало по сравнению с контролем сухую массу корня, длину побега и корня проростков подсолнечника вне зависимости от времени обработки в среднем на 40% и 50%, соответственно. Другими авторами также ранее было отмечено снижение длины и массы корней и побегов при обработке селенитом натрия семян гороха и риса [9,12].

Особенно выраженным было стимулирующее влияние наночастиц на рост корня проростков редиса. Так, было установлено, что замачивание семян в течение 3 часов в суспензии наночастиц селена концентрацией 250 и 500 мг/л приводило к увеличению длины корней проростков редиса в среднем на 10% и 15%, соответственно. Обнаруженное увеличение длины корня при отсутствии прироста сухой массы под действием наночастиц селена может быть результатом стимуляции роста клеток растяжением и связано с активацией поглощения воды проростком. Это достаточно важно, поскольку водопоглощающая способность на данном этапе роста является особенно необходимой для общей активации метаболизма [2]. Растения, выращенные после прайминга семян, также часто демонстрируют на клеточном уровне эффективную и быструю защитную реакцию против абиотических стрессов. Нанопрайминг для повышения устойчивости растений к абиотическому стрессу, очевидно, может активировать различные пути, участвующие в метаболических процессах [8].

Таким образом, было установлено, что наночастицы селена не оказывали существенного влияния на прорастание семян, длину и

сухую массу побегов редиса и подсолнечника. Хотя ранее в ряде работ отмечалась стимуляция прорастания семян некоторых растений (ячменя, риса, горчицы, капусты) под воздействием наночастиц селена [5,17**Ошибка! Источник ссылки не найден.**,19]. Другие авторы обнаруживали стимулирующее действие наночастиц селена на длину и сухую массу побега проростков кунжута и горькой тыквы [6,18]. Это может быть связано с различными концентрациями, размерами и структурой используемых наночастиц, способами обработки и качеством семян, видоспецифичностью эффектов селена. Селенит натрия в концентрации 500 и 1000 мг/л, не влияя на энергию прорастания, снижал сухую массу и длину побегов и корней проростков подсолнечника. В то же время, замачивание семян в суспензии наночастиц приводило к значимому увеличению длины корней проростков редиса. Наблюдаемые эффекты могут свидетельствовать о стимуляции наночастицами селена водопоглощающей способности проростков редиса. Отсутствие сходства в регуляции наночастицами селена и селенитом натрия роста проростков редиса и подсолнечника вероятно связаны с различными потенциальными возможностями данных видов накапливать селен, поскольку редис является его аккумулятором, в отличие от подсолнечника [13,14].

Авторы выражают благодарность ООО «Актех» и С.Г. Азизбеяну за предоставленные для исследования наночастицы селена.

Список литературы

1. Азизбеян С. Г. Исследование эффективности микроудобрений на основе наночастиц биоэлементов / С. Г. Азизбеян, А. Р. Набиуллин, В. И. Домаш // Нанотехника. – 2012. – № 4. – С. 70–71.
2. Исайчев В. А. Влияние регуляторов роста на ранних этапах роста и развития растений озимой пшеницы / В. А. Исайчев, Е. В. Провалова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 3. – С. 80–85.
3. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартинформ, 2011. – 31 с
4. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск: Выш. шк., 1973. – 320 с.
5. Adhikary S. Seed priming with selenium and zinc nanoparticles modifies germination, growth, and yield of direct-seeded rice (*Oryza sativa* L.) / S. Adhikary [et al.] // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12, № 1. – P. 7103.
6. Ahmad I. Phytomediated selenium nanoparticles improved physio-morphological, antioxidant, and oil bioactive compounds of sesame under induced biotic stress / I. Ahmad [et al.] // ACS Omega. – 2023. Vol. 8, № 3. – P. 3354–3366.

7. Amin M. A. The Potency of fungal-fabricated selenium nanoparticles to improve the growth performance of *Helianthus annuus* L. and control of cutworm *Agrotis ipsilon* / M. A. Amin [et al.] // *Catalysts*. – 2021. – Vol. 11, №. 12. – P. 1551.
8. Bhanuprakash K. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview / K. Bhanuprakash, H. S. Yogeeshha // *Abiotic stress physiology of horticultural crops*. – 2016. – №. 1. – P. 103–117.
9. Du B. Rice seed priming with sodium selenate: Effects on germination, seedling growth, and biochemical attributes / B. Du [et al.] // *Scientific Reports*. – 2019. – T. 9. – №. 1. – C. 4311.
10. Farooq M. Seed priming in field crops: Potential benefits, adoption and challenges / M. Farooq [et al.] // *Crop and Pasture Science*. – 2019. – Vol. 70, №. 9. – P. 731–771.
11. Ferro C. Selenium nanoparticles for biomedical applications: From development and characterization to therapeutics / C. Ferro, H. F. Florindo, H. A. Santos // *Advanced healthcare materials*. – 2021. – Vol. 10, №. 16. – P. 2100598.
12. Jerse A. Seed soaking in I and Se solutions increases concentrations of both elements and changes morphological and some physiological parameters of pea sprouts / A. Jerse [et al.] // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2017. – Vol. 118. – P. 285–294.
13. Mckenzie M. Selenium application during radish (*Raphanus sativus*) plant development alters glucosinolate metabolic gene expression and results in the production of 4-(methylseleno) but-3-enylglucosinolate / M. Mckenzie [et al.] // *Plants*. – 2019. – Vol. 8, №. 10. – P. 427.
14. Mounicou S. Comparing a selenium accumulator plant (*Brassica juncea*) to a nonaccumulator plant (*Helianthus annuus*) to investigate selenium-containing proteins / S. Mounicou [et al.] // *Analytical and bioanalytical chemistry*. – 2006. – Vol. 386. – P. 1367–1378.
15. Nayak V. Potentialities of selenium nanoparticles in biomedical science / V. Nayak [et al.] // *New Journal of Chemistry*. – 2021. – Vol. 45. – №. 6. – P. 2849–2878.
16. Rahmat S. Effects, uptake, and translocation of selenium-based nanoparticles in plants / S. Rahmat // *Toxicity of Nanoparticles in Plants*. – Academic Press. – 2022. – Vol. 5, – P. 267–298.
17. Sarkar R. D. Se nanoparticles stabilized with *Allamanda cathartica* L. flower extract inhibited phytopathogens and promoted mustard growth under salt stress / R. D. Sarkar, M. C. Kalita // *Heliyon*. – 2022. – Vol. 8, №. 3. – P. e09076.
18. Sheikhalipour M. Chitosan–selenium nanoparticle (Cs–Se NP) foliar spray alleviates salt stress in bitter melon / M. Sheikhalipour [et al.] // *Nanomaterials*. – 2021. – Vol. 11, №. 3. – P. 684.
19. Siddiqui S. A. Effect of selenium nanoparticles on germination of *Hordeum vulgare* barley seeds / S. A. Siddiqui [et al.] // *Coatings*. – 2021. – Vol. 11, №. 7. – P. 862–876.

ИЗУЧЕНИЕ ЭКСПЛАНТОВ ЛАПЧАТКИ ПРЯМОСТОЯЧЕЙ (*POTENTILLA ERECTA*) В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Лапенков Д.П., Седов Г.И., Пазяева Т.В.

Приднестровский Государственный Университет им. Т.Г. Шевченко, научный учебно-образовательный центр «Ботанический сад ПГУ им. Т.Г. Шевченко», г. Тирасполь, Приднестровская Молдавская Республика, Молдавия, lapenkova113@mail.ru, pgu.botsad@gmail.com, pazyaevat@mail.ru

Опыты проведены в научном учебно-образовательном центре (НУОЦ) «Ботанический сад ПГУ им. Т.Г. Шевченко». В условиях in vitro исследовано культивирование эксплантов лапчатки прямостоячей (Potentilla erecta L.). Выявлено, что у корней лапчатки низкая пролиферативная способность клеток, а листья не прошли этап стерилизации в связи с тонкой структурой. Поэтому в качестве экспланта использовали черешки лапчатки прямостоячей для получения каллусной культуры, которую перенесли на новую питательную среду, чтобы увеличить прирост клеток и изучить химический состав каллусной массы.

Введение. В связи с проблемой йододефицита, применение метода культуры клеток и тканей для получения каллусных масс растений в современных биотехнологических исследованиях является весьма актуальным направлением. В регионе Полесья со времен 14 века лечили заболевания щитовидки с помощью лапчатки, средство из которой употребляли частенько в виде отвара листьев и корней. Поэтому на Полесье эндемический зоб практически не выявлен. Лекарственные растения со времен наших предков вызывают большой интерес в медицине своими уникальными целебными свойствами как источник биологически активных веществ (БАВ), в связи с чем, проводятся исследования по расширению источников лекарственного растительного сырья, по изучению культуры растительных клеток и тканей. Для культивирования используют различные части растения, которые важны в отраслях промышленности (фармакологической и биотехнологической, пищевой и косметической). В настоящее время практический интерес представляют дикорастущие лекарственные растения, принадлежащие к роду Лапчатка (*Potentilla*), так как в их составе представлены микроэлементы и биологически активные соединения, в том числе важные группы соединений вторичного происхождения широкого спектра [1,2].

Растительные компоненты лапчатки создают устойчивый антибактериальный эффект, что не только уменьшает число узловых

образований, а также стимулирует рассасывание мягких опухолей [1].

В исследованиях Д.П. Лапенкова, С.В.Ликризона, Ю.Л. Малаештян, В.В.Люленовой [3] элементный состав корней и листьев лапчатки прямостоячей (*Potentilla erecta* (L.) Raeusch) содержит кальция, калия, йода, меди, марганца и хрома больше в листьях, чем в корнях. При этом железа и цинка больше в корнях, по сравнению с листьями. Поэтому авторы рекомендуют для изготовления лекарственных препаратов использовать листья.

Цель исследования: проанализировать способность к каллусогенезу эксплантов лапчатки прямостоячей (*Potentilla erecta*) в условиях *in vitro*.

Результаты исследований:

Для лекарственного растения *Potentilla erecta*. применение традиционных методов селекции имеет сложности полового размножения, из-за длительности жизненного цикла, высокого уровня гетерозиготности. Поэтому изучение возможности клонирования генотипа Лапчатки прямостоячей *in vitro* позволит значительно облегчить его размножение.

Проведено культивирование в условиях *in vitro* по биотехнологической методике получения каллусной культуры лапчатки: изготовление питательной среды Мурасиге-Скуга к которому были подобраны различные стимуляторы роста и каллусообразования, в частности добавление на 1 л маточного раствора 1мг 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты и 1мг кинетина. Питательную среду стерилизовали в автоклаве. Забор материала с интактного растения проводили способом его сегментации и помещали в лабораторную тару под ламинаром. Стерилизацию экспланта проводили в два этапа: 1) экспозиция в этиловом спирте 3-4мин, и промывка дистиллированной водой; 2) эксплант помещали в 5% дезинфицирующее средство «Жавель» при экспозиции 20 минут, и очень тщательно их затем отмывая от применяемого агента дистиллированной стерильной водой. Стерильность брюшистого скальпеля и анатомического пинцета обеспечили над пламенем горелки. При помощи стерильного лабораторного инструментария стерильные экспланты сегментами около 1см переместили в пробирки с питательной средой Мурасиге-Скуга (рисунок 1).

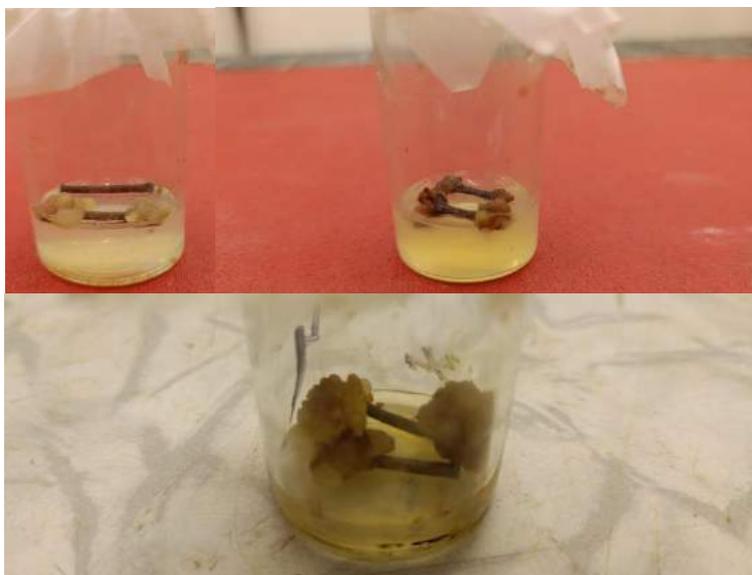


Рисунок 1. Развитие массы растительных клеток экспланта черешка листа Лапчатки прямостоячей (*Potentilla erecta* (L.) Raeusch), формирующихся *in vitro*

Заключение. Подтверждена способность к каллусогенезу эксплантов лапчатки прямостоячей (*Potentilla erecta* L.) в условиях *in vitro*. Значение метода *in vitro* заключается в возможности круглогодичного получения биомассы лапчатки для изготовления лекарственных средств, либо для выращивания растений с последующей высадкой в грунт.

Список литературы

1. Полезные свойства лапчатки белой: <https://fitomarket.com.ua/fitoblog/lapchatka-belaya-potentilla-alba-l-dlya-lecheniya-shchitovidki>
2. Калган, или лапчатка прямостоячая: лекарственные свойства *Potentilla erecta* (L.) Raeusch https://www.greeninfo.ru/wild_growing/potentilla_erecta.html/Article/_aID/20067
3. Лапенков Д.П., Ликризон С.В., Малаштян Ю.Л., Люленова В.В. Определение концентрации йода в лапчатке прямостоячей // Материалы Итоговой (ежегодной) научной студенческой конференции Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко по итогам НИР в 2022 году. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. унта, 2022. – 364 с. ISBN 978-9975-150-11-8 с. (электронное издание). С.186-195.

ТЕХНОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *SOLANUM MELONGENA* В УСЛОВИЯХ СИТИФЕРМЫ

Малиновский А.А., Плотников Е.В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск,
Россия, AlexMalinovskiy2004@gmail.com

Исследован полный биотехнологический цикл культивирования Solanum melongena в лабораторных условиях. Были взяты семена Solanum melongena F1 Икорный. Впоследствии получена культура in vitro, на питательной среде Мурасиге-Скуга. Проведена адаптация растений к условиям аэропоники. Успешно адаптировано 8 растений, начало цветения наблюдали на 48 сутки. Опыление производили вручную, при этом формирование плодов наблюдали на 57% цветках. Собрано в среднем 4,6 плодов с куста, средней массой 362 г.

На современном этапе развития общества эргономичное производство продуктов питания стало неотъемлемой частью устойчивого развития. К подобным технологиям, в том числе относятся и ситифермы. В последнее время ситифермерство становится одной из главных инноваций в сельском хозяйстве, в том числе и в России, где особенно актуально точное земледелие в условиях рискованного сельского хозяйства [1].

Одной из значимых задач современного сельского хозяйства является обеспечение населения сбалансированным питанием. Большая часть Сибири относится к зоне рискованного земледелия – поэтому культивирование большинства сельскохозяйственных культур, таких как баклажаны, на данных территориях затруднено [2]. В зимний и ранневесенний период наблюдается недостаток свежей растительной пищи, которая также является источником витаминов. Однако современные технологии позволяют выращивать сельскохозяйственные культуры круглогодично – на аэропонных и гидропонных ситифермах [3].

Преимуществом ситифермерства для России является возможность выращивания растений на земельно-неосвоенных территориях, что способствует реализации потенциала растений. При гидропонном, как и при аэропонном, методе выращивания создаются оптимальные для растений климатические условия (питание, освещение, температура, влажность), что исключает потерю урожая при стрессе [4-9].

Нами была выбрана культура *S. melongena* F1 – Икорный, саженцы были получены из семян компании “Гавриш”, обработанных дезинфицирующим раствором (96% спирта, дистиллированной воды, 33% перекиси водорода в соотношении (10:3:3)) *in vitro* на среде МС-0 (Мурасиге–Скуга). Всхожесть семян составила 100%, контаминации не наблюдали.

В культуре *in vitro* у растений из-за высокого уровня влажности воздуха нарушена работа устьичного аппарата, в следствие чего необходима адаптация *ex vitro*. Для адаптации из контейнеров отбирали 8 растений с 3-4 настоящими листьями. Высаживали на аэропонику и накрывали пластиковыми колпачками, раз в день растения открывали. Адаптировали последовательным увеличением времени вентиляции растения. На 30 сутки адаптации все пикированные растения успешно приспособились к условиям аэропоники.

Аэропонная установка находилась в помещении с контролируемыми условиями влажности и температур, в период вегетации и цветения поддерживали температуру 24°C, влажность 50%, корневая система орошалась форсунками каждые 1,5 часа, в объеме 45 мл на растение экспериментальной питательной средой. Установка оборудована светодиодными лентами, продолжительность светового дня составляла 14 часов, 17000 люкс. (Рис. 2).



Рисунок 1 – Семена и проростки баклажанов



Рисунок 2 – Аэропонная установка с баклажанами

Для анализа выбрали следующие фенологические показатели: момент начала цветения, завязываемость плодов, момент начала плодоношения, урожайность.

Начало цветения наблюдали на 48 сутки. Опыление производилось вручную с помощью беличьей кисти №4. Завязываемость плодов составила 57%. Урожайность *S. melongena* F1 Икорного составила 4,6 плодов с растения, средняя масса плода составила 362 грамма.

В ходе анализа было установлено, что экономическая рентабельность *S. melongena* в условиях ситифермы соответствует средним показателям [10], но использованная технология нуждается в оптимизации.

Список литературы:

1. Трегубова Н.Е. Сравнение методов выращивания зелени традиционным способом и гидропонике в домашних условиях // Молодой ученый. — 2017. — № 33 (167). — С. 68-71. — URL: <https://moluch.ru/archive/167/45359/>.
2. Филипоненко Н.Ю. Оценка состояния земельных ресурсов России //

Молодежь и наука: шаг к успеху. — 2021. — С. 395-396.

3. Плоды баклажана – ценный диетический продукт / Мачулкина В.А., Саникова Т.А., Гулин А.В., Анипенко Н.И. // Орошаемое земледелие. — 2020. — №1. — С. 1-4. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43828824> .

4. Папонов А.Н. Привитые баклажаны в грунтовых теплицах / Папонов А.Н., Ходус Т.А. // Гавриш — 2005. — №4. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18096474> .

5. Шарисова СС. Изучение влияния абиотических стрессовых факторов на устоячивые слабоустойчивые образцы баклажана // Современные проблемы науки и образования — 2009. — №6. — С. 29-30. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12966593> .

6. Удобрение баклажана на чернозёме обыкновенном / Агафонов Е.В., Богачёв А.Н., Чернов А.Я., Фарский БС. // Агрехимия — 2008. — №1. — С. 36-45. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9594577> .

7. Шабетя О.Н. Основные направления селекции перца сладкого и баклажана в белгородском государственном аграрном университете имени В.Я.Горина. / Шабетя О.Н., Коцарева Н.В. // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2018. — №3. — С. 36-43. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35016557> .

8. Бутенко Р.Г. Технология *in vitro* в сельском хозяйстве. Сельскохозяйственная биология, 1983. — Вып. 5. — С. 11-13.

9. Магомедова Д.С. Комплексное действие удобрений и капельного орошения на урожайность баклажана. / Магомедова Д. С., Курбанов С. А., Шабанова М. Ш. // Овощи России. — 2021. — №2. — С. 67-70. — URL: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-67-70> .

10. Мухортова, Т.В. Эффективность выращивания коллекции баклажанов в условиях капельного орошения при оптимизации уровня минерального питания / Т. В. Мухортова, Е. В. Полухина // Вестник Прикаспия. — 2014. — № 3(6). — С. 3-10. — EDN TXHZMD.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ ПРОДУКТОВ ХИМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ТОРФА НА ХВОЙНЫЕ ПОРОДЫ РАСТЕНИЙ

Машкин И.А.

ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси», г.
Минск, Беларусь, nan.botany@yandex.by

*Представлены результаты научно-исследовательской работы в рамках проекта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в период с 2021 по 2022 г. (договор № Б21М-007А от 01.07.2021). Выявлено действие отходов от производства регуляторов роста Гидрогумат и Оксигумат на фотосинтетические процессы растений и проницаемость мембран клеток. Доказано, что произведенные обработки семян и сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) оказывают положительное влияние на физиолого-биохимические показатели растений, повышая целостность мембран клеток и уровень содержания пигментов фотосинтеза в хвое.*

При производстве гуматсодержащих регуляторов роста путем химической деструкции торфа образуется целевой продукт и отделенный от него остаток, схожий по составу и свойствам с самими препаратами, при этом наибольший процент приходится на гуминовые вещества [5]. Как известно по многочисленным исследованиям гуминовые вещества повышают продуктивность растений, могут изменять проницаемость мембран клеток, а также способствуют активации процессов фотосинтеза [1, 3, 6]. Однако механизм их действия на физиолого-биохимическом уровне, а также степень прямого влияния на метаболические пути растений, до сих пор до конца не ясен. Большинство теорий, описывающих влияние гуминовых веществ на растительный организм, сходятся в том, что в саму растительную клетку проникает лишь малая часть гуминовых веществ, которая затем переваривается в пищеварительных вакуолях и таким образом включается в метаболизм. Основная масса гуминовых веществ не способны преодолеть мембраны клеток, ввиду своей большой массы, по этой причине они остаются на поверхности тканей, образуя своеобразный сетчатый фильтр, связывающий ксенобиотики и ионы тяжелых металлов [1, 3]. Следует учитывать и тот факт, что ранее проводимые исследования базировались на выявлении свойств гуминовых веществ, включенных в состав целевого продукта, но не затрагивали вопросов использования в технологии выращивания

сеянцев отходов от производства препаратов.

Объектами исследования являлись однолетние сеянцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с закрытой и открытой корневой системой, выращенные в лабораторных условиях и на территории питомника, а также отходы от производства регуляторов роста Гидрогумат и Оксигумат, получаемые на промышленных установках ООО «Фермент» и ЧПУП «ЧервеньАГРО». Согласно схеме опытов семена перед посевом инкрустировали и замачивали в водных растворах с добавлением отходов от производства препаратов, а сеянцы обрабатывали путем опрыскивания баковыми смесями. Для выявления действия обработок на клеточном уровне, определяли такие физиолого-биохимические параметры растений, как проницаемость цитоплазматических мембран, а также количество пигментов фотосинтеза и их соотношение. Проницаемость мембран оценивали кондуктометрическим методом по выходу водорастворимых веществ из хвои. Образцы помещали в дистиллированную воду (соотношение воды и навески 50:1) и инкубировали в ней 3 часа, затем хвою извлекали и проводили измерения с помощью кондуктометра HI-8734 (в мг/л). Содержание фотосинтетических пигментов выявляли спектрофотометрическим методом [2, 4]. Образцы хвои с постоянной навеской 0,1 г отбирали в трехкратной повторности. Далее в лабораторных условиях получали вытяжку пигментов в ацетоне. Экстракты пигментов фильтровались вакуумным способом, затем на спектрофотометре Proscan MC 122 измеряли оптическую плотность (D) вытяжки при длине волн 662, 644 и 440 нм. Достоверность результатов подтверждена расчетами ошибки среднего (уровень надежности 95%) и парный двухвыборочный *t*-критерий Стьюдента для средних значений (уровень значимости 0,05).

Проведенные исследования показали, что обработки семян и сеянцев хвойных пород отходами от производства Оксигумата и Гидрогумата оказывают положительное влияние на первичный метаболизм растений и повышают их болезнеустойчивость. Это подтверждает, как повышение содержания хлорофиллов в свежей хвое, так и сохранение целостности цитоплазматических мембран клеток растений. При этом стоит отметить, что для сеянцев с закрытой корневой системой минимальный выход водорастворимых веществ из тканей сеянцев отмечен в случае внесения отходов от производства Гидрогумата. Для сеянцев с открытой корневой системой наблюдалась

закономерность, связанная не с применяемыми в конкретном случае отходами, а с кратностью внекорневых обработок, так как видно, что однократное опрыскивание семян более благоприятно влияло на болезнеустойчивость растений, нежели двукратное, при которых также уменьшался относительно контроля выход водорастворимых веществ из хвои, но не так заметно. Наиболее заметные количественные изменения содержания пигментов фотосинтеза в хвое семян сосны с закрытой и открытой корневой системой под влиянием предпосевных обработок гуматсодержащими препаратами и отходами от их производства отмечены для хлорофилла *a* и каротиноидов. Примечательно, что концентрация хлорофилла *a* в хвое семян после экспериментальных обработок не имеет статистически значимых отличий от контроля только при замачивании и инкрустации семян сосны регулятором роста Гидрогумат, в этих же вариантах не выявлено заметных колебаний концентраций и остальных пигментов фотосинтеза. Вместе с тем в ряде экспериментальных вариантов видно и существенное возрастание концентрации каротиноидов в хвое по отношению к значениям, полученным в контроле. Высокое содержание каротиноидов в тканях растений иногда указывает на наличие определенного абиотического или биотического отрицательного фактора, однако в данном случае увеличение концентрации каротиноидов сопряжено с повышением содержания хлорофиллов. На фоне этого не выявлено существенных колебаний соотношения хлорофиллов к каротиноидам, однако видно явное превалирование хлорофилла *a* над хлорофиллом *b*.

Таким образом, соотнеся полученные данные, можно сказать, что отходы от производства регулятора роста Оксигумат были эффективны как для активации первичного метаболизма, так и повышения болезнеустойчивости растений, в свою очередь, при использовании остатков Гидрогумата наиболее выраженный эффект оказывался на уменьшение влияние отрицательных факторов окружающей среды.

Список литературы

1. Борисенко В.В. Биологическая активность гуминового комплекса различного происхождения и его Влияние на рост и развитие растений / В.В. Борисенко [и др.] // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 110(06). – С. 10–20.
2. Вольнец А.П. Эндогенные фиторегуляторы роста: свойства, физиологическое действие и практическое использование / А.П. Вольнец [и др.] – Минск: Беларус. навука, 2019. – 233 с.
3. Демин В.В. Вероятный механизм действия гуминовых веществ на живые

клетки / В.В. Демин [и др.] // IV съезд Докучаевского общества почвоведов, Новосибирск, 9-13 августа 2004 г. / Изд-во Наука-центр,. – Новосибирск, 2004. – С. 494.

4. Коробко В. В. Большой практикум по физиологии растений / В. В. Коробко, М. Ю. Касаткин – Саратов: СГУ, 2017. – 103 с.

5. Макеенко А.А. Состав и свойства побочных продуктов окислительной деструкции торфа и возможные направления их использования / А.А. Макеенко // Химия твердого топлива. – 2020. – № 2. – С. 63–68.

6. Машкин И.А. Использование отходов химической деструкции торфа от производства препарата «Гидрогумат» для повышения качества семян и сеянцев сосны (*Pinus sylvestris* L.) / И.А. Машкин [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 1. Лесное х-во, природопользование и перераб. возобн. ресурсов. – 2023. – № 1(264). – С. 14–22.

РАЗМНОЖЕНИЕ СПИРЕИ МЕТОДОМ ЗЕЛЕННОГО ЧЕРЕНКОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Мельник Д.С., Плотников Е.В.

Томский государственный университет; Томск, Россия, melnik.darya.86@gmail.com

*В данной работе представлен результат вегетативного размножения спиреи методом зеленого черенкования в 2022 и 2023 гг.. Объектом исследования стали сорта *Spiraea Cinerea* "Grefsheim", *Spiraea Betulifolia* "Tor Gold", *Spiraea Betulifolia* "Tor", *Spiraea japonica* "Golden Princess", *Spiraea japonica* "Goldflame", *Spiraea japonica* "Анастасия" и *Spiraea japonica* "Firelight". Укоренение спиреи методом зеленого черенкования составило 82,8 %, лучшие показатели имели *Spiraea japonica* "Golden Princess" – 96,1%, *Spiraea japonica* "Firelight" – 95,8% и *Spiraea japonica* "Анастасия" – 95%.*

Введение

В связи с ростом требований к благоустройству населенных пунктов ощущается острая потребность в посадочном материале, используемом в озеленении. Более устойчивыми считаются растения, выращенные в местных условиях, кроме того, такой посадочный материал предпочтительнее и с экономической точки зрения. Таким образом, изучение особенностей размножения декоративных растений различными способами в условиях данного региона является актуальным. Среди методов размножения популярными являются черенкование. Например, одной из культур, которую широко используют для озеленения городской среды, является *Spiraea L.*, 1753 (спирея) [5, 1], род декоративных кустарников семейства розоцветных.

Целью данного исследования является изучение вегетативно размножения спиреи методом зеленого черенкования. Для реализации поставленной цели решались следующие *задачи*: изучить особенности размножения спиреи; вывести культуру спиреи методом зеленого черенкования в тепличных условиях и оценить качество полученного посадочного материала.

Объект исследования

Представители рода *Spiraea L* имеют множество садовых форм и сортов, они активно используются ландшафтными дизайнерами и рекомендованы для озеленения Томской области [6]. Преимуществами спиреи является быстрый рост, обильное цветение, зимостойкость,

долговечность, ветро- и засухоустойчивость, устойчивость к болезням и вредителям. Объектом исследования стали сорта *Spiraea Cinerea* "Grefsheim", *Spiraea Betulifolia* "Tor Gold", *Spiraea Betulifolia* "Tor", *Spiraea japonica* "Golden Princess", *Spiraea japonica* "Goldflame", *Spiraea japonica* "Анастасия" и *Spiraea japonica* "Firelight".

Методы исследования

Вегетативное размножение этих сортов проводилось методом зеленого черенкования.

Зеленое черенкование – это укоренение молодых, неодревесневших побегов, находящихся в стадии роста [3]. Зеленое черенкование проводилось на базе Томского питомника декоративных и плодовых растений "Березкино" в середине июня 2022 и 2023 гг.

Побеги срезались ранним утром, когда все ткани растения насыщены влагой. На молодых растениях были выбраны боковые побеги, у которых наблюдались крупные развитые почки и не было признаков заболеваний. Черенки нарезались длиной 8-12 см с несколькими междоузлиями. Нижний срез делался под углом 45° для увеличения всасывающей поверхности, верхний – прямой, непосредственно над почкой. Все листья аккуратно срезались, кроме 2-3 верхних. Черенки опускались в раствор биологического фунгицида Фитоспорин-М для профилактики грибковых заболеваний.

В пленочной теплице в качестве субстрата использовалась смесь торфа с песком в соотношении 1:1. Нижняя часть каждого черенка предварительно опушалась корневином. Корневин – биостимулирующий препарат для растений, в состав которого входит индолилмасляная кислота ($C_{12}H_{13}NO_2$), он является наиболее подходящим и доступным стимулятором корнеобразования [2, 4]. Черенки углублялись в субстрат на 2-3 см. Использовалась рядовая схема посадки – расстояние между рядами 10 см, расстояние между черенками в ряду – 5 см (рис.1).

Поддержание влажности в пленочной теплице обеспечивалось туманообразующей установкой со спринклерной системой (рис.1), контроллером и насосной станцией.

Результаты

Наблюдение за состоянием и развитием зеленых черенков велось с момента высадки до их выкопки. Через первые 3-4 недели была

зафиксирована первая партия неукоренившихся черенков: у спиреи "Grefsheim" отпад составил около 30% от высаженных в субстрат, у спирей *Betulifolia* "Tor" и *japonica* "Goldflame" всего 10%, а у остальных сортов неукорененных черенков не наблюдалось.

Конечный результат был зафиксирован при выкопке черенков. Полученные саженцы отличались хорошей корневой системой, наиболее мочковатая корневая система была зафиксирована у *Spiraea japonica* "Golden Princess", а самая длинная у *Spiraea japonica* "Анастасия". Многие черенки имели прирост побегов 2-6 см, самыми крупными приростами обладала *Spiraea japonica* "Golden Princess", а *Spiraea Betulifolia* "Tor Gold" совершенно не имела молодых побегов.

В процессе зеленого черенкования спиреи в 2022 г в субстрат было высажено 1617 черенков, при этом успешно укоренилось 1348 шт., что составило 83,4 % от исходного количества черенков, а в 2023 году из 2451 шт высаженных в субстрат укоренилось 2260 черенка, что соответствует 92,2%. На диаграмме (рис. 1) представлена процентная структура укоренения спиреи по сортам. Наибольший процент укоренения зеленым черенкованием показали *Spiraea japonica* "Golden Princess" – 96,1%, *Spiraea japonica* "Firelight" – 95,8% и *Spiraea japonica* "Анастасия" – 95%.

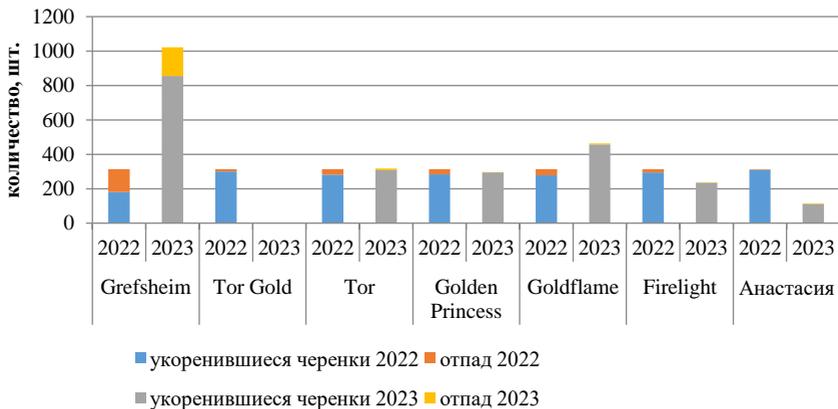


Рисунок 1 - результаты зеленого черенкования спиреи за 2022 и 2023 гг

Заключение

Проведенное исследование показало, что спирея успешно размножается методом зеленого черенкования. Укоренение спиреи

методом зеленого черенкования составило 83,4 %. Наибольший процент укоренения зеленым черенкованием показали *Spiraea japonica* "Golden Princess" – 96,1%, *Spiraea japonica* "Firelight" – 95,8% и *Spiraea japonica* "Анастасия" – 95%. Укорененные зеленые черенки к концу сентября имели хорошо развитую корневую систему, некоторые имели новые побеги.

Зеленое черенкование целесообразно применять для размножения спиреи в промышленных масштабах при наличии достаточного количества маточных насаждений. Полученные в результате зеленого черенкования растения имеют хорошо развитую корневую систему, не требуют дополнительной адаптации к условиям внешней среды, из них достаточно быстро можно получить посадочный материал, пригодный для озеленения.

Список литературы

- Алешкина А.С. Влияние регуляторов роста на укоренение зеленых черенков спиреи японской в условиях искусственного тумана / Алешкина А.С. / АгроЭкоИнфо // – 2021. – № 9. – С. 5.
- Асташина С.И. Выращивание посадочного материала спиреи Вангутта зелеными черенками с использованием регуляторов роста / Асташина С.И. / Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ // – 2022. – № 10. – С. 203-207.
- Васильев А.А., Галимов В.Р. Получение саженцев вишни сорта Ашинская с помощью зеленого черенкования / Васильев А.А., Галимов В.Р. / Аграрный научный журнал // – 2022. – № 7. – С. 4-7.
- Вьюгин С.М., Вьюгина Г.В. Оптимизация технологий вегетативного размножения посадочного материала красивоцветущих декоративных кустарников в условиях Смоленской области / Вьюгин С.М., Вьюгина Г.В. / Вклад науки и практики в обеспечение продовольственной безопасности страны при техногенном ее развитии. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции // – 2021. – С. 89-91.
- Каримова В.К., Магзумова Г.К., Есимсеитова А.К., Какимжанова А.А. / Микрклональное размножение *Spiraea japonica* для озеленения / Каримова В.К., Магзумова Г.К., Есимсеитова А.К., Какимжанова А.А. / Eurasian journal of applied biotechnology // – 2021. – № 3. – С. 41-51.
- Куклина Т.Э., Мерзлякова И.Е. Ассортимент древесных растений, используемых в озеленении г. Томска / Куклина Т.Э., Мерзлякова И.Е. / Вестник Томского государственного университета. Биология // – 2013. – № 4 (24). – С. 47–66.

ГОДОВАЯ ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ПОЛИОЛОВ И УГЛЕВОДОВ В ХВОЕ *PINUS SYLVESTRIS* НА ТЕРРИТОРИИ КРИОЛИТОЗОНЫ

Михайлов В.В., Слепцов И.В., Рожина С.М., Кершенгольц Б.М.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН; г. Якутск, Российская
Федерация, nethrezim@mail.ru

*Экстремальные климатические условия произрастания в криолитозоне на территории Якутии являются одним из факторов среды, имеющих решающее значение для роста и развития растений. Одним из таких растений является сосна обыкновенная *Pinus sylvestris*, широко распространенный в Евразии вид хвойных деревьев, занимающий около 9% территории Якутии, и демонстрирующий таким образом устойчивость к экстремальным условиям произрастания. В представленной работе изучена годовая динамика содержания основных первичных и вторичных метаболитов с целью выявления возможных механизмов, способствующих развитию данной устойчивости *P. sylvestris*.*

Сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L. - хвойное, всесезонно зеленое древесное растение – распространена в том числе в таёжных лесах Якутии, занимая около 8-9% территории, демонстрируя этим устойчивость к экстремальным условиям произрастания [8]. Таким экстремальным климатическим фактором является продолжительная, холодная зима, к которой растению необходимо осуществить подготовку в осенний период, при этом метаболизм на низком уровне интенсивности должен претерпевать коренную перестройку, чтобы продолжаться и зимой [2]. Способность *P. sylvestris* произрастать в климатических условиях Якутии объяснялась накоплением дегидринов и ненасыщенных жирных кислот [3,9], а также особенностями фотосинтетического аппарата [7]. Известно, что углеводы и полиолы также являются веществами, повышающими морозоустойчивость в хвойных растениях [10], но динамика накопления данных веществ не рассматривалась на территории криолитозоны. Цель работы заключалась в изучении годовой динамики накопления первичных и вторичных метаболитов в хвое *P. sylvestris* на территории криолитозоны. Отбор образцов производился в первой половине дня 13 числа каждого месяца в период с октября по сентябрь включительно. Хвоя отбиралась с деревьев высотой 2-4 метра на участках соснового леса на территории Центральной Якутии в окрестностях города Якутска. На исследованных участках в период проведения

исследования выполнялся мониторинг температуры с помощью регистраторов температуры, устанавливаемых на хвое *P. sylvestris* и на поверхности почвы. Регистрацию температуры каждый датчик проводил раз в 4 ч. После истечения периода проведения исследований, с датчиков сняли массивы данных регистрации температуры за год.

Известно, что некоторые полиолы могут проявлять криопротекторные функции в организме растений, так, содержание метил-муко-инозитола в листьях *Viscum album* повышалось при низкотемпературном стрессе [5]. Другие авторы показали, что полиолы эффективно защищали тилакоидную мембрану при воздействии низкотемпературного стресса [4]. Ранее установлено, что мелибиоза и раффиноза обнаруживается в хвое *P. sylvestris* только в зимний период, что может свидетельствовать об их криопротекторной функции [1]. Максимальные концентрации пинитола, сорбитола, галактинола и мелибиозы в хвое *P. sylvestris* были зафиксированы в осенне-зимний период, минимальные - в летний период (рис. 1). Обнаружены обратные корреляции среднемесячной температуры на поверхности хвои с концентрацией пинитола ($r=-0.70$; $P=0.01$), сорбитола ($r=-0.58$; $P=0.05$), галактинола ($r=-0.70$; $P=0.01$) и мелибиозы ($r=-0.93$; $P<0.01$). Следует отметить, что статистически достоверное снижение содержания пинитола наблюдалось в июне, сорбитола в мае, а мелибиозы и галактинола в апреле, что может указывать на постепенный выход *P. sylvestris* из состояния низкометаболического «покоя».

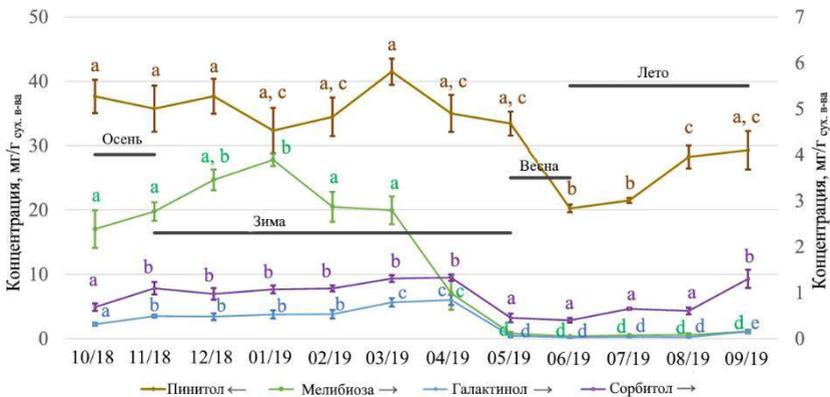


Рис. 1. Годовая динамика накопления пинитола, сорбитола, галактинола и мелибиозы в хвое *Pinus sylvestris* на территории криолитозоны

Концентрации фруктозы ($r=-0,08$; $P=0,81$), глюкозы ($r=-0,03$; $P=0,93$) и сахарозы ($r=-0,07$; $P=0,84$) в хвое не коррелировали с температурой воздуха на поверхности хвои (рис. 2). Следует отметить обратную корреляцию содержаний фруктозы ($r=-0,68$; $P=0,01$) и глюкозы ($r=-0,62$; $P=0,03$) по отношению к содержанию сахарозы в хвое *P. sylvestris*. Это может свидетельствовать об установлении на протяжении значительного времени баланса в обратимом процессе перехода моносахаридов в сахарозу, которая является основным транспортным ассимилятом *P. sylvestris*. Ранее показано что в *P. resinosa*, *P. strobus* и *P. sylvestris* сахароза выступает основным транспортным соединением веществ, образующихся в результате фотосинтеза, в нефотосинтезирующие органы [1].

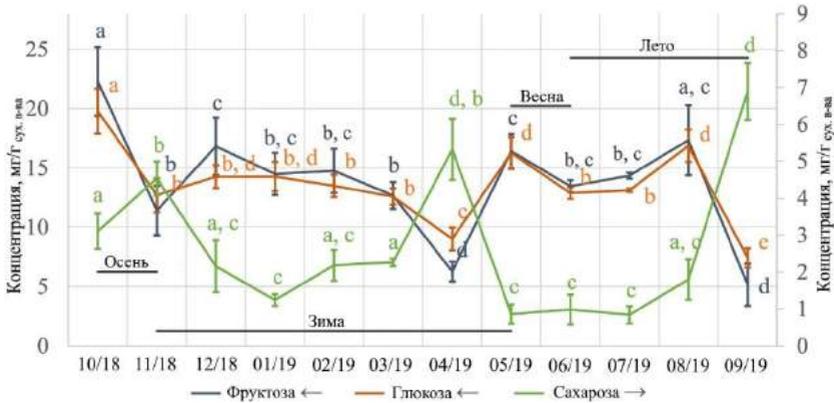


Рис. 2. Годовая динамика накопления фруктозы, глюкозы и сахарозы в хвое *Pinus sylvestris* на территории криолитозоны.

Максимальные значения сахарозы в хвое *P. sylvestris* наблюдались в апреле и ноябре. Резкое замедление фотосинтеза в хвое, происходящее вследствие снижения температуры и сокращения светового дня, может вызывать локальное снижение скорости синтеза моносахаридов в хвое, которая, тем не менее, всё ещё остаётся физиологически активной и участвует в процессах перестройки фотосинтетического аппарата, накопления криопротекторов и осмопротекторов, и в других энергозатратных процессах, которые необходимы для подготовки к зиме. Снижение концентрации моносахаридов, по-видимому, активирует процесс транспортировки

сахарозы в хвою из нефотосинтезирующих органов *P. sylvestris* для поддержания метаболических процессов до перехода в состояние зимнего «покоя». Максимальное содержание сахарозы в апреле может быть вызвано началом метаболических процессов в хвое, вследствие высокого уровня солнечной инсоляции в весенний период на территории криолитозоны [6], что подтверждается данными максимальной температуры на поверхности хвои в данном месяце в дневное время, которая составляла 5-15°C, вызывающего оттаивание снежного покрова на поверхности. Повышение температуры и оттаивание снежного покрова на поверхности хвои провоцирует начало активных метаболических энергозатратных процессов, расходующих содержащиеся в хвое моносахариды. Низкая активность фотосинтетического аппарата в данный период (апрель) у *P. sylvestris*, скорее всего, инициирует транспорт сахарозы в хвою. Сахароза, по-видимому, образуется при деполимеризации запасных полисахаридов, накопленных в летний период в нефотосинтезирующих органах дерева. Содержание сахарозы в хвое с декабря по март и с мая по август статистически достоверно не изменялось, что, вероятно, связано с замедлением биохимических процессов в зимний период, а в летний период – с установлением баланса между активным образованием моносахаридов в процессе фотосинтеза и транспортировкой синтезируемой сахарозы в нефотосинтезирующие органы. Таким образом, одним из основных механизмов адаптации *P. sylvestris* к короткому вегетационному периоду на территории криолитозоны является транспорт сахарозы в хвою из нефотосинтезирующих органов, способствующий протеканию энергетических процессов в клетках при низкой фотосинтетической активности растения в осенний и весенний периоды.

Список литературы

- Fischer C. Food reserves of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) / C. Fischer, W. Höll // Trees. – 1991. – №5. – P. 187–195.
- Havranek W.M. Physiological Processes during Winter Dormancy and Their Ecological Significance / W.M. Havranek, W. Tranquillini // Ecophysiology of Coniferous Forests. – 1995. – P. 95–124.
- Nokhsorov V.V. Content and Composition of Lipids and Their Fatty Acids in Needles of *Pinus sylvestris* L. and *Picea obovata* Ledeb. upon Cold Hardening in the Cryolithozone of Yakutia. / V.V. Nokhsorov, L.V. Dudareva, K.A. Petrov // Russ J Plant Physiol. – 2019. – №66. – P. 548–555.
- Orthen B. Cyclitols as cryoprotectants for spinach and chickpea thylakoids / B.

Orthen, M. Popp // Environmental and Experimental Botany. – 2000. – №44. – P. 125–132.

Richter A. 1D-1-O-methyl-muco-inositol in *Viscum album* and members of the rhizophoraceae / A. Richter, B. Thonke, M. Popp // Phytochemistry. – 1990. – №29. – P. 1785–1786.

Sofronova V.E. The role of pigment system of an evergreen dwarf shrub *Ephedra monosperma* in adaptation to the climate of Central Yakutia / V.E. Sofronova [et al.] // Russ J Plant Physiol. – 2014. – №61. – P. 246–254.

Sofronova V.E. Seasonal Changes in Primary Photosynthetic Events during Low Temperature Adaptation of *Pinus sylvestris* in Central Yakutia. / V.E. Sofronova [et al.] // Russ J Plant Physiol. – 2018. – №65. – P. 658–666.

Судачкова Н.Е. Физиология сосны обыкновенной. / Н.Е. Судачкова [и др.]. – Новосибирск: Наука: Сиб. отд., 1990. – 248 с.

Tatarinova T.D. Dehydrin stress proteins in *Pinus sylvestris* L. needles under conditions of extreme climate of Yakutia / T.D. Tatarinova [et al.] // Dokl Biochem Biophys. – 2017. – №473. – P. 98–101

Zwiazek J.J. Biochemical and Biophysical Changes in Relation to Cold Hardiness / J.J. Zwiazek [et al.]. Ed: F.J. Bigras, S.J. Colombo. – In: Conifer Cold Hardiness – Dordrecht: Springer Netherlands, 2001. – XVI, 596 p.

МОДИФИКАЦИЯ ПОЧВОГРУНТА «ДВИНА» СМЕСЬЮ НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА, ТРЕПЕЛА И ОСТАТОЧНЫХ ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ

Небышинец П.А.

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф.Купревича НАН Беларуси», 220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Беларусь, e-mail: polinanebyshinets@gmail.com

Изучено влияние отходов пивоваренной промышленности, остаточных пивных дрожжей, как удобрения(?) на рост и продуктивность огурца сорта «Малышок». Установлено стимулирование роста растения, увеличение массы листьев и растения соответственно, увеличение площади листа, повышение содержания суммы хлорофиллов.

Существует настоятельная необходимость в совершенствовании методов ведения сельского хозяйства для обеспечения сбалансированности технологии производства продуктов питания с экологической устойчивостью экосистем. Во всем мире многие технологии выращивания сельскохозяйственных культур характеризуются низкой эффективностью использования питательных веществ, когда только ~30-50% вносимых N и P удобрений усваиваются сельскохозяйственными культурами. Исходя из этого, существует большой интерес к улучшению снабжения растений питательными веществами [6,1,4].

Известен прием улучшения питания растений путем использования экстракта хлебопекарных дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*). Это безопасно для окружающей среды, дешево и экономически целесообразно. Этот прием доказал свою эффективность на многих культурах, повышая характеристики роста и урожайности. Дрожжи являются одним из эукариотических одноклеточных микроорганизмов, которые размножаются простым делением или почкованием [7,2].

В нашем исследовании использовали отработанные пивные дрожжи (далее – ОПД), являющиеся отходом пивоваренной промышленности. ОПД (также известные как остаточные дрожжи или избыточные дрожжи) образуются после завершения брожения, они выпадают в осадок и должны быть утилизированы. Утилизация дрожжевых отходов, образующихся в пивоваренной промышленности,

является дорогостоящей и требует специальных технологий [3,5]. Составы на основе органических отходов, включая пивные дрожжи, считаются удобрениями в органическом и традиционном сельском хозяйстве. ОПД являются богатым источником фосфора, витаминов группы В, белков (45–60%) и других соединений.

Целью работы являлось изучение роста и продуктивности растений огурца, выращиваемого на субстратах на основе природных минералов (трепел) и отходов биотехнологических производств (лигнин) с добавлением ОПД. ОПД добавлены в смесь гидролизного лигнина и трепела в соотношении лигнин:трепел:ОПД (59:28:14) по сухому веществу. Содержание сухих веществ в ОПД составляет 14%. Полученной смесью модифицировали серийно выпускаемый почвогрунт торговой марки Двина ТУ РБ 100219992.326-2004, добавляя к 75 г почвогрунта 15 г смеси лигнин-трепел-ОПД.

Объектом исследования служили растения огурца сорта «Мальшок». Семена высевали в емкости объемом 200 мл, заполненные полученным модифицированным субстратом. Масса модифицированного субстрата и контроля составила 90 г. Контролем служил не модифицированный почвогрунт «Двина». Повторность опыта 3-кратная, количество растений в варианте – 4 шт. Растения выращивали в течении 26 суток (рисунок 1).



Рисунок 1 – Внешний вид растений огурца выращенного на почвогрунте «Двина» (А) и на модифицированной смеси (Б)

Установлено, что высота растений за время эксперимента увеличилась на 10 %, масса на 41 % по сравнению с контролем. Суммарная площадь листьев возросла на 21% (рисунок 2).

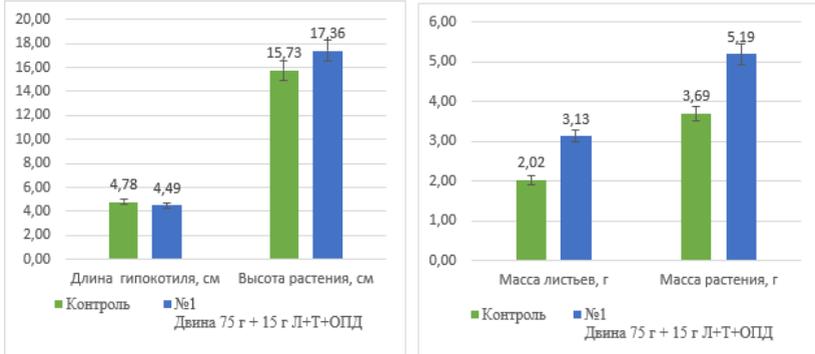


Рисунок 2 – Морфологические показатели растения огурца

Модификация почвогрунта «Двина» привела к увеличению содержания пигментов на 5 % (рисунок 3).

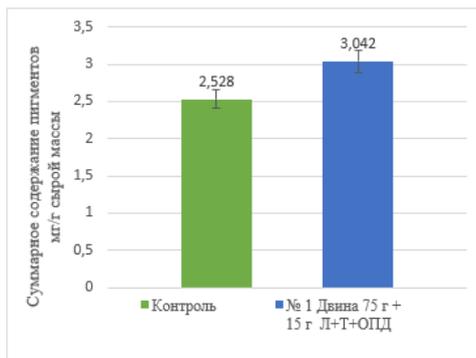


Рисунок 3 – Суммарное содержание пигментов в растении

Таким образом, эффективным способом улучшения физических свойств торфяного грунта является добавление смеси из лигнина, трепела и остаточных пивных дрожжей. Добавление в готовый грунт смеси позволяет достоверно повысить продуктивность растений.

Список литературы

1. Agricultural sustainability and intensive production practices./ D. Tilman [et al.]. – Nature.– 2002.–Vol.418, iss. 6898. – P. 671-677.
2. Barnett, J. A. Yeasts characterization and identification / J. A. Barnett, R. W. Payne , D. Yarrow. – Cambridge.– P. 999.
3. Blonskaja, V. Possible ways for post-treatment of biologically treated wastewater from yeast factory / V. Blonskaja, S. Zub. – J. Environ. Eng. Landcs. – Vol 17,iss.4.–189–197.
4. Integrated nutrient management for food security and environment quality in China / F. Zhang [et al.]. –Advances in Agronomy.– 2012.–Vol.116. – P. 1-40.
5. Kobyа, M. Treatment of the baker’s yeast wastewater by electrocoagulation / M. Kobyа, S. Delipinar. – J. Hazard. Mater. – Vol. 154. – P.1133–1140.
6. Nitrate paradigm does not hold up for sugarcane / N. Robinson [et al.]. –PLoS ONE.– 2011.–Vol.6,iss. 4.–P.1-9.
7. Yeast as a biofertilizer alters plant growth and morphology / Thierry Lonhienne [et al.]. –Crop Science.– 2014.–Vol.54, iss.2. – P. 785-790.

ВЛИЯНИЕ КОНЪЮГИРОВАННЫХ ФОРМ ОКСИКОРИЧНЫХ КИСЛОТ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА В ЗАКРЫТОМ ГРУНТЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ СОЛЕВОГО СТРЕССА

Овчинников И.А.¹, Николайчук В.В.²

¹Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси; Минск, Беларусь,
igor-1606@mail.ru

²Институт химии новых материалов НАН Беларуси; Минск, Беларусь

Изучено влияние обработки конъюгатами хитозана с оксикоричными кислотами на рост и развитие растений огурца на разных стадиях онтогенеза в нормальных условиях выращивания и при солевом стрессе. Установлен ростстимулирующий эффект конъюгатов хитозана с феруловой и кофейной кислотами при двукратной обработке растений огурца, проявляющийся в ускорении роста побегов на протяжении всего срока вегетации в оптимальных и стрессовых условиях выращивания.

Эффективность сельского хозяйства зависит от разработки научно обоснованных инновационных ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих высокую продуктивность растений в условиях изменения климата, уменьшение экологической нагрузки на среду обитания, повышение естественного плодородия почв и устойчивости экосистем в целом. Важным звеном таких технологий является применение биodeградируемых регуляторов роста растений с широким спектром действия.

Целью работы являлось изучение особенностей роста и развития растений огурца в оптимальных и стрессовых условиях выращивания при применении конъюгатов хитозана с оксикоричными кислотами.

Объектом исследования служили растения огурца (*Cucumis sativus* L.) сорт Малышок. Обработку конъюгатами на основе хитозана и оксикоричных кислот проводили посредством инкрустирования семян, а также опрыскивания на стадии одного настоящего листа. Контролем служили необработанные семена. Растения выращивали в контейнерах (объем 0,5 литра) на торфогрунте с добавлением минеральных удобрений (N 0,16; P 0,15; K 0,15 г/л). На стадии второго настоящего листа, создавали стрессовые условия посредством прикорневого полива раствором хлорида натрия. Растения, не подвергавшиеся стрессовому воздействию, поливали водопроводной водой. Длительность эксперимента 8 недель (14-15 настоящих листьев)

до стадии образование плодов.

На стадии появления боковых побегов (31 день с момента всходов) применение конъюгата хитозана с кофейной кислотой (Х30-КФК) способствовало приросту длины надземной части растения в оптимальных условиях на 10% относительно оптимального контроля, а в стрессовых – на 18% относительно стрессового контроля (рисунок 1А). Масса надземной части растения также увеличилась при применении Х30-КФК на 22% в оптимальных условиях и на 23% в стрессовых условиях выращивания (рисунок 1Б). При применении конъюгата хитозана с феруловой кислотой (Х30-ФРК) значения длины и массы надземной части растения оставалось на уровне контроля (рисунок 1А, Б), а в стрессовых условиях обработка конъюгатом Х30-ФРК вызвала прирост массы на 15% относительно стрессового контроля (рисунок 1Б). Наблюдалось увеличение количества листьев, при применении Х30-ФРК на 17% в оптимальных условиях относительно контроля, и на 10% в стрессовых условиях относительно стрессового контроля; при применении Х30-КФК количество листьев увеличилось на 28% в оптимальных условиях и 12% в стрессовых условиях (рисунок 1В). Использование конъюгата Х30-ФРК в оптимальных условиях хоть и привело к увеличению количества листьев, однако их масса была сходной с массой листьев контроля, в стрессовых условиях масса листьев увеличилась на 18% относительно стрессового контроля. При использовании конъюгата Х30-КФК, наблюдалось увеличение массы листьев в оптимальных на 20% относительно оптимального контроля, а в стрессовых условиях на 16% относительно стрессового контроля (рисунок 1Г).

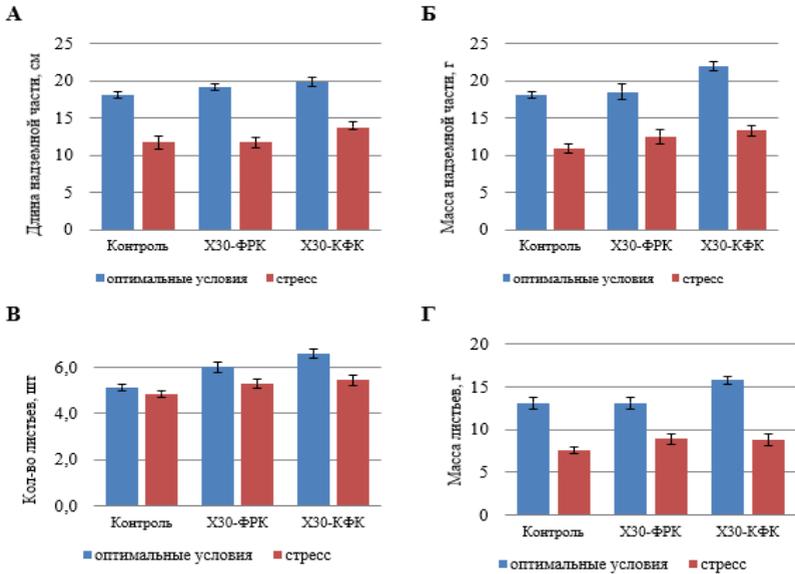


Рисунок 1 – Морфометрические показатели надземной части растений огурца при применении конъюгатов на основе оксикоричных кислот на стадии появления боковых побегов (А - длина растений, Б - масса растений, В - количество листьев, Г – масса листьев)

На стадии образование плодов (50-е сутки с момента всходов) при обработке X30-ФРК в стрессовых условиях прирост длины надземной части растения составил 25% относительно стрессового контроля, а X30-КФК способствовал увеличению данного показателя на 17% относительно стрессового контроля (рисунок 2А). В оптимальных условиях не наблюдалось значимых различий во всех исследуемых вариантах по сравнению с оптимальным контролем. Обработки конъюгатами способствовали росту массы надземной части растений, обработка X30-ФРК привела к увеличению данного показателя на 31% в оптимальных условиях относительно контроля, а в стрессовых – на 27% относительно стрессового контроля. При применении X30-КФК увеличение массы растений составило 18% в оптимальных условиях, а при действии стресса - 15% относительно стрессового контроля (рисунок 2Б). Количество листьев при обработке конъюгатами увеличилось, на 14% в оптимальных условиях во всех вариантах относительно контроля, и на 19% в стрессовых условиях

относительно стрессового контроля, что соответствовало показателю оптимального контроля (рисунок 2В). Масса листьев растений, обработанных конъюгатами хитозана с оксикоричными кислотами, увеличилась как в оптимальных, так и в стрессовых условиях. Применение Х30-ФРК привело к увеличению данного показателя на 32% в оптимальных условиях относительно контроля, а в условиях стрессового воздействия на 27% относительно стрессового контроля. Использование Х30-КФК способствовало приросту массы листьев на 24% по сравнению с контролем в оптимальных условиях и на 15% при действии стресса по сравнению со стрессовым контролем (рисунок 2Г)

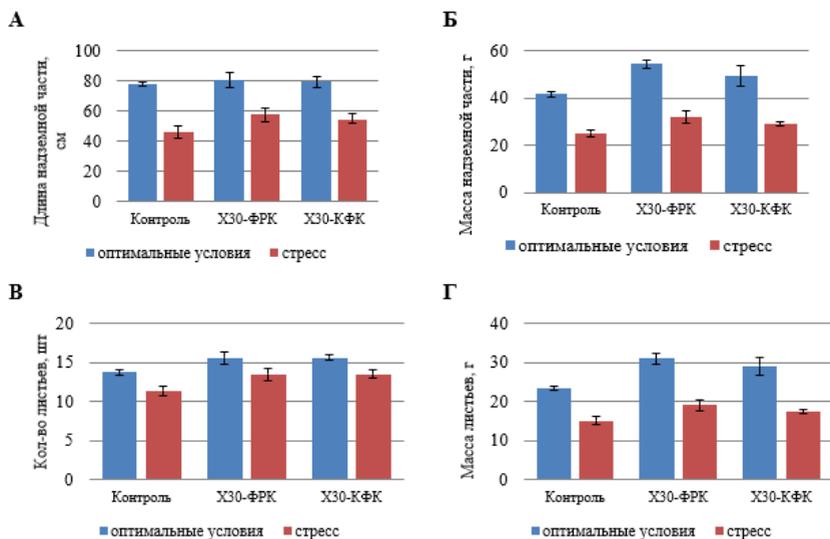


Рисунок 2 – Морфометрические показатели надземной части растений огурца при применении конъюгатов на основе оксикоричных кислот на стадии образования плодов (А - длина растений, Б- масса растений В – количество листьев, Г – масса листьев)

Таким образом, установлен ростстимулирующий эффект конъюгатов хитозана с феруловой и кофейной кислотами при двукратной обработке растений огурца, проявляющийся в ускорении роста побегов в разной степени на протяжении всего срока вегетации в оптимальных и стрессовых условиях выращивания.

ВЛИЯНИЯ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЛИЗКОРОДСТВЕННЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ИЗ РОДА НЕДОТРОГА (*IMPATIENS L.*) НА ИХ ИНВАЗИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

Позняк А.С.

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: alya.poznyak.01@mail.ru

Изучено влияние экстрактов, полученных из надземной биомассы трех видов растений из рода Недотрога – инвазивных мелкоцветковой и железконосной, а также аборигенной для Беларуси недотроги обыкновенной на рост и развитие тест-культуры. Наибольший инвазионный потенциал имеет недотрога мелкоцветковая, наименьший недотрога обыкновенная. Недотрога железконосная по этому показателю занимает промежуточное положение.

В последние годы на территории республики Беларусь на фоне глобального изменения климата отмечается существенное увеличение численности популяций ряда инвазивных видов, в том числе недотроги мелкоцветковой и недотроги железконосной. Эти виды заселяют нарушенные местообитания, активно внедряются в естественные лесные, прибрежные, луговые фитоценозы, часто образуя значительные по площади одновидовые сообщества, что негативно сказывается на природном биоразнообразии. В связи с этим, очень важно понять, какие биотические и абиотические факторы оказывают решающее влияние на увеличение их инвазионной активности. В этом плане большой интерес представляет изучение аллелопатического потенциала инвазивных видов, чтобы понять за счет каких преимуществ они занимают свободные экологические ниши и вытесняют аборигенные виды из растительных сообществ [4-5]. Во многих случаях аллелопатия является ключевым механизмом проявления инвазивности у растений [1].

В этой связи цель исследований – изучение влияния аллелопатических свойств трех близкородственных видов растений из рода Недотрога (*Impatiens L.*) на их инвазионный потенциал.

В ходе исследований отбор растительных проб недотроги мелкоцветковой, недотроги железконосной и недотроги обыкновенной, проводили из различных мест произрастания растений Аквапарк, Центральный р-н г. Минска, д. Зацань Минский р-н, д. Загорье

Смолевичский р-н с интервалом 7-10 дней в течении вегетационного периода.

Аллелопатическую активность растений определяли А.М. Гродзинскому [3], путем изучения влияния водных экстрактов различных концентраций (10%, 1%, 0,1%, 0,01%, 0,001%), полученных из сухой надземной биомассы трех видов недотроги на прорастание и рост проростков тест-культуры - редиса посевного сорта Французский завтрак и ряда видов и сортов культурных растений (яровой ячмень сорта Бацька и Радзимич, озимая пшеница сорта Ода и Августина). С этой целью в каждую чашку Петри добавляли по 2 мл экстракта различной концентрации, а в контрольные чашки 2 мл дистиллированной воды. В каждую чашку Петри помещали по 20 семян различных культур [4], [5].

Энергию прорастания, всхожесть и линейный рост анализируемых тест-культур, культурных видов и сортов растений проводили согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» [2].

Анализ полученных результатов проводился в 3-х-кратной биологической и аналитической повторностях.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили общепринятыми методами при помощи программы Microsoft Office Excel 2016 (пакет «Анализ данных»)

Было изучено влияние экстрактов, полученных из растительного сырья трех видов недотроги (*Impatiens L.*) на энергию прорастания, лабораторную всхожесть и линейный рост проростков редиса посевного сорта Французский завтрак.

Отмечено ингибирующее действие 10 %-ой концентрации водных экстрактов на рост и развитие проростков редиса посевного сорта Французский завтрак. Для недотроги мелкоцветковой при 10 %-ой концентрации водных растворов ингибирующее действие на рост проростков тест культуры по отношению к контролю составило 36,7%, для недотроги крупноцветковой 54,5%, и 62,5% для недотроги обыкновенной. При снижении концентрации до 1% наблюдалось стимулирующее действие на линейный рост проростков тест культуры, причем максимальный эффект отмечается при обработке семян редиса посевного экстрактами из недотроги обыкновенной – 123,6% в сравнении с контролем. Концентрации экстрактов от 0,1% до 0,001%, полученных из надземной части растений, не оказывали существенного

влияния на высоту проростков тест культур, однако при этом отмечено стимулирующее действие на длину их корней (от 104,1% до 117,7%).

Так же была проведена оценка влияния водных экстрактов из растительного сырья разных видов недотроги на энергию прорастания, лабораторную всхожесть и линейный рост проростков ярового ячменя (сортов Радзимич и Бацька) и озимой пшеницы (сортов Ода и Августина)

При высоких концентрациях (10%) экстрактов, полученных из сухой надземной биомассы трех видов недотроги, было отмечено ингибирующее влияние на проростки обоих сортов ярового ячменя. При обработке водными экстрактами 10 %-ой концентрации из недотроги мелкоцветковой ингибирующее действие роста проростков для сортов ярового ячменя Бацька и Радзимич (по длине корней) составило соответственно 50,6% и 51,5% по сравнению с контролем, недотроги обыкновенной 53,5% и 46,6% и недотроги крупноцветковой 59,0% и 57,6% соответственно. По длине побегов эти показатели соответственно составили: 65,2% и 61,1%; 55,6% и 55,8%; 75,4% и 91,1%.

Изучено влияние водных экстрактов на соотношение длины корней к длине побегов проростков ярового ячменя (сортов Бацька и Радзимич). При обработке водными экстрактами из растительного сырья разных видов недотроги 10% концентрации отношение длины корней к длине побегов у ярового ячменя сорта Бацька составило 75-77% по отношению к контролю, тогда как у сорта Радзимич значение составило 84-87%. Со снижением концентрации экстрактов до 1% ингибирующий эффект практически полностью нивелируется. Колебания значения длины 1-0,001% также не существенны.

При обработке водными экстрактами из разных видов недотроги сортов озимой пшеницы Ода и Августина так же отмечался ингибирующий эффект при высоких концентрациях (10%).

Исследования показали, что различные виды недотроги (*Impatiens L.*) оказывают ингибирующее действие на линейный рост проростков тест-культур редиса посевного (сорта Французский завтрак) и ряда видов и сортов культурных растений (ярового ячменя сорта Бацька и Радзимич, озимой пшеницы сорта Ода и Августина) при 10% концентрации водных экстрактов.

При снижении концентрации (1%) водных растворов наблюдалось стимулирующее действие на линейный рост проростков

тест-культуры. При концентрациях водных экстрактов 0,1-0,001% влияния на линейный рост проростков редиса посевного не отмечалось.

Список литературы

1. Kim Y. O., Lee E. J. Comparison of phenolic compounds and the effects of invasive and native species in East Asia: support for the novel weapons hypothesis // *Ecol. Res.* 2011. Vol. 26. P. 87–94.
2. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М., Изд-во стандартов. - 1985.
3. Гродзинский А.М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ: основы химического взаимодействия растений / А.М. Гродзинский. – Киев: Наукова думка, 1965. – 200 с
4. Прохоров В. Н. Аллелопатический потенциал адвентивных видов с высокой инвазионной активностью во флоре Беларуси // *Весці Акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук.* 2018. Т.63, № 2. С.163–171.
5. Прохоров В. Н. Изучение аллелопатической активности инвазионных видов в связи с ограничением их распространения и возможностью использования в хозяйственнополезных целях // *Ботаника (исследования).* 2018. Вып.47. С.196–209.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ АМБРОЗИИ ПОЛЫННОЛИСТНОЙ, ОПАСНОГО ИНВАЗИВНОГО ВИДА, РАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ПО ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Полевик Е.А., Скуратович Т.А., Молчан О.В.

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф. КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»; г. Минск, Беларусь, e-mail: polevik00@internet.ru

Изучены особенности влияния водных экстрактов амброзии полыннолистной на сырую и сухую массу корней и побегов проростков ячменя, как модельной тест-культуры. Определены содержание экстрактивных веществ, фенольных соединений в экстрактах амброзии и их антиоксидантная активность.

Инвазивные растения – это объекты растительного мира, которые находятся за пределами своего естественного местообитания, их распространение создает угрозу сохранению биологического разнообразия, а также причиняет вред некоторым отраслям экономики. На территории Беларуси выявлено более 300 инвазивных видов, их количество растет с каждым годом. Расселение чужеродных видов приносит значительный ущерб в сельском, лесном и водном хозяйстве, а также оказывает отрицательное воздействие на общее биоразнообразие экосистем [1, 2]. Инвазивные виды часто обладают ярко выраженной аллелопатической активностью [1, 2]. Аллелопатию, как взаимодействие растений с помощью выделяющихся во внешнюю среду биологически активных веществ, можно рассматривать как способ конкуренции между различными видами и регулирования численности организмов. Аллелопатические вещества оказывают значительное влияние на прорастание семян и развитие проростков: задерживают или ускоряют развитие семян, изменяют или преодолевают состояние их покоя, воздействуют на формирование органов проростка [3, 4]. Химическая природа аллелопатических агентов весьма разнообразна. Среди них отмечены вещества первичного метаболизма: белки, аминокислоты, пурины, полипептиды. Однако большая часть таких биологически активных веществ представляет собой соединения вторичного метаболизма – алкалоиды, изопреноиды, дубильные вещества. Многие аллелопатические вещества представлены фенольными соединениями [5].

Целью работы являлся анализ содержания экстрактивных веществ, фенольных соединений в экстрактах амброзии полыннолистной и их антиоксидантной активности, а также оценка фитотоксичности амброзии полыннолистной.

Объектами исследования являлись водные экстракты, настои и отвары, полученные из высушенных листьев амброзии полыннолистной.

Сырье было собрано на территории Гомельской области Беларуси. Для приготовления настоев и отваров обычно используется измельчённое лекарственное растительное сырье. ВУ данной работе для приготовления настоев на начальном этапе собранные листья амброзии полыннолистной высушивали, измельчали до состояния пудры и заливали водой комнатной температуры, затем инкубировали на водяной бане при 100°C в течение 15 минут. Далее охлаждали при комнатной температуре 45 минут, процеживали и прибавляли воду до требуемого объема извлечения. Для приготовления водных отваров высушенное и измельченное сырье заливали водой комнатной температуры, инкубировали в водяной бане при 100°C 30 минут, потом охлаждали при комнатной температуре в течение 10 минут. Далее процеживали и прибавляли воду до требуемого объема извлечения.

Для определения суммы фенольных соединений к 50 мкл экстракта добавляли 1,9 мл дистиллированной воды, 0,25 мкл реактива Фолина-Дениса и 0,5 мл 10%-ного раствора Na_2CO_3 . В контрольном варианте смешивали 50 мкл 80% этанола, 1,9 мл дистиллированной воды, 0,25 мкл реактива Фолина-Дениса и 0,5 мл 10%-ного раствора Na_2CO_3 . Пробирки с реакционной смесью хорошо встряхивали и оставляли в темноте на 1 ч. Измерение оптической плотности реакционной смеси проводили при длине волны 765 нм с использованием спектрофотометра СФ-2000 (РФ).

Сырую и сухую массу растительного материала оценивали гравиметрически с помощью аналитических весов Ohaus PA214C (Германия). Сухую массу определяли, высушивая материал при 70°C до постоянного веса.

Результаты обрабатывали с использованием стандартных методов вариационной статистики. Данные на гистограммах представлены как среднее арифметическое и стандартное отклонение. Также оценивали статистическую достоверность эффектов. Различия между вариантами считали достоверными при $p < 0,05$.

Было установлено, что содержание фенольных соединений в настое и отваре амброзии полыннолистной составляет в среднем 23-24 мг/г сухой массы. При сравнительном анализе содержания суммы фенольных соединений в настое и отваре амброзии статистически достоверных различий установлено не было. Также определяли содержание экстрактивных веществ и антиоксидантную активность полученных водных экстрактов.

Кроме того было изучено влияние экстрактов листьев амброзии полыннолистной на рост проростков ячменя, используемых в качестве модельного тест-объекта (рис. 1). Определяли массу корней и побегов проростков после обработки семян ячменя экстрактами. Наибольшая масса корней наблюдалась у растений, семена которых не были обработаны (контроль): сырая масса корней в среднем составила 1,4 г, сухая масса корней - 0,2 г. При обработке семян ячменя 10% настоем сырая и сухая масса корней снизились. Сырая масса корней проростков после обработки семян настоем составила 1,12 г, сухая масса - 0,11 г. Сырая масса корней проростков, обработанных 10% отваром, составила 1,34 г, сухая масса - 0,14 г. Настой проявил более значимое игибирующее действие, чем отвар. При обработке семян ячменя 50 % настоем и отваром были получены следующие показатели: сырая масса корней проростков составила в среднем 0,25 г, сухая масса корней - 0,05 г (настой), сырая масса корней - 0,38 г, сухая масса корней - 0,05 г. (отвар). Наименьшие значения масс корней были получены при обработке семян ячменя 100% настоем и отваром. Сырая масса корней проростков после обработки семян 100% настоем составила 0,09 г., сухая масса - 0,01 г. Сырая и сухая массы корней проростков, обработанных 100% отваром, составили 0,21 и 0,03 г., соответственно.

Также было изучено влияние экстрактов амброзии полыннолистной на массу побегов проростков после обработки семян экстрактами. Наибольшая масса побегов наблюдалась у проростков в контрольном варианте, сырая масса составила примерно 1,57 г, сухая масса - около 0,2 г. При обработке семян ячменя 10% настоем масса надземной части снизились, сырая масса составила в среднем 1,11 г, сухая масса - 0,10 г. Сырая масса надземной части проростков после обработки семян 10% отваром составила 1,57 г, сухая масса - 0,13. 10 % настой проявил более игибирующее действие, чем отвар. При обработке семян ячменя 50 % настоем и отваром были получены следующие показатели: сырая масса побегов проростков составила 0,91

г, сухая масса – 0,07 г (настой), сырая масса побегов - 0,58 г, сухая масса – 0,04 (отвар).

Наименьшее значение ростовых показателей, включая сырую и сухую массу побегов и корней проростков были получены при обработке семян ячменя 100% настоем и отваром. Сырая масса надземной части проростков, обработанных 100% настоем, составила в среднем 0,24 г, сухая – 0,02 г. Сырая и сухая массы побегов проростков при обработке 100% отваром, составили 0,16 г. и 0,03 г., соответственно. Таким образом, при анализе воздействия водных экстрактов листьев амброзии полыннолистной была установлена закономерность, согласно которой при увеличении концентрации экстрактов, используемых для обработки семян, массы корней и надземной части проростков ячменя уменьшаются.

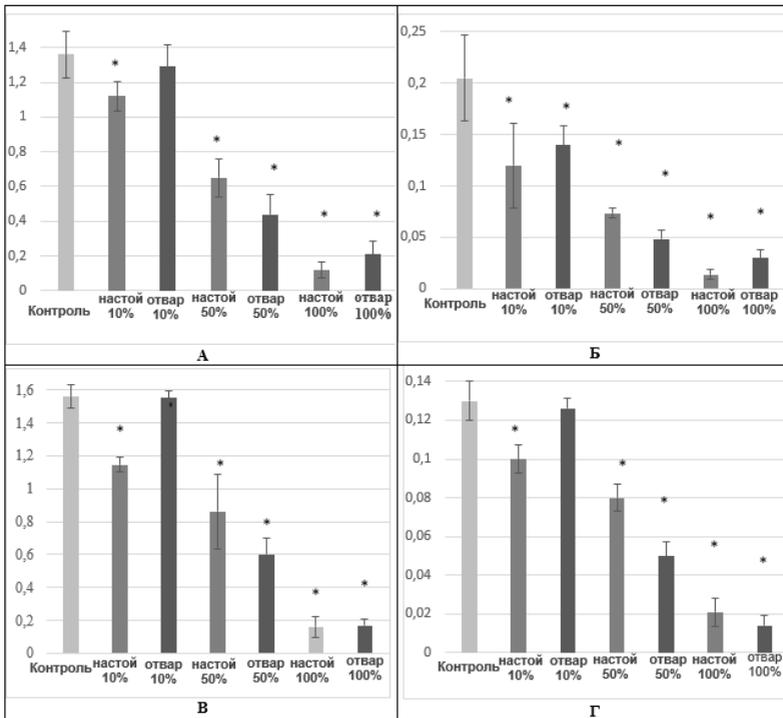


Рисунок 1 – Влияние настоя и отвара листьев амброзии полыннолистной на сырую (А, В) и сухую (Б, Г) массу корней (А, Б) и побегов (В, Г) проростков ячменя (* – достоверно при $p < 0,05$).

Данные проведенных исследований показывают, что экстракты из листьев сорных инвазивных растений амброзии полыннолистной ингибируют прорастание семян тест-культуры (ячменя) и снижают интенсивность роста надземной и корневой части по сравнению с контролем. Повышение концентрации водных экстрактов (настоя и отвара) исследуемого опасного инвазивного растения от 10 до 100%, приводит к существенному уменьшению массы надземной и корневой части проростков ячменя по сравнению с контролем. Также определено содержание экстрактивных веществ, фенольных соединений в экстрактах листьев амброзии и их антиоксидантная активность.

Список литературы

1. Глубшева, Т. Н. Аллелопатия амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia*) / Т. Н. Глубшева, Е. Н. Карпушина // Региональные геосистемы. – 2009. – С. 16–26.
2. Глубшева, Т. Н. Аллелопатические свойства сорных растений и их растительных остатков в процессе минерализации / Т.Н. Глубшева// Региональные геосистемы. – 2010. – С. 4–10.
3. Запрометов, М.Н. Фенольные соединения. Распространение, метаболизм и функции в растениях / М.Н. Запрометов. – М.: Наука, –1993. –117 – 272 с.
4. Кондратьев, М.Н. Аллелопатия как механизм взаимодействия между растениями, растениями и насекомыми, растениями и микроорганизмами / М.Н.Кондратьев, Ю.С. Ларикова // Аграрная наука. –2019.–№2.–С.49–53.
5. Пояркова, Н.М. Физиологическая роль фенольных соединений / Н.М. Пояркова, С.Е. Сапарклычева // Аграрное образование и наука. – 2019. – №4. – С. 14-19.

ВЛИЯНИЕ *EVERNIA ESOREDIOSA* НА РОСТОВЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ *LARIX CAJANDERI* НА ТЕРРИТОРИИ КРИОЛИТОЗОНЫ

Рожина С.М.¹, Слепцов И.В.¹, Михайлов В.В.¹, Прокопьев И.А.^{1,2},
Алексеев К.В.¹

¹Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН; г. Якутск, Российская
Федерация, sahayana-rozhina@mail.ru

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН; г. Санкт-Петербург, Российская
Федерация

Установлено, что эпифитный лишайник *E. esorediosa* проявляет по отношению к субстрату, которым является *L. cajanderi*, аллелопатию, механизмом которой является миграция усниновой кислоты (УК) в органы и клетки дерева, что в свою очередь способствует нарушению основных метаболических процессов в хвое, приводит к торможению радиального и верхушечного роста древесного организма. Вместе с тем, показана неспецифическая защитная ответная реакция деревьев *L. cajanderi* при воздействии эпифитного лишайника *E. esorediosa*, заключающаяся в повышении синтеза терпенов и смоляных кислот в ответ на проникновение УК в ткани дерева, интенсивности которой не хватает для защиты дерева от токсического действия УК.

Основной лесобразующей породой бореальных лесов криолитозоны на территории Якутии является *Larix cajanderi* [1]. Многие лиственничные леса на территории криолитозоны покрыты эпифитными, кустистыми лишайниками родов *Evernia*, *Usnea*, *Bryoria* и др [2]. Эпифитный лишайник *E. esorediosa* распространен в бореальной зоне Азиатской части России, встречается практически на всех породах деревьев, но предпочитает в основном хвойные виды. В мировой литературе очень мало работ, посвященных изучению аллелопатического воздействия эпифитных лишайников на деревья, но данная тема вызывает множество споров и вопросов [3,5,6]. Аллелопатия - свойство одних организмов выделять химические соединения, которые тормозят или подавляют развитие других. Известно, что усниновая кислота может оказывать воздействие на ростовые и метаболические процессы организма [7]. Цель данного исследования изучить влияние эпифитного лишайника *Evernia esorediosa* на ростовые и биохимические процессы *Larix cajanderi* на территории криолитозоны.

Объектом исследования являлись лиственница *Larix cajanderi* и

эпифитный лишайник *Evernia esorediosa*. Деревья были разделены на 3 группы, по разной степени пораженности эпифитными лишайниками - контрольная группа (L_0), слабо пораженная (L_1), сильно пораженная группа (L_2). В каждой группе было по 15 деревьев со средней высотой 1,7 м.

Таблица 1. Высота, возраст, радиальный прирост в первые 10 лет и последние 5 лет *Larix cajanderi* при поражении эпифитным лишайником *Evernia esorediosa* на территории Центральной Якутии

Группа	Возраст, г	Высота, см	Радиальный прирост, мм	
			Первые 10 лет	Последние 5 лет
L_0	32 ± 9	184 ± 37	$0,12 \pm 0,02$	$0,37 \pm 0,11$
L_1	48 ± 9	166 ± 22	$0,12 \pm 0,02$	$0,22 \pm 0,08$
L_2	51 ± 8	171 ± 28	$0,13 \pm 0,03$	$0,14 \pm 0,04$

Примечание: n=15

Средний возраст деревьев в контрольной группе составил 32 года, а в группах слабо и сильно пораженных эпифитным лишайником – 48 и 51 год (табл.1). При неотличимой высоте деревьев *L. cajanderi*, в группах L_1 и L_2 средний возраст был больше на 16-19 лет. Радиальный прирост в первые 10 лет жизни дерева статистически достоверно не отличался для всех исследуемых групп, что может свидетельствовать об схожих условиях произрастания на ранних стадиях развития. В последние пять лет жизни дерева радиальный прирост в группах L_1 и L_2 был снижен на 40 и 62%. Можно предположить, что поражение дерева эпифитным лишайником ингибирует ростовые процессы *L. cajanderi*, что вызывает уменьшение высоты деревьев и радиального прироста в опытных группах.

Концентрация усниновой кислоты в тканях *Larix gmelinii*



Рис.1. Содержание усниновой кислоты в различных тканях *Larix cajanderi* на территории криолитозоны

Примечание: n=15, n/o – не обнаружено, сл. – следовые количества

В коре, камбии и древесине *L. cajanderi* на месте роста эпифитного лишайника обнаружена усниновая кислота (УК). Выше и ниже 10 см места прикрепления *E. esorediosa* в коре, камбии и древесине *L. cajanderi* не удалось определить наличие УК. Также УК была обнаружена в корнях *L. cajanderi* в группах L₁ и L₂, что может свидетельствовать о миграции по флоэме в корневую систему. В хвое обнаружены следовые количества УК, что скорее всего вызвано транспортом по ксилеме из корневой системы с потоком воды. Таким образом показано, что лишайниковые вещества *E. esorediosa* попадают в клетки *L. cajanderi* не только в месте непосредственного роста лишайника, но также накапливаются в корнях и мигрируют в хвою (рис.1).

Проведен метаболомный анализ образцов хвои *L. cajanderi*, полученные данные обработаны с помощью метода главных компонентов (рис.2а). Показано, что точки, являющиеся отражениями метаболомов образцов хвои *L. cajanderi*, распределились в соответствии со степенью поражения эпифитным лишайником, что может свидетельствовать о влиянии лишайниковых веществ на метаболизм *L. cajanderi*.

В хвое *L. cajanderi* в группах L₁ и L₂ повышалось содержание

основных полиолов лишайника (маннитола, адонитола и арабитола), что свидетельствует о миграции первичных лишайниковых метаболитов в хвою (рис.2б). Содержание терпенов в хвое в группах L₁ и L₂ также было повышено, что может быть связано с их защитной функцией [4]. Содержание фенольных антиоксидантов в хвое *L. cajanderi* было снижено в группах L₁ и L₂, что может свидетельствовать о повышении генерации активных форм кислорода и свободных радикалов, скорее всего вызванных проникновением УК в клетки организма. В хвое *L. cajanderi* было снижено содержание моносахаридов, дисахаридов, фосфорной и органических кислот. Это может свидетельствовать о нарушении метаболических процессов фотосинтеза, цикла трикарбоновых кислот и окислительного фосфорилирования, что обусловлено проникновением УК в клетки растения.

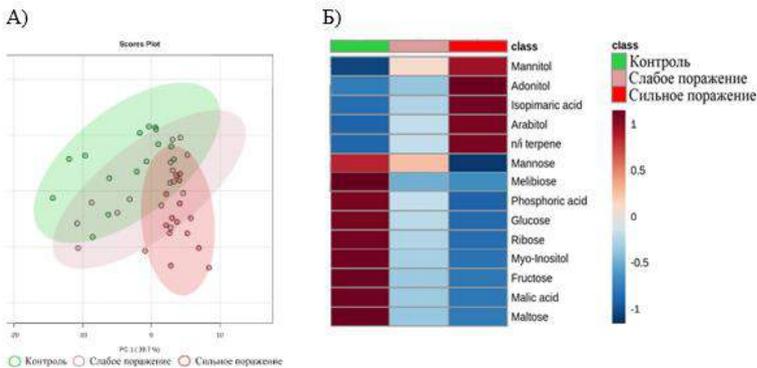


Рис. 2. А) Распределение метаболитов хвои *Larix cajanderi* при поражении эпифитным лишайником *Evernia esorediosa*, рассчитанное методом главных компонент; Б) Термокарта основных метаболитов хвои *Larix cajanderi* при поражении эпифитным лишайником *Evernia esorediosa*.

Впервые показано аллелопатическое воздействие эпифитного лишайника *Evernia esorediosa*, отражающееся на ростовых и биохимических процессах в тканях *Larix cajanderi*. УК диффундирует из таллома *E. esorediosa* в кору и камбий *L. cajanderi*, с флоэмным соком транспортируется в корневую систему, откуда с восходящим потоком через ксилему попадает в хвою. Миграция УК в хвою *L. cajanderi* вызывает ингибирование фотосинтеза, дыхания и

окислительного фосфорилирования, что может отражаться на ростовых процессах организма. Показано, что эпифитный лишайник *E. esorediosa* заметно замедляет радиальный и верхушечный прирост *L. cajanderi*.

Список литературы

1. Vygodskaya, N.N., Milyukova, I., Varlagin, A., Tatarinov, F., Sogachev, A., Kobak, K.I., Desyatkin, R., Bauer, G., Hollinger, D.Y., Kelliher, F.M., Schulze, E.-D., 1997. Leaf conductance and CO₂ assimilation of *Larix gmelinii* growing in an eastern Siberian boreal forest. *Tree Physiol.* 17, 607–615. <https://doi.org/10.1093/treephys/17.10.607>
2. Fedorov, A.N., Konstantinov, P.Y., Vasilyev, N.F., Shestakova, A.A., 2019. The influence of boreal forest dynamics on the current state of permafrost in Central Yakutia. *Polar Sci.* 22, 100483. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2019.100483>
3. Frank, A.B., 1877. Ueber die biologischen Verhältnisse des Thallus einiger Krustenflechten. *Cohn's Beitr. Zur Biol. Pflanz.* 2, 123–200.
4. Keeling, C.I., Bohlmann, J., 2006. Diterpene resin acids in conifers. *Phytochemistry* 67, 2415–2423. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.08.019>
5. Kytöviita, M.-M., Stark, S., 2009. No allelopathic effect of the dominant forest-floor lichen *Cladonia stellaris* on pine seedlings. *Funct. Ecol.* 23, 435–441. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01508.x>
6. Latkowska, E., Chrapusta, E., Bober, B., Kaminski, A., Adamski, M., Bialczyk, J., 2015b. Allelopathic effects of epiphytic lichen *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. colonization on the spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) bark. *Allelopathy J.* 35, 129–138.
7. Molnár, K., Farkas, E., 2010. Current Results on Biological Activities of Lichen Secondary Metabolites: a Review. *Z. Für Naturforschung C* 65, 157–173. <https://doi.org/10.1515/znc-2010-3-401>

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНЬЮГАТОВ ХИТОЗАНА НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ПРОРОСТКАХ ЯЧМЕНЯ ПРИ СОЛЕВОМ СТРЕССЕ

Рыбинская Е.И.¹, Овчинников И.А.¹, Герасимович К.М.¹, Николайчук В.В.²

¹Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

²Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь
kate.rybinskaya@gmail.com

Изучено влияние синтезированных конъюгатов хитозана с кофейной (К-КФК) и феруловой (К-ФРК) кислотами на морфометрические показатели и содержание фотосинтетических пигментов на примере 6- и 10-дневных проростков ячменя. Выявлен положительный ростостимулирующий эффект при обработке семян К-КФК в постстрессовый период. Содержание суммы Хл a+b в оптимальном варианте К-КФК оставалось на уровне контроля.

В последнее время большое внимание уделяется поиску и разработке новых форм экологически безопасных соединений для защиты растений от абиотического стресса, в частности – засоления [1]. Одно из таких соединений – хитозан. Его используют как экологически безопасный биостимулятор иммунной системы растений, при воздействии различных неблагоприятных условий окружающей среды, что обусловлено биосовместимостью и доступной стоимостью хитозана. Для повышения биодоступности хитозана его полимерную цепь ковалентно сшивают с молекулами полифенольных соединений, получая в результате препараты с разной структурой и функциями [2].

Целью работы являлась оценка влияния конъюгатов хитозана с оксикоричными кислотами на морфометрические показатели и содержание фотосинтетических пигментов в проростках ячменя при выращивании в отсутствии стресса и условиях засоления.

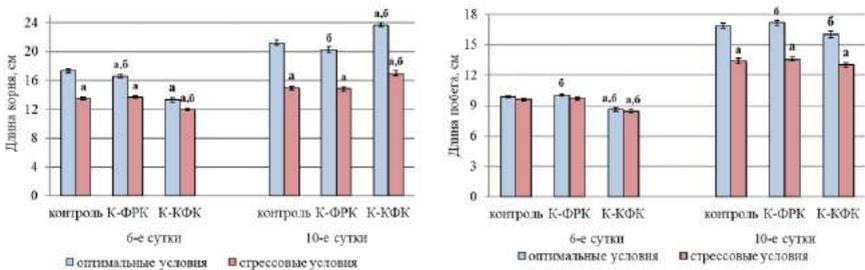
Объектом исследования являлись проростки ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Добры. Семена обрабатывали путем механического перемешивания с растворами исследуемых конъюгатов до равномерного распределения по поверхности семян. Контролем служили необработанные семена. Растения выращивали рулонным способом. Для создания условий солевого стресса 5-дневные проростки

в рулонах помещали в 4%-ный раствор NaCl, а спустя 24 ч переносили на воду. В бесстрессовых условиях растения выращивали на дистиллированной воде.

Конъюгаты хитозана с оксикоричными кислотами синтезировали карбодимидным методом с предварительной активацией карбоксильных групп кислоты согласно методике [3]. Для синтеза использовали хитозан с молекулярной массой 30 кДа и степенью деацетилирования > 90 %.

Содержание фотосинтетических пигментов определяли методом, описанным в [4]. На графиках показаны средние значения показателей с указанием стандартной ошибки средней, надстрочные символы обозначают достоверность различий средних значений по критерию Стьюдента при $p \leq 0.05$: а – различия достоверны относительно оптимального контроля, б – различия достоверны относительно солевого контроля.

Обработка конъюгатами хитозана семян ячменя оказала негативный эффект на рост и развитие проростков в некоторых вариантах. 6-дневных проростков отмечено снижение длины и массы корней во всех опытных вариантах относительно контрольного. Длина побегов снижалась в варианте К-КФК на 13 %, в то время как в варианте К-ФРК оставалась на уровне контрольного варианта. Хотя в постстрессовый период при обработке К-КФК у 10-дневных проростков на 12% увеличилась длина корней, а также сырая масса корней и листьев на 17% (рис. 1).



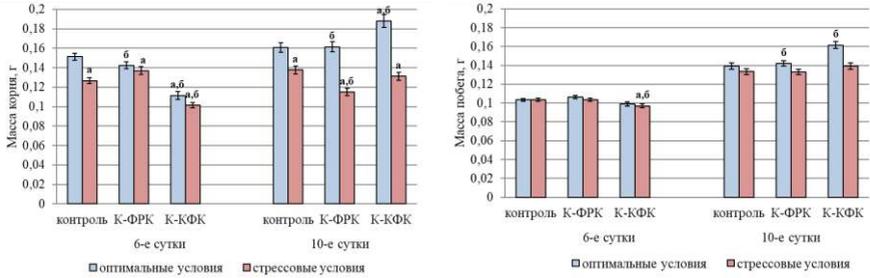


Рисунок 1 - Влияние конъюгатов К-ФРК И К-КФК на биометрические показатели у 6-дневных и 10-дневных проростках ячменя, выращенных в оптимальных условиях и в условиях солевого стресса

В условиях солевого стресса в течение 24 часов отмечается торможение роста во всех исследуемых вариантах по сравнению с оптимальными условиями. Солевой стресс привел к снижению длины корней в среднем на 25% и длины побегов на 14% только в варианте К-КФК относительно бесстрессового контроля. Сырая масса корней снизилась на 20%, в то время как сырая масса листа осталась на уровне бесстрессового контроля во всех вариантах, кроме К-КФК.

По содержанию фотосинтетических (ФС) пигментов можно охарактеризовать степень сформированности фотосинтетического аппарата (рис. 2).

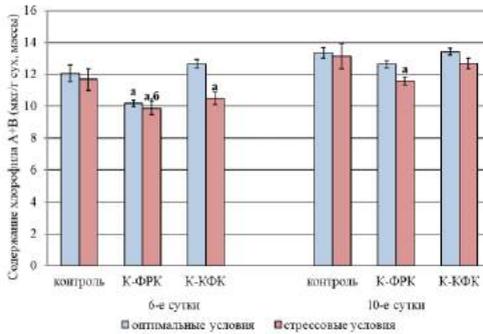


Рисунок 2 - Влияние конъюгатов К-ФРК И К-КФК на содержание хлорофиллов у 6-дневных и 10-дневных проростках ячменя, выращенных в оптимальных условиях и в условиях солевого стресса

Анализ содержания ФС пигментов показал, что при обработке семян ячменя К-ФРК на 6-е сутки достоверно снижалось содержание

хлорофиллов $a+b$ во всех вариантах выращивания. В то время как при обработке К-КФК снижение содержания Хл $a+b$ отмечено только при действии стресса. В постстрессовый период анализ содержания хлорофиллов a и b показал отсутствие достоверных изменения во всех вариантах, кроме проростков из варианта К-ФРК, подверженного солевому стрессу, где отмечено их снижение на 13%.

Таким образом, в результате обработки семян ячменя К-КФК отмечен активный рост корневой системы и побегов в постстрессовый период, что может указывать на ростостимулирующий эффект изучаемого соединения.

Список литературы:

1. Тютюрев С. Л. Экологически безопасные индукторы устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам // Вестник защиты растений. – 2015. – Т. 83. – №. 1. – С. 3-13.
2. Варламов В. П. и др. Хитин/хитозан и его производные: фундаментальные и прикладные аспекты // Успехи биологической химии. – 2020. – Т. 60. – С. 317-368.
3. Synthesis and properties of hydrogel particles based on chitosan-ferulic acid conjugates / A. Kraskouski [et al.] // Soft Materials. – 2021. – Vol. 19, N 4. – P. 495–502.
4. Lichtenthaler, H. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents / H. Lichtenthaler, A. Wellburn // Biochemical Society Transactions. – 1983. – Vol. 11, N 5. – P. 591–592.

ПОЛУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНО ПРОЛИФЕРИРУЮЩИХ КУЛЬТУР *IN VITRO* НЕКОТОРЫХ ДРЕВЕСНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ

Слаутенко Т.И., Тимофеева С.Н., Юдакова О.И.

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени

Н.Г. Чернышевского; г. Саратов, Россия, yudakovaoi@info.sgu.ru

*Выявлены факторы, обеспечивающие успешность получения стабильно пролиферирующих культур у перспективных сортов *Berberis thunbergii*, *Lonicera edulis*, *Prunus cerasifera*, *Cerasus avium* и *Rubus idaeus* при интродукции в их Нижнем Поволжье. Определены эффективный режим стерилизации, состав среды для инициации и собственно размножения при использовании в качестве инициальных эксплантов латеральных почек одревесневших побегов.*

Новые перспективные сорта декоративных и плодовых древесных растений зачастую адаптированы к конкретным эколого-климатическим условиям и не проявляют свой потенциал при их интродукции в другие регионы. Проблему размножения единичных генотипов, успешно адаптированных к новым условиям выращивания, а также отбор на клеточном или тканевом уровне позволяет решить клональное микроразмножение в условиях *in vitro*. Несмотря на обилие экспериментальных работ по клонированию древесных растений, влияние генотипа на эффективность микроразмножения требует индивидуального подбора оптимальных факторов культивирования *in vitro* для каждого конкретного вида и сорта растений. Все этапы микроразмножения сопровождаются различными проблемами, но, как правило, этап инициации является наиболее сложным. Обусловлено это различными причинами: физиологическим состоянием донорного растения, сезоном введения в стерильную культуру, типом первичного экспланта и др. [4-6]. Целью проведенного исследования было получение стабильно пролиферирующих культур декоративных и плодовых древесных растений, интродуцированных в условия Нижнего Поволжья.

Объектами исследования были: 1) Барбарис Тунберга – *Berberis thunbergii* D.C. (Berberidaceae), сорта «Атропурпеа» и «Vulcano»; 2) Жимолость съедобная – *Lonicera edulis* Turcz. (Caprifoliaceae), сорт «Добрыня»; 3) Слива Писсарди – *Prunus cerasifera* Ehrh. (var. *Pissardii*

Carr.) (Rosaceae); 4) Черешня – *Cerasus avium* Moench. (Rosaceae), сорт «Ранняя Розовая»; 5) Малина желтая – *Rubus idaeus* L. (Rosaceae), сорт «Утренняя роса».

Эксперименты проводили в 2022-2023 гг. Все объекты произрастали в полевых условиях Саратовского Ботанического сада и питомника «Эльгарден» (г. Энгельс), находились в генеративной стадии развития. Стерильные культуры инициировали неоднократно, в каждом сезоне (весна и осень) осуществляли три повторности по 15-20 эксплантов. В качестве инициальных эксплантов использовали латеральные почки одревесневших побегов.

Для проведения поверхностной стерилизации срезанные в полевых условиях побеги длиной 10-15 см промывали под проточной водопроводной водой от внешних загрязнений, нарезали на 1-2-х почечные сегменты, которые помещали на 15 мин в 1% раствор синтетического моющего средства на 15 мин, после чего промывали проточной водой несколько минут. Последующие этапы стерилизации проводили в стерильных условиях ламинар-бокса, согласно общепринятым схемам [1]. В качестве стерилизующих агентов были сравнительно изучены хлорсодержащее средство «Белизна» (1:1, 1:3) в экспозиции 5-15 мин и 0,5 % раствор мертиолята Na в экспозиции 3 или 5 минут. Культивирование осуществляли на среде Мурасиге-Скуга, MS [7] и ½ MS, в которой концентрация солей была уменьшена вдвое по сравнению с нормой. В качестве индукторов морфогенеза использовали 6-бензиламинопурин (БАП) и α-нафтилуксусную кислоту (НУК) в различных концентрациях и соотношениях. Питательные среды содержали 20 г/л сахарозы, витамины и агар-агар по прописи среды. pH сред доводили до автоклавирования 5,8-6,0. Среды автоклавировали 20 минут при 1,1 атмосфере. Культивирование осуществляли в фитокамере Sanyo MLR-351 (16-часовой фотопериод, температура 26/24°C). Анализ культивируемого материала проводили еженедельно на протяжении 6 месяцев культивирования. Учитывали количество инфицированных и прижившихся эксплантов. Полученные данные статистически обрабатывали с помощью пакета программы Microsoft Office Excel 2010.

При инициации стерильных культур важным фактором является подбор оптимального режима стерилизации так, чтобы уничтожить сапрофитную флору на поверхности растительного материала и не оказать токсического эффекта на ткани инициальных эксплантов [1, 6].

В наших экспериментах применение хлорсодержащих растворов в различных разведениях и экспозиции оказалось неэффективным. Во всех изученных вариантах признаки грибного заражения появлялись уже через 3-4 суток первичного культивирования, а через 2 недели экспланты всех изученных объектов погибали. Ранее раствор «Белизны» также оказался неэффективным для стерилизации одревесневших побегов разных видов *Prunus* spp. [3] и *Armeniaca mandshurica* [2].

Использование 0,5% раствора мертиолята Na было более эффективным, но, вместе с тем, неоднозначным. Для сортов барбариса он оказался токсичным: экспланты чернели, и в последующем не развивались. Известно, что для некоторых древесных растений характерно фенольное окисление раневой поверхности, а используемые стерилизующие вещества дополнительно усиливают этот процесс. В конечном итоге значительная часть эксплантов оказывается нежизнеспособной [2, 5]. Для жимолости стерилизация мертиолятом обеспечивала высокую эффективность (68,9-84,5%, рисунок 1), но спустя 2 недели культивирования у эксплантов появились признаки бактериальной поражения, что привело к гибели 90% из них. По-видимому, проведенная стерилизация уничтожила сапрофитную микрофлору только на поверхности изолированных почек, а в процессе последующего культивирования и запуска ростовых процессов активизировалась внутренняя патогенная микрофлора, находящаяся в тканях в виде спор.

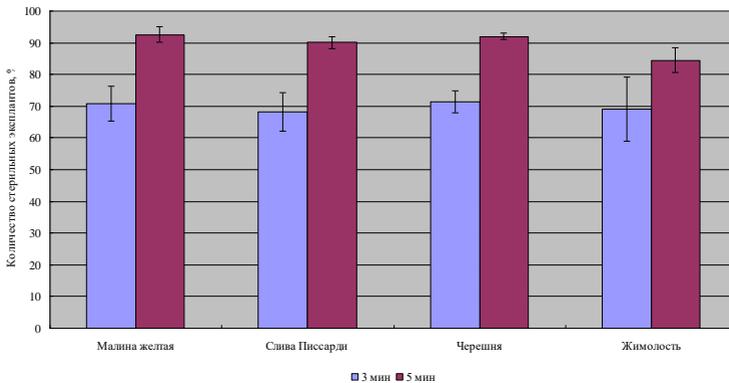


Рисунок 1 - Количество стерильных эксплантов после обработки 0,5% раствором мертиолята Na через 7 суток культивирования

Вышеописанных проблем не наблюдалось при первичном культивировании изолированных почек малины, сливы Писсарди и черешни. Мертиолят Na обеспечивал получение 68,2-92,6% стерильных эксплантов (рисунок 1). Их максимальное количество (90-93%) было получено после 5 мин обработки. Изолированные почки оставались жизнеспособными и в течение 2-х последующих недель культивирования начинали расти и развиваться (рисунок 2).

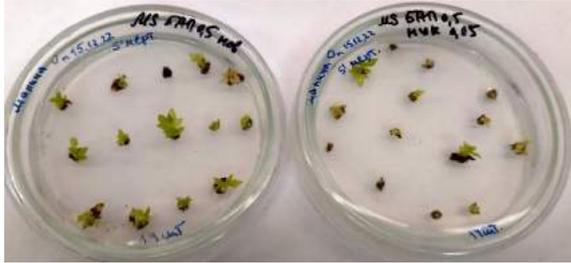


Рисунок 2 – Иницированные экспланты малины через 4 нед культивирования на среде MS, дополненной 0,5 мг/л БАП (слева) и 0,5 мг/л БАП + 0,05 мг/л НУК (справа)

Сравнительное изучение развития культур на средах для инициации показало отсутствие достоверных различий по количеству иницированных эксплантов при использовании в качестве индукторов морфогенеза БАП (0,5 мг/л) и БАП в сочетании с НУК (0,5 и 0,05 мг/л, соответственно). Вместе с тем, на среде с 0,5 мг/л БАП изолированные почки развивались более активно (рисунок 2). К окончанию первого месяца культивирования иницированные почки формировали небольшую розетку листьев.

Через 6 недель первичного культивирования иницированные экспланты были пересажены на среды для собственно размножения (MS и $\frac{1}{2}$ MS) с добавлением БАП в разных концентрациях (0,5; 2,0; 4,0 и 6,0 мг/л). На среде MS культуры как бы «замирали» и развивались очень медленно. На $\frac{1}{2}$ MS они росли более активно, но их рост и развитие определялось фитогормонами. Микроразмножение на среде $\frac{1}{2}$ MS с добавлением БАП и НУК (2,0 и 0,2 мг/л, соответственно) осложнялось образованием обильного каллуса в базальной зоне эксплантов. На среде $\frac{1}{2}$ MS с высокими концентрациями БАП (4,0 и 6,0 мг/л) у черешни и сливы Писсарди наблюдались различные морфозы листьев и побегов, а у малины – дегенерация и гибель культур.

Невысокие концентрации БАП (0,5 или 2,0 мг/л) в среде $\frac{1}{2}$ MS оказались оптимальными для данных объектов (рисунок 3).



Рисунок 3 – Собственно размножение черешни на среде $\frac{1}{2}$ MS, дополненной БАП в концентрации 0,5; 2,0; 4,0 и 6,0 мг/л (слева направо)

В результате проведенных исследований получена стабильно пролиферирующая на протяжении 6 месяцев культура побегов малины, сливы Писсарди и черешни.

Список литературы

1. Батыгина Т.Б. Размножение растений / Т.Б. Батыгина, В.Е. Васильева. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002. – 232 с.
2. Некрасов Э.В. Размножение *Armeniaca mandshurica* (Rosaceae) в культуре *in vitro* / Э. В. Некрасов // Бюлл. БСИ ДВО РАН. – Вып. 18. – С. 81-88.
3. Шелифост А.Е. Микрклональное размножение видов рода *Prunus* / А.Е. Шелифост, С.С. Костышин, Р.А. Волков // Биотехнология. – 1993. – № 5. – С. 19-21.
4. Benson E.E. *In vitro* plant recalcitrance: an introduction / E.E. Benson // *In Vitro Cell Dev Biol – Plant*. – 2000. – V. 36. – P. 141-148.
5. George E.F. Plant propagation by tissue culture / E.F. George // *Plant propagation by tissue culture*. – Netherlands: Springer, 2008. – 501 p.
6. Giri C.C. Progress in tissue culture, genetic transformation and applications of biotechnology to trees: an overview / C.C. Giri, B. Shyamkumar, C. Anjaneyulu // *Trees*. – 2004. – № 18. – P. 115-135.
7. Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, T.A. Skoog // *Plant Physiol*. – 1962. – V. 15. – P. 473-497.

ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПОСЛЕ ПРЕДОБРАБОТКИ СЕМЯН КОМПЛЕКСНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ

Содикзода М.С., Хамрабаева З.М., Якубова М.М.

Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан,
zuhrah62@mail.ru

Предпосевная обработка семян 0,05%-м раствором гетероядерного комплексного соединения $FeII/FeIII/ZnII/As$ 1:1:2 оказала положительное влияние в условиях почвенной засухи на морфофизиологические показатели сортов, содержание фотосинтетических пигментов в листьях растений. Сравнительный анализ физиолого-биохимических показателей пшеницы выявил, что в стрессовых условиях засухи отечественный сорт Ориён превосходит сорта Старшина и Алмалы.

В последние годы усилия многих научно-исследовательских центров направлены на изучение особенностей засухоустойчивости растений пшеницы, т.к. засуха является одним из серьезных абиотических стрессоров, ущерб от которой проявляется в нарушении метаболизма растений и потере продуктивности [1]. Одним из перспективных подходов в решении данной проблемы является применение комплексных соединений биоактивных металлов в низких концентрациях, способных повышать адаптационные возможности растений [3].

Многолетние исследования комплексных соединений позволили ученым рекомендовать их для использования в хлопководстве, виноградарстве, цитрусоводстве и других отраслях в Республике Таджикистан в качестве активаторов роста, микроудобрений, кормовых добавок [5]. С этой точки зрения важно изучение механизмов устойчивости сортов пшеницы, так как при использовании комплексных соединений можно получить хороший урожай на небольшой площади посевов в условиях водного дефицита.

Объектом исследования служили растения мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. сортов Ориён, Старшина, Алмалы, для которых ранее нами были установлены различия по урожайным данным и продуктивности. В данной работе были исследованы ростовые показатели и содержание фотосинтетических пигментов в листьях в фазу кущения в нормальных условиях (контроль) и под воздействием абиотического стресса, вызванного недостатком влаги в почве (засуха).

Пшеницу выращивали на опытном участке кафедры биохимии биологического факультета ТНУ. Указанные сорта были получены из Центра инновационной биологии и медицины НАНТ. Координационное соединение $\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}\text{Zn}^{\text{II}}\text{Ac}$ 1:1:2 было предоставлено д.х.н., проф. химического факультета ТНУ Рахимовой М.М.

Методы исследования. Семена пшеницы перед посевом замачивали 18 часов в 0,05% растворе комплексного соединения железа и цинка ($\text{Fe}^{\text{II}}:\text{Fe}^{\text{III}}:\text{Zn}^{\text{II}}:\text{ацетат}$ (1:1:2)) с последующим выращиванием в специальных вегетационных сосудах (12 кг почвы) [2]. Сосуды с растениями были разделены на 4 группы: а- предобработка семян комплексным соединением [$\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}\text{Zn}^{\text{II}}\text{Ac}$ 1:1:2], оптимальная влажность почвы 75-80%, б- предобработка семян комплексным соединением, почвенная засуха, влажность 45-50%, в-оптимальная влажность почвы 75-80%, г-почвенная засуха, влажность 45-50%. Содержание фотосинтетических пигментов после экстракции 96%-ным этанолом определяли спектрофотометрическим методом [6].

Анализ результатов исследования выявил, что после предобработки семян комплексным соединением высота растений пшеницы сорта Ориён в условиях с нормальной влажностью увеличилась на 50 %, даже под действием засухи после предобработки семян она увеличилась на 25% по сравнению с контрольным вариантом. Этот показатель увеличился соответственно на 26% и 9% у сорта Алмалы, а у сорта Старшина - на 20% и 10% соответственно.

Проведенные исследования длины корня и стебля растений показали, что за счет предобработки семян комплексным соединением у всех изученных сортов пшеницы данные показатели увеличились по сравнению с контрольным вариантом в 1,5-2 раза в условиях с нормальной влажностью, и на 18-33% в условиях почвенной засухи.

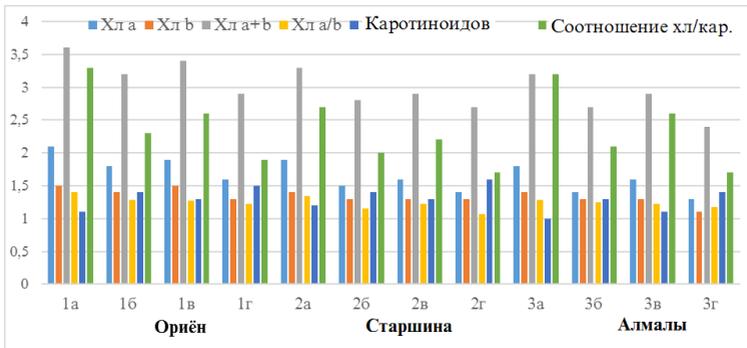
Показано, что сырая масса растений всех изученных сортов после предпосевной обработки семян комплексным соединением в нормальных условиях влажности превышала контрольный вариант на 82% у сорта Ориён и Старшина, и всего на 10% у сорта Алмалы. В условиях почвенной засухи данный показатель у сорта Ориён составил 31%, в то время как два других сорта показали превышение всего на 2-4% по сравнению с контролем.

Содержание пигментов фотосинтеза является одним из важных показателей потенциальной продуктивности растений. Результаты наших исследований выявили, что действие предобработки семян

комплексным соединением привело к увеличению содержания хлорофиллов α и β у сорта Ориён в условиях оптимального полива на 52% по сравнению с контрольным вариантом. Такая же предобработка семян комплексным соединением способствовала увеличению содержания хлорофиллов на 34% в условиях почвенной засухи. В данных вариантах также увеличилось содержание каротиноидов на 41% и 25% соответственно (рисунок 1).

У растений пшеницы сорта Алмалы содержание хлорофиллов α и β увеличилось на 24 % по сравнению с контрольным вариантом за счет предобработки семян комплексным соединением и на 16 % при воздействии засухи, а содержание каротиноидов увеличилось на 28% и 4% соответственно.

Аналогичные результаты выявлены и у растений сорта Старшина, т.е. содержание хлорофиллов α и β увеличилось на 41 % за счет действия комплексного соединения по сравнению с контрольным вариантом и на 14 % при действии засухи. Содержание каротиноидов также увеличилось по сравнению с контрольным вариантом, в том числе на 27% за счет эффекта комплексного соединения и на 7% в условиях почвенной засухи.



Примечание: а- комплексное соединение, $[Fe^{II}Fe^{III}Zn^{II}As\ 1:1:2]$ оптимальная влажность почвы 75-80%, б- комплексное соединение, почвенная засуха, влажность 45-50% в- оптимальная влажность почвы 75-80% г- почвенная засуха, влажность 45-50%

Рисунок 1– Содержание фотосинтетических пигментов в листьях сортов мягкой пшеницы в фазу кушения (мг/г сырого веса)

Отношение хлорофилла a к хлорофиллу b (a/b) является важным показателем, характеризующим функционирование фотосинтетического аппарата. По результатам исследований у всех

сортов пшеницы предпосевная обработка семян комплексным соединением приводила к увеличению данного показателя с 1,09-1,27 до уровня 1,18-1,36.

При характеристике функционирования фотосинтетического аппарата большую роль играет отношение количества хлорофиллов к количеству каротиноидов, характеризующее общее состояние ассимиляционного аппарата. На основании полученных данных выявлено, что содержание желтых пигментов было более чем в 3 раза меньше, чем зеленых. Судя по изменению величины соотношения Хл/Кар в различных вариантах эксперимента, отмечалась тенденция повышения относительного содержания Кар. Это свидетельствует о большей стабильности желтых пигментов [4]. После обработки семян комплексным соединением этот показатель увеличивался как в условиях оптимальной влажности, так и в условиях почвенной засухи.

Следует отметить, что предобработка семян комплексным соединением привела к более значимому увеличению морфометрических показателей и содержания фотосинтетических пигментов у сорта Ориён по сравнению с другими изученными сортами.

Таким образом, комплексное соединение железа и цинка как регулятор роста и развития, а также стабильности изученных показателей оказывало протекторное действие и способствовало повышению стрессоустойчивости растений.

Список литературы

1. Абдуллаев А. Физиология пшеницы в условиях изменения климата в Таджикистане / А. Абдуллаев, А. Эргашев, Б.Б Джумаев, Г.Ф. Касимова, Н.А. Маниязова, И. Сабоиев, Т. Усманов, С.Ф. Абдуллаев // Душанбе: Дониш, 2015. – 153 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта /М.: Агрпроминздат, 1985. - 352 с.
3. Душкин С.А. Влияние химических и биологических препаратов на всхожесть и выживаемость *Triticum aestivum* L./ С.А. Душкин, А.П. Глинушкин и др. // Вестник ОрелГУ. - 2017. - № 6 (12) – С. 23-27.
4. Баталова Г. А. Изучение состояния фотосинтетического аппарата овса в селекции на устойчивость к эдафическому стрессу/ Г.А. Баталова, Е.М. Лисицын, М.В. Тулякова// Зернобобовые и крупяные культуры. - 2017. - №3 (23). - С. 43–49.
5. Рахимова М. Комплексообразование ионов *Fe*, *Co*, *Mn* и *Cu* с одно- и многоосновными органическими кислотами, нейтральными лигандами в водных растворах//Авторыф.дисс. докт. хим.наук.-Душанбе, 2013. – 35 с.
6. Содикзода М.С. Влияние координационных соединений железа и цинка на ростовые особенности проростков пшеницы/М.С. Содикзода, М.М. Якубова, З.М. Хамрабаева// Кишоварз. - 2020. - № 4 (89). – С. 8-10.

РАЗМНОЖЕНИЕ ТРУБЧАТЫХ ГИБРИДОВ ЛИЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ

Соколова М.А.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина»; г. Мичуринск, Россия,
e-mail: marina-111012@rambler.ru

Представлены результаты применения методов биотехнологии при размножении сортообразцов Трубчатых гибридов лилий. Использование клонального микроразмножения позволяет ускорить процесс получения посадочного материала высокодекоративных, но имеющих низкий коэффициент размножения лилий. На этапе собственно микроразмножения подобраны оптимальные регуляторы роста и минеральный состав питательных сред для регенерации тканей, последующего образования и дальнейшего роста и развития адвентивных луковичек лилий.

Лилии – многолетние луковичные растения семейства лилейных (*Liliaceae*). Разнообразие форм и окрасок околоцветника, высоты растений, сроков цветения открывают широкие перспективы для использования этих растений в ландшафтном дизайне, для срезки и выгонки [2]. Однако нередко высокодекоративные и устойчивые сорта, отборные и элитные формы лилий характеризуются низким коэффициентом вегетативного размножения. Достаточно быстро размножить посадочный материал позволяет метод клонального микроразмножения.

Объектами исследований являлись сортообразцы, относящиеся к разделу Трубчатых гибридов лилий - сорт Селена и отборная форма 163-182-5, селекции ФГБНУ «ФНЦ имени И.В. Мичурина».

Цель исследований – подбор минерального состава питательных сред и регуляторов роста для увеличения коэффициента размножения и размера адвентивных луковичек Трубчатых гибридов лилий на этапе собственно микроразмножения.

Работа проводилась на базе лабораторий цветоводства и биотехнологии ФНЦ имени И.В. Мичурина согласно методике [1], с некоторыми изменениями применительно к культуре лилий. На этапе пролиферации размножение проводили чешуйками с адвентивных луковичек. Чешуйки высаживали на питательные среды: Мурасиге – Скуга (контроль), Мурасиге-Скуга (1/2 состава макроэлементов (А 1/2)), 1/2 Мурасиге-Скуга (состав всех минеральных элементов,

уменьшенный вдвое), Кворина-Лепуавра, Ллойда-Мак Коуна, Гамборга, Кнопка, с добавлением регуляторов роста: α -нафтилуксусной кислоты (α -НУК) в концентрации 0,1 мг/л, 6-бензиламинопурина (6-БАП) в концентрации 0,1 мг/л (их применяли по отдельности и в сочетании друг с другом). В питательные среды добавляли 60 г/л сахарозы, 8 г/л агар; рН - 5,7. Продолжительность одного пассажа - 6-8 недель. Адвентивные луковички выращивали в лабораторных условиях в темноте при температуре 20-23°C [4, 6].

Для повышения коэффициента размножения Трубчатых гибридов лилий – сорта Селена и отборной формы 163-182-5 на этапе, собственно, микроразмножения определен лучший минеральный состав питательных сред. Процент регенерации адвентивных чешуек лилий, в среднем по образцам, был достаточно высоким на всех питательных средах и варьировал от 79 (минеральная основа по Кнопку) до 99% (питательные среды Кворина-Лепуавра и Ллойда-Мак Коуна), в контрольном варианте этот показатель составил 97%.

Коэффициент размножения (количество образовавшихся луковичек) также зависел от минерального состава питательной среды [3-5]. Так, максимальное количество луковичек образовалось на питательной среде Кворина-Лепуавра – 4,1 шт./эксплант, что на 17% выше контрольных показателей. Различные минеральные основы питательных сред оказали существенное влияние на последующий рост и развитие образовавшихся адвентивных луковичек лилий. Наибольшего размера адвентивные луковички достигали на питательной среде Кворина-Лепуавра – 4,7 мм, что больше диаметра луковичек контрольного варианта на 9,3% (рисунок 1).

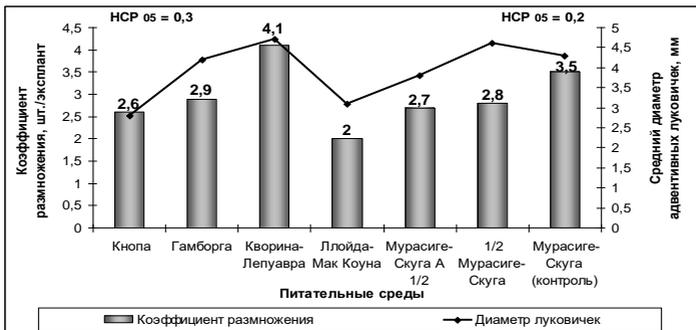


Рисунок 1 - Влияние минерального состава питательных сред на коэффициент размножения и диаметр луковичек лилий

Адвентивные луковички сорта Селена и отборного сеянца 163-182-5 существенно отличались по размеру. У сорта Селена средний размер адвентивных луковичек достигал 3,8 мм в диаметре, тогда как у отборной формы 163-182-5 он составлял - 5,6 мм. Для дорастивания адвентивные луковички сорта Селена, размер которых составил 2-3 мм в диаметре, высаживали на питательные среды различного минерального состава. В зависимости от минерального состава питательных сред средний прирост адвентивных луковичек варьировал от 2,6 (питательные среды Кнопса и Гамборга) до 4,5 мм в диаметре (питательная среда (1/2) Мурасиге-Скуга) [4, 6] (рисунок 2).

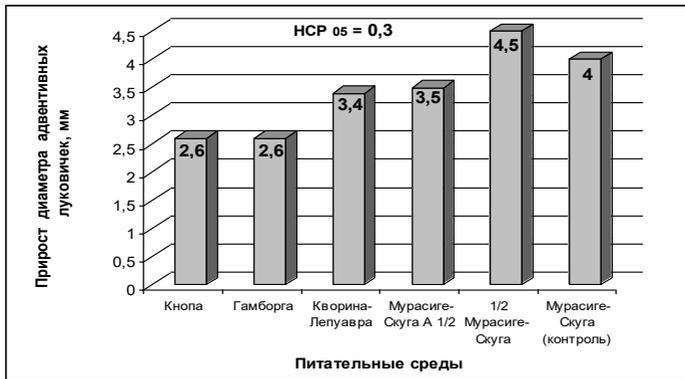


Рисунок 2 - Влияние состава питательных сред на увеличение диаметра адвентивных луковичек лилий

Существенное влияние на увеличение количества образующихся луковичек оказывает присутствие в питательных средах регулятора роста - α -НУК в концентрации 0,1 мг/л [3]. Коэффициент размножения в этом варианте повышался на 88% по сравнению с контролем, и составил 3,2 шт./эксплант (рисунок 3). Увеличение размера (диаметра) образовавшихся луковичек также зависело от присутствия в питательных средах - α -НУК в концентрации 0,1 мг/л [6]. Средний размер адвентивных луковичек под влиянием этого регулятора роста достигал - 4,1 мм, что в 1,6 раза больше, чем в контрольном варианте.

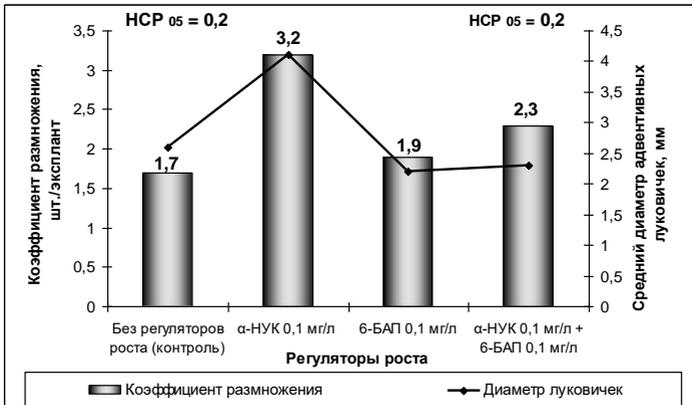


Рисунок 3 - Влияние регуляторов роста на коэффициент размножения и диаметр адвентивных луковичек Трубчатых гибридов лилий

Таким образом, при использовании питательной среды Кворина-Лепуавра с добавлением α-НУК в концентрации 0,1 мг/л на этапе, собственно, микроразмножения позволяет увеличить коэффициент размножения Трубчатых гибридов лилий на 17%. Доращивание адвентивных луковичек лилий, которые имеют небольшие размеры (2-3 мм в диаметре) необходимо проводить на питательной среде Мурасиге-Скуга, в которой состав всех минеральных элементов уменьшен вдвое.

Список литературы

1. Выхрстова Г.И. Методические указания по регенерации и размножению нарциссов в культуре ткани - Сочи, 1986. – 17с.
2. Киреева М.Ф. Лилии. - М.: Россельхозиздат, 1984. - 206 с
3. Соколова М.А. Клональное микроразмножение трубчатых лилий / М.А. Соколова // Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. работ. – М.: ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии, 2014. – Т. XXXIX. – С. 201-204.
4. Соколова М.А. Комплексная оценка генофонда лилий в ЦФР и совершенствование способов вегетативного размножения: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Соколова Марина Анатольевна. – Мичуринск, 2012. – 23 с.
5. Соколова М.А. Некоторые аспекты клонального микроразмножения лилий / М.А. Соколова // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр. – Сочи: ФГБНУ ВНИИЦиСК, 2018. – С. 125-129.
6. Соколова М.А. Технологический регламент клонального микроразмножения лилий / М.А. Соколова // Питомниководство России – проблемы и перспективы развития: материалы II-ой междунар. дистанц. научно-практ. конф., посвященной 105-летию со дня рождения д.с.-х.н. С.Н. Степанова. 27 авг. 2020 г. – Воронеж: Кварта, 2022. – С. 153-159.

ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНА НА БИОСИНТЕЗ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ ФЕНОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ В РАСТЕНИЯХ ДУШИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*ORIGANUM VULGARE L.*).

Федураев П.В., Масленников П.В., Стыран Т.В., Скрыпник Л.Н.

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г.
Калининград, Россия, e-mail: PFeduraev@kantiana.ru

*Исследовано влияние различных концентраций селена (2–40 мкМ) в форме селената натрия на накопление фенольных соединений в растениях душицы обыкновенной (*Origanum vulgare L.*) при гидропонном культивировании. Показано, что внесение в питательный раствор низких концентраций селена (2–10 мкМ) стимулировало накопление в растениях метаболитов фенольной природы: фенольных кислот и флавоноидов. Содержание соединений данных классов в обработанных селеном растениях было в 2-3 раза выше по сравнению с контрольными растениями.*

Селен (Se) является важным микроэлементом для человека и животных и действует главным образом через селенопротеины – белки, содержащие селеноцистеин в активном центре [3]. Несмотря на то, что для растений селен не является эссенциальным микроэлементом, многочисленные исследования показали, что в низких концентрациях селен оказывает положительное влияние на рост и стрессоустойчивость, прорастание семян, производство семян, уменьшает эффект старения, положительно влияет на фотосинтез, усиливает дыхательный потенциал [2]. Как правило, защитное действие селена связывают с его влиянием на антиоксидантную систему. В том числе для некоторых видов растений показано стимулирующее действие селена на биосинтез фенольных соединений, обладающих выраженным антиоксидантным эффектом [4]. Однако влияние селена на рост, развитие и метаболизм растений является видоспецифичным и может сильно различаться в пределах одного семейства или даже рода. Целью настоящего исследования явилось исследование влияния селена на накопление фенольных соединений в растениях душицы обыкновенной (*Origanum vulgare L.*).

Исследования проводили на растениях душицы обыкновенной (*Origanum vulgare L.*) сорта Фея. Растения выращивали в 2-литровых вегетационных сосудах с питательным раствором Хогланда (по четыре растения на вегетационный сосуд). В качестве источника селена использовали водный раствор селената натрия (Na_2SeO_4). Изучалось

влияние пяти концентраций селена (2,0; 5,0; 10,0; 20,0 и 40,0 мкМ). Смену питательного раствора и внесение селена в питательный раствор проводили каждую неделю. В качестве контроля использовали растения, растущие на питательном растворе без селена. Значения pH и электропроводности составили $5,8 \pm 0,1$ и $2,2 \pm 0,1$ дСм/м соответственно. Мониторинг и корректировку этих параметров проводили каждые 2 дня. В течение вегетационного эксперимента поддерживались следующие условия: влажность 70%; день – 22 °С, 16 ч; ночь – 18 °С, 8 ч; плотность потока квантов ФАР – 340 мкмоль/(м²·с). Питательный раствор постоянно аэрировали с помощью компрессора (Hailea АСО 388d), который накачивал воздух в каждый вегетационный сосуд через микротрубки. Растения собирали через четыре недели после первоначальной обработки селеном. В качестве повторностей рассматривали количество вегетационных сосудов на один вариант эксперимента ($n=4$). Растения, выращенные в одном вегетационном сосуде, рассматривали как единую пробу и показатели усредняли.

После сбора и измерения морфометрических показателей, растения помещали в жидкий азот и замораживали при –80 °С. Позже растительный материал лиофилизировали, измельчали и использовали для анализа вторичных метаболитов фенольной природы.

Экстракцию фенольных соединений проводили из измельченного лиофилизованного растительного материала 70%-ным этанолом. Образец растительного материала весом 0,5 г помещали в круглодонную колбу с добавлением примерно 20 мл 70% этанола и нагревали при 60 °С на водяной бане с обратным холодильником в течение 1 часа. Затем смесь фильтровали в мерную колбу. Процедуру экстракции повторяли трижды. Полученные порции экстракта объединяли и доводили до 50 мл 70% этанолом. Суммарное содержание фенольных соединений определяли спектрофотометрическим методом с реактивом Фолина-Чокальтеу; суммарное содержание флавоноидов измеряли спектрофотометрически с использованием $AlCl_3$; определение общего содержания гидроксикоричных кислот проводили с реактивом Арно [1]. Содержание индивидуальных метаболитов фенольной природы определяли методом обращенно-фазовой ВЭЖХ с диодно-матричным детектированием (ОФ ВЭЖХ-ДМД) [1].

Исследование влияния корневой обработки селеном в различных концентрациях (2–40 мкМ) на морфометрические показатели *O. vulgare* показало, что только высокая концентрация селена (40 мкМ), вносимая

в питательный раствор для культивирования, оказывала негативное воздействие биомассу побегов (сырую и сухую), количество и биомассу листьев (сырую и сухую). В данном варианте эксперимента наблюдалось снижение обозначенных показателей на 25–30 % по сравнению с контрольными растениями, выращенным без добавления селена. Еще более существенное влияние оказывало внесение в питательный раствор селена в концентрации 40 мкМ на биомассу корней – наблюдалось снижение на 44–46 % по сравнению с контролем. При этом стоит отметить, что внесение в питательный раствор селена в концентрации 20 мкМ, напротив, оказывало стимулирующее действие на накопление биомассы корней *O. vulgare*. Для надземной части растений такого эффекта выявлено не было: ни биомасса побегов, ни биомасса листьев при обработке селеном в концентрациях 2–20 мкМ достоверно не отличались от контроля.

Исследование обработки селеном растений *O. vulgare* показало, что влияние селена на суммарное содержание фенольных соединений зависело от применяемой концентрации. При внесении селена в концентрациях 2–10 мкМ наблюдалось стимулирование накопления фенольных соединений в экспериментальных растениях (Таблица 1). При этом при концентрации 20 мкМ наблюдалось снижение уровня фенольных соединений до контрольных значений, а при максимальной концентрации селена (40 мкМ) вновь наблюдалось их резкое повышение. Максимальное содержание флавоноидов было определено в растениях *O. vulgare*, выращенных на питательной среде с добавлением 5 мкМ селена (Таблица 1). Ввиду того, что в растениях *O. vulgare* основным классом фенольных соединений являются фенольные кислоты, в том числе гидроксикоричные, то зависимость их накопления от концентрации селена была схожа с зависимостью накопления суммы фенольных соединений. Более высокое содержание гидроксикоричных кислот было определено в растениях, выращенных на питательной среде с добавлением селена в концентрациях 2-10 и 40 мкМ (Таблица 1).

Таблица 1 – Влияние селена на содержание отдельных групп фенольных соединений в растениях *O. vulgare*

Концентрация селена в питательном растворе, мкМ	Суммарное содержание фенольных соединений, мг/г	Суммарное содержание флавоноидов, мг/г	Суммарное содержание гидроксикоричных кислот, мг/г
0 (контроль)	61,8±6,3	3,83±0,43	35,7±3,5
2	95,3±10,6	4,48±0,56	73,5±7,1
5	108,9±10,1	8,84±0,98	81,1±7,4
10	90,9±6,6	5,39±0,71	70,0±5,0
20	79,4±7,2	6,12±0,56	52,6±5,3
40	101,7±7,9	5,74±0,71	69,4±6,5

По результатам анализов методом ОФ ВЭЖХ-ДМД в экстрактах растений *O. vulgare* были идентифицированы следующие соединения: 3,4-дигидроксибензойная кислота, кофейная кислота, п-кумаровая кислота, розмариновая кислота, катехин, лютеолин-7-глюкозид и его производные. Следует отметить, что фенольный профиль растений существенно не изменялся при обработке их селеном. Вместе с тем, значительные различия были установлены в их количественном содержании. Так, максимальное содержание 3,4-дигидроксибензойной кислоты (11,83±1,24 мг/г) определено в растениях, выращенных на питательном растворе с добавлением селена в концентрациях 2 мкМ. Высокое содержание данной фенольной кислоты отмечалось в растениях при их обработке селеном в концентрации 5 мкМ (7,17±0,69 мг/г). Данная концентрация селена стимулировала накопление и розмариновой кислоты (более чем в 3 раза по сравнению с контролем). Обработка селеном растений влияла и на содержание в них флавоноидов, в частности лютеолин-7-глюкозида и его производных. В растениях, обработанных селеном в концентрациях 5–40 мкМ, содержание данных вторичных метаболитов было в 2,2–2,4 раза более высоким по сравнению с контролем.

Полученные в результате исследования данные согласуются с ранее имеющимися в литературе по стимулированию селеном накопления фенольных соединений в различных видах растений [5]. В качестве возможных путей регулирования селеном вторичного метаболизма растений можно выделить следующие аспекты: изменения, происходящие в первичном S/N метаболизме, гормональной регуляции, редокс-метаболизме, а также на транскриптомном уровне биосинтеза вторичных метаболитов. Однако,

вероятнее всего, этими путями не ограничиваются возможные регуляторные механизмы, в которых участвует селен и которые обуславливают изменения в накоплении вторичных метаболитов. Кроме того, для более точной интерпретации имеющихся данных о путях регуляции селеном биосинтеза вторичного метаболизма требуется как расширение перечня исследуемых видов растений, так и более точное изучение вовлечения различных форм селена в сигнальные пути, включая поиск интермедиатов (мессенджеров, белков-активаторов, факторов транскрипции), способных напрямую связываться с селеном или его производными).

Таким образом, в результате проведенных исследований было показано, что внесение селена в питательный раствор, особенно в низких концентрациях (2–10 мкМ), стимулирует накопление в растениях душицы обыкновенной фенольных соединений (прежде всего, гидроксикоричных кислот).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-14-00106, <https://rscf.ru/project/22-14-00106>.

Список литературы

1. Biomass, Phenolic compounds, essential oil content, and antioxidant properties of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) grown in hydroponics as affected by treatment type and selenium concentration / L. Skrypnik, P. Fedurae, T. Styran et al. // *Horticulturae*. – 2022. – Vol. 8(11). – P. 1037.
2. Pyrzyńska K., Sentkowska A. Selenium in plant foods: Speciation analysis, bioavailability, and factors affecting composition / K. Pyrzyńska, A. Sentkowska // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* – 2021. – Vol. 61(8). – P.1340-1352.
3. Schwarz K., C.M. Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration / K. Schwarz, C.M. Foltz // *J. Am. Chem. Soc.* – 1957 – Vol. 79. – P. 3292–3293.
4. Selenium in plants: Boon or bane? / M. Hasanuzzaman, M. B. Bhuyan, A. Raza et al. // *Environmental and Experimental Botany*. – 2020. – Vol. 178. – P. 104170.
5. Selenium biofortification impacts the nutritive value, polyphenolic content, and bioactive constitution of variable microgreens genotypes / A. Pannico. C. El-Nakhel, G. Graziani et al. // *Antioxidants*. – 2020. – Vol. 9. – P. 272.

ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ПЕПТИДНЫХ ЭЛИСИТОРОВ НА АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ ТОМАТОВ, ПОДВЕРГНУТЫХ ГИПЕРТЕРМИИ

Филипцова Г.Г., Гулина Е.

Белорусский государственный университет,
220030, Минск, пр-т Независимости, 4, e-mail: filiptsova@bsu.by

Исследована роль экзогенных пептидов AVR9 и CSP15 в устойчивости растений томатов к гипертермии. Показано, что предстрессовая обработка растений томатов данными пептидами в концентрации 10^{-8} моль/л оказывает элиситорный эффект и приводит к увеличению активности антиоксидантных ферментов пероксидазы и супероксиддисмутазы, что способствует снижению скорости окислительных процессов и более быстрой адаптации растений к стрессовому воздействию.

Экзогенные пептидные элиситоры, такие как флагеллин, бактериальные белки холодного шока (CSP – cold shock proteins), фактор элонгации Tu (EF-Tu), AVR-белки играют важную роль в индукции фитоиммунитета и устойчивости растений к стрессовым воздействиям биотической природы. Они воспринимаются растительными клетками и приводят к запуску сигнальных систем, в результате чего происходит увеличение продукции активных форм кислорода, индукция защитных генов, активация протеолитических ферментов, усиление синтеза вторичных метаболитов и формирование системной устойчивости растений [1, 3, 7]. Многочисленные исследования свидетельствуют, что обработка растений элиситорами приводит к повышению устойчивости растений к бактериальным, грибковым, вирусным патогенам, а также насекомым-вредителям [1, 5, 6]. Данные об участии экзогенных элиситоров в устойчивости растений к абиотическим стрессорам практически отсутствуют. Вместе с тем, известно, что одним из важнейших компонентов защитных реакций организма на стрессовые воздействия любой природы является активация антиоксидантных механизмов. В связи с вышесказанным, целью данной работы было исследование влияния экзогенных пептидных элиситоров CSP15 и AVR9 на активность антиоксидантных ферментов пероксидазы и супероксиддисмутады (СОД) и уровень продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в растениях томатов, подвергнутых гипертермии.

CSP15 представляет собой активный компонент белка холодового шока, характерного для многих прокариотических и эукариотических организмов [2, 4]. Он состоит из 15 аминокислотных остатков (VKWFNAEKGFITP), определяющих элиситорные свойства данного белка. Обработка листьев томатов, табака и картофеля пептидом CSP15 уже через несколько минут приводит к увеличению синтеза этилена и активных форм кислорода [4].

AVR-белки (продукты *avr*-генов) характерны для многих бактерий и некоторых грибов, они ответственны за способность патогена вызывать заболевание у растений. AVR9, выделенный из *Cladosporium fulvum*, представляет собой пептид из 28 аминокислот (YCNSSTRAFDCLGQCGRCDFHKLQCVH), вызывающий защитные реакции у томата и других растений семейства пасленовые [5].

В качестве объектов исследования были использованы 6-недельные растения томатов сорта Амурский тигр. Томаты выращивали в лабораторных условиях при температуре 22-24°C, с фотопериодом 16 часов свет, 8 часов – темнота. Листья томатов опрыскивали водными растворами пептидов CSP15 и AVR9 в концентрациях 10^{-8} моль/л (контроль – опрыскивание дистиллированной водой). Через 24 часа растения подвергали воздействию гипертермии – помещали в термостат на 2 часа при температуре 36°C, после чего переносили в стандартные условия и определяли активность ферментов пероксидазы и супероксиддисмутазы, а также уровень продуктов ПОЛ.

Установлено, что воздействие гипертермии в течение двух часов приводит к значительному снижению активности пероксидазы в листьях как в обработанных, так и необработанных растений томатов. Затем происходит восстановление активности данного фермента, особенно интенсивно этот процесс наблюдается в обработанных пептидами растениях. Через 24 часа после стрессового действия активность пероксидазы в необработанных растениях увеличилась на 80% по сравнению с контролем, а в обработанных пептидами – более чем в три раза (Рис. 1).

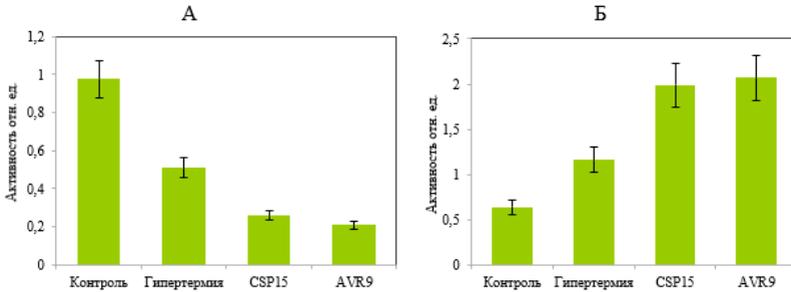


Рисунок 1 – Влияние пептидов CSP15 и AVR9 на активность пероксидазы в листьях томатов, подвергнутых гипертермии (А – непосредственно после воздействия гипертермии, Б – через 24 часа после гипертермии)

Кроме того, исследованные пептиды оказывали влияние на активность СОД в листьях растений томатов, подвергнутых гипертермии. Показано, что в необработанных растениях при действии повышенной температуры в течение 2 часов не происходит статистически значимого изменения активности СОД, тогда как обработка растений элиситорами приводила к существенному изменению активности этого фермента. Непосредственно после стрессового воздействия активность СОД возросла примерно в 2 и 4 раза по сравнению с контролем при обработке растений элиситорами AVR9 и CSP15 соответственно (Рис. 2). Через 24 часа после действия гипертермии активность этого фермента снижалась, однако оставалась в 1,5-2 раза выше контрольного значения.

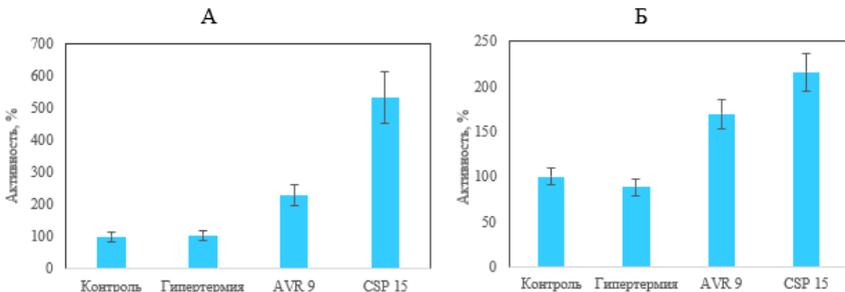


Рисунок 2 – Влияние пептидов CSP15 и AVR9 на активность супероксиддисмутазы в листьях томатов, подвергнутых гипертермии (А – непосредственно после воздействия гипертермии, Б – через 24 часа после гипертермии)

Полученные данные свидетельствуют, что предстрессовая обработка растений томатов пептидами Csp15 и AVR9 приводит к изменению активности антиоксидантных ферментов пероксидазы и супероксиддисмутазы, и таким образом оказывает влияние на окислительно-восстановительный статус клеток растений в условиях стресса. Было установлено, что в обработанных пептидами растениях существенно снижается уровень продуктов перекисного окисления липидов, что свидетельствует об уменьшении скорости окислительных процессов. Очевидно, что исследованные пептиды вызывают индукцию ряда защитных систем растений, в том числе неспецифических, связанных с активацией защитных систем клеток, направленных на поддержание окислительно-восстановительного баланса, что обуславливает увеличение устойчивости растений не только к биотическим, но и абиотическим стрессам, в частности, повышенной температуре.

Список литературы

1. Albert M. Peptides as trigger of plant defence // J of Experimental Botany. – 2013. – V. 64. – P. 5269–5279.
2. Amir M., Kumar V., Dohare R. Sequence, structure and evolutionary analysis of cold shock domain proteins, a member of OB fold family // J Evol Biol. – 2018. – V. 31. – P. 1903–1917.
3. Boller, T. A renaissance of elicitors: perception of microbe-associated molecular patterns and danger signals by pattern-recognition receptors/ T. Boller, G. Felix // Annual Review of Plant Biology. – 2009. – V. 60. – P. 379–406.
4. Felix, G. Molecular sensing of bacteria in plants. The highly conserved RNA-binding motif RNP-1 of bacterial cold shock proteins is recognized as an elicitor signal in tobacco /G. Felix, T. Boller // J of Biological Chemistry. – 2003. – V. 278. – P. 6201–6208.
5. Kooman-Gersmann M., Vogelsang R., Vossen P. Correlation between binding affinity and necrosis-inducing activity of mutant AVR9 peptide elicitors // Plant Physiol. – 1998. – V. 117. – P. 609–618.
6. Mishina T.E., Zeier J. Pathogen-associated molecular pattern recognition rather than development of tissue necrosis contributes to bacterial induction of systemic acquired resistance in *Arabidopsis* // Plant Journal. – 2007. – V. 50. – P. 500–513.
7. Zipfel, C. Pattern-recognition receptors in plant innate immunity // Curr. Opin. Immunol. – 2008. – V. 20. – P. 10-16.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ПЫЛЬЦЫ КЕДРОВОГО СТЛАНИКА (*PINUS PUMILA*)

Шевелева И.С.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», 660041, Красноярский край, г. Красноярск, пр. Свободный, 79. E-mail: issheveleva@sfu-kras.ru

*Исследована жизнеспособность пыльцы кедрового стланика в естественных условиях произрастания. При проращивании пыльцевых зерен наблюдалось большое количество хорошо развитых пыльцевых трубок (87%), показывающее жизнеспособность пыльцы. Лучшим водным раствором для проращивания пыльцы кедрового стланика (*Pinus pumila*) является раствор с концентрацией сахарозы 5 %.*

Одним из важнейших элементов репродуктивной системы растений, оказывающих непосредственное влияние на эффективность семенного размножения, являются мужские и женские гаметы [7, 4, 6]. У хвойных мужских гамет (пыльцевых зерен) формируется на несколько порядков больше, чем женских, они более подвержены воздействию внешних факторов и, очевидно, играют ведущую роль в гаметном отборе [5]. Дефицит жизнеспособной пыльцы у растений может быть одним из основных факторов, ответственных за нарушения оплодотворения и низкую продукцию жизнеспособных семян [2, 3]. Формирование качественной пыльцы является важным фактором для обеспечения нормального оплодотворения и дальнейшего развития зародыша семян.

Основной целью исследования является изучение жизнеспособности пыльцы кедрового стланика (*Pinus pumila*).

Для исследования пыльцевых зерен был выбран кедровый стланик (*Pinus pumila*). Модельные деревья располагались на севере Иркутской области Бодайбинского района (58°12'28" с. ш. 114°38'45" в. д.).

Сбор материала проводили с 21 июня 2022г по 25 июня 2022г. С деревьев собирали стробилы в пакетики из кальки и раскладывали в один слой для просушки.

Для определения жизнеспособности пыльцы пользовались методом висячей капли в герметичной камере. Капля помещалась на покровное стекло, герметичность камеры достигалась с помощью вазелина. Пыльцу проращивали в 5%, 10% и 15%-ом водных растворах сахарозы в течение 72 часов при температуре 22-24°C [1]. Камеры с

посеянной пылью помещали в светлое помещение лаборатории (но без прямого попадания солнечных лучей). Посев проводили в 3 повторностях, подсчет производили в трех полях зрения. Оценка проводилась по числу проросших пыльцевых зерен (%) – по 100–120 шт. для каждого дерева, и длине пыльцевых трубок (мкм) – по 30–40 шт. на дерево; данные усреднялись для каждого дерева.

Микроскопирование осуществляли с помощью микроскопа МИКМЕД-6 ЛОМО (Санкт-Петербург, Россия) с видеонасадкой DSM510.

При определении жизнеспособности пыльцы фиксировали начало ее прорастания, далее оценивая динамику прорастания пыльцевых зерен в течение нескольких суток (рис. 1). Предварительные опыты по проращиванию пыльцы *Pinus pumila* не проводились.



Рисунок 1 – процесс прорастания пыльцы кедрового стланика на 5%, 10% и 15%-ом водных растворах сахарозы

Наши результаты показали, что наилучшей средой для проращивания пыльцевых зерен является водный раствор с 15% сахарозы, при температуре 22–24°C. Наихудший результат прорастания наблюдался на водном растворе с концентрацией сахарозы 5% (табл. 1).

Таблица 1- Способность пыльцы *Pinus pumila* к прорастанию на водных растворах с различной концентрацией сахарозы

Концентрация сахарозы, %	% прорастания пыльцевых зерен	Длина пыльцевых трубок, мкм
5%	20%	15.0+- 4.73
10%	68%	28.0+- 4.73
15%	87%	36.0+- 4.73

Список литературы

- Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1980. 304 с.
- Arista M., Talavera S., Pollen Dispersal Capacity and Pollen Viability of *Abies pinsapo* Boiss., *Silvae Genetica*, 1994, Vol. 43, pp. 155–158.
- Bazhina E., Siberian fir seed productivity in V.N. Sukachev Institute of Forest Arboretum, Russia, EuroGard VII Congress European Botanic gardens in the decade on biodiversity challenges and responsibilities in the count-down towards 2020, Proc. of the EuroGard VII Congress, Paris: BGSi, 2018, pp. 312–321.
- Delph L.F., Johannsson M.H., Stephenson A.G., How environmental factors affect pollen performance: ecological and evolutionary perspectives, *Ecology*, 1997, Vol. 78, pp. 1632–1639.
- Friedman W.E., Floyd S.K., The Origin of Flowering Plants and Their Reproductive Biology, *Evolution*, 2001, Vol. 55, pp. 217–231.
- Runions C.J., Owens J.N., Sexual reproduction in interior spruce (Pinaceae). I. Pollen germination to archegonial maturation, *International Journal of Plant Sciences*, 1999, Vol. 160, pp. 631–640.
- Singh H., Embryology of gymnosperms, Berlin: Gebruder Borntraeger, 1978, 302 p.

ОСОБЕННОСТИ ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА И РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ СФАГНОВЫХ МХОВ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ФОТОПЕРИОДЕ

Штанг А.К., Пономарева Т.И., Чуракова Е.Ю.

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени академика Н.П. Лаврова УрО РАН; г. Архангельск, Россия, a_shtang@inbox.ru

*Изучен линейный прирост, а также концентрация фотосинтетических пигментов и их соотношения у олиготрофных видов сфагновых мхов (*S. fuscum*, *S. capillifolium*, *S. lindbergii*, *S. majus*) за два месяца выращивания при 7- и 24-часовом фотопериоде в лабораторных условиях. Круглосуточное освещение не оказало влияния на фотосинтетический пигментный комплекс сфагновых мхов, но ускорило их рост. Вероятно, условия, созданные в лаборатории, оказались близкими к оптимальным, поэтому, в дальнейшем, необходимо уделить внимание корректировке условий эксперимента.*

Короткий вегетационный период – один из аспектов жизни растений в условиях высоких широт, поскольку за короткий срок растительные организмы должны успеть реализовать свой жизненный потенциал. Однако, в субарктических регионах на протяжении большей части вегетационного периода световой день очень длинный. Несмотря на то, что такая продолжительность освещенности кажется возможностью для растений компенсировать длительность вегетационного периода, длинный день может оказаться источником стресса [1]. В ходе данного исследования мы изучали линейный прирост и особенности накопления фотосинтетических пигментов в условиях 7- и 24-часового светового дня у четырех видов сфагновых мхов, которые широко распространены на олиготрофных болотах Архангельской области с целью исследования влияния «белых ночей» на продукционные процессы сфагнов.

Дернинки грядковых мхов (*S. fuscum* и *S. capillifolium*) выращивали в контейнерах с отверстиями в дне, помещенных в контейнеры большего объема в которых уровень воды, отобранной из мочажины, поддерживали на уровне 1 см. В дернинки вставили пластиковые палочки, на которые нанесли отметки на уровне головок мха. Смесь побегов мочажинных мхов (*S. majus* и *S. lindbergii*), обрезанных до 10 см, выращивали в контейнерах, заполненных болотной водой. Контейнеры, закрытые пищевой пленкой, освещали

двумя светильниками на прищепках (Светкомплект R63 E27 40Вт) со светодиодными лампами полного спектра для растений (Uniel E27 220 В 15 Вт, 20 мкмоль/с, белый свет), расположенными на расстоянии 20 см над контейнерами.

Прирост мхов оценивали через месяц после начала эксперимента, а затем еще через месяц. Фотосинтетические пигменты экстрагировали с помощью 80 %-го ацетона через два месяца после начала эксперимента [6]. Достоверность различий оценивали с использованием критерия U Манна-Уитни на доверительном уровне $p=95\%$.

Полученные в ходе эксперимента значения концентрации хлорофиллов *a* и *b* и каротиноидов приведены на рисунке 1. Доля хлорофилла *a* в пигментном комплексе сфагновых мхов оказалось довольно стабильной и находилась в пределах 52-57%. Доля хлорофилла *b* и каротиноидов составила 15-28% и 17-29% соответственно. Концентрация хлорофилла *a* при обоих фотопериодах варьировала в пределах 0,39-1,62 мг/г в зависимости от вида. Концентрация хлорофилла *b* изменялась в пределах 0,10-0,85 мг/г, концентрация каротиноидов – 0,13-0,62 мг/г. Соотношение хлорофиллов *a/b* в эксперименте, в основном, не превышало 3,5. Соотношение хлорофиллов и каротиноидов достигало 4,5.

Такие характеристики пигментного комплекса как концентрация хлорофиллов и каротиноидов, а также соотношения хлорофиллов *a/b* и хл/кар у *Sphagnum lindbergii*, *S. majus* и *S. fuscum* при 7-часовом и 24-часовом фотопериоде не различаются. У *S. capillifolium* концентрация хлорофилла *a* при 24-часовом фотопериоде в 2 раза превысила этот показатель при 7-часовом фотопериоде, а соотношение хлорофиллов *a/b* – в 1,3 раза. Грядовые мхи отреагировали на удлиненный фотопериод снижением доли хлорофиллов в ССК на 16-18 %, в то время как для мочажинных мхов этот показатель остался неизменным.

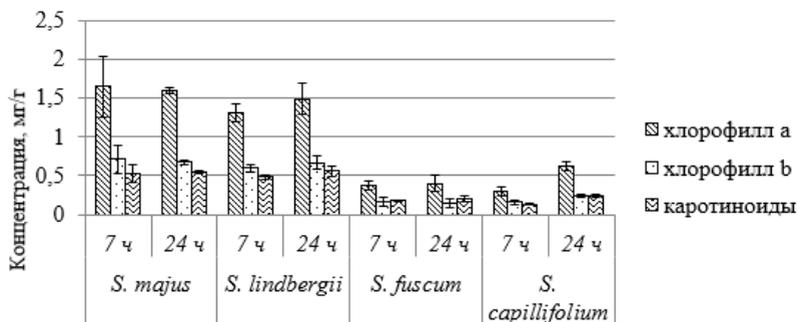


Рисунок 1 – Концентрация фотосинтетических пигментов в сфагновых мхах, культивируемых при 7-часовом и 24-часовом фотопериоде

В ходе измерения прироста сфагновых мхов после первого и второго месяца культивирования были получены результаты, представленные на рисунке 2.

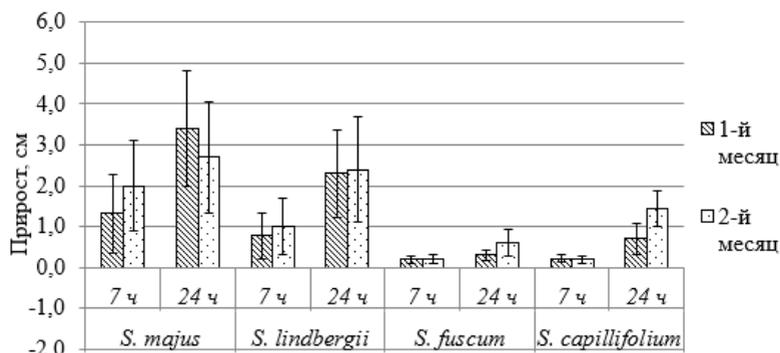


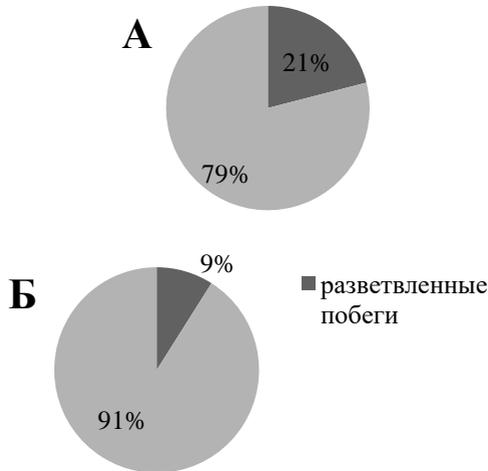
Рисунок 2 – Линейный прирост сфагновых мхов за время двухмесячного эксперимента

При выращивании мхов в условиях 7-часового фотопериода прирост *S. majus* за второй месяц превысил прирост за первый, однако при 24-часовом периоде прирост за первый месяц оказался больше, чем за второй, при этом приросты за каждый месяц при 24-часовом фотопериоде оказались больше, чем при 7-часовом.

Прирост *Sphagnum lindbergii* в условиях обоих фотопериодов оставался одинаковым в первый и второй месяцы, но при 24-часовом фотопериоде приросты больше, чем при 7-часовом.

У *S. fuscum* и *S. capillifolium* приросты по месяцам не отличаются при 7-часовом фотопериоде, но при 24-часовом фотопериоде прирост за второй месяц превышает прирост за первый в 2 раза. Так же, как и у остальных сфагнов, у этих видов приросты при 24-часовом фотопериоде оказались выше.

После двух месяцев культивирования при 24-часовом фотопериоде у некоторых растений мочажинных сфагнов было отмечено разветвление головки на 2-3 побега (рисунок 3). У *Sphagnum capillifolium* наблюдали рост зеленых боковых побегов, однако, установить точное количество таких побегов у плотно растущих грядковых видов методически довольно сложно.



А – *Sphagnum majus*; Б – *S. lindbergii*

Рисунок 3 – Доля (%) разветвленных и неразветвленных побегов у сфагновых мхов после двух месяцев выращивания при непрерывном освещении

Несмотря на то, что длинный световой день обычно оказывает ингибирующее действие на фотосинтетический аппарат растений [3; 4], для сфагновых мхов круглосуточное освещение не слишком интенсивным светом не оказалось отрицательным фактором и негативного влияния на фотосинтетический пигментный комплекс не оказало. Помимо этого, круглосуточное освещение оказало положительное влияние на рост сфагновых мхов. Результаты эксперимента показали, что мочажинные виды растут в несколько раз

быстрее рядовых и содержат больше пигментов, что согласуется с результатами проведенных ранее исследований [2; 5; 7].

Можно предположить, что условия произрастания, созданные для мхов в лаборатории, оказались довольно комфортными для вегетации и исключают стрессовые факторы: увлажнение было достаточным, температура воздуха и освещенность соответствовала теплему облачному летнему дню, использовалась болотная вода. Из-за отсутствия света высокой интенсивности мхи потеряли антоциановую окраску, выполняющую функцию защиты от фотоповреждения, и позеленели. Таким образом, при планировании дальнейших экспериментов стоит уделить внимание корректировке условий влажности, минерального питания и освещенности для создания условий, более приближенных к естественной среде произрастания сфагнов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-24-10022).

Список литературы

- Aro, E.-M. Effect of continuous light on CO₂ fixation and chloroplast structure of the mosses *Pleurozium schreberi* and *Ceratodon purpureus* / E.-M. Aro, N. Valanne // *Physiologia Plantarum*. – 1979. – № 45. – P. 460-466.
- Clymo, R. W. The growth of *Sphagnum*: some effects of environment / R. W. Clymo // *Journal of Ecology*. – 1973. – № 61. – P. 849-869.
- Cvetic, T. Effects of day length on photosynthetic pigments and antioxidative metabolism of in vitro cultured moss *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv. (Bryophyta) / T. Cvetic, A. Sabovljevic, J. Bogdanovic, M. Sabovljevic // *Botanica Serbica*. – 2009. – Vol. 33. № 1. – P. 83-88.
- Gerdol, R. The growth dynamics of *Sphagnum* based on field measurements in temperate bog and on laboratory cultures / R. Gerdol // *Journal of Ecology*. – 1995. – Vol. 83. № 3. – P. 431-437.
- Kuttim, M. Ecophysiology of boreal mire mosses – Effects of winter conditions and consequences of climate change: dissertation for the defence of degree Doctor Philosophiae in Ecology / M. Kuttim; [Defence place: the Doctoral Studies Council of natural Sciences of Tallin University]. – Tallin, 2020. – 126 p.
- Lichtenthaler, H. K. Chlorophylls and carotenoids – pigments of photosynthetic biomembranes / H. K. Lichtenthaler // *Methods in enzymology*. – 1987. – Vol. 148. – P. 350-382.
- Грабовик, С. И. Рост и продуктивность ценопопуляций сфагновых мхов на естественных и трансформированных болотах Карелии / С. И. Грабовик, О. Л. Кузнецов // Труды Карельского научного центра РАН. – 2016. – № 4. – С. 59-69.

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА МЕДИ НА РАБОТУ УСТЫЧНОГО АППАРАТА ГОРОХА ПОЛЕВОГО

Яцзин Ш., Зайцев И.В., Звонарев С.Н., Смолич И.И., Пшибытко Н.Л.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, pshybytko@bsu.by

Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве увеличивается с каждым годом. Традиционные крупнотоннажные удобрения уступают место наноудобрениям из-за высокой стоимости и возможного вредного воздействия на окружающую среду. Это способствует поиску экологически чистых удобрений или «умных» удобрений с высокой эффективностью.

Особое внимание уделяется наночастицам оксидов металлов, особенно CuO. Медь широко распространена в тканях растений, является важным микроэлементом для роста и участвует во многих физиологических процессах [1]. Медь доступна в двух формах: Cu^{1+} и Cu^{2+} . Это позволяет Cu действовать как восстановитель или окислитель в биохимических реакциях. Но в то же время это свойство делает медь ещё и потенциально токсичным, так как ионы Cu могут способствовать образованию свободных радикалов, вызывать окислительный стресс [2]. Чрезмерное производство активных форм кислорода в растениях вызывает снижение содержания белка, повреждение ДНК, перекисное окисление липидов и в конечном итоге приводит к гибели растений. С другой стороны, свойство медных наночастиц активизировать генерацию активных форм кислорода позволяет использовать наночастицы меди и ее оксидов в качестве нанометаллических фунгицидов [3].

Одной из основных мишеней действия наночастиц в растениях является фотосинтетический аппарат [4, 5]. Протекание световых и темновых реакций фотосинтеза отличается высокой чувствительностью к воздействию наночастиц, и ряд авторов предлагает использовать их в качестве индикатора загрязнения вод и почв наночастицами [6]. Индуцируемые наночастицами изменения нефотохимического тушения флуоресценции хлорофилла *a*, его энергозависимой и тепловой компонент показали, что воздействие наночастиц нарушает процессы регуляции диссипации энергии в световой стадии фотосинтеза и снижает фотозащитную способность

фотосинтетического аппарата [7, 8]. Активность рибулозо-1,5-бисфосфаткарбоксилазы/оксигеназы (РБФК/О), ключевого фермента цикла Кальвина, также претерпевала существенные изменения при воздействии наночастиц [8]: для ряда высших и низших растений показано снижение ее карбоксилазной активности, обусловленное как инактивацией самого фермента, так и нарушением работы активазы РБФК/О [9]. Подавление активности РБФК, с одной стороны, могло происходить в результате метаболической регуляции и являться следствием падения интенсивности световой стадии фотосинтеза, снижения энергизации тилакоидных мембран и количества синтезируемых молекул АТФ и НАДФН [10]. С другой стороны, причиной ингибирования карбоксилазной активности РБФК/О могло являться снижение уровня поглощенного CO_2 из-за уменьшения аперттуры устьиц.

Вопрос о возможных способах проникновения наночастиц в растительный организм, а также механизмах их дальнейшего перемещения по тканям и клеткам растений является на сегодняшний день наиболее спорным. К настоящему времени способность НЧ проникать в растительные ткани, а также перемещаться и накапливаться в клетках растений, уже многократно экспериментально доказана. В частности, на проростках пшеницы с использованием методов лучевой флюоресценции и масс-спектрометрии показано, что НЧ различного размера (3, 5 и 10 нм), проникая через поверхность листьев, за 7 дней распространяются по всему организму, аккумулируются в корнях и даже частично выводятся в почву [11]. В исследованиях на проростках арбуза методом масс-спектрометрии установлено, что уже через 48 ч после опрыскивания листьев растворами, содержащими наночастицы разных размеров и формы, их обнаруживали как в листьях, так и в корнях [12]. Основным способом проникновения наночастиц через листья считают устьица [11–13]. Таким образом, можно предполагать, что аперттура устьиц, а также их способность открываться и закрываться определяют реакцию растений на обработку наночастицами, а также способность растительных организмов адаптироваться к изменяющимся условиям среды, адаптировать водный обмен и фотосинтетическую активность.

Целью данной работы являлось исследование влияния наночастиц оксида меди на функционирование устьичного аппарата гороха полевого. Растения *Pisum arvense* L. выращивались при

температуре $24 \pm 1^\circ\text{C}$, освещенности $120 \mu\text{моль квантов м}^{-2} \text{с}^{-1}$ и 16/8 ч (свет/темнота) фотопериоде в течение 10 суток рулонным способом на 20% питательном растворе Кнопа. Для приготовления маточного раствора наночастиц использовался порошок наночастиц CuO сферической формы размером 40-50 нм с частотой встречаемости 99,9%. Растение гороха обрабатывалось путем распыления на листья раствора наночастиц в концентрации 0,1–1000 мг/мл. Состояние устьичного аппарата анализировалось через 1-24 ч после обработки наночастицами. Апертура устьиц оценивалась на инвертированном микроскопе Nikon Diaphot TMD (x400) при слабом освещении ($\sim 40 \mu\text{моль квантов м}^{-2} \text{с}^{-1}$) с использованием компьютерной программы Capture 2.1. Для максимального открытия устьиц использовалось освещение ($\sim 1\,000 \mu\text{моль квантов м}^{-2} \text{с}^{-1}$) от источника однородного холодного света Zeiss KL 1500 LCD (цветовая температура освещения 2900 K) в течение 20 минут. Оценивалась скорость открытия устьиц на единице площади листа в поле зрения объектива микроскопа. Для обработки полученных результатов использовались стандартные методы вариационной статистики. Достоверность различий рассчитывалась при помощи ANOVA теста по отношению к контролю: *, ** и *** означают $p < 0,01$, $p < 0,001$ и $p < 0,0001$ соответственно.

Ширина устьичной щели контрольных растений гороха полевого при слабом освещении составила $3,7 \pm 0,3$ мкм, при включении освещения $6,7 \pm 0,5$ мкм (рисунок 1А). Через час после обработки раствором наночастицами CuO ширина устьичной щели при слабом освещении составила $5,8 \pm 0,4$ мкм. При дальнейшей обработке растений наночастицами CuO апертура устьиц уменьшалась (рисунок 1А). Повышение концентрации наночастиц CuO усиливало ингибирующий эффект обработки (рисунок 1В).

Скорость светового открытия устьиц в контрольных растениях гороха полевого составляла $14,5 \pm 0,7$ устьиц/мин (рисунок 1Б). Через час после обработки растений суспензией наночастиц оксида меди (0,1 мг/мл) скорость открытия листьев при освещении составила $12,1 \pm 0,5$ устьиц в минуту, что оказалось на 20% меньше скорости в контрольных растениях. Данный эффект сохраняется в течение суток, при этом скорость открытия снижалась до $10,0 \pm 0,5$ устьиц в минуту к 24 часам обработки наночастицами (рисунок 1Б). Обработка растений гороха полевого наночастицами CuO в высокой концентрации (1000 мг/мл) оказывала более выраженный ингибирующий эффект на скорость

открытия устьиц (рисунок 1Г). В этом случае уже через час после обработки растений наночастицами скорость светового открытия устьиц составляла $6,3 \pm 0,4$ устьиц/мин, что составляло 48% от уровня контрольного варианта (рисунок 1Г).

На основании полученных данных можно заключить, что наночастицы CuO оказывают негативное влияние на работу устьичного аппарата гороха полевого, снижая апертуру устьиц и замедляя их световое открытие, тем самым нарушая нормальный процесс транспирации и газообмена.

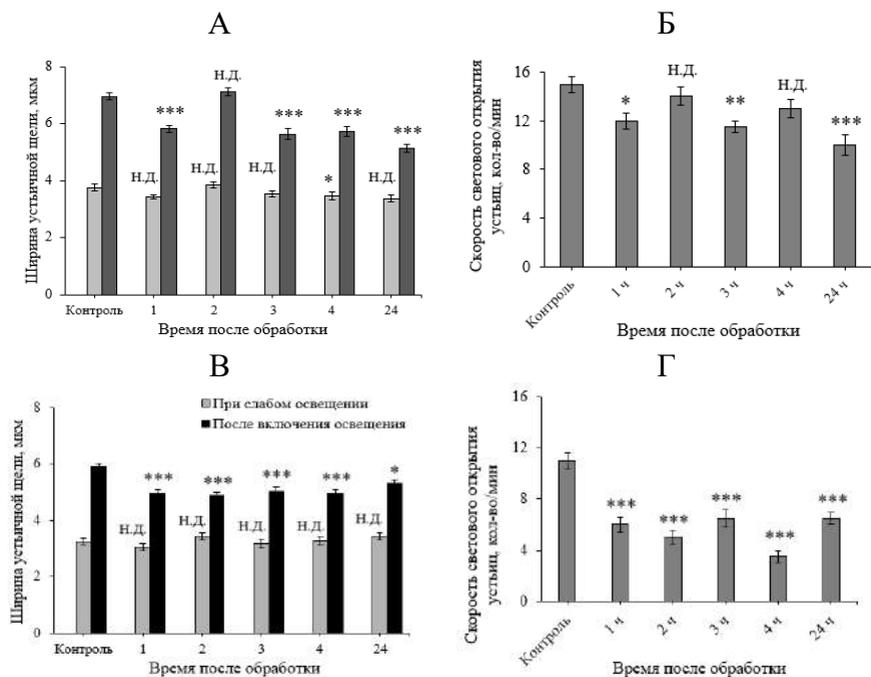


Рисунок 1 – Ширина устьичной щели (А, В) и скорость светового открытия устьев (Б, Г) листьев гороха полевого после обработки раствором наночастиц оксида меди 0,1 мг/мл (А, Б) и 1000 мг/мл (В, Г) ($X \pm \sigma$; $n = 20$). Достоверность различий рассчитывалась при помощи ANOVA теста по отношению к контролю: *, ** и * означают $p < 0,01$, $p < 0,001$ и $p < 0,0001$ соответственно**

Работа выполнена в рамках задания № ГР 20211705.

Список литературы

1. Chibber, S. New vision to CuO, ZnO, and TiO₂ nanoparticles: their outcome and effects / S. Chibber, S. Ansari and R. Satar // *J. Nanopart. Res.* – 2013. – Vol. 15. – P. 1–13.
2. Hänsch, R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl) / R. Hänsch and R. R. Mendel // *Cur. Opin. Plant Biol.* – 2009. – Vol. 12, № 3. – P. 259–266.
3. Ponmurugan, P. Antifungal activity of biosynthesised copper nanoparticles evaluated against red root-rot disease in tea plants / P. Ponmurugan, K. Manjukarunambika, V. Elango, B.M. Gnanamangai // *J. Exp. Nanosc.* – 2016. – Vol. 11, № 13. – P. 1019–1031.
4. Ponmurugan, P. Antifungal activity of biosynthesised copper nanoparticles evaluated against red root-rot disease in tea plants / P. Ponmurugan, K. Manjukarunambika, V. Elango, B.M. Gnanamangai // *J. Exp. Nanosc.* – 2016. – Vol. 11, № 13. – P. 1019–1031.
5. Tighe-Neira, R. Metallic nanoparticles influence the structure and function of the photosynthetic apparatus in plants / R. Tighe-Neira et al. // *Plant Physiol. Biochem.* – 2018. – Vol. 130. – P. 408–417.
6. Saleeb, N. The Mobility of Silver Nanoparticles and Silver Ions in the Soil-Plant System / N. Saleeb et al. // *J. Env. Quality* – 2019. – Vol. 48, Issue 6. – P. 1835–1841.
7. Falco, W.F., Interaction between chlorophyll and silver nanoparticles: a close analysis of chlorophyll fluorescence quenching / W.F. Falco et al. // *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.* – 2014. – Vol. 299. – P. 203 - 209.
8. Dewez, D. Inhibitory effects of silver nanoparticles on photosystem II performance in *Lemna gibba* probed by chlorophyll fluorescence / D. Dewez et al. // *Curr. Plant Biol.* – 2018. – Vol. 16. – P. 15–21.
9. Jiang, H.S. Silver nanoparticles induced reactive oxygen species via photosynthetic energy transport imbalance in an aquatic plant / H.S. Jiang et al. // *Nanotoxic.* – 2017. – Vol. 11. – 157e167.
10. Hasanpour, H. Effect of TiO₂ nanoparticles on metabolic limitations to photosynthesis under cold in chickpea / H. Hasanpour et al. // *Russ. J. Plant Physiol.* – 2015. – Vol. 62. – P. 779–787.
11. Zhang, L. Unraveling the molecular mechanism of photosynthetic toxicity of highly fluorescent silver nanoclusters to *Scenedesmus obliquus* / L. Zhang et al. // *Nature. Sci. Rep.* – 2017. – Vol. 7. – 16432.
12. Avellan, A. Nanoparticle size and coating chemistry control foliar uptake pathways, translocation and leaf-to-rhizosphere transport in wheat / A. Avellan et al. // *ACS Nano.* – 2019. – Vol. 13. – P. 5291.
13. Raliya, R. Quantitative understanding of nanoparticle uptake in watermelon plants / R. Raliya et al. // *Front. Plant Sci.* – 2016. – Vol. 7. – 1288.
14. Larue, C. Foliar exposure of the crop *Lactuca sativa* to silver nanoparticles: evidence for internalization and changes in Ag speciation / C. Larue et al. // *J. Hazard. Mater.* – 2014. – Vol. 264. – P. 98.

СЕКЦИЯ 3. ГЕОБОТАНИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ, МОНИТОРИНГ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ И ПРОБЛЕМЫ ФИТОИНВАЗИЙ

ИНВАЗИВНАЯ ДЕНДРОФЛОРА НИЖНЕГО НОВГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ *HIPPORHAE RHAMNOIDES L.*)

Алилова О.Р., Воротников В.П.

Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского; Нижний
Новгород, Россия, aliluyaolga@gmail.com

Инвазивная дендрофлора рассмотрена на примере облепихи крушиновидной (Hipporhæ rhamnoides L.). Цель исследования – выявление флористического состава фитоценозов с доминированием одичавшей облепихи, их синтаксономического статуса. Исследования были выполнены в августе 2019 и июле-августе 2021 гг., детально-маршрутным методом, с выполнением геоботанических описаний по традиционной методике. Всего было сделано 46 описаний пробных площадей. В работе приведены результаты экологического анализа ценофлоры сообществ, выделены дериватные сообщества, а также проведена оценка степени сходства изученных сообществ.

В 70–80^х годах XX века *Hipporhæ rhamnoides L.* широко культивировалась садоводами на территории Нижнего Новгорода и его пригородов. Постепенно популярность этой культуры прошла и в настоящее время на садовых участках её можно встретить редко. Однако за прошедшие годы облепиха одичала и стала формировать собственные сообщества. Их площадь сильно варьирует: от небольших групп кустарников площадью 40–50 м² (вне поймы) до обширных зарослей протяженностью 1,5 км (в пойме р. Оки).

Исследования проводились в августе 2019 и в период с июля по август 2021 гг. на территории Автозаводского и Нижегородского районов г. Нижнего Новгорода, детально-маршрутным методом, с выполнением геоботанических описаний по традиционной методике. Было сделано 41 описание пробных площадей в сообществах облепихи (расположенных в пойме р. Оки и на водоразделах) и 5 описаний – в фитоценозах ивы остролистной (*Salix acutifolia Willd.*), так как ранее на данной территории были распространены сообщества именно этого вида.

Установлено, что ценофлора пойменных сообществ облепихи включает 65 видов сосудистых растений из 23 семейств и 54 родов. В

то же время ценофлора облепиховых фитоценозов водоразделов насчитывает 10 видов растений из 6 семейств и 10 родов; в сообществах ивы остролистной выявлено 24 вида из 12 семейств и 24 родов.

Наиболее активно облепиха натурализуется на нарушенных участках, для которых характерна ослабленная межвидовая конкуренция, высокая инсоляция, невысокая плотность почв и нередко наличие различных водоемов (Старченко, Тимченко, Бобенко, 2017). Особенно часто облепиха образует заросли в прирусловой пойме р. Оки. В этих условиях заросли облепихи на значительной территории вытеснили ранее широко распространенные здесь сообщества вербы (*Salix acutifolia*). Эколого-ценотический анализ ценофлор выявил преобладание сорных и луговых видов.

Изученные фитоценозы с доминированием облепихи принадлежат к следующим дериватным сообществам: *Hippophae rhamnoides* [*Agrostio vinealis-Salicion acutifoliae*], *Hippophae rhamnoides* – *Acer negundo* [*Molinio-Arrenatheretea* – *Artemisietea vulgaris*], *Hippophae rhamnoides* – *Acer negundo* [*Artemisietea vulgaris*], *Hippophae rhamnoides* [*Artemisietea vulgaris*], *Hippophae rhamnoides* – *Solidago canadensis* [*Artemisietea vulgaris*]. Сообщества с доминированием ивы принадлежат к асс. *Agrostio tenuis-Salicetum acutifolia* ass.nov. союза *Agrostio vinealis-Salicion acutifoliae* Bulokhov 2005.

По имеющимся данным был подсчитан коэффициент Жаккара для всех описаний, на основе полученных результатов был выполнен кластерный анализ и построена дендрограмма (рисунок 1).

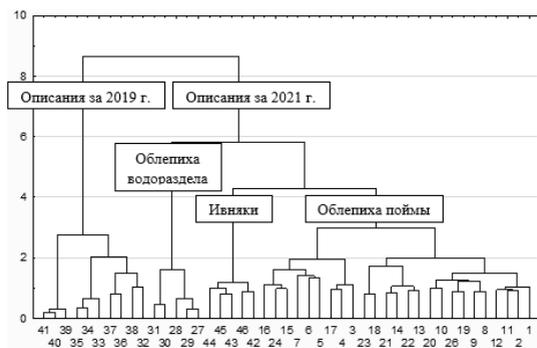


Рисунок 1 - Дендрограмма для ценофлоры сообществ ивы остролистной, облепихи крушиновидной поймы и водораздела

В отдельные кластеры выделились сообщества ивняков, пойменной облепихи, облепихи водораздела и облепихи, описания которой были выполнены в 2019 году. Тот год (2019) очень сильно отличался по климатическим условиям, был очень холодный и дождливый. Также в 20-21х годах на изучаемой территории прошли низовые пожары, в результате чего сильно пострадала растительность.

Наибольшая степень сходства видового состава наблюдалась между группами сообществ ивняков и пойменной облепихи, т.к. в пойме *Hipporphae rhamnoides* L. распространилась именно на месте сообществ с доминированием вербы.

Был подсчитан индекс Шеннона для трех групп сообществ (ивняки – 2.94, сообщества облепихи поймы – 3.63 и сообщества облепихи водоразделов – 2.19).

На территории поймы наблюдается высокое разнообразие видов в фитоценозах, т.к. произрастающая здесь растительность располагается на плодородных алювиальных почвах. Что касается облепишников водораздела, то в данном случае они произрастают на территории с довольно бедными почвами, обуславливающими относительно малое разнообразие видов (Никитин, 1978). Этим объясняется низкая степень сходства сообществ поймы и водоразделов.

Список литературы

- Никитин Б. А. Почвы Горьковской области. Горький: Волго-Вятское изд., 1978. 192 с.
Старченко В.М., Тимченко Н.А., Бобенко В.Ф. О натурализации *Hipporphae rhamnoides* L. в окрестностях г. Благовещенск (Амурская область) // Учен. записки Заб.ГУ. 2017. Т.3, Вып.1. С. 114-120.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СЕТОЧНОМУ КАРТИРОВАНИЮ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ

Гомолко А.А.

Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь, kupalinka20@gmail.com

Рассмотрены основные подходы к сеточному картированию флоры в различных странах Европы. Для территории Беларуси предложено использование в качестве основы уже имеющейся сетки AFE и описан подход ее детализации. Кратко описан алгоритм использования уже накопленных данных при сеточном картировании разных масштабов.

Одной из важных задач, стоящих перед современной флористикой, является выявление закономерностей распространения растений на изучаемых территориях, так как это является фактической базой для рационального использования и охраны растительных ресурсов, охраны эталонных ландшафтов, местообитаний и отдельных видов растений. Особую актуальность эти вопросы приобрели в связи с принятием Международной конвенции по биоразнообразию [1] и разработкой Национального плана действий и Стратегии по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия. Важнейшим методологическим подходом к изучению распространения видов при этом является картирование их распространения (от общего ареала вида до его распространения на какой-либо ограниченной территории).

Все имеющееся в настоящее время разнообразие способов визуализации распространения видов живых организмов на определенной территории можно свести к трем принципиально различающимся подходам: точечный, контурный и сеточный методы картирования [3]. Первые два позиционировались А.И. Толмачевым как основные, в то время как для сеточного метода отмечалась применимость лишь “в отношении стран, удовлетворительно изученных во флористическом отношении” [2: 30]. Возможно, именно авторитетное мнение А.И. Толмачева надолго задержало развитие сеточного картирования в постсоветских странах [4]. В то же время этот метод широко применяется в мире, особенно при изучении флоры европейских стран (см. обзор А. П. Серегина [2]). Этому способствует развитие компьютерных технологий, которые в настоящее время

позволяют значительно упростить эту кропотливую работу.

Сеточное картирование – трудоемкий процесс, требующий большого количества исходного материала. Однако в то же время регулярная сетка способствует рациональному планированию исследований и позволяет в течение относительно небольшого периода времени достигать не только достаточной, но и равномерной изученности изучаемой территории [3]. К сожалению, в Беларуси на сегодняшний день отсутствуют работы по сеточному картированию флоры республики или отдельных ее регионов, хотя идет постоянное накопление фактического материала по распространению отдельных видов.

В настоящее время используются два основных подхода к построению базовой сетки, на которой будет строиться картирование: использование градусной или километровой сетки. Первый подход реализован в ряде стран Центральной Европы (Германии, Словении, Эстонии, Италии, Австрии, Хорватии, Венгрии, Чехии, Словакии) в виде так называемой сетки СЕВА (Central European Basic Area) или Central European MТВ. В ее основе лежит градусная сетка с размерами ячеек 6' по широте и 10' по долготе, которая в свою очередь может дальше дробиться на более мелкие квадраты. Подобный подход, но с другим шагом сетки, был реализован в Латвии и ряде регионов России [2]. Основным недостатком данного подхода является неравноценность получаемых при подобном разбиении ячеек. К примеру, в Европе площади ячеек градусной сети в самых южных районах почти в полтора раза больше, чем в северных (хотя на национальном уровне эти диспропорции уже не столь значительны).

Второй подход – использование километровой сетки с фиксированными размерами ячейки – реализован в Англии, Ирландии, странах Бенилюкса, Польше, Швейцарии, странах Скандинавии, Испании, Португалии, Румынии, Болгарии. Именно этот подход был реализован в рамках самого масштабного на сегодняшний день проекта по картированию флоры – Atlas Florae Europaeae (AFE). Сетка AFE представляет собой сеть квадратов размером 50 x 50 км, привязанную к координатам сети UTM (Universal Transverse Mercator) и MGRS (Military Grid Reference System) [6]. Сетки данного типа, используемые в других странах, либо когерентны сетке AFE (Скандинавия, Болгария, Испания и др.), либо построены произвольным образом (например, в Польше центром стала точка с координатами 53° с. ш. и 19° в. д.,

расположенная в центре страны [7, 5]).

Я считаю, что для территории Беларуси наиболее целесообразно использование в качестве основы уже имеющейся сетки AFE, так как это позволит с минимальными усилиями интегрировать накапливаемую информацию в крупный международный проект. Базовая сетка AFE для Беларуси может быть использована в качестве основы для представления самых общих закономерностей распространения видов. В дальнейшем она может быть детализирована как минимум на двух уровнях. Квадрат сетки AFE может быть разбит на 25 квадратов размером 10 x 10 км. Полученные таким образом квадраты могут использоваться для детального картирования флоры Беларуси или крупных ее частей (области, физико-географические регионы). Квадрат второго уровня может быть еще раз разбит на 25 более мелких квадратов размером 2 x 2 км. Сетки такого масштаба могут использоваться при работе на ограниченных территориях небольшого размера, например, при картировании флоры охраняемых территорий.

Использование подобной иерархической системы сеточного картирования позволит, как нам кажется, решить также проблему корректного использования накопленных ранее данных по распространению видов флоры Беларуси. Ведь для построения карт ареалов с помощью сеточного картирования (как, впрочем, и любого другого) требуется наличие координатной привязки для каждого местонахождения. Наиболее универсальными являются точные географические координаты, однако для большей части гербарных коллекций и литературных указаний их приходится устанавливать ретроспективно (“задним числом”). В этом случае очень важно при геопривязке старых данных учитывать степень точности (погрешность), с которой координаты определены [4]. В том случае, если координаты местонахождения могут быть определены с точностью $\pm 0,5$ км, их можно использовать для крупномасштабного картирования; если с точностью $\pm 1-3$ км – для среднемасштабного, а большей погрешностью – только для мелкомасштабного картографирования или вообще не использовать. При этом в случае создания карт более крупного масштаба местонахождения с низкой точностью необходимо отфильтровать и использовать только более точно привязанные местонахождения.

Список литературы

1. Конвенция о биологическом разнообразии. 5 июня 1992 г. – Минск, 1993. – 32 с. (Препринт / Госэкономплан РБ; № 92-7809).
2. Серёгин, А. П. Сеточное картирование флоры: мировой опыт и современные тенденции / А. П. Серёгин // Вестн. Тверского гос. ун-та. Сер. Биология и экология. – 2013. – Вып. 32. – С. 210–245.
3. Толмачев, А. И. Введение в географию растений / А. И. Толмачев. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1974. – 244 с.
4. Чепинога, В. В. Результаты сеточного картирования сводки “Флора Центральной Сибири” (1979) в цифровом формате: итоги и перспективы использования / В. В. Чепинога, В. А. Петухин, Д. П. Стальмакова // Растительный мир Азиатской России. – 2017. – № 3(27). – С. 70–78.
5. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce = Distribution atlas of vascular plants in Poland / Eds. A. Zając, M. Zając. – Kraków: Instytut Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2001. – 715 p.
6. Suominen, J. The state of Atlas Florae Europaeae – past and present / J. Suominen // Acta Botanica Fennica. – 1999. – Vol. 162. – P. 1–3.
7. Zając, M. Mapping projects of vascular plants distribution in Poland / M. Zając, A. Zając // Acta Botanica Fennica. – 1999. – Vol. 162. – P. 61–66.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ СМЕНЫ ДРЕВЕСНОГО ЭДИФИКАТОРА

Давидович Ю.С.¹, Леготин М.Е.², Созинов О.В.³

¹Белорусский государственный университет; г. Минск, Республика Беларусь, seg89001@gmail.com

²Санкт-Петербургский государственный университет; г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, legotin-2003@mail.ru

³Гродненский государственный университет им. Я. Купалы; г. Гродно, Республика Беларусь, ledum@list.ru

*Проведены мониторинговые геоботанические исследования осинника кисличного на стадии распада древостоя в заповедной зоне Беловежской Пущи (Беларусь). За восьмилетний интервал отмечено достоверное повышение богатства и видового разнообразия живого напочвенного покрова, увеличение доли участия в подросте/подлеске *Picea abies*, *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Corylus avellana*. Виды живого напочвенного покрова, которые существенно изменили свою встречаемость за 8 лет, показали невысокие корреляционные связи с плотностью подроста/подлеска, в первую очередь с древесными видами, создающими высокое затенение.*

Изучение динамики лесной растительности является важным научным вопросом современной геоботаники, особенно в контексте усиленного воздействия на нее антропогенных факторов. На сегодняшний день происходит множество изменений в природопользовательской и природоохранной деятельности, подтверждающие острую необходимость в системе наблюдений за состоянием лесной растительности. Трансформация природной растительности, особенно в особо охраняемых природных территориях (ООПТ), происходит в основном за счет изменения климата, развития транспортной и туристической инфраструктуры, инвазий чужеродных организмов и иных антропогенных факторов [7]. Для учета всех перечисленных процессов необходимо вести комплексный мониторинг природных экосистем, особенно в отношении ООПТ.

Национальный парк «Беловежская Пуща» расположен в юго-западной части Беларуси в пределах подзоны грабово-дубово-темнохвойных лесов, Неманско-Предполесского округа, и образует Беловежский геоботанический район. На данной территории широко распространены елово-сосновые и еловые кустарничково-зеленомошные леса южно-таежного облика, широколиственно-еловые

леса, дубово-грабово-сосновые и широколиственные леса [5]. Мелколиственные леса Беловежской пушчи составляют 27,7% и представлены насаждениями из ольхи черной (15,8%), березы пушистой (3,3%), березы бородавчатой (7,6%), осины (1,0%) и липы [8]. Осиновые леса – высокополнотные, с развитым подлеском и напочвенным покровом, отличаются высокой продуктивностью (до 300 м³/га) [2]. Осина предпочитает богатые влажные почвы с высоким содержанием гумуса и биогенов [6]. Важными вопросами изучения биоэкологии осины являются влияние ее на экотоп, живой напочвенный покров [3], особенностях динамики в ландшафтах [4] etc.

Цель данной работы заключается в изучении динамических процессов видового состава живого напочвенного покрова осинника кисличного в условиях смены типов леса при заповедном режиме природопользования. Объектом исследования является фитоценоз, а предметом – видовой состав и обилие живого напочвенного покрова, подлеска и подроста.

Геоботанические исследования проводили в осиннике кисличном, относящимся к ассоциации орляково-кисличной, находящегося на стадии выпадения осины со сменой на ель в пределах постоянной пробной площади (ППП) № 1 (52°48'50,0" с.ш., 24°14'06,7" в.д.), заложенной в выделе 6 квартала 168 Новоселковского лесничества в 2015 году сотрудниками Института экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, расположенного в заповедной зоне национального парка «Беловежская пушча». Осинник находился на минеральном острове, площадью 23,8 га, среди черноольшанников.

Размер заложенной в 2015 году ППП = 50x80 м. В июле 2023 года нами произведено восстановление структуры ППП при помощи 50-и метровых мерных лент. Учетные площадки закладывали стационарно в узлах равномерной сетки с размером ячеек 100 м². Для определения видового состава, высоты и плотности подроста и подлеска нами заложены учетные площадки 4 м². Аналогичным способом (в тех же локусах) заложены учетные площадки для определения видового состава и обилия живого напочвенного покрова размером 1 м². Объем выборки составил 42 единицы учетных площадок на ППП. Это позволяет использовать данные подроста и подлеска, как фактор, влияющий на живой напочвенный покров. По данным визуальных наблюдений было определено, что структура древостоя за 8 лет не

претерпела катастрофических изменений: произошло ряд вывалов осин и часть елей вышли в I ярус. Распад древостоя с осины сопровождается формированием крупных окон вплоть до ландшафтных полян при доминировании орляка с многоярусной упаковкой валежа, т.е. с резким изменением светового режима биотопа в отдельных локусах.

По результатам полевых почвенных исследований участниками группы лесного почвоведения с помощью почвенных разрезов, глубиной около 1 м, выявлено, что на территории ППП распространены *дерново-подзолистые глееватые рыхлопесчаные почвы*.

Для оценки количественного участия видов в фитоценозе использовалась балльная шкала обилия видов по Браун-Бланке (1964), а для характеристики встречаемости видов – встречаемость (%), переведенная в классы константности [1]. Полученные данные обрабатывали с помощью методов биологической статистики: базовая статистика, тесты, индексы видового разнообразия, богатства, выравненности и доминирования. Согласованную изменчивость видов живого напочвенного покрова и подроста/подлеска оценивали по коэффициенту корреляции Спирмена. Сравнение видового состава живого напочвенного покрова провели с использованием теста ANOSIM (Analysis Of Similarities) на основе меры расстояния Брея-Кертиса [10]. Фитоиндикация экологических режимов – по шкалам Г. Элленберга [11]. Статистическая обработка материала – в MS Excel и PAST 4.13 [13].

Анализ полученных данных показал, что экологические режимы за время наблюдений во многом достоверно ($p < 0,05$ по тексту Манна-Уитни) изменились: увеличилось увлажнение, содержание азота в почве, уменьшилась кислотность при относительно стабильном световом режиме с тенденцией к увеличению светового довольствия ($p > 0,05$). Температурный режим стал более умеренный – скорее всего за счет формирования плотного ЖНП.

В сложении рассматриваемого сообщества за 8 лет увеличилась доля встречаемости *Oxalis acetosella* (с III до V класса), *Trientalis europaea* (с II на IV класс), *Pteridium aquilinum* (с III до IV класса), *Maianthemum bifolium* (с II до III класса), а также *Rubus saxatilis* и *Calamagrostis arundinacea* (с I до II класса). В тоже время уменьшилась доля встречаемости *Dryopteris carthusiana* (с II до I класса).

Видовое разнообразие (по Шенону) и богатство (по Маргалефу) достоверно ($p < 0,05$) увеличилось при стабильном положении

выравненности (удельный индекс Шенона) с тенденцией на снижение показателя доминирования (Бергера-Паркера) (рисунок 1, а). С 2015 по 2023 гг. произошло увеличение видового разнообразия на 17 новых видов при выпадении 1.

За восемь лет произошли существенные изменения в структуре подроста и подлеска: возросла доля ели и широколиственных пород (рисунок 1, б) при минимальном стабильном присутствии осины на фоне появления лещины, рябины и выпадения березы. Эти события сказались на согласованной изменчивости видов ЖНП, которые изменили свой класс константности за 8 лет. По подросту/подлеску до 0,5 м: если в 2015 году выявлены достоверные невысокие корреляционные связи для 2 видов ЖНП – *Rubus saxatilis* ($r=0,5$; $p=0,0035$) с клёном и *Dryopteris carthusiana* ($r=-0,4$; $p=0,06$) с елью, то в 2023 с 4 другими видами: *Oxalis acetosella* ($r=0,6$; $p=0,0005$) с липой и аналогично у *Maianthemum bifolium*. У *Pteridium aquilinum*, как доминанта в своем ярусе, четко обозначились конкурентные взаимоотношения с мелкими входами сильно затеняющих видов древесных растений: $r=-0,4$ при $p < 0,03$ с кленом, елью и лещиной, и $r=-0,5$ при $p=0,003$ с липой. *Trientalis europaea* незначительно уменьшил свое обилие при наличии мелкого подроста клена ($r=-0,3$; $p=0,05$). Во всех случаях корреляционные связи были слабыми, но достоверными.

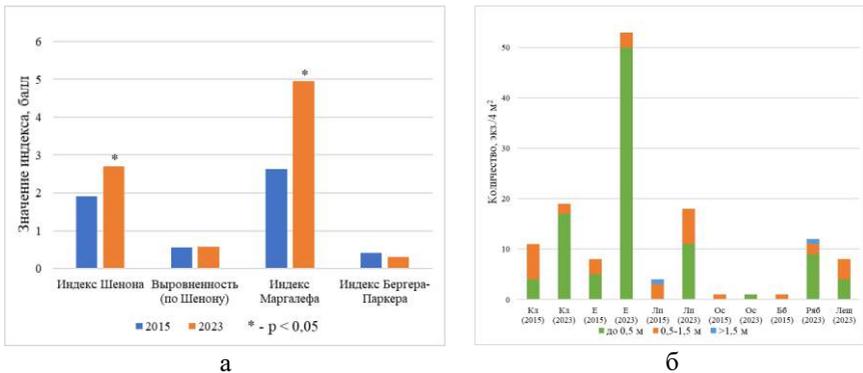


Рисунок 1 – Изменчивость показателей: а - видового разнообразия и богатства; б - подроста и подлеска осинника кисличного на стадии распада

С размерной группой подроста/подлеска 0,5-1,5 м взаимоотношения у видов ЖНП несколько иные: в 2015 г. положительная изменчивость *Rubus saxatilis* ($r=0,7$; $p=0,0000015$) с

липой и *Maianthemum bifolium* ($r=0,4$; $p=0,03$) с березой. В 2023 году положительные корреляционные связи отмечены у двух видов ЖНП только с липой: *Oxalis acetosella* ($r=0,45$; $p=0,01$) и *Maianthemum bifolium* ($r=0,4$; $p=0,02$). Изменчивость суммарной плотности подроста и подлеска и обилия видов ЖНП в 2015 году показало отсутствие достоверных корреляций, доминирующего в окнах, орляка с сохранением положительных связей *Maianthemum bifolium* и *Rubus saxatilis* с листовенными породами и отрицательной *Dryopteris carthusiana* с елью. В 2023 году, при увеличении площади окон и обилия орляка стабильная отрицательная изменчивость ($r=-0,4$) его покрытия с суммарной плотностью подроста/подлеска древесных видов (клён, ель, липа, лещина), создающие сильное затенение. *Oxalis acetosella* ($r=0,6$) и *Maianthemum bifolium* ($r=0,4$) сохраняют устойчиво положительные коррекционные связи с липой ($p < 0,05$) и *Trientalis europaea* с кленом ($r=-0,4$). Доминирование слабых корреляционных связей видов ЖНП и подроста/подлеска свидетельствует о значительной экологической мозаичности биотопа.

Сравнение тестом ANOSIM двух выборок по видовому составу (с обилием) живого напочвенного покрова за два года с интервалом в восемь лет, показало высокую степень различий: $R=0,08298$, $p=0,0034$.

Таким образом, экологические режимы в осиннике кисличном на градиенте усиления распада древостоя из осины и формированием древостоя из ели при наличии крупных окон и полян показали тенденцию к увеличению увлажнения, рН и содержания азота в почве. Виды ЖНП в осиннике кисличном показали невысокую корреляционную изменчивость с плотностью подроста/подлеска, при этом доминирующий в окнах вид – орляк, приобрел за наблюдаемый период 8 лет отрицательные связи с подростом древесных видов, создающими плотное затенение (ель, клён, липа, лещина). В целом, показано увеличение видового разнообразия и богатства при стабильной выравненности и доминирования, что привело за период наблюдения к существенному изменению видового состава и доли участия видов в сложении фитоценоза.

Авторы выражают искреннюю благодарность Институту экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси и Национальному парку Беловежская Пуща за организацию и проведение Молодежной летней школы по лесной фитоценологии SYLVAN-2023, а также всем участникам и кураторам групп. Отдельно благодарим

к.б.н. М.В. Ермохина за предоставление архивных материалов, а также К.В. Добыша, Е.Д. Василевскую и А.Ю. Нуколову за помощь в сборе и обработке полевых данных.

Список литературы.

1. Беляева, Н.В. Обилие и константность как показатели участия вида в сложении растительной ассоциации / Н.В. Беляева, О.И. Григорьева, М.М. Гуталь // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2009. – № 22. – С. 68–75.
2. Брилевский, М.Н. Физическая география Беларуси: пособие / М.Н. Брилевский. – Минск: БГУ, 2022. – 119 с.
3. Варганова, И.В. Неоднородность лесных фитоценозов с участием осины в заповеднике «Столбы», Красноярский край / И.В. Варганова, М.Ю. Тиходеева, В.Х. Лебедева // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2015. – № 178. – С. 108–114.
4. Гусев, А.П. Сравнительный анализ сукцессий растительности в природном и антропогенном окружении / А.П. Гусев // Веснік ВДУ. – 2016. – № 3 (92). – С. 33–38.
5. Карта растительности национального парка «Беловежская пуца»: опыт создания и практического использования / Д.Г. Груммо [и др.] // Геоботаническое картографирование. – 2019. – С. 18–38.
6. Макарова, М.А. Осиновые (*Populus tremula*) леса Северо-Западного Приладожья / М.А. Макарова // Ботанический журнал. – 2020. – Т. 105. – № 10 – С. 957–980.
7. Наземные и дистанционные методы оценки состояния экосистем особо охраняемых природных территорий / Д.Г. Груммо [и др.]; под общ. ред. Д.Г. Груммо, А.В. Судника; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эсперим. ботаники им. В.Ф. Купревича. – Минск: Беларуская навука, 2023. – 351 с.
8. Национальный парк «Беловежская пуца» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://npbp.by/about/about-us-in-details/flora/?ysclid=llddmfzxe705741734>. Дата доступа: 14.08.2023.
9. Синтаксономический анализ восстановительных сукцессий после вырубki светлохвойных лесов Южно-Уральского региона / В.Б. Мартыненко // Журнал общей биологии. – 2014. Т. 75. – № 6. – С. 478–490.
10. Сушко, Г.Г. Программное обеспечение PAST – как инструмент анализа данных в фаунистических исследованиях / Г.Г. Сушко // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2021. – № 3 (126). – С. 55–61.
11. Ellenberg-type indicator values for European vascular plant species / L. Tichý [et al.] // Journal of Vegetation Science. – 2023. – № 34. – P. 1–13.
12. Hammer, Ø. PAST: PAleontological Statistics, Version 4.13. Reference manual / Ø. Hammer. – Natural History Museum; University of Oslo, 2023. – 306 p.

МОНИТОРИНГ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ОПЫТАХ НАУЧНОГО УЧЕБНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА «БОТАНИЧЕСКИЙ САД ПГУ ИМ. Т.Г. ШЕВЧЕНКО»

Дикусар И.Ю., Пазяева Т.В., Чубко В.Н.

Приднестровский Государственный Университет им. Т.Г. Шевченко, НУОЦ
«Ботанический сад ПГУ
им. Т.Г. Шевченко» г. Тирасполь, Приднестровская Молдавская Республика,
Молдавия,
njk7082pb@mail.ru, pazyaevat@mail.ru, pgu.botsad@gmail.com

Формирование видового состава сорных растений происходит под влиянием различных условий и подвергается изменениям в агрофитоценозе. Изучение сорных растений с учетом посева различных сидеральных культур позволяет обнаружить изменения структуры сорного элемента флоры. По литературным данным сидеральные культуры способствуют снижению засоренности полей, играют фитосанитарную роль в севообороте. В статье представлены результаты видового и количественно-весового учета сорных растений в опытах НУОЦ (научного учебно-образовательного центра) «Ботанический сад ПГУ им. Т.Г. Шевченко»

Сообщество сорных растений является обязательным компонентом агрофитоценозов, то есть растительных сообществ культурных растений. Адаптивность культурных, в том числе сидеральных, растений определяется их уникальными качествами, способностью формировать фонд органического вещества при неустойчивых гидротермических условиях в нашей зоне возделывания. В таких же условиях образуется и растёт сообщество различных сорных растений, входящее в посев определённой культуры как компонент агрофитоценоза. Мониторинг структуры сорного компонента на опытных делянках основывается на сведениях фитосанитарного состояния засоренности с использованием необходимых методик [1,2,4].

Сидеральные культуры снижают засоренность полей, выполняют фитосанитарную роль, улучшают водные и физические свойства почвы, повышают продуктивность севооборота и качество получаемой продукции. Необходимо использовать альтернативные источники органического вещества. Сидераты (зеленое удобрение) служат не только одним из таких источников, но помогают использовать из генетических горизонтов почвы фосфор, калий, кальций и магний для включения в биологический круговорот [6].

В работах Е.Н. Мысник, Н.Н. Луновой (2012) установлено, что видовой состав сорных растений формируется под влиянием комплекса условий и подвергается постоянным изменениям. Изучение динамики распространения сорных растений с учетом рудеральных местообитаний позволяет выявить изменения структуры сорного элемента флоры [3]. Отсутствие систематизированных сведений по Приднестровью и предопределяет новизну и актуальность данной работы.

Цель исследования: проанализировать степень специализации сорных видов к условиям в вариантах опытов научного учебно-образовательного центра (НУОЦ) «Ботанический сад ПГУ им. Т.Г. Шевченко» и выявить доминирующие.

Опыты проведены на техногенно преобразованной почве Ботанического сада ПГУ, физические свойства (плотность, общая пористость и пористость аэрации) которой характеризуются оптимальными параметрами в слое 0-30см, соответственно 1,13 г/см³, 58% и 25%. Водная вытяжка из почвы характеризуется сильной щёлочностью, рН 9,1-9,2. В её составе гумус 2-2,4% и по степени его содержания относится к слабогумуссированной почве (менее 4%) [5].

Материал для анализа получен в результате полевых обследований за 2021-2023 гг., осуществляемых в агроценозах посевов сидеральных культур и делянок с внесением соломы и навоза на поле территории НУОЦ «Ботанический сад ПГУ им. Т.Г. Шевченко» по методике А. М. Мальцева с использованием глазомерно-комбинированного метода А.А. Хребтова [4]. То есть, оценку засоренности посевов проводили способом учета показателей обилия: 1. определение численности визуально и в то же время прямой учет количества и массы сорняков на единице площади (1 м²). В основе анализа использовали метод визуального распознавания сорных растений по внешним морфологическим признакам надземной и подземной частей сорняков, а также флористический метод, то есть составление общего списка видов сорных растений, формирование флористического спектра [4]. Распределение видов сорняков по классам постоянства присутствия осуществляли в соответствии с такой шкалой: I класс - на 1-20 % местообитаний; II класс - на 21-40 %; III класс - на 41-60 %; IV класс - на 61-80 %; V класс - на 81-100 % местообитаний [1].

Изучение структуры сорного компонента является

обязательным при проведении таких исследований, как изучение систематического применения органических удобрений на техногенно нарушенной почве. Для полезного обогащения такой почвы органическим веществом в условиях недостатка навоза мы использовали зеленое удобрение различных культур – их растительную массу, запахиваемую в почву в свежем виде или сидерация. Сидеральные удобрения, как правило, улучшают структуру почвы и жизнедеятельность микроорганизмов, а также снижают засоренность полей. В таких опытах учет засорённости посевов является необходимым, так как любое научное мероприятие нужно оценить с точки зрения эффективности борьбы с сорняками.

В опытах на зеленое удобрение выращивали горчицу, фацелию, горох, кукурузу, вику, ячмень с викой, люцерну, из органических удобрений вносили навоз и солому (таблица 1).

Таблица 1. Видовой состав, количество и масса сорняков в опытах НУОЦ «Ботанический сад ПГУ им. Т.Г. Шевченко»

Вид сорняка	Варианты опыта										
	сидеральные культуры								Навоз	Солома	Контроль
	Люцерна	Горчица белая	Фацелия	Эспардет	Горох овощной	Ячмень + Вика	Вика	Кукуруза			
Вьюнок полевой <i>Convōlvulus arvensis L.</i>	-	8	28	24	12	36	10	19	12	-	-
Кирказон ломоносовидный <i>Aristolóchia clematítis L.</i>	188	20	12	204	4	12	20	116	48	68	-
Амброзия полыннолистная <i>Ambrósia artemisiifólia L.</i>	152	24	36	48	320	132	16	44	520	296	232

Дымянка лекарственная <i>Fumária officinális L.</i>	-	-	-	-	-	36	4	-	-	-	-
Марь бѐлая <i>Chenopódium álbum L.</i>	12	-	-	32	24	36	36	52	60	156	128
Щирица запрокинутая <i>Amaranthus retroflexus L.</i>	-	-	4	28	76	21	32	168	160	200	980
Щетйнный или Мьшѐй <i>Setária L.</i>	40	-	-	52	8	4	-	172	40	32	60
Горец пгичий <i>Polygonum aviculáre L.</i>	228	-	-	120	76	4	8	20	12	-	64
Горец перечный или Водяной пѐрец <i>Persicária hydropíper L.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Бодяк, осот розовый <i>Sonchus arvensis L.</i>	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	12
Польнь однолетняя <i>Artemisia annua L.</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Портулак огородный <i>Portúlaca olerácea L.</i>	-	-	-	12	-	-	-	2	-	-	-
Всего, шт./1 м ²	620	52	84	520	520	281	126	594	892	752	1516
Всего, г./1 м ²	3286	224	378	8120	4540	840	391	3900	17500	13536	34100

Анализ результатов количественно-вєсового учета сорных растений показал, что в посевах различных культур к уборке отмечено от 3 (в посевах горчицы) до 8-9 (в посевах эспарцета и кукурузы,

соответственно) видов сорных растений, в том числе 2 вида многолетние (вьюнок и кирказон), а на вариантах с внесением навоза, соломы и контрольном – от 5 до 7 видов. Наибольшее количество сорняков в опыте было в контрольном варианте 1516 шт./м², их масса достигала 34100 г/м². На вариантах с внесением навоза и соломы отмечена также высокая засоренность - 892 и 752 шт./м² с массой растений 17500 и 13536 г/м², соответственно (таблица 1).

Наименьшее количество сорняков было в посевах горчицы – всего 57 шт./м². Масса их составила 224 г/м². Это свидетельствует о высокой конкурентной способности растений горчицы по отношению к сорнякам. Менее конкурентными были растения люцерны 1-го года, где численность сорных растений составила 620 шт./м², а их масса – 3286 г/м². Промежуточное положение по засоренности занимали варианты с посевом гороха, эспарцета и кукурузы – количество сорняков достигало 520 – 594 шт./м², их масса – 8120- 4540 – 3900 г/м², соответственно.

На каждом поле опытов (V класс постоянства присутствия), была зарегистрирована Амбрóзия полынноли́стная [*Ambrósia artemisiifólia* L.] — карантинный однолетний травянистый сорняк семейства Астровые (Asteraceae). В IV класс постоянства присутствия вошли 3 вида: Кирказо́н ломоносови́дный [*Aristolóchia clematítis* L.], семейство Кирказоновые (Aristolochiaceae); Щирица запрокинутая [*Amaranthus retroflexus* L.] семейство Амарантовые (Amaranthaceae). К III классу постоянства присутствия относятся 3 вида: Горец птичий [*Polygonum aviculare* L.] — однолетнее травянистое растение семейства Гречишные (Polygonaceae); Щетинник [*Setária* L.], семейство Мятликовые (Poaceae); Марь бе́лая [*Chenopódium álbum* L.] семейство Амарантовые (Amaranthaceae). Остальные 6 видов входят в состав I и II класса постоянства присутствия в вариантах опыта.

Мониторинг сорных растений в опытах на техногенно преобразованной почве Ботанического сада ПГУ позволил выявить, что произрастало 12 сорных видов из шести ботанических семейств. Доминирующим сорным видом является Амбрóзия полынноли́стная *Ambrósia artemisiifólia* L., наиболее устойчивый и распространенный инвазивный и карантинный объект. Анализ состава сорных растений по продолжительности жизни показал, что преобладают малолетние виды - 75 % (9 видов), доля многолетних видов составляет 25 % (3 вида) от общего количества учтенных. Преобладали в основном рудеральные

однолетние двудольные сорняки.

Список литературы

1. Лунева Н.Н. Геоботанический учет засоренности посевов сельскохозяйственных культур // Методы мониторинга и прогноза развития вредных организмов. - М.; СПб., 2002. - С. 82-88.
2. Лунева Н.Н. Сорные растения и сорная флора как основа фитосанитарного районирования (обзор). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021;182(2):139-150. (электронное издание)
3. Лунева Н.Н., Мыслик Е.Н. Методика изучения распространенности видов сорных растений // Методы фитосанитарного мониторинга и прогноза. - СПб., 2012. - С. 85-92.
4. Методы учета структуры сорного компонента в агрофитоценозах : учебное пособие / сост.: И.В. Фетюхин, А.П. Авдеенко, С.С. Авдеенко, В.В. Черненко, Н.А. Рябцева. – Персиановский : Донской ГАУ, 2018. – С. 19-29.
5. Пилипенко А. Д., Пазяева Т.В., Чубко В. Н. Мониторинг плодородия техногенно преобразованной почвы в Ботаническом саду ПГУ им. Т.Г. Шевченко / Вестник Приднестровского Университета: серия медико-биологические и химические науки, №2(68) - Тирасполь, 2021.– С. 206-210. (электронное издание)
6. Пронина О.В. Влияние сидератов на плодородие черноземных почв и продуктивность севооборотов в Степном Заволжье / Автореф. на соиск. уч. степени канд. с.-х. наук: Кинель, 2005 - 24с.

ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ ЗАКАЗНИКА «ЮНТОЛОВСКИЙ» (Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ) ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА ЗА 2007-2021 ГГ.

Добронравина В.Н.

ФГБУН Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН; г. Санкт-Петербург, Россия, dobronravina.v@yandex.ru

Была исследована динамика видового состава лесных сообществ заказника «Юнтоловский» в 2007-2021 гг. Выявлен рост общего числа видов; их состав заметно обновился, в основном за счет появления большого количества лесных и болотных видов.

Государственный природный заказник «Юнтоловский» – старейшая особо охраняемая природная территория Санкт-Петербурга. Он включает в себя Лахтинский Разлив и большую часть Лахтинского болота (в значительной степени осушенного). Лесная растительность занимает чуть больше половины площади заказника. Одним из основных методов ее изучения является мониторинг природных комплексов на постоянных пробных площадях (ППП) [1, 2]. Всего на территории заказника расположено 12 ППП, из них лесной растительностью (хотя бы частично) заняты 7.

Для анализа динамики видового состава были отобраны 2 постоянные пробные площади (ППП), полностью занятые характерными для территории лесными сообществами: ЮЗ-5 (березово-сосновый лес с елью сфагновый) и ЮЗ-8 (березово-еловый лес с сосной и черной ольхой сфагновый). Были использованы данные мониторинга 2007-2021 годов; наблюдения проводились сотрудниками Ботанического института РАН и СПбГУ 1 раз в 4-5 лет. Изменения оценивались при помощи индексов Жаккара и биотической дисперсии Коха отдельно для трех групп растений – сосудистых, мохообразных (всех субстратных групп) и лишайников (всех субстратных групп). Проективное покрытие видов определялось в 20-кратной повторности на площадках в 1 м².

Увеличение числа видов наблюдается на обеих ППП для сосудистых растений и лишайников, для мохообразных – на ЮЗ-5.

Наиболее заметное обновление видов сосудистых растений наблюдается на ЮЗ-5 (около 40% новых видов), на ЮЗ-8 видовой состав относительно стабилен (менее 30% новых видов); состав

мохообразных и лишайников сильнее обновился на ЮЗ-8 (около 70% и 50% новых видов соответственно против 50% и 30% на ЮЗ-5). На ЮЗ-5 среди сосудистых растений отмечено вселение как видов болотных осок (*Carex pauciflora* Lightf., *Carex paupercula* Michx.), так и типично лесных видов (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) Н. Р. Fuchs, *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt, *Trientalis europaea* L.). На ЮЗ-8 заселяются болотно-лесные (*Carex echinata* Murray, *Molinia caerulea* (L.) Moench) виды.

Флористическая гомогенность во времени исследуемых участков для сосудистых растений несколько ниже на ЮЗ-5 (индекс биотической дисперсии Коха 63% против 72% на ЮЗ-8), что, вероятно, связано с локальным увеличением увлажнения и, как следствие, активным притоком влаголюбивых видов. Для лишайников она заметно ниже на ЮЗ-8 (47% против 67% на ЮЗ-5), в основном из-за изменения состава эпифитных видов. Для мохообразных флористическая гомогенность относительно низкая (ЮЗ-5 – 53%, ЮЗ-8 – 39%). Неустойчиво присутствуют (то появляются, то исчезают) 45% и 30% видов соответственно; это может быть связано как с колебаниями увлажнения, так и с тем, что в отдельные годы (ЮЗ-5 – 2008, 2012; ЮЗ-8 – 2012, 2017) не проводилось полного выявления видового состава мохообразных. И на ЮЗ-5, и на ЮЗ-8 отмечено исчезновение видов нарушенных местообитаний (*Amblystegium serpens* (Hedw.) Bruch et al., *Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid.) и вселение лесных (*Dicranum* spp., *Sciuro-hypnum oedipodium* (Mitt.) Ignatov&Huttunen) и болотных видов (*Sphagnum fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr., *S. flexuosum* Dozy&Molk.).

По результатам мониторинга на обеих ППП наблюдается рост числа видов, в основном за счет лесных и болотных видов, что свидетельствует о восстановлении территории после осушения и торфоразработок. На следующем этапе анализа данных мониторинга планируется анализ изменений структуры исследуемых сообществ.

Список литературы

- Атлас особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга / отв. ред. В. Н. Храмов, Т. В. Ковалева, Н. Ю. Нацваладзе. – СПб., 2016. – 176 с.
Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга: официальный сайт. URL: <https://oort.spb.ru> (дата обращения 20.07.2023).

ОСОБЕННОСТИ СИНАНТРОПИЗАЦИИ ЛУГОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ПОЙМЫ Р. ДНЕПР В ПРЕДЕЛАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕОБОТАНИЧЕСКОЙ ПОДЗОНЫ БЕЛАРУСИ

Добыш К.В.

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальная академия наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: 8kost@mail.ru

По результатам геоботанических исследований поймы р. Днепр, выполненных в 2022 г. в пределах центральной геоботанической подзоны Беларуси, изучены особенности синантропизации луговых фитоценозов.

Пойменные луга являются уникальными биотопами для произрастания дикорастущих растений и обитания диких животных, имеют большое значение для сохранения биологического разнообразия.

В результате хозяйственной деятельности человека и изменения климата в природную растительность внедряются синантропные виды растений, что приводит к трансформации естественных экосистем. Синантропизацию вызывают как чужеродные (адвентивные) виды, так и местные (апофиты), которые адаптировались к новым местам обитания. Изучение синантропного компонента растительного покрова позволяет оценить уровень антропогенного воздействия и трансформации естественных экосистем, что является одной из важнейших экологических проблем современности [1, 2].

При анализе синантропного компонента луговых фитоценозов поймы р. Днепр было использовано 165 геоботанических описаний, выполненных автором совместно с сотрудниками лаборатории геоботаники и картографии растительности Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (к.б.н. Е.Я. Куликовой, Г.В. Ермоленковой, к.б.н. М.Л. Романовой) в июне–июле 2022 г. Полевые работы проводились в Быховском, Рогачевском и Жлобинском районах маршрутно-рекогносцировочным методом [3]. Геоботанические описания были внесены в базу данных с использованием программы TURBOVEG 2 [4], классифицированы согласно типологическим принципам на основе эколого-фитоценотического (доминантного) подхода. При классификации

синантропных видов растений использовались работы Д. И. Третьякова [5, 6]. Индексы синантропизации, апофитизации и адвентизации фитоценозов рассчитывались без учета обилия растения в фитоценозе. Постоянство видов в сообществе оценивали по 5-бальной шкале [7]: I – 1–20%; II – 21–40; III – 41–60; IV – 61–80; V – 81–100%.

Ценофлора исследуемых луговых сообществ представлена 233 видами сосудистых растений, из них 125 синантропных видов: 106 апофитов и 19 адвентивных. Наибольший коэффициент встречаемости среди апофитов имеют: *Ranunculus repens* (0,412), *Ptarmica cartilaginea* (0,406), *Carex praecox* (0,359), *Lysimachia vulgaris* (0,335) (таблица 1).

Таблица – 1 Наиболее распространенные апофиты в луговых фитоценозах поймы р. Днепр в пределах центральной геоботанической подзоны Беларуси

Вид	Коэффициент встречаемости	Класс встречаемости
<i>Ranunculus repens</i>	0,412	III
<i>Ptarmica cartilaginea</i>	0,406	III
<i>Carex praecox</i>	0,359	II
<i>Lysimachia vulgaris</i>	0,335	II
<i>Vicia cracca</i>	0,318	II
<i>Poa palustris</i>	0,312	II
<i>Lysimachia nummularia</i>	0,3	II
<i>Glechoma hederacea</i>	0,276	II
<i>Rumex crispus</i>	0,259	II
<i>Cirsium arvense</i>	0,253	II

Доминантными видами-апофитами в исследуемых фитоценозах являются: *Phragmites australis*, *Agrostis stolonifera*, *Glyceria maxima*, *Ranunculus repens*, *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Bromopsis inermis*, *Poa palustris*, *Carex praecox*, *Bromus mollis*, *Festuca rubra*, *Agrostis gigantea*, *Festuca pratensis*, *Elytrigia repens*.

Среди адвентивных видов широкое распространение в луговых фитоценозах получил щавель конский (*Rumex confertus*), имеющий 3 класс встречаемости (таблица 2). Наибольшее обилие данный вид получил в фитоценозах, где осуществлялся выпас крупного рогатого скота. Было выявлено 7 инвазионных видов растений из «Чёрной книги флоры Беларуси»: *Acorus calamus*, *Bidens frondosa*, *Conyza canadensis*, *Echinocystis lobata*, *Oenothera biennis*, *Rumex confertus*,

Xanthium albinum.

Таблица – 2 Встречаемость адвентивных видов растений в луговых фитоценозах поймы р. Днепр в пределах центральной геоботанической подзоны Беларуси

Вид	Коэффициент встречаемости	Класс встречаемости
<i>Rumex confertus</i>	0,288	III
<i>Br omus mollis</i>	0,047	I
<i>Echinocystis lobata</i>	0,024	I
<i>Berteroa incana</i>	0,018	I
<i>Bidens frondosa</i>	0,018	I
<i>Vicia tetrasperma</i>	0,018	I
<i>Conyza canadensis</i>	0,012	I
<i>Myosotis arvensis</i>	0,012	I
<i>Veronica arvensis</i>	0,012	I
Виды: <i>Acorus calamus</i> , <i>Artemisia absinthium</i> , <i>Capsella bursa-pastoris</i> , <i>Carduus acanthoides</i> , <i>Cuscuta epilinum</i> , <i>Lactuca serriola</i> , <i>Oenothera biennis</i> , <i>Potentilla norvegica</i> , <i>Viola arvensis</i> , <i>Xanthium albinum</i> – имеют коэффициент встречаемости менее 0,01.		

Наибольшим значением индекса синантропизации характеризуются сообщества остепненных и настоящих лугов (таблица 3). Это ценозы *Festuca pratensis* – 0,86 (max. – 0,87; min. – 0,86), *Festuca rubra* – 0,83 (max. – 0,93; min. – 0,69), *Elytrigia repens* – 0,71 (max. – 0,79; min. – 0,64). Наименьшее значение индекса синантропизации имеют фитоценозы болотистых лугов. Это ценозы *Carex acuta* – 0,40 (max. – 0,62; min. – 0), *Calamagrostis canescens* – 0,41 (max. – 0,48; min. – 0,33), *Glyceria maxima* – 0,41 (max. – 0,57; min. – 0,17), *Carex vulpina* – 0,42 (max. – 0,53; min. – 0,30). Низкий уровень синантропизации фитоценозов болотистых лугов связан с их расположением в пойме реки с длительным периодом затопления, а также с меньшей антропогенной нагрузкой в данных фитоценозах.

Таблица – 3 Значение индексов синантропизации, апофитизации и адвентизации луговых сообществ поймы р. Днепр в пределах центральной геоботанической подзоны Беларуси

Сообщества	n	Индекс синантропизации			Индекс апофитизации			Индекс адвентизации		
		Ср.	Ма х.	Min.	Ср.	Ма х.	Min.	Ср.	Ма х.	Min.
Остепненные	23	0,61	0,96	0,33	0,58	0,92	0,33	0,03	0,14	0
<i>Calamagrostis epigeios</i>	3	0,58	0,64	0,50	0,58	0,64	0,50	0	0	0
<i>Carex praecox</i>	11	0,62	0,86	0,47	0,58	0,82	0,40	0,04	0,14	0
<i>Poa angustifolia</i>	9	0,60	0,96	0,33	0,57	0,92	0,33	0,03	0,05	0
Настоящие	37	0,61	0,93	0,32	0,58	0,84	0,32	0,03	0,20	0
<i>Elytrigia repens</i>	2	0,71	0,79	0,64	0,68	0,71	0,64	0,04	0,07	0
<i>Festuca pratensis</i>	2	0,86	0,87	0,86	0,82	0,84	0,81	0,04	0,05	0,03
<i>Festuca rubra</i>	3	0,83	0,93	0,69	0,73	0,80	0,66	0,10	0,20	0,30
<i>Galium physocarpum</i>	20	0,50	0,67	0,32	0,48	0,63	0,32	0,02	0,07	0
<i>Poa pratensis</i>	10	0,67	0,78	0,58	0,63	0,72	0,53	0,04	0,07	0
Сырые	34	0,60	0,85	0,33	0,57	0,76	0,33	0,03	0,17	0
<i>Agrostis stolonifera</i>	7	0,55	0,85	0,33	0,49	0,69	0,33	0,06	0,17	0
<i>Alopecurus pratensis</i>	22	0,61	0,81	0,38	0,58	0,76	0,38	0,02	0,06	0
<i>Poa palustris</i>	5	0,64	0,67	0,60	0,62	0,67	0,58	0,02	0,08	0
Болотистые	71	0,46	0,67	0	0,45	0,67	0	0,01	0,10	0
<i>Calamagrostis canescens</i>	2	0,41	0,48	0,33	0,41	0,48	0,33	0	0	0
<i>Carex acuta</i>	19	0,40	0,62	0	0,40	0,62	0	0,01	0,10	0
<i>Carex vulpina</i>	2	0,42	0,53	0,30	0,42	0,53	0,30	0	0	0
<i>Eleocharis palustris</i>	3	0,51	0,64	0,43	0,51	0,64	0,43	0	0	0

<i>Glyceria maxima</i>	15	0,41	0,5 7	0,17	0,4 1	0,5 7	0,17	0,0 1	0,0 8	0
<i>Phalaroides arundinacea</i>	27	0,51	0,6 7	0,30	0,5 0	0,6 7	0,30	0,0 1	0,1 0	0
<i>Phragmites australis</i>	3	0,47	0,5 4	0,43	0,4 7	0,5 4	0,43	0	0	0
Общий	16 5	0,55			0,5 2			0,0 2		

Список литературы

1. Бурда, Р. И. Антропогенная трансформация флоры / Р. И. Бурда. – Киев : Наук. думка, 1991. – 168 с.
2. Kornas, J. Oddziaływanie czelowieka na flore: mechanizm i konsekwencje / J. Kornas // Wiadom. Bot. – 1981. – Т. 25. – S. 165–182.
3. Корчагин, А. А. Полевая геоботаника. Методическое руководство / А. А. Корчагин, Е. М. Лавренко. – Ленинград : Наука, 1964. – Т. 3. – 530 с.
4. Hennekens, S. M. & J. H. J. Schaminée (2001). Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data Journal of Vegetation Science 12: 589–591.
5. Третьяков, Д. И. Адвентивная фракция флоры Беларуси и её становление / Д. И. Третьяков // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики : материалы IV раб. совещ. по сравн. флористике, Берез. биосфер. заповедник, 1993 г. / Рос. акад. наук [и др.] ; редкол.: Б. А. Юрцев (отв. ред.). – СПб, 1998. – С. 250–259.
6. Третьяков, Д. И. Роль синантропного компонента в формировании флоры Белоруссии : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Д. И. Третьяков ; Ин-т эксперим. бот. им. В. Ф. Купревича АН БССР. – Минск, 1990. – 20 с.
7. Миркин, Б.М. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии / Б.М. Миркин, Г.С. Розенберг, Л.Г. Наумова ; под ред. Б.М. Миркина. – М., 1989. – 222 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ГЕОГРАФИЧЕСКИМИ КООРДИНАТАМИ НА ПРИМЕРЕ ПОДГОТОВКИ ИЛЛЮСТРАТИВНЫХ КАРТ К ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

Евсеева М.М., Слесарёнок Я.Ю.

Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси (MSK-V), Минск, m.yauseyeva@yandex.by, Slesarenok_yana@mail.ru

Работа по изучению региональной флоры является времязатратным процессом. Приводится пример алгоритма упрощения создания иллюстративных флористических картосхем путём использования современных цифровых технологий.

Изучение региональных флор — довольно трудоёмкий процесс, включающий в себя большее количество повсеместных полевых исследований и много кропотливого ручного труда. Постоянно пополняющийся большой объём материала требует много времени на его обработку.

В данной работе приводится пример оптимизации одной из задач, решаемых при подготовки фундаментального издания «Флора Беларуси. Сосудистые растения» [1]. Для создания монографии необходимо постоянное создание большого количество картографического материала с преимущественно точечной информацией. К четвёртому изданию Флоры требовалось создание более 500 карт за ограниченный период времени. Ранее используемый способ составления картосхем распространения видов растений путём нанесения точечных объектов вручную, используя топографическую подложку к картосхеме, не мог быть использован в силу своей времязатратности.

Успешная и своевременная подготовка иллюстративного материала к рукописи потребовала использование цифровых инструментов поиска и обработки информации.

Материал с информацией о местоположении точек предоставлялся в текстовом виде (Рисунок 1). Задача, которую предстояло решить, сводилась к организации текстовой информации в пригодный для работы вид и быстрый поиск географических координат точек.

Витебская обл.: *Бешенковичский р-н:* г.п. Бешенковичи; *Витебский р-н:* г. Витебск, д. Бол. Летцы (Index, 1915); *Миорский р-н:* г. Миоры; *Полоцкий р-н:* г. Полоцк; *Чашицкий р-н:* г. Чапники.

Гомельская обл.: *Гомельский р-н:* г. Гомель, д. Высокая Грива Поколюбичского с/с, д. Цагельня; *Жлобинский р-н:* г. Жлобин (MSK).

Гродненская обл.: *Волковысский р-н:* г. Волковыс (MSK); *Гродненский р-н:* г. Гродно (MSK), п. Барановичи; *Мостовский р-н:* г. Мосты; *Сморгонский р-н:* г. Сморгонь.

Минская обл.: *Вилейский р-н:* г. Вилейка; *Логойский р-н:* окр. г.п. Плещеницы (MSK); *Минский р-н:* г. Минск (Дубовик и др., 2012), окр. д. Боровляны, дичает (MSK), окр. д. ...

Рисунок 1 – Фрагмент изначального материала

Вся информация имела блочную структуру с тремя основными категориями: “Область”, “Район” и “Населённый пункт” (Рисунок 2).

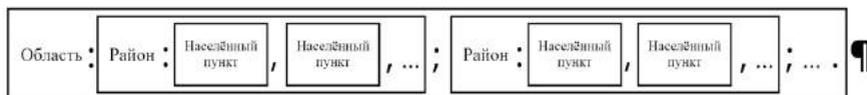


Рисунок 2 – Схема структуры текста

Блоки разделялись между собой пунктуацией: от категории к категории переход обозначался двоеточием, блоки “Район” внутри одного блока “Область” разделялись точкой с запятой, блоки “Населённый пункт” внутри одного блока “Район” разделялись запятыми. Переход к новому блоку “Область” обозначался абзацем. Информация в скобках не бралась во внимание.

Для приведения информации в рабочий вид был написан скрипт, разбивающий всю информацию на отдельные строки, включающие всю необходимую информацию (Область, Район, Населённый пункт). После встраивания скрипта через Google Apps Script [3] в Google Таблицы [2] получилась программа, преобразовывающая абзацы текста в отдельные строки таблицы (Рисунок 3):

Гродненская обл. Мостовский р-н г. Мосты
Гродненская обл. Сморгонский р-н г. Сморгонь.
Минская обл. Вилейский р-н г. Вилейка
Минская обл. Логойский р-н окр. г.п. Плещеницы
Минская обл. Минский р-н г. Минск
Минская обл. Минский р-н окр. д. Боровляны
Минская обл. Минский р-н дичает
Минская обл. Минский р-н окр. д. Петришки

Рисунок 3 – Фрагмент полученной таблицы

После того, как каждая строчка стала отвечать за конкретную точку на карте, было подключено расширение “Geocode by Awesome Table”[4], которое находит географические координаты широты и долготы по написанному адресу. В нашем случае точный адрес не предоставлялся, потому координаты выдавались середины населённых пунктов (Рисунок 4).

Гродненская обл. Мостовский р-н г. Мосты	53.4074732	24.5349704
Гродненская обл. Сморгонский р-н г. Сморгонь.	54.4811688	26.4014213
Минская обл. Вилейский р-н г. Вилейка	54.4953565	26.9158502
Минская обл. Логойский р-н окр. г.п. Плещеницы	54.4225443	27.8344714
Минская обл. Минский р-н г. Минск	53.9006011	27.558972
Минская обл. Минский р-н окр. д. Боровляны	54.0015223	27.6685141
Минская обл. Минский р-н дичает	53.9475861	27.4848989
Минская обл. Минский р-н окр. д. Петришки	54.0680275	27.2222299

Рисунок 4 – Фрагмент таблицы после выполнения программы с подстановкой координат

Следом шёл этап исправления ошибок.

Ошибки встречались двух категорий:

1) Текстовые. Они могли возникнуть из-за ошибок в пунктуации исходного текста, или из-за наличия дополнительной информации в описании населённого пункта, которая считалась программой как отдельный населённый пункт. На рисунке 3 такой ошибкой является, например, строчка “Минская обл. Минский р-н дичает”, полученная из строчки в тексте “Минский р-н: г. Минск (Дубовик и др., 2012), окр. д. Боровляны, дичает (MSK)”.

2) Ошибки в выводе координат. Причиной им служило отсутствие или смена названия отдельных населённых пунктов на Google Картах. В таких случаях программа выдавала координаты наиболее похожих по названию населённых пунктов, иногда из другого района или даже другой страны.

Решением первых служил ручной просмотр таблицы.

Решением вторых стала встроенная функция таблиц “Условное форматирование”. Были установлены условия: координаты выходят за пределы крайних точек Беларуси или координаты двух точек совпадают.

После исправления выявленных ошибок таблица сохранялась в формате .xlsx и загружалась в ArcMap через инструмент “Convert

Coordinate Notation". Туда же подгружалась заранее созданная карта районов Беларуси и работа была завершена.



Рисунок 5 – Готовая иллюстративная карта

Таким образом, для оптимизации работы по обработке и поиску информации нами использовалось 4 инструмента: Google Таблицы, Google Apps Script, Geocode by Awesome Table, ArcMap (ERSI ArcGIS). Это в значительной мере упростило и сократило объёмную рутинную работу по созданию однотипных иллюстраций к монографии.

Список литературы

1. Флора Беларуси. Сосудистые растения. В 6 т. Т. 3. / Д. В. Дубовик [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфенова ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 573 с.
2. Google Таблицы [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: URL.: <https://docs.google.com/spreadsheets/>
3. Google Apps Script [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: URL.: <https://www.google.com/script/start/>
4. Geocode by Awesome Table [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: URL.: https://workspace.google.com/marketplace/app/geocode_by_awesome_table/904124517349?hl=ru

СООБЩЕСТВА МЕСТ ДОЛГОГО ЗАЛЕГАНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Етылина А.С.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический институт
им. В.Л. Комарова Российской академии наук, г. Санкт-Петербург
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный парк
«Берингия», Чукотский автономный округ
etylina.a.s@gmail.com

На основе материалов собранных в 2018-2021 г. на юге-востоке Чукотского полуострова выделены сообщества мест долгого залегания снежного покрова.

Материалы получены автором при полевых работах в 2018-2021 гг. на юге-востоке Чукотского полуострова, которые были обработаны для целей классификации растительности методом Браун-Бланке [2]. Описания выполнялись на пробных площадях 16 м². Из общего массива была выделена группа из 18 описаний, в которой постоянство кассиопеи составляет V по шкале, принятой для этой классификации [3]. Ценофлора насчитывает 150 видов (видовое богатство составляет от 16 до 36 видов на площадке); из них сосудистых – 70, мохообразных – 41, лишайников – 39.

Согласно схеме геоботанического районирования, данная территория относится к подзонам средних и северных гипоарктических тундр [1]. В районе исследования хорошо выражен среднегорный рельеф, с разнообразным рельефом: холмами, оврагами, ущельями.

Сопоставление данной группы с остальными сообществами позволило выявить диагностическую группу видов, характеризующуюся превышением величины постоянства ряда видов на 1 и более баллов. В эту группу вошли *Cassiope tetragona*, *Luzula tundricola*, *Dicranum spadicium*, *Stereocaulon alpinum*. Проективное покрытие кассиопеи в этих сообществах варьирует в диапазоне 20–50%. В группу характерных видов с постоянством II входят *Cetraria islandica*, *Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus*, *Sanionia uncinata*.

На основе данной группы видов была предварительно выделена ассоциация, которая распространена по всей территории юго-востока Чукотского полуострова и хорошо узнаваема в поле.

Сообщества имеют нерегулярно-мозаичную структуру [4], элементом которой являются тянущиеся пятнами заросли кассиопеи

диаметром от 30 до 70 см, возвышающиеся на 10 см над мохово-лишайниковым ярусом. Площадь сообществ варьирует от 8 м² до 30 м².

Сообщества с кассиопеей *Cassiope tetragona* на Чукотском полуострове распространены у подножий южных и юго-западных склонов, в местах долгого залегания снежного покрова, на высотах от 20 до 150 м над ур. м., на пологих склонах (<5°), с макро-мезохионными условиями заснеженности [5] (мощность снежного покрова достигает 1,5 м). Глубина протаивания мерзлоты на этих участках – 10–18 см, почвы среднесуглинистые.

Список литературы

1. Юрцев, Б.А. Конспект флоры Чукотской тундры / Б. А. Юрцев, Т. М. Королева, В. В. Петровский, Т. Г. Полозова, П. Г. Жукова, А. Е. Катенин. – Санкт-Петербург: ВВМ, 2010. – 628 с.
2. Westhoff, V. The Braun-Blanquet approach. 2 ed. / V. Westhoff, E. van der Maarel // Classification of plant communities. – The Hague: 1978. – P. 287–399.
3. Миркин, Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии / Б. М. Миркин, Г. С. Розенберг, Л. Г. Наумова. – Москва: Наука, 1989. 223 с.
4. Матвеева, Н.В. Зональность в растительном покрове Арктики / Н. В. Матвеева // Труды БИН РАН. – Вып. 21. – Санкт-Петербург, 1998. – 220 с.
5. Холод, С.С. Роль снежного покрова в дифференциации растительности южной части острова Врангеля. Ценогический уровень / С. С. Холод // Ботанический журнал. –1993. – Т. 78, № 1. – С. 45–58.

ДЫНАМІКА ЛЯСНОГА ФОНДУ АСУШАНАЙ ЧАСТКІ РАСОЛІШСКАГА ЛЯСНІЦТВА

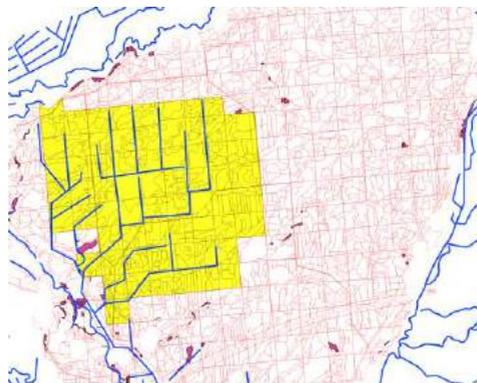
Комар А.Ю.

Дзяржаўная навуковая ўстанова «ІНСТЫТУТ ЭКСПЕРЫМЕНТАЛЬнай БАТАНІКІ
ІМЯ В.Ф. КУПРЭВІЧА НАЦЫЯНАЛЬнай АКАДЭМІ НАВУК БЕЛАРУСІ»,
Мінск, Беларусь, e-mail: artur.komar@tut.by

Прыводзіцца дынаміка ляснога фонду асушанай часткі Расолішкага лясніцтва (заказнік «Налібоцкі»). Пры параўнанні матэрыялаў лесаўпарадкавання асушанай часткі лясніцтва пачынаючы з 1974 г. выявілі сталае павышэнне долі адкрытых балотаў, што сведчыць пра прэцэсы дэградацыі асушальных сетак і паўторнае абвадненне тэрыторыі. У першае дзесяцігоддзе пасля асушэння панізіўся сярэдні клас банітэту насаджэнняў у выніку паляпшэння даступнасці лясоў і іх актыўнай высечкай, далей ён стала расце. У апошняе дзесяцігоддзе фіксуецца рэзкае павелічэнне долі экатонных звойнікаў чарнічных на фоне скарачэння долі багуновых, што сведчыць пра значную трансфармацыю такіх хвойнікаў.

Актыўная гідралесамеліярацыя 1960–1980-х гг. XX ст. змянілася адсутнасцю догляда за асушальнымі сістэмамі пачынаючы з 1990 гг [1, 2]. Лясы заказніка «Налібоцкі» характарызуюцца значнай антрапагеннай трансфармацыяй – тут адзначаецца наяўнасць густой сеткі асушальных каналаў. У лясах рэспубліканскага заказніка прысутнічаюць пэўныя абмежаванні на гаспадарчую дзейнасць, што дае магчымасць у больш поўнай меры адсачыць натуральныя сукцэсіі.

Аналіз дынамікі ляснога фонду зроблены на прыкладзе асушанай часткі Расолішкага лясніцтва Іўеўскага лясгаса (кварталы 68–75, 87–95, 106–114, 124–132, 142–150, 159–167, 175–181, 191–196, 205) агульнай плошчай 1657,2 га, на якое маюцца звесткі таксацыі шасці тураў лесаўпарадкавання – 1974, 1984, 1994, 2000, 2008, 2017 гг. (малюнак 1).



**Малюнок 1 – Адабрана для аналізу території з асушаними лісами
Расолішкага лясніцтва**

Аналіз свідчить, що заняття лесам землі дамінують у лясным фондзе (табліца 1).

Доля лясных земляў панізілася на 2,5% з 97,7 да 95,2%. Адразу пасля правядзення асушальнай меліярацыі знізілася колькасць адкрытых балотаў. Затым іх колькасць паступова стала расце, што звязана з паўторным забалочваннем у выніку спынення функцыянавання асушальнай сеткі, ў т.л. у выніку дзейнасцю баброў (малюнак 2). Доля занятых лесам земляў расце, у той жа час паніжаецца доля земляў незанятых лесам.

Табліца 1 – Дынаміка зменаў ляснога фонду часткі Расолішкага лясніцтва па гадах, га/%

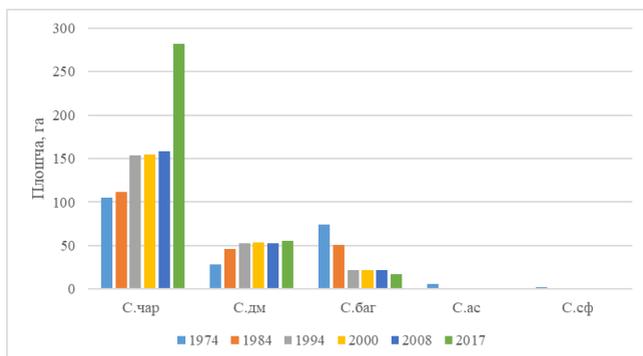
Від земляў	Плошча па гадах					
	1974	1984	1994	2000	2008	2017
1	2	3	4	5	6	7
1 Лясныя землі, у т.л.:	1580,1	1580,6	1567,1	1550,9	1562,1	1577,0
	97,7	97,7	96,5	95,4	95,7	95,2
1.1 Занятты лесам;	1317,4	1498,9	1480,6	1495,9	1541,5	1558,8
	81,4	92,6	91,2	92,0	94,4	94,1
1.2 Незанятты лесам;	262,7	81,7	86,5	55,0	20,6	18,2
	16,2	5,1	5,3	3,4	1,3	1,1
2 Нелясныя землі, у т.л.:	44,9	37,6	57,2	75,5	70,9	80,2
	2,8	2,3	3,5	4,6	4,3	4,8
2.1 Землі пад балотамаі;	6,9	2,8	4,9	19,0	28,5	40,7
	0,4	0,2	0,3	1,2	1,8	2,5
2.2 Землі пад водамі, у т.л.:	16,7	15,6	23,4	23,3	7,7	8,3
	1,0	1,0	1,4	1,4	0,5	0,5

Канал;	16,7	15,6	23,4	23,3	7,5	8,3
	1,0	1,0	1,4	1,4	0,5	0,5
Возера;	–	–	–	–	0,2	–
	–	–	–	–	<0,1	–
2.3 Землі пад дарогамі;	0,4	6,9	14,9	19,8	19,7	16,4
	<0,1	0,4	0,9	1,2	1,2	1,0
2.5 Землі пад просекамі;	20,9	12,3	13,5	13,0	14,8	14,5
	1,3	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9
2.6 Іншыя землі.	–	–	0,5	0,4	0,2	0,3
	–	–	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Разам	1625,0	1618,2	1624,3	1626,4	1633,0	1657,2



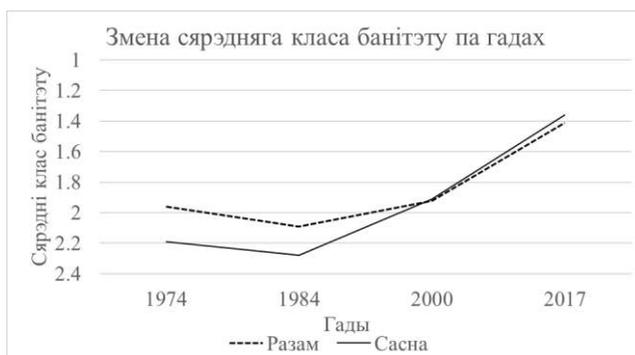
Малюнак 2 – Дынаміка плошчы пад балотамі

Па меліяраванай частцы лясніцтва расце плошча як экатонных тыпаў лесу са 133,0 да 337,8 га, так і плошча лясоў на балоце (на 171,7 га) (малюнак 3). Пры гэтым рост лясоў па балоце адбываецца пераважна за кошт вытворных дробналісцевых фітацэнозаў, а плошча карэнных хваёвых лясоў на балоце скарачаецца з 82,6 да 17,2 га. Гэта тлумачыцца татальнай тэндэнцыяй паніжэння УГВ у рэгіёне ў выніку асушэння. Рост долі бярозавых і чорнаальховых балотных лясоў з 91,8 да 222,9 га звязаны з паўторным забалочваннем у выніку дзейнасці бабра на тэрыторыі заказніка. Рэзкі рост долі чарнічных хвойнікаў у апошнія дзесяцігоддзе, магчыма, звязаны са зменамі клімата. З 1990-х гг. тэмпературы павысіліся і панізіўся гідратэрмічны каэфіцыент [3]. У выніку назіраецца трансфармацыя багуновых хвойнікаў у чарнічныя.



Малюнак 3 – Дынаміка плошчы балотных і экатонных хвойнікоў

За перыяд з 1984 да 2017 г. павялічылася прадукцыйнасць лясоў (малюнак 4).



Малюнак 4 – Дынаміка сярэдняга банітэту па асушанай частцы Расолішкага лясніцтва

Імаверна, паніжэнне сярэдняга класа банітэту ў першае дзесяцігоддзе (1974–1984 гг.) звязанае з павелічэннем даступнасці лясоў і лепшыя з іх былі высечаныя.

Такім чынам, разам са зменамі тыпалагічнай структуры лясоў у бок больш сухіх тыпаў павышаецца і іх прадукцыйнасць. Акрамя таго, на некаторых участках дзе аднаўляецца гідралагічны рэжым ідзе трансфармацыя хвойнікаў верасовых III класа у больш прадукцыйныя хвойнікі бруснічныя і імховыя II класа банітэту. Варта адзначыць, што расце сярэдні ўзрост хвойнікаў, таму мае месца змены ўзроставай асацыяцыі верасовых лясоў у імховы тып [4]. Таксама, расце доля

адкрытых балотаў за кошт абваднення нізкапрадукцыйных лясоў, што, у т.л. прыводзіць да павышэння сярэдняга класа банітэту.

Спіс літаратуры

1. Комар, А.Ю. Сучасны стан экасістэмаў часткі заказніка «Налібоцкі» пад уздзеяннем асушальнай меліярацыі / А.Ю. Комар, С.С. Цярэшчанка // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2020. – № 2 (235). – С. 39–43.

2. О стратегии и схеме устойчивого использования земель с измененным гидрологическим режимом в лесном фонде Республики Беларусь / А.В. Судник [и др.]. – Природные ресурсы. – 2022. – № 2. – С. 75–86. Ламан, Н. А. Накопление диосгенина в растениях *Dioscorea alata* L., выращенных в лабораторных условиях / Н. А. Ламан, Н. А. Копылова, Е. Н. Карасева // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С. 170–175.

3. Динамика и состояние болотных и заболоченных сосновых лесов Беловежской пуши / М. В. Ермохин [и др.] // Ботаника (Исследования): сб. науч. тр. Вып. 50 / Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси. – Минск, 2021. – 448 с. – С. 171–194.

4. Комар, С. А. Прасторава-часавыя змены саснякоў верасовых на тэрыторыі Бярэзінскага біясфернага запаведніка / С. А. Комар // Тр. БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2020. – № 1. – С. 18–22.

ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ МАЛОГО ВОДОКА В ГРАНИЦАХ УРБАНИЗИРОВАННОГО ЛАНДШАФТА

Кротов А.Б.

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова; г. Ярославль, Россия, Советская ул., 14, Ярославль, Ярославская обл., 150003, E-mail: rectorat@uniyar.ac.ru

Установлено, что развитие водной растительности происходит только в участках зарегулированного русла – прудах, видовое богатство которых оценивается в 50 видов сосудистых растений. К «водному ядру» флоры относятся 25 видов. Ценотическое разнообразие прудов описано 18 ассоциациями, относящихся к 12 формациям и 3 классам формаций. Мелководность участков естественного русла является определяющим фактором отсутствия в них водной растительности.

На долю малых рек приходится значительная часть поверхностных водных ресурсов страны. Только для Ярославской области на малые реки приходится до 92% состава [4]. Малые реки в значительной мере формируют гидрологический режим средних и крупных рек, определяют своеобразие состава воды и водных биоценозов, регулируют микроклимат, влажность воздуха и почвы, обеспечивают меженное питание крупных рек.

Вместе с тем экологические системы малых рек наиболее хрупки и уязвимы, поскольку характеризуются сравнительно малой водностью и повышенной реакцией на циклические колебания климата и хозяйственное использование. Протекая по территориям жилой и производственной застройки городов, реки подвергаются интенсивному антропогенному загрязнению, вследствие чего резко меняется качество воды и химический состав примесей в ней. Это влияет не только на биоту водных экосистем, но и на здоровье человека.

В этой связи актуальным является изучение гидрофильной растительности малых водотоков в границах урбанизированного ландшафта. Данные фиторазнообразия как важнейшего звена экосистемы водного объекта могут быть полезны как для индикации антропогенного воздействия, так и для оценки экотопической неоднородности водотока в целом и его отдельных участков.

Цель данного исследования – изучение флористико-ценотического разнообразия, особенностей пространственного распределения и частоты встречаемости растительных сообществ малой реки Дунайка в границах урбанизированного ландшафта (г.

Ярославля) и в связи с особенностями ее геоморфологии.

Объект – река Дунайка, правый приток первого порядка р. Волги (Горьковского водохранилища). Дунайка относится к категории очень малых рек: протяженность 9,53 км, средняя площадь водосбора (21,6 км²) [4], представлена участками естественного и зарегулированного с образованием 5 прудов русла. Уровень воды в реке зависит от количества выпадающих осадков, грунтовых вод и испаряемости. В основном течение реки проходит по рыхлым породам, легко размываемых водой, поэтому в них много взвешенных частиц. Река протекает по исторически освоенному ландшафту с меняющейся в разные периоды системой землепользования (строительство в устье реки серно-купоросного завода и поселения в середине XIX века; грузовых причалов, нефтеналивных, лесопильных предприятий, железнодорожной ветки, формирование вблизи русла реки сети населенных пунктов – конец XIX – начало XX века; распашка прилегающих территорий, многоэтажная застройка, строительство судостроительного завода, создание искусственного водоема в микрорайоне Судостроителей, расширение жилой и промышленной зон – середина XX века по настоящее время).

Полевые исследования реки проводилось в 2021-2022 годах путем маршрутно-детального обследования с описанием в них водных и прибрежно-водных фитоценозов по методике В.Г. Папченкова [3]. Классификация растительности построена с использованием доминантно-детерминантного подхода [3].

Видовое богатство водотока составило 50 видами сосудистых растений из 26 семейств, среди которых 19 видов однодольных из 9 семейств и 29 видов двудольных из 16 семейств. Наиболее богатыми по видовому наполнению семейства на изучаемом объекте являются Salicaceae (6), Poaceae (3), Cyperaceae (3), Lemnaceae (3), Polygonaceae (3), Lamiaceae (3), Asteraceae (3), на которые приходится 48% от видового состава флоры.

По данным инвентаризации флора малых водотоков (ручьи, малые и средние реки) Верхнего Поволжья разной протяженности представлена 249 видами [1]. Спектр экотипов флоры водотоков Верхнего Поволжья на 44% (110 видов) состоит из растений, относящихся к гидрофитам (50), гелофитам (20), гигрогелофитам (40). Среди экологических типов исследованного объекта отмечены гидрофиты (8), гелофиты (9), гигрогелофиты (8), гигрофиты (17),

гигромезофиты (5) и мезофиты (3). Первые три составляют «водное ядро» флоры – 25 видов и 25 видов заходящих в воду береговых (околоводных) растений. Исходя их приведенных данных, водный объект рассматриваются нами как флористически бедный. К основным причинная относится маловодность, отсутствие нормальных глубин на большей протяженности водотока, не позволяющие нормально развиваться водным растениям, а также наличие в участках русла ниже плотин течения, смывающего и не дающего диаспорам многих растений закрепиться.

Анализ встречаемости видов на водотоке показал, что наибольшее распространение получили такие растения как *Agrostis stolonifera*, *Alisma plantago-aquatica*, *Elodea canadensis*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*, *Typha latifolia*. Остальные виды относятся к категории изредка (8), редко и единично встречающихся (38) растений. Участие остальных видов в формировании растительного покрова русла водотока оказалось слабым. Умеренно обильными оказались 2 вида (*Equisetum fluviatile*, *Phragmites australis*).

Среди видов флоры наибольшим обилием и способностью к средообразованию в участках зарегулированного русла (прудах) характеризуются среди гидрофитов – *Elodea canadensis*, *Potamogeton natans*; гелофитов – *Alisma plantago-aquatica*, *Equisetum fluviatile*, *Phragmites australis*, *Sparganium erectum*, *Typha latifolia*, гигрогелофитов – *Agrostis stolonifera*; *Carex acuta*, *Eleocharis palustris*, гигромезофитов – *Salix viminalis*. Они играют основную роль в зарастании водоемов и продуцировании в них основного органического вещества, что выражается в наличии в прибрежной зоне значительного количества иловых отложений (органики). Малый водосбор, мелководность, слабая проточность и биогенные отложения в прудах стимулируют их эвтрофирование. Среди индикаторов на эвтрофирование [2] в составе «водного ядра» флоры отмечены значительные скопления в толще воды *Ceratophyllum demersum*, на поверхности – представители семейства Lemnaceae.

Ценоотическое разнообразие исследуемой территории описано 18 ассоциациями, которые относятся к 12 формациям и 3 классам формаций. Результаты геоботанических исследований на р. Дунайка позволяют представить растительность в виде следующей классификационной системы:

Тип растительности. Водная растительность – Aquiphytosa.

А. Группа классов и I Класс формаций: Настоящая водная (гидрофитная) растительность – *Aquiphytosa genuina*.

1. Группа формаций погруженных укореняющихся гидрофитов – *Aquiherbosa genuina submersa radicans*.

1. Формация рдеста пронзеннолистного – *Potameta perfoliati*.

Ассоциации: 1) *Potametum perfoliati*.

2. Формация элодеи канадской – *Elodeeta canadensis*.

Ассоциации: 2) *Elodeetum canadensis*, 3) *Lemno-Elodeetum canadensis*, 4) *Ceratophyllo-Elodeetum canadensis*.

2. Группа формаций укореняющихся гидрофитов с плавающими на воде листьями – *Aquiherbosa genuina radicans foliis natantibus*.

3. Формация рдеста плавающего – *Potameta natantis*.

5) Ассоциация *Potametum natantis*.

3. Группа формаций гидрофитов, свободно плавающих в толще воды – *Aquiherbosa genuina demersa natans*.

4. Формация роголистника темно-зеленого – *Ceratophylleta demersi* представлена несколькими ассоциациями: собственно Роголистника темно-зеленого – *Ceratophylletum demersi*; Роголистника и Ряски – *Lemno-Ceratophylletum demersi*

Ассоциации: 6) *Ceratophylletum demersi*, 7) *Lemno-Ceratophylletum demersi*, 8) *Potameto natantis-Ceratophylletum demersi*.

4. Группа формаций гидрофитов, свободно плавающих на поверхности воды – *Aquiherbosa genuina natans*.

5. Формация ряски малой и многокоренника – *Lemno minori-Spirodeleta*.

9) Ассоциация: *Lemno minori-Spirodeletum*.

Б. Группа классов. Прибрежно-водная растительность – *Aquiherbosa vadosa*.

II Класс формаций. Воздушно-водная (гелофитная) растительность – *Aquiherbosa helophyta*.

5. Группа формаций низкотравных гелофитов – *Aquiherbosa helophyta humilis*.

6. Формация частухи подорожниковой – *Alismateta plantago-aquaticae*.

Ассоциации: 10) *Alismatetum plantago-aquaticae*.

7. Формация ежеголовника прямого – *Sparganieta erecti*.

Ассоциации: 11) *Sparganietum erecti*.

5. Группа формаций высокотравных гелофитов – *Aquiherbosa*

helophyta procera.

8. Формация рогоза широколистного – *Typheta latifoliae*.

Ассоциации: 12) *Typhetum latifoliae*, 13) *Heteroherboso-Typhetum latifoliae*.

9. Формация тростника южного – *Phragmiteta australis*.

Ассоциации: 14) *Phragmitetum australis*, 15) *Equiseteto fluviatillis-Phragmitetum australis*.

III. Класс формаций. Гигрогелофитная растительность – *Aquiherbosa hydrohelophyta*.

10. Формация осоки острой – *Cariceta acutae*.

Ассоциация: 16) *Caricetum acutae*.

11. Формация ситника болотного – *Eleocharieta palustris*.

Ассоциация: 17) *Eleocharietum palustris*.

12. Формация полевицы побегообразующей – *Agrosteta stoloniferae*.

Ассоциация: 18) *Agrostetum stoloniferae*.

Список литературы

1. Бобров, А.А. Флора и растительность водотоков Верхнего Поволжья / А.А. Бобров: автореф. дис. ...канд. биол. наук. – СПб., 1999. – 20 с.
2. Дубына Д.В. Макрофиты-индикаторы изменений природной среды / Д.В. Дубына, С. Гейны, З. Гроудова. – Киев: Наук. думка, 1993. – 435 с.
3. Папченков В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья: монография / В.Г. Папченков. – Ярославль: ЦМИП МУБиНТ. – 2001. – 200 с.
4. Рохмистров В.Л. Малые реки Ярославского Поволжья / В.Л. Рохмистров. – Ярославль: Издание ВВО РЭА, 2004. – 54 с.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКИХ ТУНДР

Лапина А.М.

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия,
laany@yandex.ru

В данной работе проанализированы региональные особенности видового состава фитоценозов восточноевропейских тундр на долготном градиенте. Степень сходства видового состава тундровых фитоценозов со сводками экологических шкал центральной и северной Европы в среднем по региону составляет менее 50%, и снижается с запада на восток.

В настоящее время территория российской Арктики представляет огромный интерес как в научном плане, так и в отношении освоения ее природных ресурсов. С учетом растущей антропогенной нагрузки и изменений климата инвентаризация и мониторинг местообитаний (биотопов) как основы существования арктической биоты, необходимы для сохранения и эффективного использования природных ресурсов этой территории. В настоящее время очевидно, что для сохранения биоразнообразия и природных экосистем мониторинг состояния местообитаний гораздо более эффективен, чем контроль популяций отдельных видов [2]. Существующие подходы к мониторингу во многом основаны на индикаторной роли растительного покрова: экологические предпочтения видов, формирующих фитоценозы, предоставляют информацию об усредненных многолетних значениях важнейших факторов среды (увлажнение, богатство, соленость почвы, освещенность и др.), воздействующих на биотоп. Экологические шкалы, как важный инструмент фитосоциологической индикации, заслуженно пользуются широким успехом в международной практике [1, 4] и служат важным инструментом при изучении и охране биоразнообразия Арктики.

Для фитосоциологической индикации часто применяются экологические шкалы Г. Элленберга [5], в которых указана оценка оптимума вида по каждому фактору. Балльная оценка оптимума дает четкое представление о предпочтительных условиях произрастания того или иного вида. Многие авторы уделяли внимание эффективности

применения шкал Элленберга за пределами Центральной Европы [4], поэтому для различных регионов Европы и некоторых сопредельных стран были разработаны региональные экологические шкалы на основе оригинальных шкал Элленберга. Для территории России, и в особенности тундровой зоны не было проведено ни одного подобного исследования.

В восточноевропейском секторе российской Арктики представлены местообитания с широким спектром условий среды, растительность которых служит основой существования биоты и, прежде всего, кормовой базой для многих видов птиц и животных, включая северных оленей. Сотрудниками Ботанического института им. Комарова накоплен обширный геоботанический материал по территории восточноевропейских тундр, который служит основой при разработке региональных экологических шкал для видов сосудистых растений. В данной работе проведена оценка региональных особенностей видового состава растительности этой территории: доли видов сосудистых растений восточноевропейских тундр, которые представлены в европейских экологических шкалах, а также показаны различия по представленности таких видов на долготном градиенте в пределах района исследований. Для сравнения выбраны оригинальные шкалы Элленберга (Центральная Европа) [5] и разработанные на их основе региональные экологические шкалы Тайлера для территории Швеции [6]. Нами была сформирована база данных геоботанических описаний, выполненных сотрудниками Лаборатории динамики растительного покрова Арктики на территории Ненецкого автономного округа (НАО), в которую включены описания сообществ экологически различающихся местообитаний, от кустарничково-лишайниковых тундр на дренированных террасах до высокотравных ивняков в долинах рек. Список видов для всей территории восточноевропейских тундр составил 260 видов сосудистых растений без учета сорных и заносных видов. Для 5 районов восточноевропейских тундр мы оценили долю видов, имеющих оценку оптимума по шкалам Элленберга и Тайлера. Разделение исследуемой территории на районы отражает изменение видового состава сообществ на долготном градиенте.

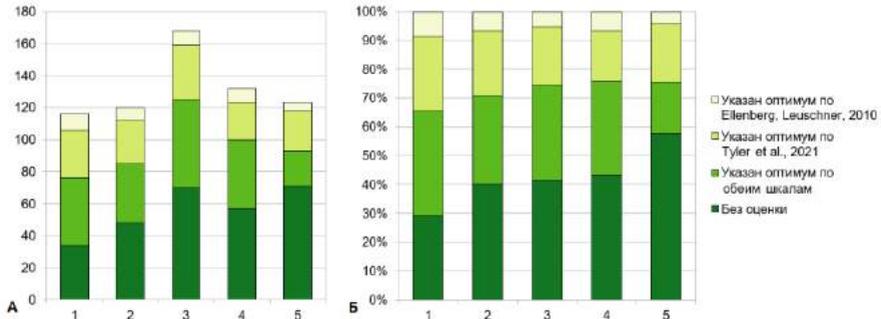


Рис 1. А – количество видов сосудистых растений в разных районах восточноевропейских тундр, имеющих оценку оптимума по европейским экологическим шкалам; Б – доля видов, имеющих оценку по европейским экологическим шкалам от общего числа видов сосудистых растений.

Цифрами обозначены районы: 1 – Малоземельская тундра; 2 – о-в Колгуев; 3 – Большеземельская тундра (подзона типичных тундр); 4 – Большеземельская тундра (северная лесотундра); 5 – о-в Долгий, о-в Вайгач, Югорский п-ов.

В среднем, в сообществах восточноевропейских тундр доля видов, имеющих оценку оптимума хотя бы по одной из двух европейских экологических шкал, составляет около 45% (Рис. 1). При этом, их доля от общего числа видов снижается по мере продвижения с запада на восток. В сообществах Малоземельской тундры (самого западного района) около 70% таксонов имеют оценку оптимума по шкалам Тайлера и/или Элленберга, а в фитоценозах самой восточной части региона (Югорский п-ов и арктические острова Долгий и Вайгач) такие виды составляют всего 40% флористического состава.

Такое различие в представленности видов, имеющих балльные оценки в рамках европейских экологических шкал, для разных районов восточноевропейских тундр, объясняется возрастанием по мере продвижения на восток числа видов, отсутствующих в центральной Европе и Швеции. Район наших исследований относится к Канино-Печорской флористической подпровинции [3], и в восточных ее районах, граничащих с Урало-Новоземельской подпровинцией, многочисленны виды с сибирскими ареалами.

Также стоит отметить, что общее число видов в восточноевропейских тундрах, которые имеют оценку оптимума по шкалам Тайлера существенно выше, нежели имеющих оценку по шкалам Элленберга, составленным для центральной Европы. Это вполне ожидаемый результат, учитывая, что Швеция как

территориально, так и по климатическим условиям гораздо ближе к району наших работ, чем центральная Европа.

Таким образом, видовой состав растительности восточноевропейского сектора Арктики отличается значительным региональным своеобразием, что не позволяет в полной мере использовать для этой территории европейские экологические шкалы. Для анализа экологического разнообразия биотопов и повышения эффективности мониторинга растительного покрова в настоящее время на основе экологических шкал Элленберга для территории восточноевропейских тундр проводится разработка региональных экологических шкал сосудистых растений.

Список литературы

- Зверев А.А. 2020. Методические аспекты применения фитоиндикационного анализа в изучении биоразнообразия. Сибирский экологический журнал. Т. 4. С. 401–415.
- Лавриненко И.А. 2020. Подходы европейских экологов к типологии и картографированию местообитаний. Геоботаническое картографирование. №2020. С.51–77.
- Юрцев Б. А. Арктическая флористическая область // Ленинград. – 1978.
- Diekmann M. 2003. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review. Basic and Applied Ecology. Vol. 4, № 6. pp. 493–506.
- Ellenberg H., Leuschner C. 2010. Zeigerwerte der Pflanzen Mitteleuropas (Indicator values of vascular plants in Central Europe). In: Ellenberg, H. & Leuschner, C. (Eds.) Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen (Vegetation of Central Europe including the Alps), 6th edition. Stuttgart: Ulmer.
- Tyler T., Herbertsson L., Olofsson J., Olsson P. A. 2021. Ecological indicator and traits values for Swedish vascular plants. Ecological Indicators. Vol. 120, 106923.

**ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ
ПАРАМЕТРАМИ ОСОБЕЙ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ СОСНЫ
ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS L.*) И БЕРЕЗЫ
ПУШИСТОЙ (*BETULA PUBESCENS EHRH.*) НА НАЧАЛЬНОМ
ЭТАПЕ ПОСЛЕПОЖАРНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ
СЕВЕРОТАЕЖНЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ (КОЛЬСКИЙ
ПОЛУОСТРОВ)**

Лукач О.В.

Санкт–Петербургский государственный университет, Санкт–Петербург, Россия,
olgalukachv@gmail.com

В исследовании изучены взаимосвязи между различными параметрами особей в ценопопуляциях сосны обыкновенной и березы пушистой на начальном этапе восстановления после пожаров в условиях северотаежных сосновых лесов (Кольский полуостров).

Ценопопуляции обладают закономерными взаимосвязями всех параметров особей, определяемых их ростом и развитием [1,4]. В северотаежных сосновых лесах (как и в средней и южной тайге) после пожаров на начальном этапе восстановления интенсивно возобновляются виды *Pinus sylvestris L.* и *Betula pubescens Ehrh.* [2,3].

Исследование выполнено на двух пробных площадях с давностью пожара 8 (пп 1) и 18 (пп 2) лет, представляющих собой разреженные редколесья с суммой площадей сечений древесного яруса $\sim 1 \text{ м}^2 \text{ га}^{-1}$. Давность пожара оценена по спилам поврежденных пожаром деревьев. На пробных площадях был проведен учет всех особей живых и сухих древесных растений высотой более 0,05 м. Были измерены: высота; диаметр основания ствола; радиус и протяженность кроны; категория жизненного состояния. Возраст особей определялся по количеству годичных слоев на отшлифованных спилах стволов. Особи березы, имеющие побег над поверхностью земли (подстилки) рассматривались как самостоятельные объекты для исследований. В исследованных ценопопуляциях березы, на пп 1 – особи преимущественно вегетативного происхождения (98%), на пп 2 – семенного (93%). Парциальные образования при вегетативном возобновлении состоят в среднем из 5 побегов (от 1 до 112 побегов), при семенном – в среднем из 1 побега (от 1 до 28 [один случай]). Общее

число особей составляет для ценопопуляций березы 110, 220 (пп 1 и пп 2) и 208 для популяции сосны. Для оценки взаимосвязей между различными параметрами особей в ценопопуляциях использован линейный регрессионный анализ.

Все проанализированные параметры особей во всех трех изученных ценопопуляциях значимо взаимосвязаны между собой (табл. 1). Наивысшая величина связи ($R^2=93$) зарегистрирована между высотой и протяженностью кроны в ценопопуляции березы семенного происхождения (табл. 1: 27). Наименьшая ($R^2=7$), для связи диаметра кроны и категории состояния (табл. 1: 43). Во всех изученных ценопопуляциях самые высокие величины связей зарегистрированы для морфометрических параметров популяций – высоты, диаметра основания и параметров кроны, коэффициенты детерминации варьируют в пределах 61–80, 77–93 и 56–88 соответственно, то есть практически во всех случаях отклонения от зависимостей определяемые внешними причинами не превышают 1/3. Наименьшие величины связей зарегистрированы между категорией состояния и другими параметрами особей в ценопопуляциях сосны и березы на пп 2: коэффициенты детерминации варьируют в пределах 7–27 и 30–41 соответственно. Связь возраста и морфометрических параметров занимает промежуточное положение, за исключением ценопопуляции березы на пп 1. Взаимосвязи между параметрами особей в ценопопуляции березы вегетативного происхождения (табл. 1: 1–15) менее существенны по сравнению с ценопопуляцией семенного происхождения (табл. 1: 16–30). Число существенных взаимосвязей между особями ($R^2>66$) составляет соответственно 4 и 8. Взаимосвязь параметров особей в ценопопуляции сосны (табл. 1: 31–45) выражена слабее, чем в ценопопуляциях березы. Число существенных взаимосвязей составляет всего 3, число слабо выраженных связей ($R^2<33$) составляет 5, а ценопопуляциях березы 1 и 2 соответственно.

Таблица 1. Результаты линейного регрессионного анализа ($y = a + b \cdot x$) по параметрам ценопопуляций березы пушистой и сосны обыкновенной в сообществах с давностью пожара 8 и 18 лет

Вид	№	Анализируемые параметры		Коэффициент уравнения	Оцененное значение	Ошибка	Уровень значимости	R^2
<i>Betula pubescens</i>	1	a0	d0	a	-0,69	0,10	$<10^{-4}$	53
				b	0,26	0,01	$<10^{-4}$	
	2	a0	h	a	-0,42	0,07	$<10^{-4}$	

			<i>b</i>	0,22	0,01	$<10^{-4}$	57
3	a0	ks	<i>a</i>	4,37	0,19	$<10^{-4}$	
			<i>b</i>	-0,23	0,03	$<10^{-4}$	18
4	a0	dcr	<i>a</i>	-0,62	0,05	$<10^{-4}$	
			<i>b</i>	0,13	0,01	$<10^{-4}$	39
5	a0	lcr	<i>a</i>	-1,02	0,09	$<10^{-4}$	
			<i>b</i>	0,23	0,01	$<10^{-4}$	41
6	d0	h	<i>a</i>	0,18	0,03	$<10^{-4}$	
			<i>b</i>	0,81	0,03	$<10^{-4}$	73
7	d0	ks	<i>a</i>	4,24	0,08	$<10^{-4}$	
			<i>b</i>	-1,39	0,08	$<10^{-4}$	55
8	d0	dcr	<i>a</i>	-0,03	0,01	10^{-2}	
			<i>b</i>	0,31	0,01	$<10^{-4}$	67
9	d0	lcr	<i>a</i>	-0,00	0,02	0,86	
			<i>b</i>	0,52	0,02	$<10^{-4}$	67
10	h	ks	<i>a</i>	4,15	0,08	$<10^{-4}$	
			<i>b</i>	-1,27	0,09	$<10^{-4}$	48
11	h	dcr	<i>a</i>	-0,04	0,01	0,0016	
			<i>b</i>	0,37	0,01	$<10^{-4}$	63
12	h	lcr	<i>a</i>	-0,08	0,02	$<10^{-4}$	
			<i>b</i>	0,70	0,02	$<10^{-4}$	80
13	dcr	ks	<i>a</i>	0,68	0,03	$<10^{-4}$	
			<i>b</i>	-0,13	0,01	$<10^{-4}$	38
14	lcr	ks	<i>a</i>	1,26	0,05	$<10^{-4}$	
			<i>b</i>	-0,24	0,01	$<10^{-4}$	45
15	dcr	lcr	<i>a</i>	0,03	0,01	0,0025	
			<i>b</i>	0,47	0,02	$<10^{-4}$	61
16	a0	d0	<i>a</i>	5,92	0,38	$<10^{-4}$	
			<i>b</i>	1,87	0,13	$<10^{-4}$	66
17	a0	h	<i>a</i>	-0,81	0,15	$<10^{-4}$	
			<i>b</i>	0,22	0,01	$<10^{-4}$	70
18	a0	ks	<i>a</i>	3,46	0,18	$<10^{-4}$	
			<i>b</i>	-0,11	0,02	$<10^{-4}$	30
19	a0	dcr	<i>a</i>	-0,16	0,09	0,09	
			<i>b</i>	0,08	0,01	$<10^{-4}$	54
20	a0	lcr	<i>a</i>	-0,72	0,19	0,0003	
			<i>b</i>	0,18	0,02	$<10^{-4}$	60
21	d0	h	<i>a</i>	0,13	0,06	0,03	
			<i>b</i>	0,54	0,02	$<10^{-4}$	87
22	d0	ks	<i>a</i>	3,00	0,10	$<10^{-4}$	
			<i>b</i>	-0,29	0,03	$<10^{-4}$	39
23	d0	dcr	<i>a</i>	0,15	0,04	0,0005	
			<i>b</i>	0,20	0,01	$<10^{-4}$	77
24	d0	lcr	<i>a</i>	0,04	0,07	0,55	
			<i>b</i>	0,45	0,02	$<10^{-4}$	83

	25	h	ks	<i>a</i>	3,01	0,11	$<10^{-4}$		
				<i>b</i>	0,49	0,06	$<10^{-4}$	39	
	26	h	dcr	<i>a</i>	0,12	0,04	0,0012		
				<i>b</i>	0,35	0,02	$<10^{-4}$	83	
	27	h	lcr	<i>a</i>	-0,05	0,05	0,31		
				<i>b</i>	0,82	0,03	$<10^{-4}$	93	
	28	dcr	ks	<i>a</i>	1,32	0,11	$<10^{-4}$		
				<i>b</i>	-0,29	0,05	$<10^{-4}$	30	
	29	lcr	ks	<i>a</i>	2,92	0,23	$<10^{-4}$		
				<i>b</i>	-0,75	0,10	$<10^{-4}$	42	
	30	dcr	lcr	<i>a</i>	-0,07	0,09	0,43		
				<i>b</i>	1,99	0,11	$<10^{-4}$	80	
	<i>Pinus sylvestris</i>	31	a0	d0	<i>a</i>	-0,13	0,06	0,03	
					<i>b</i>	0,11	0,01	$<10^{-4}$	64
32		a0	h	<i>a</i>	-0,08	0,03	0,02		
				<i>b</i>	0,05	0,00	$<10^{-4}$	55	
33		a0	ks	<i>a</i>	2,99	0,10	$<10^{-4}$		
				<i>b</i>	-0,08	0,01	$<10^{-4}$	27	
34		a0	dcr	<i>a</i>	-0,06	0,05	0,20		
				<i>b</i>	0,03	0,00	$<10^{-4}$	36	
35		a0	lcr	<i>a</i>	2,83	0,16	$<10^{-4}$		
				<i>b</i>	-0,16	0,02	$<10^{-4}$	38	
36		d0	h	<i>a</i>	-0,02	0,01	0,11		
				<i>b</i>	0,45	0,01	$<10^{-4}$	88	
37		d0	ks	<i>a</i>	2,72	0,08	$<10^{-4}$		
				<i>b</i>	-0,51	0,07	$<10^{-4}$	21	
38		d0	dcr	<i>a</i>	0,04	0,01	10^{-4}		
				<i>b</i>	0,18	0,01	$<10^{-4}$	87	
39		d0	lcr	<i>a</i>	0,14	0,02	$<10^{-4}$		
				<i>b</i>	0,35	0,02	$<10^{-4}$	62	
40		h	ks	<i>a</i>	2,70	0,07	$<10^{-4}$		
				<i>b</i>	-1,13	0,14	$<10^{-4}$	24	
41		h	dcr	<i>a</i>	0,08	0,01	$<10^{-4}$		
				<i>b</i>	0,33	0,02	$<10^{-4}$	80	
42		h	lcr	<i>a</i>	0,16	0,02	$<10^{-4}$		
				<i>b</i>	0,74	0,04	$<10^{-4}$	64	
43		dcr	ks	<i>a</i>	0,37	0,04	$<10^{-4}$		
				<i>b</i>	-0,05	0,02	10^{-2}	7	
44	lcr	ks	<i>a</i>	0,82	0,07	$<10^{-4}$			
			<i>b</i>	-0,17	0,03	$<10^{-4}$	16		
45	dcr	lcr	<i>a</i>	-0,05	0,06	0,44			
			<i>b</i>	2,18	0,21	$<10^{-4}$	56		

Примечание. Анализируемые параметры: a0 – возраст, d0 – диаметр у основания ствола, h – высота, ks – категория жизненного состояния, dcr – диаметр кроны, lcr – протяженность кроны.

Различие величин коэффициентов детерминации между возрастом, категориями жизненного состояния и морфометрическими характеристиками особей свидетельствуют о существенной роли условий микроместообитания конкретных особей в пределах пробной площади на их развитие.

Список литературы

- Злобин Ю.А Структура фитопопуляций // Усп. совр. биол. 1996. Т. 116. №2. С. 133–146.
Морозов Г.Ф. Учение о лесе. Изд.: М.Л. Гос. Изд—во, 1928, 368 с.
Цветков В. Ф. Сосняки Кольской лесорастительной области и ведение хозяйства в них. Архангельск: изд—во Арх. гос. тех. ун—та, 2002. 380 с.
Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / Под ред. Уранова А.А., Серебряковой Т.И. М.: Наука, 1976. 216 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСОВ Г. ОРША

Мощный В.В.

Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси

Рассмотрено негативное влияние рекреационной деятельности на состояние лесных сообществ. Произведена оценка рекреационных потерь из-за снижения углерододепонирующих функций, даны рекомендации по предотвращению дальнейшей нежелательной трансформации лесных земель.

На сегодняшний день проблема негативного антропогенного воздействия на лесные сообщества, в частности, рекреации, приобрела значение национального масштаба. Наиболее существенно проблема изменения природных ландшафтов вследствие рекреации наблюдается в пригородных лесных сообществах, так как они в большей степени подвержены негативному антропогенному воздействию. Пригородные леса как экологическая система являются наиболее уязвимыми элементами окружающей среды и служат индикатором уровня социально-культурного и экономико-экологического развития общества той или иной местности. [6].

Лесные экосистемы вблизи города представляют собой буферную зону взаимодействия природы и человека, поэтому они наиболее уязвимы. Актуальность проблемы негативного антропогенного воздействия на пригородные леса с каждым годом приобретает большее значение, а сохранение экологической устойчивости пригородных территорий является важным элементом «зеленой экономики» не только Беларуси, но и развитых стран. Решение данной проблемы является основой становления устойчивого лесного хозяйства, которое относится к одной из важнейших задач Программы устойчивого развития Республики Беларусь [1].

В результате интенсивной рекреации происходит уплотнение верхних почвенных горизонтов и изменение их физических свойств: увеличивается объемная масса, твердость и глубина промерзания, снижается порозность, водо- и воздухопроницаемость (в 4–13 раз) и влагоемкость [5]. Ввиду потери продуктивности насаждения снижают интенсивность и объемы экосистемных услуг из-за чего лесное

хозяйство несет убытки.

Рекреационные нагрузки оказывают существенное влияние на зараженность грибными заболеваниями и заселенность вредителями. Так зараженность корневой губкой в активных местах отдыха в 3–4 раза выше, чем в малопосещаемых насаждениях [4].

Хвойные и лиственные породы обладают разной устойчивостью к вытаптыванию. Согласно мнению Петрова [2], «лиственные породы более устойчивы к действию рекреационной деятельности, чем хвойные». В свою очередь следует отметить, что еловые насаждения обладают наименьшей устойчивостью к вытаптыванию и потому требуют большего внимания по их сохранению. Ельники кисличные же наиболее уязвимы к рекреационной деятельности.

В данной работе в качестве объекта исследований выступают пригородные леса города Орша, которые находятся на территории Оршанского лесничества ГЛХУ «Оршанский лесхоз». Главными требованиями при подборе выделов являлись:

- лесной участок должен обладать высоким рекреационным значением;
- участок должен быть типичным для данных лесорастительных условий;
- участок должен соответствовать средним таксационным показателям лесов по лесничеству;
- участок не должен быть подвержен влиянию промышленных поллютантов.

Для проведения исследований рекреационной дигрессии пригородных лесов города Орша был выбран выдел № 3 в 189-ом квартале Оршанского лесничества. Квартал 189 расположен в 100 метрах от границы города, то есть, в минуте ходьбы. Лесорастительные условия данного участка являются характерными для данного геоботанического района, что говорит возможности моделирования характера рекреационной дигрессии на все леса лесничества.

Площадь выдела составляет 1,8 га. Тип леса – ельник кисличный, состав выдела представлен 8Е1С1Д, эдафотоп можно охарактеризовать как Д2, происхождение – естественное. Класс эстетической оценки – 2, класс санитарной оценки – 2. Средний возраст насаждения – 65 лет, средняя высота – 27 м. Класс бонитета – 1, полнота – 0,7. Подлесок представлен крушиной ломкой и лещиной (также встречается малина, рябина) и характеризуется как средней густоты. Порядка 15 % подлеска

имеет механические повреждения.

Для оценки состояния подростка была заложена пробная площадь. Площадь пробной площади составляет 900 м², то есть 5 %. Общее количество подростка, взятого методом сплошного перече́та, составляет 97 штук. Соответственно 19 из них были повреждены либо сухостойные. Подрост в основном представлен елью европейской. Общий процент поврежденного подростка составил 20 %.

Живой напочвенный покров представлен в основном лесными видами (кислица, сныть обыкновенная, щитовник мужской, майник двулистный, режее земляника лесная). Среди нетипичных видов встречаются клевер белый и чистотел большой. В свою очередь, чистотел большой широко представлен по всей площади выдела с доминированием на некоторых участках. Это свидетельствует о высокой нарушенности насаждения и высокой степени нитрофикации почвы в связи, в том числе, с большой рекреационной нагрузкой. Общее покрытие травянистых растений составляет 60 %, из них на нетипичные для лесов видов приходится порядка 40 %.

Дорожно-тропиночная сеть представлена естественными тропами без усовершенствованного покрытия. Протяженность ее в выделе № 3 составляет 0,55 км, что составляет 0,31 км/га. Такой высокий показатель густоты тропиночной сети говорит о высокой интенсивности посещения данного участка и о необходимости регулирования рекреационной деятельности.

На основании полученных данных был проведен анализ степени повреждения лесного биогеоценоза по ступеням рекреационной дигрессии, исходя из шкалы стадий рекреационной дигрессии насаждений (по В. И. Россомахину) [5]. Согласно полученным данным, выдел №3 189-го квартала находится на второй стадии рекреационной дигрессии, на переходе к стадии дигрессии 3.

Оценка ущерба антропогенного воздействия на лесной биогеоценоз пригородных лесов г. Орша была проведена путем определения компенсационной стоимости потерь объемов «производства» экологических услуг лесным фондом Оршанского лесничества из-за нарушения функционирования пригородных экосистем. В качестве эквивалента экосистемных услуг выбрана оценка потерь углерододепонирования лесным фондом Оршанского лесничества, так как этот показатель наиболее точно и наглядно отражает убытки, которые несет лесное хозяйство ввиду

рекреационного воздействия. Для расчета депонирования углерода фитомассой использовано рекомендованное МГЭИК (2003) уравнение [3], в основу которого положен «метод расчета по изменению запаса».

Согласно научным трудам Неверова А. В. [1], нормативный коэффициент потерь продуктивности насаждений, связанных с выполнением ими рекреационных функций составляет 0,2, исходя из этого было определено количество углекислого газа, который был бы абсорбирован из атмосферы, если бы не потери продуктивности лесных биогеоценозов в виду рекреационного использования.

Иными словами, можно рассчитать потери лесного хозяйства через снижение абсорбции парниковых газов ввиду того, что лесной фонд пригородных лесов г. Орша находится под влиянием интенсивного рекреационного пользования. На основании этих данных были сделаны расчеты гипотетического содержания углерода и потери углерододепонирования в пригородных лесах г. Орша. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов потерь углерододепонирования лесным фондом Оршанского лесничества ввиду рекреационных нагрузок

Порода	Гипотетическое содержание углерода в фитомассе лесов Оршанского лесничества, тыс. т	Содержания углерода в фитомассе лесов Оршанского лесничества, тыс. т	Гипотетические потери углерододепонирования, тыс. тС	Гипотетические потери поглощения углерода в эквиваленте CO ₂ , тыс. т
сосна	267,83	207,33	-60	-221,82
ель	671,36	521,18	-150	-550,67
дуб, ясень	32,45	25,14	-7	-26,83
береза	102,69	79,56	-23	-84,80
ольха черная	1,90	1,47	-0,43	-1,57
осина	29,97	23,24	-7	-24,65
прочие	11,85	9,19	-3	-9,77
Итого	1118,06	867,12	-251	-920,11

Из таблицы 1 следует, что количество потерь углерододепонирования пригородных лесов г. Орша из-за

рекреационных нагрузок составляет 920,11 тыс. т в эквиваленте CO₂.

Следует отметить, что стоимость квот поглощенного углекислого газа не постоянна, и изменяется в среднем от 1 до 7, а порой и 10 долларов США за тонну [3]. То есть можно сделать вывод, что потери лесного хозяйства от рекреационного использования пригородных лесов г. Орша, выраженные через компенсационную стоимость снижения продуктивности биомассы, а следовательно, и уменьшения объемов экосистемных услуг (углерододепонирование), составляют приблизительно от 920,11 тыс. долларов США до 9,2 млн. долларов США.

Исходя из проведенных исследований, для предотвращения дальнейшей рекреационной дигрессии и снижения продуктивности лесного насаждения – что в свою очередь приведет к падению эстетической, сырьевой и экологической ценности участка, а также к снижению производства им экосистемных услуг – необходимо проведение лесоводственных мероприятий и мероприятий по обустройству территории, в том числе, создания необходимой инфраструктуры.

Список литературы

- Неверов, А. В. Лесное управление/ А. В. Неверов [и др.]: под общ. ред. А. В. Неверова. – Минск: Початковая школа, 2014 – 400с.
- Петров, Е.Г. Оценка и прогноз лесов в связи с ущербом, причиняемым техногенным загрязнением природной среды / Е.Г. Петров, О.В. Бахур. – Екатеринбург: Тезисы докладов междунар. научн.-технич. конф., 1999. – 79–80 с.
- Рожков, Л. Н. Лесоуглеродный ресурс Беларуси. / Л. Н. Рожков. – Минск: БГТУ, 2018. – 248 с.
- Рожков, Л. Н. Основы теории и практики рекреационного лесоводства: науч. издание. / Л. Н. Рожков. – Минск: БГТУ, 2001. – 292 с.
- Юшкевич, М. В. Ландшафтное лесоводство. Практикум: учебно-методическое пособие / М. В. Юшкевич. – Минск : БГТУ, 2014. – 186 с.
- FAO. 2016. Guidelines on urban and peri-urban forestry, by F. Salbitano, S. Borelli, M. Conigliaro and Y. Chen. FAO Forestry Paper No. 178. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

Роговский Н.М.

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им
В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси
г. Минск, Республика Беларусь, nikita.rogovski.03@gmail.com

Использован новый подход к определению наиболее ценных территорий в сохранении биоразнообразия на примере национального парка «Беловежская пуца». Определена взаимосвязь мест нахождения охраняемых видов растений и значимости территории в сохранении биоразнообразия.

Особо охраняемые природные территории представляют собой объекты, несущие исключительную важность в сохранении биологического разнообразия регионов. Одной из наиболее ценных и статусных в Республике Беларусь является национальный парк «Беловежская пуца», уникальный по уровню сохранности природно-растительных комплексов, вследствие чего наблюдается высокий уровень биологического разнообразия.

В последние годы специалисты в сфере охраны природы пришли к выводу, что наиболее эффективным подходом в сохранении биоразнообразия является не только охрана редких видов растений, а сохранение редких и типичных местообитаний и определение их значимости в сохранении биоразнообразия [1, 5, 6, 7].

Для определения ключевых территорий для сохранения биоразнообразия растительного покрова были составлены бинарные сцены распространения ключевых территорий. Они подразумевают под собой участки, соответствующие заданным критериям: наличие редкого и/или типичного биотопа [8], показатель α -разнообразия территории > 35 видов/100 м², показатель биотопического разнообразия (биотопы EUNIS [9]) должен составлять > 15 местообитаний/км², отсутствие сильно нарушенного растительного покрова. Основой является карта растительности национального парка «Беловежская пуца» [2].

На основе синтеза аналитических карт была составлена тематическая интегральная карта ключевых территорий для сохранения биоразнообразия (рисунок 1).

Для маскирования территорий с нарушенным растительным покровом использовались пространственные данные влияния негативных факторов воздействия на природную среду. В ходе исследований установлено, что 50,6 тыс. га (33,7 % площади ООПТ) являются ключевыми территориями, что подчеркивает особый статус национального парка.

Далее была проведена дифференциация территории по значимости в сохранении биоразнообразия путем построения сетки площадью сечения в 1 км², что позволило рассчитать долю ключевой территории относительно заданной площади. Проведённая 7-ступенчатая градация позволила определить наиболее ценные территории ООПТ в сохранении биоразнообразия.

Заключительным этапом была проверка адекватности выделения приоритетных территорий, подлежащих охране. Для этого были оценены взаимосвязи между геопропространственным моделированием (места локализации ключевых местообитаний) и эмпирическими данными, характеризующие важность для биоразнообразия.

В качестве таких индикаторов были использованы сведения о местах произрастания дикорастущих растений и обитаний животных, включённых в Красную книгу Беларуси [4]. Были использованы фондовые материалы наземных исследований Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси и научного отдела национального парка «Беловежская пуща».

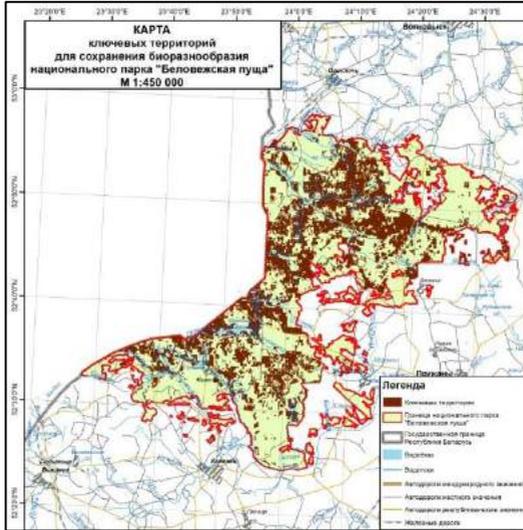


Рисунок 1 – Ключевые территории для сохранения биоразнообразия национального парка «Беловежская пушча»

Составленная карта может быть использована для определения перспектив территориально-планировочного развития системы охраны и зонирования (рисунок 2).

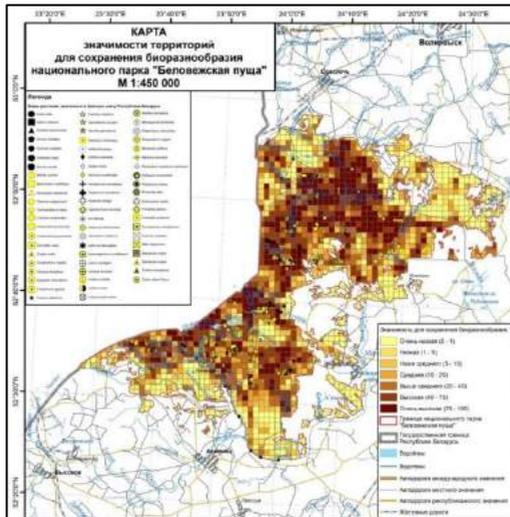


Рисунок 2 – Оценка значимости территорий для сохранения биоразнообразия национального парка «Беловежская пушча»

Были определены количество и доля произрастающих охраняемых видов растений относительно значимости территории в сохранении биоразнообразия (таблица 1).

Таблица 1 – Соотношение значимости территории для сохранения биоразнообразия с охраняемыми видами растений

Значимость (доля ключевой территории / км ²)	Площадь территории, км ²	Количество мест произрастания охраняемых видов растений	Встречаемость, ед./км ² (среднее=0,33)	Доля от всех охраняемых видов растений на территории нац. парка
Очень низкая (0- 1 %)	358,9	21	0,06	4,0
Низкая (1-5 %)	136,9	15	0,11	2,9
Ниже средней (5-10 %)	104,3	15	0,14	2,9
Средняя (10-20 %)	157,5	61	0,39	11,6
Выше средней (20-40 %)	246,2	114	0,46	21,7
Высокая (40-70 %)	300,7	138	0,56	26,2
Очень высокая (70-100 %)	286,3	162	0,57	30,8
Всего	1 590,8	526		100

Наиболее высокая концентрация (78,7%) охраняемых видов наблюдается в зонах с высоким (выше среднего) уровнем значимости, что доказывает валидность модели.

Полученные результаты позволяют с высокой точностью определить распространение ключевых территорий для сохранения биоразнообразия национального парка, а сам подход может применяться в природоохранной практике для оптимизации функционального зонирования иных особо охраняемых природных территорий Беларуси.

В исследовании результатом моделирования являются вероятностные оценки пространственного распространения ключевых биотопов на основе комбинации данных наземных обследований, включая определение оптимального состава исходных индикаторов.

Результаты геопространственного моделирования могут быть использованы для проведения нового функционального зонирования национального парка «Беловежская пуца», развития территориальной системы охраны окружающей среды, мониторинга биоразнообразия.

Список литературы

1. Груммо Д.Г., Зеленкевич Н.А. К вопросу охраны природных биотопов в Беларуси / Д.Г. Груммо, Н.А. Зеленкевич // Класифікація рослинності та біотопів України: матеріали третьої науково-теоретичної конференції (Київ, 19–21 квітня 2018 р.) / За редакцією Я.П. Дідуха, Д.В. Дубини. – Київ, 2018. – 188 с.
2. Груммо Д. Г. и др. Карта растительности национального парка «Беловежская пуща»: опыт создания и практического использования // Геоботаническое картографирование. – 2019. – №. 2019.
3. Груммо Д.Г. Картографирование биотопического разнообразия республиканского заказника «Ольманские болота» как основа инвентаризации, функционального зонирования и геопространственного моделирования / Д.Г. Груммо, Н.М. Роговский // Региональная физическая география в новом столетии. Роль личности в становлении географического образования : сборник научных работ (посвященный памяти Петра Анисимовича Митраховича) / Фак-г географии и геоинформатики БГУ; редкол.: Е.В. Мапошевская, В.А. Жибуль. – Минск, 2021. – С. 25-34.
4. Красная книга Республики Беларусь: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений растения / гл. редкол.: И.М. Качановский (предс.). М.Е. Никифоров, В.И. Парфенов [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі. – 2015. – 448 с.
5. Лавриенко И.А. Подходы европейских экологов к типологии и картографированию местообитаний / И.А. Лавриенко // Геоботаническое картографирование – 2020. – С. 51–77.
6. Лысенко, Т.М. Проблема охраны растительных сообществ / Т.М. Лысенко // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии. – Т. 13, №3. – 2017. – С. 58–64.
7. Неронов В. В. и др. Оценка биоразнообразия для выявления природоохранной ценности территорий // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2016. – №. 5.
8. Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Растительный мир. Правила выделения и охраны типичных и редких биотопов, типичных и редких природных ландшафтов = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Тэрыторыі. Раслінны свет. Правілы вылучэння і аховы тыповых і рэдкіх біятопаў, тыповых і рэдкіх прыродных ландшафтаў: ТКП 17.12-06-2021 (33140). – Введ. 1.06.2021. – Минск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, 2021. – 90 с.
9. European University Information Systems [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eunis.eea.europa.eu/>. – Дата доступа: 13.07.2023.

РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ДОЛИНЫ МАЛОГО ВОДОТОКА (В ГРАНИЦАХ УРБАНИЗИРОВАННОГО ЛАНДШАФТА)

Романько М.А.

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова; г. Ярославль, Россия, Советская ул., 14, Ярославль, Ярославская обл., 150003, E-mail: rectorat@uniyar.ac.ru

В долине р. Дунайка зафиксировано произрастание 3 видов бессосудистых и 205 видов сосудистых растений (1/5 состава флоры Ярославской области). Синантропная фракция флоры оценивается в 70 видов, среди которых 43 вида апофитов и 27 видов пришлых (адвентивных) растений. Индекс синантропизации составляет 34%, из 12-и ассоциаций фитоценозов 9 являются синантропными. Только в среднем течении реки из структурных элементов асимметричной долины зафиксированы короткопоясная прирусловая и центральная части поймы. Притеррасное понижение и террасы у реки не развиты. В верхнем и нижнем течении река имеет «разложистое» строение.

Малые реки являются важнейшим компонентом окружающей среды, так как служат начальным звеном гидрологической сети, формирующим более крупные реки, носителями гидрохимических особенностей ландшафтных водосборов (местного стока) различных природных зон. Одной из особенностей малых рек является тесная связь формирования стока с ландшафтом бассейна. Процессы, происходящие на малом водосборе, быстро отражаются на состоянии реки, ее стоке, химическом качестве воды, переформировании участков ее долины. Это обуславливает высокую уязвимость малых рек по отношению к различным антропогенным воздействиям. Для городского населения долины рек в городе служат фактором оптимизации агрессивного для человека техногенного пространства. Урбанистические градиенты, порожденные зональностью городской застройки, эффективно ослабляются с помощью эволюционно сложившихся коридоров речных долин, интразональных в масштабе города [6].

Вместе с тем долины малых рек как естественные природные выделы содержат сложный комплекс разнообразных местообитаний для многих видов растений, включая редкие и охраняемые, являются коридорами для продвижения на север более теплолюбивых видов, местами проникновения с возможной натурализацией в природные фитоценозы пришлых (заносных) растений, то есть являются центрами значительного флористического и ценотического разнообразия [5, 4].

Целью работы было изучение флористико-ценотического разнообразия малого водотока, особенностей пространственного распределения растительных сообществ в долине реки в связи с особенностями ее геоморфологии.

Объект исследования – долина реки Дунайка, протекающая в границах антропогенного урбанизированного ландшафта (г. Ярославль). Дунайка относится к категории очень малых рек: протяженность 9,53 км, средняя площадь водосбора (21,6 км²) [6], Долина реки характеризовалась сельскохозяйственным типом землепользования. В настоящее время на данной территории созданы обширные промышленные зоны, искусственные водоемы, что практически полностью изменило русло реки и характер ее долины [2]. В связи с недостаточным освещением в научной литературе данных о биологическом разнообразии долин малых водотоков, протекающих в границах урбанизированных ландшафтов, исследование растительного покрова реки Дунайка представляется актуальным.

Сбор материала проводился в течение двух сезонов 2021 и 2022 года путем маршрутно-детального обследования водотока и его долины с берега с максимальным охватом разных биотопов. Описанием фитоценозов проводилось общепринятым в геоботанике методом пробной площади. Серии пробных площадок закладывались во всех фитоценозах долины реки с охватом в среднем 70–80% их площади. При описании фитоценоза составлялся полный список растений с учетом вертикальной структуры сообщества. Для каждого вида отмечались: обилие, проективное покрытие, фенофаза, максимальная высота; также отмечались уровень воды и тип грунта. Участие видов в сообществах оценивали с использованием двух показателей – обилие и встречаемость. Обилие оценивали через проективное покрытие по 7-балльной шкале Браун-Бланке. Оценка пространственного размещения сообществ проводилась методом экологического профилирования. Графическое построение профильного хода выполнялось в программе CorelDRAW 2021. В качестве выделов на линии приводятся ассоциации, нанесенные по определенному символу доминанта и детерминанта. Оценка степени синантропизации происходила по методу Р.И. Бурды [1].

Видовое богатство долинных участкам р. Дунайки включает 3 вида бессосудистых растений, относящихся к 3 родам, 2 семействам, 1 классу, и 205 видов сосудистых растений, относящихся к 133 родам, 49

семействам, 3 классам, 2 отделам. Наибольшее число видовых таксонов отмечено в семействах Asteraceae (33), Poaceae (18), Rosaceae (16), Salicaceae (12), Fabaceae (9), Polygonaceae (9), Lamiaceae (8), что составляет 51% от видового состава флоры.

Экобиоморфологический состав долины реки представлен различными жизненными формами. Так, среди растений исследуемой территории по классификации К. Раункиера преобладают корневищные гемикриптофиты (54% от числа сосудистых растений исследуемой области), на долю фанерофитов приходится 16,6%, терофитов – 14,6%, хамефитов – 2,4%. По классификации И.Г. Серебрякова наибольшее количество видов представлено многолетними травянистыми растениями (62% от числа сосудистых). Помимо многолетних травянистых растений выявлены и другие жизненные формы растений - двулетние и однолетние растения (15%), а также полудревесные (0,4%), полукустарники (0,4%), кустарники (11,7%), деревья (8,8%).

Только в среднем течении реки из структурных элементов ассиметричной долины зафиксированы короткопоясная прирусловая и центральная части поймы. Притеррасное понижение и террасы у реки не развиты. В верхнем и нижнем течении река имеет «разложистое» строение.

Основное зарастание прирусловой части поймы связано с гигрофильными видами ивы (*S. fragilis*, *S. pentandra*, *S. triandra*, *S. viminalis*, *S. gmelinii*), сообществами *Phalaris arundinacea*, осочником из *Carex acuta* с *Equisetum fluviatile* (весной сообщества затопляются). В центральной пойме вместо мезофильных лугов формируются болотистые луговины из *Calamagrostis neglecta* или *C. purpurea* с высоким обилием сорных видов (*Arctium tomentosum*, *Artemisia vulgaris*, *Cirsium setosum*, *Heracleum sosnowskyi*, *Urtica dioica*). Террасы у реки не развиты. Склоновые участки зарастают сорно-луговым разнотравьем и декоративными кустарниками («беглецами» из близлежащих поселений). Один из вариантов пространственного размещения фитоценозов в границах долины представлен на рисунке 1.

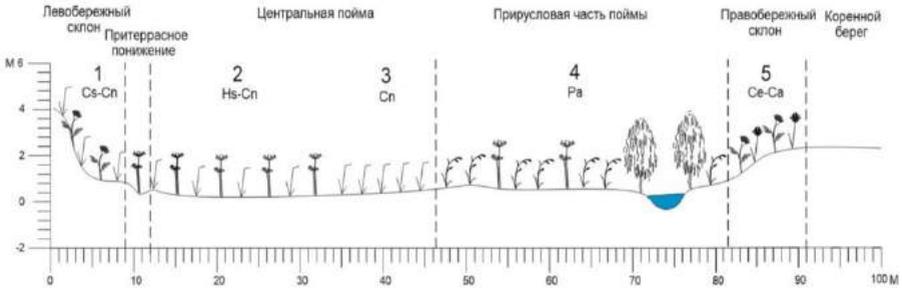


Рисунок 1. Распределение сообществ в долине р. Дунайка (среднее течение)

Условные обозначения: 1 - *Cirsio setosum*–*Calamagrostietum neglectae*, 2 - *Heracleo sosnowskyi*–*Calamagrostietum neglectae*, 3 - *Calamagrostietum neglectae*, 4 - *Phalaridetum arundinaceae*, 5 - *Calamagrostietum epigeios*–*Cirsietum arvensi*.

Обследованные долинные участки реки являются местами обитания редких видов растений из списка Красной книги Ярославской области [3] – *Campanula rapunculoides*, *Epipactis helleborine*, *Eupatorium cannabinum*, *Dactylorhiza incarnata*, *Ulmus laevis*, *Ulmus glabra*.

Показателем антропогенной нагрузки на растительный покров долины реки является проникновение в нарушенные местообитания сорно-рудеральных видов растений. В общей сложности на долю синантропной фракции флоры приходится 70 видов из 57 родов и 24 семейств, что составляет 34% от общего состава. До половины состава семействам *Asteraceae* (35,7%), *Polygonaceae* (7,1%), *Apiaceae* (7,1%). Из 12 ассоциаций растительных сообществ, описанных в долине реки, 9 являются синантропными. Содержание синантропных растений в сообществах на отдельных участках поймы местами доходит до 50% состава.

Среди синантропных растений 27 видов являются пришлыми (адвентивными) и вместе с тем инвазионными на территории Ярославской области [7] растениями. В их числе *Acer negúndo*, *Althaea officinalis*, *Impatiens glandulífera*, *I. parviflora*, *Bidens frondósa*, *Coniza canadensis*, *Cornus álba*, *C. sanguinea*, *Echinocystis lobáta*, *Juncus tenuis*, *Fraxinus pennsylvánica*, *Mallus baccata*, *M. domestica*, *Sorbus hybrida*, *Spiraea media*, *Parthenocíssus quinquefólia*, *Physocarpus opulifolius*, *Reynoutria* × *bohemica*, *Rudbeckia hirta*, *Saponaria officinalis*, *Symphoricarpus albus*, *Spiraea media*, *Symphytum asperum*, среди которых *Heracleum sosnowskyi*, *Helianthus tuberósus*, *Solidago canadensis*, *S. gigantéa* проявляют наибольшую активность в долине

реки Дунайка.

Индекс синантропизации флоры составляет 34%, апофитизации – 88%, адвентизации – 12%. По пятибалльной системе Р.И. Бурды [1] степень синантропизации оценивается в 4 балла (содержание синантропов на площадке не более 50%, очевидно их господство).

Полученные в работе первичные данные может послужить основой для последующего мониторинга динамических процессов, происходящих с растительным покровом в долине р. Дунайка, и разработки комплекса мероприятий по рациональному природопользованию и охране природной среды в ее долине.

Список литературы

1. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры / Р.И. Бурда. – Киев, 1991. – 168с.
2. Кондакова Т.Ю. Историко-географическая реконструкция долины реки Дунайка / Т.Ю. Кондакова, Д.С. Куделина // География и экология в школе XXI века. – 2018. – № 1. – С. 15–21.
3. Красная книга Ярославской области. – Ярославль: Академия, 76, 2015. – 472 с.
4. Левашов А.Н. Флора и растительность долины реки Мологи и примыкающих участков водораздела / А.Н. Левашов, А.Ю. Романовский // Устюжна: краевед. альм. – Вып. 8. – Вологда, 2014. – С.373–243.
5. Природа и природные ресурсы Брянской области. Монография / Под ред. Л.М. Ахромеева. – Брянск: Изд-во «Курсив», 2012. – 320 с.
6. Рохмистров В.Л. Малые реки Ярославского Поволжья / В.Л. Рохмистров. – Ярославль: Издание ВВО РЭА, 2004. – 54 с.
7. Тремасова Н.А., Борисова М.А., Борисова Е.А. Инвазионные виды растений Ярославской области / Н.А. Тремасова, М.А. Борисова, Е.А. Борисова // Ярослав. пед. вестник. Сер. Естественные науки. 2012. Т. 3, № 1. С. 103–111.

БОТАНИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЦЕНОФЛОРЫ ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ГОРОДА МИНСКА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Сергейчик С.И.

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: sn.sergeychik@mail.ru

В работе приведены результаты исследований травянистой растительности железных дорог города Минска и прилегающих территорий, выполненных в 2021–2022 гг. Исследована таксономическая, биоморфологическая, географическая, экологическая структура ценофлоры исследуемых травяных сообществ, проведен анализ ее синантропного компонента.

Введение. Появление железных дорог сыграло большую роль в синантропизации растительного покрова. Естественная растительность на таких участках полностью уничтожается и заселяется вновь аборигенными и адвентивными видами растений. Для железных дорог характерно сильное прогревание, низкая увлажненность и подвижный субстрат, таким образом, вдоль железных дорог формируется специфичная для данной территории растительность.

Железнодорожный транспорт играет большую роль в миграции чужеродных видов растений, которые оказывают неблагоприятное воздействие на аборигенный компонент флоры [1, 2]. В тоже время, на территории железных дорог распространены местные виды растений, приспособившиеся к экстремальным условиям, в большинстве своем они представлены луговыми и рудеральными видами, иногда редкими. Таким образом, растительный покров железных дорог уникален и привлекает внимание многих исследователей.

Материалы и методы. Полевые геоботанические исследования проводились маршрутно-рекогносцировочным и маршрутно-детальным методами с июля по август в период 2021–2022 гг. Было заложено 10 ключевых участков в г. Минске и прилегающих территориях: 1 – станция «Курасовщина», 2 – станция «Степянка», 3 – железная дорога вблизи Минского завода колесных тягачей (МЗКТ), 4 – станция «Мачулищи», 5 – грузовая железная дорога в г.п. Мачулищи, 6 – вблизи станции «Помыслище», 7 – соединительные пути, г. Минск, ул. Серова, 8 – соединительные пути, г. Минск, ул. Харьковская, 9 –

вблизи станции «Зелёное» и 10 – вблизи станции «Минское море». В пределах железной дороги выделяют три функциональные зоны: полотно, откос и полоса отчуждения [2]. В каждой зоне закладывалась пробная площадь, где были выполнены геоботанические описания. Структурно-сравнительный анализ ценофлоры травянистой растительности проводился общепринятыми методами на основе 20 геоботанических описаний. Для экологического анализа растений изученных сообществ использовали базу данных флоры сосудистых растений центральной России на основе экологических шкал Элленберга [4]. При анализе географической структуры ценофлоры использован метод биогеографических координат, в соответствии с которым ареал включает в себя широтную и долготную характеристики. Анализ синантропного компонента проводился на основании классификаций, разработанных А. Thellung и J. Kornaš, с учетом исследований Д.И. Третьякова [3].

Результаты и обсуждение. Ценофлора травяных сообществ железных дорог г. Минска и прилегающих территорий насчитывает 163 вида сосудистых растений, относящихся к 119 родам, 42 семействам, 4 классам и 3 отделам, а также включает 2 вида мохообразных. Ведущими по числу видов семействами являются: *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Poaceae*, *Rosaceae*, *Apiaceae*, *Brassicaceae*, *Polygonaceae*, *Scrophulariaceae*, *Labiatae*, *Onagraceae*.

Анализ жизненных форм по системе К. Раункиера показал, что в исследуемой ценофлоре большую долю занимают гемикриптофиты (87 видов – 53,4%) и терофиты (43 вид – 26,4%). Экологический анализ позволил выявить преобладание гелиофитов (140 видов – 86%), мезотрофов (74 вида – 45%), нейтрофилов (76 видов – 47%), а также преобладание группы мезофитной ориентации: мезофиты (63 видов – 39%) и мезоксерофиты (30 вида – 18%). Данная структура экоморф обусловлена экстремальными условиями формирования растительных сообществ: высоким уровнем освещения, нехваткой воды и питательных веществ. Географический анализ ценофлоры показал, что по широтному расположению видов в ценофлоре преобладает пльоризональная группа растений (93 вида – 57%), а по долготному градиенту – пльорирегionalная (80 вид – 49%).

Фитоценоотический анализ исследуемой ценофлоры выявил преобладание растений сорно-рудеральной группы (44 вида – 27%), способных успешно заселять нарушенные местообитания, и опушечно-

луговой (44 вида – 27%), что может объясняться сходными условиями луговых биотопов, а также их сокращением.

Анализ синантропного компонента исследуемой ценофлоры насчитывает 140 видов, из которых 93 вида (66%) являются апофитами, что обусловлено синантропизацией флоры. На долю адвентивных видов приходится 47 видов (34%). Анализ происхождения чужеродных видов показал преобладание неофитов (27 видов). По способу миграции преобладают случайно занесенные виды – ксенофиты (30 видов). По степени натурализации встречаются агриофиты (24 вида) и эпекофиты (23 вида) – это виды, широко распространившиеся по антропогенным местообитаниям, а также внедрившиеся в естественные ценозы. В адвентивной фракции исследуемой ценофлоры выявлено 10 видов растений, занесенных в «Черную книгу флоры Беларуси» [5]: *Amelanchier spicata*, *Erigeron annuus*, *Lupinus polyphyllus*, *Heracleum sosnowskyi*, *Solidago canadensis*, *Oenothera biennis*, *Oenothera rubricaulis*, *Rumex confertus*, *Acer negundo*, *Parthenocissus quinquefolia*.

Анализ синантропного компонента позволил выявить особенности адвентизации ценофлоры в зависимости от функциональных зон железной дороги. Степень адвентизации снижается следующим образом: железнодорожное полотно → откос → зона отчуждения (рисунок 1). Прямо пропорционально увеличивается степень апофитизации ценофлоры, что связано со снижением антропогенного воздействия и распространения естественных видов из прилегающих территорий.

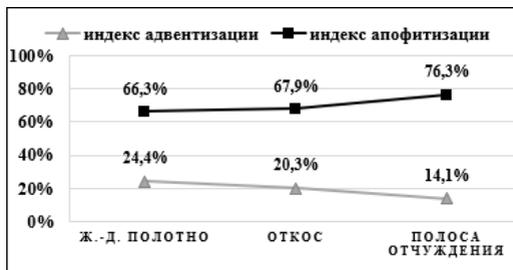


Рисунок 1 – Степень апофитизации и адвентизации исследуемой ценофлоры

Выводы. Территория железных дорог характеризуется засушливыми, экстремальными условиями, где наибольшее распространение получают наиболее приспособленные виды растений. По результатам таксономического анализа можно отметить

преобладание семейств, обладающих высокой экологической пластичностью, способных к активному распространению, а также приспособлены к жизни в засушливых условиях.

Высокая доля терофитов определяется их способностью эффективно переносить неблагоприятное воздействие со стороны железнодорожного транспорта. Преобладание гемикриптофитов обусловлено широким их распространением в данной климатической зоне, покинув естественные местообитания они заселили территории железных дорог.

В большинстве своем растения исследуемой ценофлоры относятся к сорно-рудеральной и опушечно-луговой группам. Представители групп имеют широкий ареал обитания и приспособлены к жизни на нарушенных местообитаниях. Сокращение луговых биотопов способствует распространению на железных дорогах опушечно-луговых видов растений.

Большую долю во флоре железных дорог занимают апофиты, расселившиеся из естественных сообществ. Вместе с тем, происходит активное внедрение адвентивных растений, которые могут представлять определенную опасность для естественных фитоценозов. Адвентивные виды быстрее заселяют новые территории, где еще не успела сформироваться естественная растительность. Отмечена высокая степень адвентизации ценофлоры вдоль железнодорожного полотна. Железнодорожный транспорт способствует распространению семян заносных видов растений, которым проще закрепиться на свободном от растительности участке. Выявленные инвазионные растения, занесенных в Черную книгу Республики Беларусь, представляют ущерб аборигенной флоре и нуждаются в мониторинге.

Список литературы

1. Арепьева, Л.А. Обзор растительных сообществ железнодорожных насыпей в городах Курской области / Л.А. Арепьева // Известия Самарского НЦ РАН. – 2013. – Т. 15, № 3(2). – С. 695–699.
2. Баринов, А.В. Анализ флоры железных дорог города Москвы : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.01 / А.В. Баринов. – Москва, 2018. – 154 с.
3. Третьяков, Д.И. Роль синантропного компонента в формировании флоры Белоруссии : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Д.И. Третьяков. – Минск, 1990. – 365 л.
4. Фитоиндикация: экологические шкалы Эллиенберга // Geoeocograph [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: http://geoeocograph.blogspot.com/p/blog-page_15.html. – Дата доступа: 26.07.2023.
5. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д.В. Дубовик [и др.]; под общ. ред. В.И. Парфенов, А.В. Пугачевского; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им В.Ф. Купревича. – Минска: Беларуская наука, 2020. – 407 с.

НАПРАВЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ СУКЦЕССИЙ В ВЫСОКОВОЗРАСТНЫХ ПОВИСЛОБЕРЕЗОВЫХ ЛЕСАХ НА ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Старикова Л.И.

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси»; г. Минск, Беларусь, e-mail: liliya.star18@gmail.com

Рассмотрены особенности динамики структуры повислоберезовых лесов на поздних стадиях естественных сукцессий на территории Березинского биосферного заповедника и Беловежской пущи. Установлено, что основной период распада повислоберезовых насаждений приходится на возраст 120–130 лет. Следующим этапом сукцессии является формирование ельников, либо широколиственных лесов, либо широколиственных лесов через стадию ельников (в зависимости от серии типов леса).

Формация березовых лесов широко распространена в Беларуси и по площади (1,9 млн. га) занимает второе место после сосновых лесов. На их долю приходится 23,4 % лесопокрытой площади [1]. В суходольных березняках эдификатором выступает береза повислая (*Betula pendula*), где она формирует насаждения производные от хвойных или широколиственных лесов. Преобладающими в условиях Республики Беларусь являются березняки папоротниковые (18,9 %), черничные (18,6 %), кисличные (16,7 %) и орляковые (12,3 %) [2]. В большинстве своем такие леса занимают легкодоступные участки на месте бывших вырубок или сельскохозяйственных земель. Доступность приводит к практически полному отсутствию высоковозрастных повислоберезовых лесов, которые вырубаются в возрасте 61–70 лет. При этом березняки и в целом мелколиственные насаждения являются одной из обязательных стадий процесса естественного формирования коренных лесов. Понимание сукцессионных процессов особенно актуально для особо охраняемых природных территорий, поскольку позволяет прогнозировать структуру будущих лесов при отсутствии хозяйственной деятельности на фоне климатических изменений.

Объектом нашего исследования послужили высоковозрастные (старше 50 лет) повислоберезовые леса на особо охраняемых природных территориях Беларуси.

В рамках работы были проанализированы сукцессионные процессы в высоковозрастных фитоценозах березы повислой на территориях с ограниченным лесопользованием по историческим материалам лесоустройства (для территории Березинского биосферного заповедника). Также был проведен сравнительный анализ динамики структуры высоковозрастных древостоев (за 40–60-летний период) с доминированием березы повислой на постоянных пробных площадях в двух регионах Беларуси и установлены основные направления естественных сукцессий.

На основе материалов лесоустройства Березинского биосферного заповедника 1976 г. были отобраны участки с преобладанием березы повислой и затем сопоставлены с планами лесонасаждений 2018 г. В ходе полевых исследований в наиболее старых древостоях березы повислой были заложены временные пункты учета (ВПУ). Всего таких участков было исследовано 16. В анализ также были вовлечены материалы исследований динамики насаждений на двух постоянных пробных площадях Березинского биосферного заповедника (ППП 019 и ППП 205) и шести постоянных пробных площадях Беловежской пуши (ППП 01, 02, 03, 04, 08, 09). На всех участках проведено описание состава и структуры древостоев, подроста, подлеска и живого напочвенного покрова. Определен средний возраст компонентов древостоя.

Березинский биосферный заповедник. На 1976 год среди анализируемых березняков преобладали насаждения 6 класса возраста (60 % об общего количества участков). По нашим исследованиям доля насаждений с преобладанием березы в составе медленно снижается с 9 по 12 класс возраста (с 90 до 70 %), а затем резко падает до 40 %. Т.е. основной период распада березовых насаждений приходится на возраст 120–130 лет, хотя ранее считалось, что 80–100 лет.

Под пологом березы формируется подрост в основном из ели и березы повислой, а также широколиственных пород: дуба, липы, клена, ясеня. За 42-летний период из общего количества березняков сохранилось 68 %. В остальных произошла замена главной породы: на ель, ольху черную, осину, сосну, ясень. Наиболее широко распространена классическая смена березы на ель, которая появляется под пологом березы или одновременно с ней и, в силу своей теневыносливости и высокой продолжительности жизни, постепенно вытесняет березу из древостоя.

Из 16 непосредственно обследованных участков доминирование березы сохранилось на 13; в трех насаждениях произошла смена главной породы на ель. Изменения в составе древостоя первого яруса показывают, что доля березы постепенно сокращается, начиная с 30 и до 120 лет, т.е. до фазы распада березовых древостоев. Одновременно доля ели в составе древостоев увеличивается с 1 до 4 единиц.

Более заметные изменения происходят в составе и количестве подроста. Доля ели в подросте постоянна и держится на уровне около 6 единиц, дуба и липы 2–3 единицы. Средняя доля клена резко увеличивается от 1 единицы в 80-летних насаждениях до 6–7 единиц в 120-летнем.

Наблюдения на постоянных пробных площадях подтверждают изменения, выявленные по материалам лесоустройства. Мы видим, что на ППП 019 к 80 годам доля березы в составе древостоев постепенно сокращается (с 100–80 до 60 %). Доля ели в составе выросла с единичных деревьев до 40 %. Хотя запас березы на протяжении последних 15 лет остается без изменений, поэтому говорить о распаде яруса березы преждевременно. Однако практически весь прирост общего запаса формируется за счет ели.

Современная структура древостоя хорошо видна в распределениях крон по высоте и деревьев – по ступеням толщины. Изменения показывают, что ель продолжает из-под полога выходить в первый ярус, а в составе нижнего яруса древостоя заметно увеличение доли широколиственных пород, в особенности липы. Если тенденция изменения запасов сохранится, то через 15 лет запас ели сравняется с запасом березы. Полное трансформирование в ельник произойдет только после превышения доли ели над березой в первом ярусе, что произойдет еще через одно десятилетие. При этом постепенный выход липы и клена в первый ярус древостоя создает в перспективе предпосылки для формирования елово-широколиственного древостоя.

На ППП 205 за 20 лет произошли существенные изменения: количество крон березы в первом ярусе уменьшилось в 2 раза, что связано с повреждением бактериальной водянойкой. Это позволило ели ускорить свой рост и одновременно усилить дифференциацию деревьев по высоте. Можно предположить, что трансформация насаждения в ельник произойдет быстрее, чем в насаждении на ППП 019.

Беловежская пуца. На ППП 02, ППП 03, ППП 09 сукцессионные процессы идут в схожем направлении. Здесь имеет

место достаточно высокая доля осины, которая появилась одновременно с березой, опередила ее по скорости роста и вышла в первый ярус. Это привело к угнетению и более ранней гибели (в возрасте около 100 лет) березы. Поэтому на короткий период в 80–90-летнем возрасте березняк трансформируется в осинник, а к 110 годам береза и осина исчезают из состава древостоя.

Фитоценоз на ППП 09 сейчас находится на начале стадии трансформации березняка в осинник (возраст древостоя 83 года), на ППП 02 – на стадии осинника (95 лет), а на ППП 03 – на стадии, когда сохранились только единичные деревья осины и березы. Далее сукцессии идут в двух направлениях в зависимости от состава второго яруса древостоя: трансформация в смешанное грабово-дубово-кленовое (ППП 02) либо еловое (ППП 03, ППП 09) насаждение.

В фитоценозах на ППП 01 и ППП 04 доля осины незначительна в составе древостоя, поэтому доминирование березы в первом ярусе сохраняется до естественного распада ее полога в возрасте старше 120 лет (вероятно до 130–140 лет). В нижних ярусах древостоев доминирует ель с участием граба и дуба. Трансформация в ельники здесь будет происходить на 20–30 лет позже, чем в березняках с высокой долей осины.

На ППП 08 в отличие от фитоценозов на других пробных площадях большая часть ели появилась не одновременно с березой, а под ее пологом. Низкая доля широколиственных пород в нижних ярусах и подросте говорит о том, что в здесь в дальнейшем наиболее вероятно формирование елового фитоценоза, а широколиственные породы будут и дальше участвовать в составе древостоев в небольшой примеси.

Если проанализировать смещение фитоценозов по экологическим шкалам, начиная с момента закладки пробных площадей и до современности, то можно увидеть, что фитоценозы сместились в сторону большего богатства почвы азотом. Это смещение связано в первую очередь с обогащением верхних горизонтов почвы за счет опада березы, а также граба, клена, дуба. При этом по шкале влажности различия незначительны. По шкале освещенности можно увидеть, что произошло значительное смещение в сторону уменьшения. Это связано с появлением сомкнутого полога ели, дуба и граба.

Таким образом, основной период распада повислоберезовых

насаждений в Березинском биосферном заповеднике в наиболее богатых типах леса при отсутствии хозяйственной деятельности приходится на возраст 120–130 лет. В процессе распада березовые леса сменяются ельниками. Дальнейшее развитие фитоценозов может происходить с участием широколиственных пород, что создает предпосылки для восстановления елово-широколиственных лесов через стадию еловых лесов. Ускорению распада повислоберезовых насаждений способствуют повреждения насекомыми или болезнями.

В отличие от Березинского биосферного заповедника на территории Беловежской пуши направления сукцессий в высоковозрастных березовых насаждениях разнообразнее из-за большего участия широколиственных пород. В насаждениях с высокой долей осины в 80–90-летнем возрасте березняк трансформируется в осинник, а к 110 годам и береза, и осина выпадают из состава древостоя и происходит трансформация березняков или сменяющих их осинников в смешанное грабово-дубово-кленовое либо еловое насаждение.

В результате в лесах Беловежской пуши гораздо выше вероятность трансформации березняков сразу в широколиственные насаждения, в связи с обусловленным изменением климата массовым распадом высоковозрастных ельников. Тем не менее, наиболее вероятный ход сукцессии на обеих территориях – это восстановление широколиственных насаждений из березняков через стадию ельника.

Список литературы

Государственный лесной кадастр Республики Беларусь от 01.01.2022 – Минск: РУП Белгослес, 2022.–С.58–61.

Климчик, Г. Я. Современная характеристика березовой формации лесов Беларуси / Г. Я. Климчик, О. Г. Бельчина // Труды БГТУ. – Минск: БГТУ, 2022. – № 1 (252). – С. 13–17.

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИДОРΟЖНЫХ ГАЗОНОВ В УСЛОВИЯХ СПЕЦИФИКИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Шавалда Е.С.

Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф.Купревича Национальной академии наук Беларуси;

г. Минск, ул. Академическая, 27, Республика Беларусь, e-mail: shavalda@bk.ru

Анализ структуры придорожной травянистой растительности с учетом конструкции полосы отвода показал различия в устойчивости используемых видов придорожных травосмесей. Отмечено влияние на эколого-фитоценологическую структуру сообществ таких факторов, как периодичность кошения, антропогенные изменения почв, положение растительных сообществ в полосе отвода и др. Таким образом, различное проявление комплексного воздействия данных факторов приводит к развитию сообществ как с необходимыми для условий полосы отвода качествами (придорожный газон, укрепление откосов, дернинообразование), так и вариацией фитоценозов с доминированием сорной растительности, в т.ч. чужеродной (инвазивные виды).

Введение. Строительство и реконструкция транспортных путей приводит к разрушению и/или изменению условий произрастания растительности в прилегающих экосистемах. Изменение эдафических и орографических условий определяет будущий облик формирующихся фитоценозов – развитие рудеральной растительности с высокой долей инвазивных видов, из-за чего необходимость создания придорожных газонов на основе высоко конкурентных и устойчивых видов растений для антропогенно преобразованной зоны наиболее актуально.

Сложная конструкция полосы отвода, как элемента придорожной инфраструктуры с наличием кюветов и склонов (в зависимости от примыкающей территории), предопределяет необходимость создания специфических газонов из дернинообразующих видов, укрепляющих откосы и снижающих эрозионные процессы. На сегодняшний день широко применяются травосмеси из костреца безостого (*Bromopsis inemis*), ежи сборной (*Dactylis glomerata*), плевела многолетнего (*Lolium perenne*), тимофеевки луговой (*Phleum pratense*), пырея ползучего (*Elytrigia repens*), овсяниц (*Festuca rubra*, *Festuca pratensis*), мятлика лугового (*Poa pratensis*) и полевицы побегоносной (*Agrostis stolonifera*). Роль данных видов заключается в создании плотного

растительного покрова вдоль автодорог, устойчивого к специфике химического загрязнения и способного длительно поддерживать необходимую фитоценотическую структуру, сдерживая внедрение и распространение нежелательных видов растений. Также высока роль в эстетической составляющей придорожных фитоценозов.

Материалы и методы. Оценка эффективности придорожных травосмесей проводилась путем сбора и анализа геоботанических описаний за летний период (июль-август) 2021-2023 гг. вдоль автодорог республиканского значения в пределах г. Минска и Минской области. Презентативные участки выбирались для экспозиций пролегания дороги в «выемке» и «насыпи». В свою очередь, полоса отвода в экспозициях разделялась по секторам. Для каждого сектора проводилось отдельно геоботаническое описание. В экспозиции «выемка» выделены 4 сектора: 1 – прилегающая к дороге полоса 0,5-1,5 м; 2 – кювет; 3 – склон; 4 – внешняя бровка выемки (2-4 м); в «насыпи» выделены 3 сектора: 1 – прилегающая к дороге полоса 0,5-1,5 м; 2 – склон и кювет; 3 – подошва насыпи или кювета (2-10 м). Геоботаническое описание проводилось эколого-флористическим методом Й. Браун-Бланке [1-3]. Краткая характеристика почв (почвогрунтов, антропогенно-преобразованных почв) дана по ТКП-2018 (33520) «Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель» [4].

Результаты исследования. Наибольшему антропогенному преобразованию (этап эксплуатации автодорог) подвержены 1 сектора полосы отвода. Процессы образования дернины различны или не наблюдаются вообще на всех исследуемых участках: так, асс. *Polygonetum arenastri* Gams 1927 corr. Lanikova in Chytrý характерна для деградированных эрозионных почв с сильным уплотнением в результате вытаптывания. Ассоциация выделена тремя вариантами в зависимости от наличия и мощности дернины (в порядке возрастания): *Typica* (0 см) → *Potentilla anserina* (0-1 см) → *Poa compressa* (1-3 см). Из этого следует, что в некоторых случаях виды травосмесей изначально не усваиваются в 1 секторах или со временем вырождаются в результате специфики придорожных сукцессионных процессов. Более благоприятные условия почвообразования наблюдаются на деградерновых с признаками эрозии почвах с сохраняющимся уплотнением и определяют наличие асс. *Lolietum perennis* Gams 1927 и асс. *Lolio-Potentilletum anserinae* Tx. 1947 с большим фиторазнообразием, что подтверждает высокую устойчивость

используемого плевела многолетнего (*L. perenne*). Следует отметить, что все почвы изначально насыпного характера.

В условиях сформированной и плотной дернины мощностью до 5 см в первых секторах также часто встречаются богатые видами растений асс. *Convolvulo arvensis-Elytrigietum repentis* Felföldy 1943 (var. *Lolium perenne*) и *Convolvulo arvensis-Brometum inermis* Felföldy 1943.

Накопление гумуса в кювете (2 сектор «выемки» и на некоторых участках 3 сектора «насыпи») за счет смыва плодородного слоя из вышележащих участков полосы отвода наиболее благоприятно влияет на структуру придорожных фитоценозов: среди всех сообществ чаще отмечается асс. *Dactylido glomeratae-Bromopsietum inermis* Sapegin et Dajneko 2008. Данная ассоциация представлена различными вариантами, чье развитие в первую очередь определяется качеством используемого почвогрунта (торфяно-минеральный субстрат) и последующим формированием (восстановлением) почв, периодичностью кошения и длительным переувлажнением почв из-за разной эффективности системы регулирования грунтовых вод и стока атмосферных осадков. Вариант *Tyrica* характерен для участков дорог с проведением всех мероприятий по уходу за полосой отвода, почвенный покров представлен естественными и антропогенно-аккумуляированными почвами с выраженной дерниной более 10 см, возможно сезонное переувлажнение почв. Появление вариантов *Phragmites australis* и *Phalaroides arundinacea* вызвано длительным переувлажнением (подтоплением) придорожной территории (особенно характерно для 3 сектора «насыпи»); развиваются виды, тяготеющие к избытку воды, появляются признаки водной эрозии почв, качество газона и возможность качественного ухода за полосой снижаются. Варианты *Calamagrostis epigeios* и *Lupinus polyphillus* чаще характерны для склонов полосы отвода (2 сектор «насыпи» и 3 сектор «выемки»), имеют выраженный слой дернины и являются признаками отсутствия своевременного кошения, также очевидно вырождение видов травосмесей и постепенная смена растительных сообществ – в последующем развивается древесно-кустарниковый ярус. Вариант с *Cirsium arvense* характерен для основания «насыпи» (3 сектор «насыпи»), примыкающей чаще всего к лесным сообществам и с кошением только верхней части склона насыпи; также начинает развиваться древесно-кустарниковый ярус.

На склонах (2 сектор «насыпи» и 3 сектор «выемки») создание газонов наиболее затруднительно по причине смыва почвогрунтов, семян и низкого качества задернения; механическое кошение приводит к разрушению верхних горизонтов и стимулирует проникновение нежелательной растительности. Также использование торфа вместо торфяно-минерального субстрата приводит к его смыву атмосферными осадками и выветриванию, что приводит к развитию асс. *Jasiono montanae-Thymetum serpylli* Bulokhov 2019 (*Thymetum pulegioidoserpylli* Konishchuk 2003 nom. inval. (syntax. syn.)) и дериватных сообществ *Pilosella officinarum-Bromopsis inermis* [*Koelerio-Corynephoretea* / *Molinio-Arrhenatheretea*], характерных для песчаных почв со слаборазвитой дерниной и выраженной эрозией, постепенным разрушением конструкции полосы отвода. На более поздних стадиях сукцессии придорожных газонов (например, асс. *Dactylido glomeratae-Bromopsietum inermis* Sapegin et Dajneko 2008) и при сохранности почвогрунта развиваются асс. *Calamagrostietum epigeji* Sapegin 1986 с вариантами *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne* и *Solidago canadensis*, которые также показывают частичную сохранность создаваемых газонов. Постепенное внедрение золотарника канадского (*S. canadensis*) отмечено на участках, где регламент ухода за полосой отвода не выполняется. Условия уплотненного почвогрунта с дерниной до 5-8 см на пологих склонах являются признаком интенсивного кошения и в основном определяют развитие асс. *Festucetum rubrae* (Domin 1923) Válek 1956 em. Pukau et al. 1956.

У основания экспозиции «насыпь» (3 сектор) и вершины в «выемке» (4 сектор), формируются сообщества как вышеупомянутых фитоценозов, так и в результате прохождения дороги через сельскохозяйственные территории – асс. *Chenopodietum albi* Solomeshch in Ishbirdin et al. 1988 (var. *Festuca pratensis*) – придорожный газон в результате повреждения сельскохозяйственной техникой и распространения сеgetально-рудеральных видов начинает трансформироваться в сообщества сорной растительности. Наличие вдоль автодорог велодорожек и пешеходных дорожек, АЗС определяют проведение частых кошений; характерны дегродерновые с признаками эрозии почвы (урбоземы) – развиваются асс. *Festucetum pratensis-Dactylidetum glomeratae* Dymina 1989 (var. *Typica*, *Calamagrostis epigeios*) и асс. *Leontodonto-Poetum pratensis* Anishchenko et Ishbirdina in Ishbirdina et al. 1989 ex Anishchenko et al. (var. *Dactylis glomerata*).

При редкой периодичности кошения и сохранности почвогрунтов с наличием участков нарушенных естественно-восстанавливаемых почв в 3 секторе «насыпи» выделяются сообщества поздних сукцессионных стадий с преобладанием видов травосмесей – асс. *Arrhenathero elatioris-Dactylidetum glomeratae* Arepieva 2015 (var. *Typica* и *Lupinus polyphyllus*).

Выводы. Полученные данные свидетельствуют о неравномерной эколого-фитоценотической структуре придорожной растительности. Основными факторами, определяющими видовой состав растительных сообществ, являются конструкция полосы отвода, периодичность кошения и качество используемых почвогрунтов. Геоботанический анализ показал высокую долю видов травосмесей в структуре фитоценозов, однако отсутствие проводимых мероприятий по уходу за полосой отвода приводит к развитию вариантов сообществ с *Solidago canadensis*, *Lupinus polyphyllus* и *Cirsium arvense*, изменяющих растительный состав вдоль автодорог – угнетаются виды травосмесей; в последующем развивается древесно-кустарниковый ярус из-за отсутствия ухода за полосой отвода. Подтопление полосы отвода и прилегающих территорий в результате строительства автодорог часто приводит к неэффективности в создании газонов и их последующему замещению на сообщества с доминированием *Phragmites australis* и *Phalaroides arundinacea*.

Также наблюдается значительный вклад вейника наземного (*Calamagrostis epigeios*), который является прямым признаком вырождения газонов, однако вид обладает свойствами дернинообразования, что наиболее актуально для песчаных откосов.

Среди используемых видов травосмесей низкую устойчивость показали тимофеевка луговая (*Phleum pratense*) и полевица побегоносная (*Agrostis stolonifera*), что требует их анализа для сохранения в придорожных травосмесях.

Степень устойчивости и вклад в структуру растительных сообществ видов указан в порядке убывания: *Lolium perenne* → *Bromopsis inemis* → *Calamagrostis epigeios* (с учетом возможности включения в состав травосмесей) → *Dactylis glomerata* → *Festuca rubra* → *Elytrigia repens* → *Festuca pratensis* → *Poa pratensis*.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта БРФФИ №Б23М-001.

Список литературы

1. Braun-Blanquet, J. Pflanzensociologie. Grundzüge der Vegetationskunde / J. Braun-Blanquet. – Wien-New York, 1964. – 865 s.
2. Миркин, Б.М. История и концептуальные установки классификации растительных сообществ с использованием подхода Браун-Бланке / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова // *Lethaea rossica*. – 2014. – Т. 9. – С. 21-34.
3. Шавалда, Я.С. Да методыкі геабатанічных даследаванняў прыдарожнай расліннасці / Я.С. Шавалда, І.М. Сцепановіч // *Вестні НАН РБ, сер. біял. навук.* – 2022. – Т. 67. – № 4. – С. 374-385.
4. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель. Технология работ. ТКП 302-2018 (33520). – Взамен ТКП 302-2011 (03150). – Минск: Госкомимущество, 2018. – 104 с.

АНАЛИЗ НОВЫХ ДАННЫХ ПО ЧУЖЕРОДНОЙ ФЛОРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «УГРА» (С 2005 Г.)

Ягодовская М.П., Решетникова Н.М.

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН); Москва, Россия,
korczak-jagodowski@list.ru

По материалам нового аннотированного списка видов сосудистых растений Национального парка «Угра» выявлено более 90 новых вида для территории парка, из которых 60 имеют чужеродное происхождение. В данной работе проведен анализ чужеродного компонента флоры, с учетом происхождения видов, местообитаний и степени натурализации.

Аннотированный список видов национального парка «Угра» (НП «Угра») был издан в 2005 г. (Сосудистые..., 2005), за прошедшие 18 лет на данной территории было проведено немало флористических исследований, результаты которых нуждались в обобщении с последующим изданием нового списка видов.

Цель данной работы проанализировать новые данные по чужеродной флоре на охраняемой территории НП «Угра» за последние 18 лет.

Материалы и методы. Из конспекта нового аннотированного списка видов НП «Угра» были выбраны чужеродные виды, которые отсутствовали в изданном списке (Сосудистые..., 2005), и занесены в сводную таблицу Excel для дальнейшего анализа. Для каждого вида отмечали местообитание, происхождение и указывали степень натурализации.

В период с 5 по 22 августа 2022 г. были проведены полевые исследования ключевых ботанических участков территории НП «Угра». Особое внимание было уделено натурализации чужеродных видов на охраняемой территории. В работах приняли участие сотрудник МГУ А.С. Беэр и студенты МГУ и СПбГУ.

При работе в парке использовали маршрутно-флористический метод на основе подхода А.В. Щербакова, который использовал идеи В.В. Алехина (Щербаков и др., 2002). На каждом маршруте, привязанному к некоторой локальной площади, ландшафтному выделу, заполнялся заранее заготовленный бланк со списком распространенных сосудистых растений в Калужской области, в котором отмечали все встреченные виды сосудистых растений с

указанием их местообитаний. Таким образом, уже в полевых условиях можно отследить новые виды и долю чужеродного компонента флоры.

Наиболее интересные виды и формы растений собраны в гербарий. Всего за 2022 г. собрано 184 листа гербария, образцы были определены, этикетированы и переданы в Гербарий Главного ботанического сада РАН (МНА).

Результаты. Всего для территории НП «Угра» с учетом материалов прошлых лет и результатов исследования в 2022 г. за прошедшие 18 лет со времени издания списка (Сосудистые..., 2005) выявлено более 90 видов сосудистых растений, из них 60 видов чужеродные для территории парка. Для охранной зоны зарегистрировано 23 чужеродных вида. Из всех новых видов для территории парка аборигенные виды составляют только треть.

Обсуждение результатов.

Среди новых чужеродных видов для территории НП «Угра» есть представители 30 семейств, с преобладанием Rosaceae (10), Salicaceae (5) и Saprotfoliaceae (4), которые высаживались в дендрарии парка и популярны в дачной культуре, а также Poaceae (6) и Asteraceae (5), обычные для чужеродного компонента флоры. Немного меньше представителей семейств Brassicaceae (4), Apiaceae (3), остальные семейства по одному представителю.

Чужеродные виды разделяем по типу заноса на две группы: специально высаженные, культивируемые человеком виды (С – Cultivated alien plants – 45 вида) и непреднамеренно занесенные виды, которые распространяются чаще по обочинам дорог, ж/д. насыпям и другим нарушенным антропогенной деятельностью местообитаниям (А – Accidental alien plants – 15 видов)¹. Большинство чужеродных видов занесены человеком на территорию преднамеренно. В первую очередь эти растения были высажены в дендрарии парка или остались на месте старых посадок в деревьях или приусадебных парках. Необходим целенаправленный мониторинг натурализации и уход за растениями, высаженными в декоративных целях на охраняемых территориях. Немногочисленность видов, непреднамеренно занесенных на территорию, возможно связана со сниженной степенью антропогенной трансформации земель парка по сравнению со всей Калужской областью. Среди непреднамеренно занесенных видов 7

¹В сомнительных случаях, происхождение вида определялось по флористической сводке по области (Калужская флора..., 2010).

скорее всего были занесены на территорию во время ВОВ немецкой армией (полемохоры), например, *Festuca filiformis* Poir., *Carex brizoides* L., *Luzula luzuloides* (Lam.) Dandy et Wilmott, этот феномен нуждается в отдельном изучении.

Среди новых чужеродных видов выделяем три группы по степени натурализации (N – Naturalization; Калужская..., 2010): (1) не натурализовавшиеся виды, которые не размножаются на месте заноса, травянистые растения обычно гибнут при первых заморозках в конце вегетационного сезона, а древесные могут сохраняться довольно длительное время [С – 16 видов, высажены в дендрарии парка; А – 1 вид]; (2) растения, способные к возобновлению только на месте заноса, и не способные формировать самоподдерживающиеся, устойчивые популяции на соседних участках [С(N) – 19 видов, в основном деревья и кустарники; А(N) – 4 вида]; (3) натурализовавшиеся растения, которые успешно размножаются, часто образуют заросли и расселяются по соседним участкам [СN – 10 видов, деревья и кустарники, для которых характерно быстрое вегетативное размножение порослью, а также *Rudbeckia hirta* L., *Solidago gigantea* Aiton и *Geum macrophyllum* Willd.; AN – 4 вида, травянистые].

Натурализовавшиеся чужеродные виды, расселяясь по территории парка, внедряются в различные местообитания. В естественных местообитаниях отмечены чужеродные виды, только преднамеренно занесенные человеком в регион, в основном расселение видов идет по пойменным лугам и берегам рек (*Salix purpurea* L., *Crataegus horrida* Medik., *C. monogina* Jacq. *Rudbeckia hirta*, *Solidago gigantea*), а также по обочинам дорог и тропам (*Bromus arvensis* L., *Lolium multiflorum* Lam., *Geum macrophyllum*, *Solidago gigantea*). Непреднамеренно занесенные на территорию виды регистрируются по обочинам дорог (*Cardamine hirsuta* L.) и на ж.д. насыпях (*Oenothera villosa* Thunb., *Papaver dubium* L.).

Из новых для территории парка чужеродных видов в Черную книгу Калужской области входят: *Hippophae rhamnoides* L., *Salix purpurea* L. и *Solidago gigantea* (Черная..., 2019). По нашим наблюдениям в состав Черной книги можно включить: *Eragrostis albensis* H. Scholz и *Geum macrophyllum*.

Среди известных на 2005 г. (Сосудистые..., 2005) чужеродных видов, степень натурализации за 18 лет увеличили 7 видов (*Acer negundo* L., *Heracleum sosnowskyi* Manden, *Impatiens parviflora* DC.,

Erigeron annuus (L.) Pers., *Bidens frondosa* L., *Solidago gigantea*, *S. canadensis* L.), все они входят в Черную книгу региона (Черная..., 2019). В естественных местообитаниях отмечены 6 видов (*Aronia mitschurinii* A. Skvortsov et Maytulina, *Crataegus horrida*, *Populus alba* L., *Salix purpurea*, *Berberis vulgaris* L., *Fragaria ananassa* (Weston) Duch. ex Rozier), которые ранее регистрировались только в культуре.

Выводы. За прошедшие 18 лет со времени издания списка обнаружено 60 новых чужеродных вида для территории и 23 для охранной зоны парка. Большинство чужеродных видов были занесены на территорию парка человеком преднамеренно, в основном были высажены в дачной культуре и дендрарии декоративные (деревья и кустарники семейств Rosaceae, Salicaceae и др.), откуда начали расселяться на соседние участки. В естественные местообитания внедряются только преднамеренно занесенные культивируемые человеком чужеродные виды, в основном расселение идет по пойменным лугам и берегам рек. За 18 лет степень натурализации в парке увеличили 13 чужеродных видов, почти все из них занесены в Черную книгу региона.

Благодарности. Благодарим всех принимавших участие в сборе гербарного материала: А.С. Безра и студентов кафедры высших растений МГУ и СПГУ. Благодарим сотрудников Национального парка «Угра в особенности зам. директора по научной работе А.В. Рогуленко за помощь в организации работ на территории. Благодарим за проверку и обсуждение гербарного материала С.Р. Майорова (МГУ) и А.Н. Скуратовича (ИЭБ НАНБ).

Финансирование. Материалы обобщены в рамках государственного задания ГБС «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения», № госрегистрации 122042700002-6.

Список литературы.

Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области / Решетникова Н.М., Майоров С.Р., Скворцов А.К., Крылов А.В., Воронкина Н.В., Попченко М.И., Шмытов А.А. М.: Т-во научных изданий КМК. 2010. 548 с., 212 с. цв. ил.

Материалы к Красной книге Калужской области: данные о регистрации сосудистых растений за 150 лет с картами распространения // Решетникова Н.М., Крылов А.В., Сидоренкова Е.М., Воронкина Н.В., Попченко М.И., Шмытов А.А., Романова Р.А. Калуга: ООО «Ваш Домъ», 2015. 448 с.: ил.

Национальный парк «Угра» [Интернет ресурс] <https://parkugra.ru/> (Дата

обращения 09.09.2022)

Сосудистые растения национального парка «Угра»: (Аннот. список видов). 2005. / Решетникова Н.М., Скворцов А.К., Майоров С.Р., Воронкина Н.В. // Новиков В.С. (ред.). Флора и фауна национальных парков. Вып.6. М. 143 с.

Черная книга растений Калужской области. Решетникова Н.М., Майоров С.Р., Крылов А.В. Калуга «Ваш домъ», 2019. 342 с.

Щербаков А.В., Полева С.В., Решетникова Н.М. К динамике изучения флоры особо охраняемой природной территории // Ист. и развитие идей П. П. Семенова-Тян-Шанского в соврем. науке и практике школьного образования: Материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 175-летию со дня рождения П. П. Семенова-Тян-Шанского. — Липецк, 2002. — Т. 2. Зоол., ботаника, экол. — С. 208—209.

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ**
**Сборник материалов III Международной научной
конференции молодых учёных**
(Минск-Нарочь, 25–29 сентября 2023 года)

Ответственный за выпуск *Т.М. Колмакова*
Технический редактор *Ю.С. Король*

Подписано в печать 31.08.2023. Формат 60x80/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная
Усл.печ.л. 23,83. Уч.изд.л. 19,04
Тираж 50 экз. Заказ № 63

Выпущено по заказу
Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники
имени В.Ф.Купревича Национальной академии наук Беларуси»
Издательское и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие «Белорусский научно-исследовательский
институт транспорта «Транстехника»
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/137 от 8 января 2014 г.
Ул. Платонова, 22, 220005, г. Минск.