



**Национальная академия наук Беларуси**

**Государственное научное учреждение  
Институт экспериментальной ботаники  
им. В. Ф. Купревича**

# **Современные проблемы экспериментальной ботаники**

**Материалы II Международной научной конференции  
молодых ученых**

**(г. Минск, 28 сентября – 02 октября 2020 г.)**



**Минск  
«Колорград»  
2020**

УДК 58(082)  
ББК 28.5я43  
С56

**Современные** проблемы экспериментальной ботаники : материалы  
С56 II Международной научной конференции молодых ученых (г. Минск,  
28 сентября – 2 октября 2020 года) / Национальная академия наук Белару-  
си ; Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Бе-  
ларуси. – Минск : Колорград, 2020. – 98 с.  
ISBN978-985-596-717-1.

В сборник включены материалы II Международной научной конференции молодых ученых «Современные проблемы экспериментальной ботаники». Представлено 38 материалов докладов 67 авторов из Беларуси, России, Украины, представляющих 15 организаций науки, охраны природы и образования.

В материалах представлены результаты изучения биологического разнообра-  
зия и систематики сосудистых растений, мохообразных, грибов, лишайников  
и водорослей, а также вопросы геоботанических и экологических исследований  
растительных сообществ, экспериментов и опытов в области физиологии и био-  
химии растений и грибов.

**УДК 58(082)**  
**ББК 28.5я43**

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

**ISBN 978-985-596-717-1**

© Государственное научное учреждение  
«Институт экспериментальной ботаники  
им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси», 2020  
© Оформление. ООО «Колорград», 2020

# ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

## **Организационный комитет конференции:**

Председатель: Груммо Д.Г. – к.б.н., заместитель директор по научной работе  
Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси

Заместитель председателя: Иванов О.А. – к.б.н., заведующий сектором  
метаболизма и функции белков растений Института экспериментальной  
ботаники НАН Беларуси

Заместитель председателя: Карасёва Е.Н. – науч. сотр. Института  
экспериментальной ботаники НАН Беларуси

Ответственный секретарь: Минкова В.В. – мл. науч. сотр. лаборатории роста  
и развития растений Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси

Ответственный секретарь: Бабков А.В. – науч. сотр. лаборатории роста и  
развития растений Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси

## НОВЫЕ НАХОДКИ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ

С.К. Бакей

ГНУ «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Беларусь,  
e-mail: gerbarolog@gmail.com

В данном материале представлена информация о новых находках 16 видов охраняемых растений, выявленных в г. Минске и Минском р-не, г. Гродно и Гродненском р-не и Новогрудском р-не.

Исследования проводились маршрутным методом в 2015-2020 гг. Всего выявлено 30 точек произрастания 16 видов охраняемых растений. Из них: 6 видов выявлено в г. Минске и Минском р-не, 3 вида в г. Гродно и Гродненском р-не и 10 видов в Новогрудском р-не. 2 вида относятся к I категории национального природоохранного значения, 1 вид – к II категории, 5 видов к III категории и 8 видов к IV категории [1].

I категория национального природоохранного значения.

*Iris aphylla* L. (ирис безлистный) – одна точка, г. Минск, на берегу вдхр. Дрозды (N 53.950484, E 27.465351), суходольный злаково-разнотравный луг, в количестве: 3 генеративные и 7 вегетирующих особей. Вероятно, прежде здесь выращивался и одичал. 23.05.2020.

*Orchis militaris* L. (ятрышник шлемоносный) – одна точка, г. Гродно, на заброшенных железнодорожных путях (N 53.716038, E 23.831292) рассеяно по злаково-разнотравным растительным сообществам, частично проникая в заросль *Hippophae rhamnoides* L. (облепиха крушиновидная) в количестве: свыше 40 генеративных и 7 вегетирующих особей. 24.05.2015.

II категория национального природоохранного значения

*Hedera helix* L. (плющ обыкновенный) – две точки. Первая – Гродненская обл., Новогрудский р-н, дер. Мотча (N 53.602582, E 25.905328), Святой источник, окраина грабняка осокового, на каменистом субстрате, одна угнетённая вегетирующая особь. Вероятно, «беженец из культуры». 26.10.2019. Вторая - г. Минск, Партизанский р-н, окраина лесопарка Сосновый бор (N 53.923068, E 27.664242), сосняк злаковый, 2 вегетирующие особи. Скорее всего «беженец из культуры». 12.01.2020.

III категория национального природоохранного значения.

*Aruncus sylvestris* Kostel. ex Opiz (волжанка двудомная) – две точки. Первая – Гродненская обл., Новогрудский р-н, окр. дер. Селец (N 53.602244, E 25.880274), обочина грунтовой дороги, проходящей через смешанный елово-дубовый лес, одна генеративная особь. 23.06.2020. Вторая – Гродненская обл., Новогрудский р-н, дер. Мотча, «Святой родник» (N 53.602507, E 25.904572), опушка черноольшанника крапивно-разнотравного. 26.06.2020.

*Batrachium kauffmannii* (Clerc) V.I. Krecz. (шелковник Кауфмана) – одна точка, Гродненская обл., Новогрудский р-н, русло р. Валовка в окр. деревень Сулятичи, Кравцевичи, Брольники, Мольничи, Боярская (от N 53.619500, E 25.930067, до N 53.647935, E 26.006287), свыше 100 вегетативных и генеративных особей, рассеяно по руслу. 25.06.2020.

*Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch (пыльцеголовник длиннолистный) – одна точка, Гродненская обл., Новогрудский р-н, окр. дер. Ловчицы (N 53.605201, E 25.758135), сосняк черничный, 3 генеративные особи. 18.06.2019.

*Pulmonaria angustifolia* L. (медуница узколистная) – три точки. Первая – Минский р-н, окр. садового товарищества Трактор (N 53.965559, E 27.814857), березняк злаково-разнотравный, 6 генеративных особей. 12.04.2020. Вторая – г. Минск, пос. Озерище (N 53.932742, E 27.712627), сосняк брусничный, 8 генеративных особей. 12.04.2020. Третья – г. Минск (N 53.922910, E 27.692123), искусственные посадки берёзы вдоль железнодорожного полотна, свыше 40 генеративных особей. 10.04.2020.

*Veratrum lobelianum* Bernh. (чемерица Лобеля) – пять точек. Первая – г. Минск, лесопарк Дрозды (N 53.950858, E 27.493586), искусственная посадка *Aesculus hippocastanum* L. (каштан конский обыкновенный). 23.05.2020. Вторая – Гродненская обл., Новогрудский р-н, окр. хутора Митрополь (N 53.590903, E 25.773814), низинный таволгово-разнотравный луг.

27.05.2020. Третья – Гродненская обл., Новогрудский р-н, урочище Попковицкий лес (N 53.556321, E 25.799404), черноольшанник крапивно-разнотравный в пойме лесного ручья, свыше 50 вегетирующих особей. 10.05.2019. Четвёртая – Гродненская обл., Новогрудский р-н, урочище Попковицкий лес (N 53.556625, E 25.795810), заболоченное понижение в ельнике черничном, 6 вегетирующих особей. 10.05.2019. Пятая точка – Гродненская обл., Новогрудский р-н, урочище Ботаровка (N 53.575874, E 25.776310), низинный таволгово-разнотравный луг, свыше 20 генеративных и свыше 50 вегетативных особей. 30.06.2018.

IV категория национального природоохранного значения.

*Anemone sylvestris* L. (ветреница лесная) – одна точка, Гродненский р-н, окр. дер. Адамовичи (N 53.691114, E 23.759865), разреженный ивняк разнотравный на берегу затопленного мелового карьера, свыше 50 генеративных особей. 31.05.2015.

*Gladiolus imbricatus* L. (шпажник черепитчатый) – три точки. Первая – Гродненская обл., Новогрудский р-н, урочище Ботаровка (N 53.575874, E 25.776310), низинный таволгово-разнотравный луг, свыше 20 генеративных особей. 30.06.2018. Вторая – Гродненская обл., Новогрудский р-н, окр. дер. Малые Лезневичи (N 53.575874, E 25.776310), низинный таволгово-разнотравный луг, 14 генеративных особей. 30.06.2018. Третья – Гродненская обл., Новогрудский р-н, дер. Пуцевичи (N 53.595785, E 25.770187), низинный таволгово-разнотравный луг, 3 генеративные особи. 30.06.2018.

*Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank & Mart. (баранец обыкновенный) – две точки. Первая – Гродненская обл., Новогрудский р-н, окр. дер. Городечно (N 53.609942, E 25.877506), ельник зелёномошный, 4 генеративных особи. 23.06.2020. Вторая – Гродненская обл., Новогрудский р-н, окр. дер. Литовка (N 53.639843, E 25.809913), ельник зелёномошный, 14 генеративных особей. 11 мая 2019.

*Lathyrus linifolius* (Reichard) Bassler (чина льнолистная) – одна точка, г. Минск, окр. ур. Куропаты (N 53.970252, E 27.60477), опушка сосняка злаково-разнотравного, свыше 50 генеративных особей. 09.05.2020.

*Lilium martagon* L. (лилия царские кудри) – две точки. Первая – Гродненская обл., Новогрудский р-н, окр. дер. Селец (N 53.609314, E 25.877467), ельник черничный, 4 генеративных и 2 вегетативных особи. 23.06.2020. Вторая – Гродненская обл., Новогрудский р-н, окр. дер. Новые Лагодки (N 53.564104, E 25.872295), ельник черничный, 5 вегетирующих особей. 24.07.2015.

*Pulsatilla patens* (L.) Mill. (прострел раскрытый) – одна точка, Минский р-н, окр. садового товарищества Трактор (N 53.965933, E 27.818392), опушка сосняка брусничного, 2 генеративные особи. 12.04.2020.

*Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. (прострел луговой) – одна точка, Гродненский р-н, окр. дер. Адамовичи (N 53.692018, E 23.761887), опушка сосняка черничного, свыше 50 генеративных особей. 31.05.2015.

*Trollius europaeus* L. (купальница европейская) – три точки. Первая – Гродненская обл., Новогрудский р-н, окр. дер. Большие Лезневичи (N 53.578110, E 25.777892), низинный таволгово-разнотравный луг, 17 генеративных особей. 30.06.2018. Вторая – Гродненская обл., Новогрудский р-н, окр. дер. Скрыдлево (N 53.578554, E 25.782328), низинный таволгово-разнотравный луг. 28.05.2018. Третья – Гродненская обл., Новогрудский р-н, урочище Ботаровка (N 53.577545, E 25.776218), суходольный злаково-разнотравный луг. 28.05.2018.

#### Список литературы

1. Красная Книга Республики Беларусь: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / 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.

# ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАВЯНЫХ СООБЩЕСТВ, СФОРМИРОВАННЫХ ИНВАЗИОННЫМИ ВИДАМИ РАСТЕНИЙ, НА ТЕРРИТОРИИ БИОСФЕРНОГО РЕЗЕРВАТА «ПРИБУЖСКОЕ ПОЛЕСЬЕ»

Добыш К.В.

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»,  
220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Беларусь, e-mail: [8kost@mail.ru](mailto:8kost@mail.ru)

*Высокоактивные чужеродные виды растений формируют сообщества, определяя внешний облик фитоценоза и состав его ценофлоры. Такими растениями на территории биосферного резервата «Прибужское Полесье» являются: *Bidens frondosa*, *Conyza canadensis*, *Erigeron annuus*, *Solidago canadensis* и *S. gigantea*. Используя метод синфитоиндикации, были рассчитаны величины экологических режимов, характеризующие условия местопроизрастания данных растительных сообществ.*

**Введение.** В последние несколько десятилетий особую остроту и актуальность приобрела проблема распространения и внедрения инвазионных видов растений в природную среду. Некоторые из них становятся агрессивными (трансформерами) и приводят к изменению природных экосистем, в следствии чего уменьшается их биологическое разнообразие. Такие внедрения наносят значительный экологический и социально-экономический ущерб, некоторые виды создают угрозу здоровью и жизни людей [1]. Особо актуальны исследования инвазионных видов растений на особо охраняемых природных территориях, одной из главных задач которых является сохранение и защита генетического фонда растительного и животного мира.

**Материалы и методы.** В основу работы положены материалы полевых исследований, выполненных в июле–августе 2018 г. на территории биосферного резервата «Прибужское Полесье». Данная природоохранная территория располагается на юго-западе Брестского района Республики Беларусь и является частью международного трансграничного биосферного резервата «Западное Полесье». Территория резервата расположена в бассейне реки Западный Буг и является частью Малоритской водно-ледниковой равнины [2]. Растительные сообщества с доминированием инвазионных видов изучали традиционным маршрутным методом [3] Классификация фитоценозов выполнена эколого-фитоценотическим (доминантным) методом [4]. Экологические оптимумы сообществ определялись по шкалам Х. Эленберга [5].

**Результаты и обсуждение.** На территории резервата было выполнено 21 геоботаническое описание фитоценозов с господством следующих инвазионных видов растений: *Bidens frondosa* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Solidago canadensis* L. и *S. gigantea* Aiton.

Сообщества череды олиствленной (*Bidens frondosa*). На территории резервата данные фитоценозы формируются на залежах (*Bidens frondosa*+*Cirsium arvense*; *Bidens frondosa*+*Conyza canadensis*), обочинах грунтовых дорог (*Bidens frondosa*+*Elytrigia repens*), заливных лугах (*Bidens frondosa*+*Bromus inermis*; *Bidens frondosa*+*Potentilla anserina*), по берегам озер, рек и мелиоративных каналов.

Внешний облик сообществ определяется доминированием *Bidens frondosa*, проективное покрытие которой составляет 60–75 %. Число видов в описании варьирует от 5 до 17, в среднем – 10,4. Всего в ценофлоре – 32 вида. Общее проективное покрытие сообщества составляет 85–98 %. Первый подъярус, высотой 120–145 см, сложен *Bidens frondosa*, *Bromus inermis*, *Cirsium arvense*, *Rumex confertus*. Второй подъярус (40–80 см) слагается более низкими растениями – *Epilobium palustre*, *Polygonum hydropiper*, *Conyza canadensis*. Третий подъярус, высотой 5–25 см, составляют *Potentilla anserina*, *Taraxacum officinale*. Сообщества формируются на средневлажных, увлажненных и влажных (6,1–7,6), сильнокислых и слабощелочных (5,9–7,2) почвах, с умеренно богатым и богатым содержанием минерального азота (6,3–6,6).

На территории резервата данные фитоценозы формируются на нарушенных заливных лугах, по обочинам грунтовых дорог, берегам озер, рек и мелиоративных каналов.

Сообщества мелколепестника канадского (*Conyza canadensis*). Внешний облик сообществ определяется доминированием *Conyza canadensis*, проективное покрытие которого составляет 35–65 %. Число видов в описании варьирует от 5 до 13, в среднем – 8,3. Всего в ценофлоре – 28 видов. Общее проективное покрытие сообщества составляет 65–95 %. Первый подъярус, высотой 70–90 см, сложен *Conyza canadensis*, *Elytrigia repens*. Второй подъярус, высотой 20–40 см, состоит из *Berteroa incana*, *Agrostis tenuis*, *Melandrium album*, *Galeopsis tetrahit*. Третий подъярус (5–20 см) сформирован *Taraxacum officinale*, *Viola arvensis*, *Trifolium arvense*. Сообщества формируются на сухих и свежих (3,8–5,3), сильнокислых и слабощелочных (4,0–6,3), на бедных и богатых содержанием минерального азот (4,6–6,8) почвах. На природоохранной территории такие фитоценозы встречаются на обочинах дорог, залежах (*Conyza canadensis*+*Berteroa incana*; *Conyza canadensis*+*Echinochloa crus-galli*; *Conyza canadensis*+*Artemisia vulgaris*; *Conyza canadensis*+*Melandrium album*), пастбищах, пустошах, суходольных и заливных лугах (*Conyza canadensis*+*Agrostis tenuis*; *Conyza canadensis*+*Elytrigia repens*).

Сообщества мелколепестника однолетнего (*Erigeron annuus*). Внешний облик сообществ определяется доминированием *Erigeron annuus*, проективное покрытие которого составляет 40–60 %. Число видов в описании варьирует от 9 до 15, в среднем – 12,5. Всего в ценофлоре – 20 видов. Общее проективное покрытие фитоценоза – 80–90 %. Первый подъярус, высотой 80–100 см, сложен *Erigeron annuus*, *Artemisia vulgaris*, *Bromus inermis*, *Cirsium arvense*, *Elytrigia repens*, *Solidago canadensis*. Второй подъярус, высотой 50–70 см, состоит из *Conyza canadensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Daucus carota*, *Vicia cracca*. Третий подъярус (5–30 см) сформирован *Taraxacum officinale* и *Pilosella officinarum*. Сообщества формируются на суховатых и свежих (4,7–5,1), со слабокислой и слабощелочной реакцией (6,2–6,7), на умеренно богатых и богатых содержанием минерального азот (5,8–6,6) почвах. На территории резервата такие фитоценозы формируются на нарушенных суходольных лугах (*Erigeron annuus*+*Anthoxanthum odoratum*; *Erigeron annuus*+*Elytrigia repens*), залежах и обочинах дорог (*Erigeron annuus* +*Daucus carota*).

Сообщества золотарников (*Solidago canadensis* и *S. gigantea*). Внешний облик сообществ определяется доминированием *Solidago canadensis* и *S. gigantea*, с проективным покрытием 70–85 %. Число видов в описании варьирует от 8 до 12, в среднем – 9,7. Всего в ценофлоре – 28 видов. Общее проективное покрытие сообщества составляет 90–98 %. Первый подъярус, высотой 100–140 см, сложен *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *Elytrigia repens*, *Bromus inermis*, *Cirsium arvense*, *Tanacetum vulgare*, *Phragmites australis*. Второй подъярус (45–70 см) состоит из *Poa pratensis*, *Festuca rubra*, *Hypericum perforatum*. Третий подъярус, высотой 5–35 см, слагается *Taraxacum officinale*, *Achillea millefolium*, *Berteroa incana*, *Plantago lanceolata*. Сообщества формируются на суховатых и свежих (4,7–5,7) почвах, со слабокислой и слабощелочной реакцией (6,0–7,7) и умеренно богатых и богатых содержанием минерального азота (5,2–6,5). На природоохранной территории данные фитоценозы широкое распространение получили вдоль обочин дорог (*Solidago gigantea*+*S. gigantea*), на залежах (*Solidago canadensis*+*S. gigantea*), нарушенных суходольных и заливных лугах (*Solidago gigantea*+*Poa pratensis*; *Solidago gigantea*+*Calamagrostis epigejos*).

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что инвазионные виды растений внедряются как в естественные (прибрежно-водные, луговые, пустошные), так и синантропные (рудеральные и сегетальные) травяные сообщества.

Высокоактивные чужеродные виды растений формируют сообщества, определяя внешний облик фитоценоза и состав его ценофлоры. Такими растениями на территории биосферного резервата являются: *Bidens frondosa*, *Conyza canadensis*, *Erigeron annuus*, *Solidago canadensis* и *S. gigantea*. Они выступают в качестве эдификаторов и доминантов и образуют рудеральные сообщества. В качестве содоминантов в фитоценозах, формирующихся на суходольных и заливных лугах, являются длиннокорневищные и короткорневищные рыхло-

кустовые злаки (*Bromus inermis*, *Elytrigia repens*, *Calamagrostis epigejos*; *Anthoxanthum odoratum*, *Agrostis tenuis*, *Poa pratensis*), осоки (*Carex acuta*); на залежах и нарушенных местообитаниях (обочины дорог, окраины с/х полей) – бурьянистое разнотравье (*Cirsium arvense*, *Artemisia vulgaris*, *Berteroa incana*, *Melandrium album*).

Используя метод синфитоиндикации, были рассчитаны величины экологических режимов, характеризующие условия местопроизрастания растительных сообществ, сформированных чужеродными видами растений. По фактору «Увлажнение почвы» можно построить следующий экологический ряд (в порядке возрастания): сообщество *Conyza canadensis* (4,7) → сообщество *Erigeron annuus* (4,9) → сообщество *Solidago canadensis/S. gigantea* (5,4) → сообщество *Bidens frondosa* (7,0). Синэкологические оптимумы по фактору «Реакция почвы» находятся в пределах от 4,0 (сильнокислая) до 7,7 (слабощелочная). Экологический ряд по возрастанию этого фактора выглядит следующим образом: сообщество *Bidens frondosa* (6,3) → сообщество *Erigeron annuus* (6,4) → сообщество *Conyza canadensis* (5,7) → сообщество *Solidago canadensis/S. gigantea* (7,2). По фактору «Содержание минерального азота в почвах» можно построить следующий экологический ряд (в порядке возрастания): сообщество *Conyza canadensis* (5,6) → сообщество *Solidago canadensis/S. gigantea* (5,9) → сообщество *Erigeron annuus* (6,2) → сообщество *Bidens frondosa* (6,4).

Распространение инвазионных растений по территории резервата связано с разного рода нарушениями растительного покрова и способами распространения самого вида. Основными путями распространения инвазионных видов являются автодороги и реки, а также занос с населенных пунктов.

#### Список литературы

1. Виноградова, Ю.К. Черная книга флоры Средней России / Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров, Л.В. Хорун. – М.: ГЕОС, 2009. – 494 с.
2. Демянчик, В. Т. Биосферный резерват Прибужское Полесье / В. Т. Демянчик. – Брест: Академия, 2006. – 196 с.
3. Корчагин, А.А. Полевая геоботаника. Методическое руководство / А.А. Корчагин, Лавренко Е.М. – Том 3 изд. – Ленинград: Наука, 1964. – 530 с.
4. Миркин, Б.М. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии / Б.М. Миркин, Г.С. Розенберг, Л.Г. Наумова; под ред. Б.М. Миркина. – М.: Наука, 1989. – 223 с.
5. Ellenberg, H. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa / H. Ellenberg. – Göttingen, 1992. – 282 p.

## ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА КАЛЛУСОГЕНЕЗ ТОМАТА *IN VITRO*

А. В. Французенок, Т. В. Никонович, Т. В. Кардис

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь,  
e-mail: nfrancuzenok@gmail.com

*Исследованы закономерности каллусогенеза томата в условиях in vitro. Подобран состав искусственной питательной среды для получения каллуса. Показано влияние типа экспланта на формирование каллусной ткани.*

Клеточные технологии дают возможность расширить генетическое разнообразие культивируемых клеток и получить в условиях *in vitro* генотипы, являющиеся ценным исходным материалом для селекции, и таким образом ускорить традиционный селекционный процесс [2]. Наиболее перспективными являются клеточная селекция, получение соматоклональных вариантов, мутагенез *in vitro* [3]. Разработка указанных направлений основана на получении и культивировании каллусных тканей. Для оптимизации процессов каллусогенеза необходима тщательная оценка особенностей конкретного генотипа, отбор наиболее качественного типа экспланта, составление искусственной питательной среды и анализ физических условий культивирования *in vitro*, которые бы обеспечивали прирост каллуса на достаточно высоком уровне.



Целью исследований являлось определение оптимального сочетания регуляторов роста и их концентраций в составе искусственной питательной среды и подбор наиболее приемлемого типа экспланта для каллусогенеза у томата.

Эксперименты были проведены в лаборатории биотехнологии кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, которая оснащена необходимым оборудованием для проведения подобных исследований. Работа выполнялась при финансовой поддержке Белорусского Республиканского фонда фундаментальных исследований, договор с БРФФИ № Б19-112.

Для выявления оптимальных сочетаний и концентраций регуляторов роста эксперимент проводился с семядолями томата сорта Зорка, полученными в условиях полной темноты. Семядоли помещались в чашки Петри на питательную среду Мурасиге-Скуга с добавлением четырех типов ауксинов: 2,4-Д, НУК, ИУК, ИМК и цитокинина 6-БАП. Поскольку для индукции каллусообразования могут использоваться питательные среды с низким и высоким соотношением ауксинов к цитокининам 1-10:1 [1], применялись следующие концентрации (мг/л): 1) 1:1 ауксин/цитокинин; 2) 4:1 ауксин/цитокинин; 3) 8:1 ауксин/цитокинин. Культивирование осуществлялось в условиях полной темноты. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Влияние различных сочетаний и концентраций регуляторов роста на каллусообразование у томата *in vitro***

Регуляторы роста и их концентрации, мг/л	Размер, см <sup>2</sup>	Цвет	Консистенция
1:1 ИУК / 6-БАП	2,31	светло-коричневый	плотный
1:1 ИМК / 6-БАП	1,18	светло-коричневый	плотный
1:1 НУК / 6-БАП	0,95	светло-коричневый	плотный
1:1 2,4Д / 6-БАП	-	-	-
4:1 ИУК / 6-БАП	2,07	светло-коричневый	плотный
4:1 ИМК / 6-БАП	1,54	светло-коричневый	плотный
4:1 НУК / 6-БАП	1,29	светло-коричневый	плотный
4:1 2,4Д / 6-БАП	-	-	-
8:1 ИУК / 6-БАП	0,86	светло-коричневый	плотный
8:1 ИМК / 6-БАП	-	-	-
8:1 НУК / 6-БАП	-	-	-
8:1 2,4Д / 6-БАП	-	-	-

Примечание: - каллус отсутствовал

Лучший результат был получен при использовании ИУК и 6-БАП в соотношении 1:1. При таких концентрациях регуляторов роста образовывался каллус, превосходящий размеры исходного экспланта в 2-3 раза. Значительно меньший по размеру каллус формировался в варианте с ауксином ИМК 1 мг/л и 1 мг/л 6-БАП, а также при наличии в составе питательной среды ауксинов ИУК, НУК и ИМК в соотношении с цитокинином 4:1. При использовании регуляторов роста в соотношении ауксин/цитокинин 8:1 каллус отсутствовал вовсе, причем при всех применяемых ауксинах. Кроме того, варианты питательных сред с добавлением 2,4-Д во всех концентрациях не дали результатов по каллусогенезу.

Таким образом, установлено, что для получения каллуса из семядолей томата в условиях *in vitro* следует использовать питательные среды, содержащие ИУК и 6-БАП в концентрациях 1 мг/л. Применение ауксинов НУК и ИМК целесообразно в более высоких концентрациях.

Исходя из полученных данных, применяя установленные сочетания регуляторов роста, был проведен эксперимент по выявлению наиболее приемлемых их концентраций и определению наилучшего типа экспланта. Использовались два сорта томата Зорка и Доходный. В качестве эксплантов применялись этиолированные семядоли, гипокотиль, стебель и настоящий лист. Использовались следующие варианты регуляторов роста в составе питательной среды: 1) ИУК 1 мг/л + 6-БАП 1 мг/л 2) ИУК 1 мг/л + 6-БАП 0,5 мг/л; 3) ИУК 2 мг/л + 6-БАП

0,5 мг/л; 4) ИУК 1 мг/л; 5) ИУК 2 мг/л; 6) ИМК 3 мг/л + 6-БАП 0,5 мг/л; 7) ИМК 3 мг/л; 8) НУК 4 мг/л; 9) НУК 4 мг/л + 6-БАП 0,5 мг/л. Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние регуляторов роста и типа экспланта на каллусообразование *in vitro* у томата

Тип экспланта	Размер, см <sup>2</sup>		Цвет		Консистенция	
	Зорка	Доходный	Зорка	Доходный	Зорка	Доходный
ИУК 1 мг/л + 6-БАП 1 мг/л						
семядоли	2,12	1,94	светло-бежевый	светло-бежевый	плотный	плотный
гипокотиль	1,42	1,3	светло-бежевый	светло-бежевый	плотный	плотный
стебель	1,39	1,31	светло-бежевый	светло-бежевый	плотный	плотный
настоящий лист	-	-				
ИУК 1 мг/л + 6-БАП 0,5 мг/л						
семядоли	1,61	1,48	светло-бежевый	светло-бежевый	плотный	плотный
гипокотиль	1,38	1,28	светло-бежевый	светло-бежевый	плотный	плотный
стебель	1,35	1,26	светло-бежевый	светло-бежевый	плотный	плотный
настоящий лист	-	-				
ИУК 2 мг/л + 6-БАП 0,5 мг/л						
семядоли	1,06	0,98	светло-бежевый	светло-бежевый	плотный	плотный
гипокотиль	0,95	0,81	светло-бежевый	светло-бежевый	плотный	плотный
стебель	0,94	0,87	светло-бежевый	светло-бежевый	плотный	плотный
настоящий лист	-	-				
ИУК 1 мг/л						
семядоли	ризогенез	ризогенез	-	-	-	-
гипокотиль	-	-	-	-	-	-
стебель	-	-	-	-	-	-
настоящий лист	-	ризогенез	-	-	-	-
ИУК 2 мг/л						
семядоли	ризогенез	ризогенез	-	-	-	-
гипокотиль	ризогенез	-	-	-	-	-
стебель	ризогенез	-	-	-	-	-
настоящий лист	-	-	-	-	-	-
ИМК 3 мг/л + 6-БАП 0,5 мг/л						
семядоли	1,25	1,18	светло-бежевый	светло-бежевый	плотный	плотный
гипокотиль	1,12	1,1	светло-бежевый	светло-бежевый	плотный	плотный
стебель	1,17	1,07	светло-бежевый	светло-бежевый	плотный	плотный
настоящий лист	-	-	-	-	-	-
ИМК 3 мг/л						
семядоли	ризогенез	ризогенез	-	-	-	-
гипокотиль	ризогенез	ризогенез	-	-	-	-
стебель	ризогенез	ризогенез	-	-	-	-
настоящий лист	ризогенез	ризогенез	-	-	-	-
НУК 4 мг/л						
семядоли	0,02	0,01	-	-	-	-
гипокотиль	-	-	-	-	-	-
стебель	-	-	-	-	-	-
настоящий лист	-	-	-	-	-	-
НУК 4 мг/л + 6-БАП 0,5 мг/л						
семядоли	0,02	0,01	-	-	-	-
гипокотиль	-	-	-	-	-	-
стебель	-	-	-	-	-	-
настоящий лист	-	-	-	-	-	-

Примечание: - каллус отсутствовал

В результате эксперимента выявлено, что при добавлении в состав питательной среды только ауксинов ИУК и ИМК наблюдался ризогенез у обоих сортов, причем не зависимо от типа экспланта. В вариантах с наличием НУК у сортов Зорка и Доходный образовывался очень слабый каллус только из семядолей.

Самый большой по размеру каллуса был получен при добавлении в состав питательной среды ИУК 1 мг/л + 6-БАП 1 мг/л и составил у сорта Зорка 2,12 см<sup>2</sup>, у сорта Доходный 1,94 см<sup>2</sup>. Наибольший прирост каллуса наблюдался при использовании в качестве первичных эксплантов семядолей. Применение настоящих листьев не дало результатов ни в одном из вариантов.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования показали, что интенсивность прироста каллусной ткани томата зависела от гормонального состава питательной среды и типа экспланта. Максимальный прирост каллуса, наблюдался на модификации питательной среды Мурасиге-Скуга, содержащей регуляторы роста ИУК 1 мг/л + 6-БАП 1 мг/л. Из исследованных типов эксплантов семядоли отличались максимальной способностью к пролиферации каллусной ткани, а настоящие листья – минимальной. Каллус из клеток этиолированных семядолей на всех вариантах питательных средах обладал лучшей ростовой активностью по сравнению с каллусом, полученным из других типов эксплантов.

#### Список литературы

1. Биотехнология в растениеводстве: методические указания к лабораторно-практическим занятиям / А. В. Кильчевский [и др.]. – Горки: БГСХА, 2014. – 28 с.
2. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений in vitro и биотехнологии на их основе. Учебное пособие / Р. Г. Бутенко. – М.: ФБК–ПРЕСС, 1999. – 160 с.
3. Сельскохозяйственная биотехнология: Учебник / [В.С. Шевелуха, Е.А. Калашникова, Е.З. Кочиева и др.]; Под ред. В.С. Шевелухи. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2008. - 710 с.

## НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЛЛЕЛОПАТИИ КРУШИНЫ ЛОМКОЙ

А.И. Кохановский<sup>1</sup>, Е.Ю. Кохановская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, e-mail: akakhanouski@gmail.com

<sup>2</sup>Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск, Беларусь

*Исследование показало, что франгула-эмодин, вторичный метаболит представителей рода крушина (Frangula, Rhamnaceae) угнетает рост корней, нарушает осмотическую устойчивость клеток, связывается с гемом и оказывает влияние на активность гемсодержащего фермента каталазы. Понимание биохимических механизмов действия эмодина при аллелопатии позволит расширить круг применения этого соединения.*

Франгула-эмодин (6-метил-1,3,8-тригидроксиантрахинон) является вторичным метаболитом, который обнаружен во всех органах представителей рода крушина (*Frangula, Rhamnaceae*). Иноуэ и соавт. установили, что эмодин ингибирует рост проростков салата (*Lactuca sativa*), зеленого амаранта (*Amaranthus viridis*) и травы тимофеевки (*Phleum pratense*). Эти авторы считают, что эмодин попадает в почву с опавшими листьями и таким образом играет роль в аллелопатии [4].

Понимание биохимических механизмов действия эмодина позволит расширить круг применения этого соединения. В связи с этим, цель исследования – изучить биохимическую роль эмодина в аллелопатии.

**Материалы и методы.** Эмодин (CAS № 518-82-1). Спектрофотометр Solar PV 1211. Коэффициент молярного поглощения эмодина определяли в 0,2М фосфатном буферном растворе, рН 7,4. Для определения способности эмодина взаимодействовать с гемом к раствору гемоглобина добавляли по 0,005 мл 0,1586 мМ раствора эмодина. Изменение проницаемости мембран клеток под действием эмодина изучали на эритроцитах мыши, отмытых в забуференном физрастворе (ЗФР рН 7,4) по методике определения осмотической резистентности эритроцитов [1]. Метод определения активности каталазы (по Баху А.Н. и Опарину А.И.) [2]. Аллиум-тест [3]. Статистическую обработку результатов проводили в программе Statistical10. Различия между двумя независимыми выборками определяли по непараметрическому критерию Манна-Уитни,  $n=3-6$  при  $\alpha=0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** В настоящее время для анализа токсичности различных факторов используется Allium-test как простой, дешевый и достаточно чувствительный метод. Агликон эмолина практически не растворим в воде, поэтому методом химической конденсации приготовили коллоидный раствор эмолина с концентрацией 0,1586 ммоль/л, в который поместили пророщенные луковицы, контрольные луковицы поместили в ФБР, интактные – в воду. Через 5 дней масса корней лука в опытной группе составила  $0,37 \pm 0,02$  г, а в контрольной –  $0,67 \pm 0,05$  г. (ср. арифм.  $\pm$  станд. отклон., отличия статистически значимы,  $n=5$ ,  $p=0,0031$ ). Это указывает на то, что эмолин, обладая токсическим действием, замедляет рост корней лука.

Каталазная активность в тканях корней под действием эмолина составила 6 – 14 ммоль $\cdot$ л $^{-1}$  $\cdot$ мин $^{-1}$  $\cdot$ г $^{-1}$ , а в контроле 1 – 5 ммоль $\cdot$ л $^{-1}$  $\cdot$ мин $^{-1}$  $\cdot$ г $^{-1}$  (отличия статистически значимы,  $n=5$ ,  $p=0,0106$ ).

При действии эмолина на каталазу *in vitro* активность фермента составила  $0,8981 \pm 0,0066$  МЕ/мл, в контроле  $1,0885 \pm 0,0018$  МЕ/мл (различия между выборками ( $n=4$ ) статистически значимы  $p = 0,028571$ ), что указывает на способность эмолина инактивировать каталазу *in vitro*.

На модельном белке гемоглобине определили способность эмолина взаимодействовать с гемом. С каждым добавлением эмолина к раствору гемоглобина увеличивается оптическая плотность в области 414 нм, при этом максимум поглощения эмолина в фосфатном буфере наблюдается при 480 нм. При математической обработке этих данных была установлена линейная зависимость оптической плотности раствора гемоглобина при 414 нм от концентрации эмолина со статистически значимыми коэффициентами регрессии: свободный член = 0,300831  $p=0,000000066$ , коэффициент = 0,002510,  $p = 0,000000017$  (порог значимости для прямой 99,83%), что указывает на взаимодействие эмолина с гемом гемоглобина и может быть причиной инактивации гемсодержащего фермента каталазы *in vitro*.

Для изучения мембранного действия эмолина в качестве модели использовали эритроциты мыши. В тесте на определение осмотической резистентности под действием эмолина количество гемоглобина в надосадочной жидкости было в 10 раз больше, чем без эмолина (различия между выборками ( $n = 6$ ) статистически значимы,  $p = 0,002165$ ). Следовательно, эмолин оказывает действие на проницаемость мембран клеток.

**Заключение.** Проведенные исследования показывают, что эмолин нарушает рост корней. Участию эмолина в аллелопатии есть биохимическое обоснование: во-первых, эмолин, имея гидрофобные свойства, взаимодействует с мембранами и увеличивает их проницаемость; во-вторых, эмолин может связываться с гемом и ингибировать гемсодержащие ферменты.

#### Список литературы

1. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике / В.С. Камышников. – 3-е изд. – М.: МЕДпрессинформ, 2009. – С. 551 – 553.
2. Методы биохимического исследования растений. Под ред. д.б.н. А.И.Ермакова.Л.: Колос, Ленинградское отделение, 1972, с.44-47.
3. Fiskesjo G., The Allium test as a standard in environmental monitoring, Hereditas., V. 102, 1985, pp. 99-112.
4. Inoue N, Nishimura H, Li HH, Mizutani J. 1992. Allelochemicals from Polygonum sachalinense Fr, Schm. (Polygonaceae). Journal of Chemical Ecology 18: 1833–1840.

## ВЫЯВЛЕНИЕ ЛИПИДНЫХ РАФТОВ В МЕМБРАНАХ ХЛОРОПЛАСТОВ ПШЕНИЦЫ

И.С. Капустина<sup>1</sup>, В.В. Гурина<sup>1</sup>, В.А. Бобкова<sup>1</sup>, В.Н. Нестеров<sup>2</sup>, А.В. Поморцев<sup>1</sup>,  
Е.В. Спиридонова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, ул. Лермонтова, 132, Иркутск, Россия,  
e-mail: nirinka24@mail.ru

<sup>2</sup>Институт Экологии Волжского бассейна РАН – филиал СамНЦ РАН, ул. Комзина, 10, Тольятти, Россия

*В последнее время появляется все больше данных, что биологическая мембрана неоднородна и имеет доменную организацию. Липидные рафты являются одним из видов доменов, присутствующих в клеточных мембранах. Благодаря рафтовым структурам в клетке происходят множество процессов, в том числе сигналинг. Рафты найдены практически во всех мембранах растительной клетки, однако не во всех показаны их функции. В настоящей работе рафтовые структуры выявлены в хлоропластах пшеницы. Доказательством этому служит наличие рафтообразующих липидов в опалесцирующей зоне. В дальнейшем планируется изучение функций, выявленных рафтовых структур.*

Пшеница как продовольственная культура – один из основных источников энергии для человека и животных. В мировом земледелии зерновые культуры занимают в сравнении с другими культурами наибольшую площадь. Известно, что значение зерновых культур огромно и разнообразно в продовольственном, кормовом и агротехническом отношении [1].

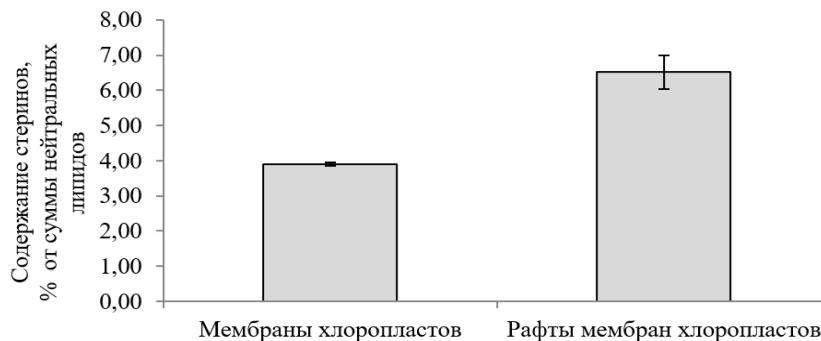
Продуктивность пшеницы зависит не только от агротехнических условий, но и от фотосинтетического аппарата. Фотосинтез — основной процесс, протекающий в растениях. Фотосинтез является основным физиологическим процессом, определяющим уровень урожайности сельскохозяйственных культур, так как за счет него образуется 90-95% сухого вещества растений. Фотосинтетическая деятельность растений пшеницы служит биологической основой формирования урожая [6]. Эффективность процесса фотосинтеза зависит от ассимиляционного аппарата, основой которого являются хлоропласты, а именно их мембраны [9]. Мембранология является одним из важных направлений современной биологии. От изменения в структуре мембран и их функциональной активности зависит направленность внутриклеточных процессов, в том числе и работа генетического аппарата [2].

На сегодняшний день в литературе появляется все больше доказательств о том, что мембраны клеток неоднородны и имеют в своем составе липид-белковые микродомены. Данное направление активно развивается и вызывает большой интерес, потому что, эти структуры задействованы в важных клеточных процессах (сигналинг, транспорт, апоптоз) [11]. На сегодняшний день липидные рафты выявлены во многих мембранах эукариот и прокариот. В настоящее время липидные рафты выявлены в мембранах хлоропластов галофитов [10, 4]. Однако их функции до сих пор не показаны. Целью данной работы было обнаружить липидные рафты в составе мембран хлоропластов пшеницы. В дальнейшем планируется изучить функции полученных микродоменов.

В работе использовали яровую пшеницу сорт Новосибирская 29. Растения выращивали в климатической камере. Условия выращивания: температура воздуха – 22 °С, фотопериод – 16/8 день/ночь. Освещенность 300 мкмоль/м<sup>2</sup>с<sup>-1</sup>. Растения выращивали до первого настоящего листа. Далее выделяли хлоропласты с помощью метода дифференциального центрифугирования. Контроль чистоты фракций хлоропластов проводили с использованием инвертированного биологического микроскопа (“Axio observer Z1”, Carl Zeiss, Германия) [8]. Для получения липидных рафтов фракции хлоропластов солибилизировали 1%-м тритоном X-100 30 мин при 4 °С, наносили на градиент сахарозы 35–25–15–5% и центрифугировали при 200 000 г в течение 2 ч. Экстракцию, идентификацию и анализ липидов проводили по методу [3].

После центрифугирования в области 15% градиента сахарозы была выявлена опалесцирующая зона, в которой, содержится наибольшее количество рафтов [10, 4]. Далее провели липидный анализ полученной зоны, чтобы выявить рафтообразующие липиды такие как стерины и цереброзиды (сфинголипиды). Известно, что высокое содержание стеринов является

отличительной особенностью рафтовых структур т.к. стерины необходимы для «плотной» упаковки микродоменов [10, 4, 5]. В результате анализа было выявлено, что в опалесцирующей зоне стеринов содержится больше чем в самой мембране (рисунок 1), что является биохимическим маркером присутствия в опалесцирующей зоне липидных рафтов. В рафтах хлоропластов галофитов так же преобладали стеринны по сравнению с мембранами хлоропластов [4].

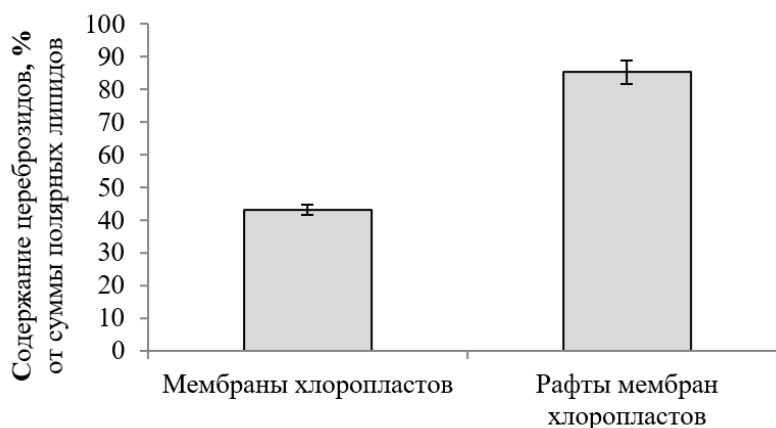


**Рисунок 1 – Содержание стеринов в мембранах хлоропластов и полученных липидных рафтах**

Ранее было показано, что рафты содержат, 25-96% от общего содержания сфинголипидов (цереброзидов) в мембране.

Возможно, это связано с тем, что сфинголипиды имеют высокое сродство к стеринам, в результате чего и возникают плотноупакованные участки мембраны (липидные рафты) [7]. В рафтах хлоропластов галофитов цереброзиды составляли около 20-30% от суммы липидов [4].

В составе липидов полученной опалесцирующей зоны цереброзидов было вдвое больше, чем в мембранах хлоропластов (рисунок 2). Эти данные свидетельствуют, что полученная опалесцирующая полоса содержит рафтовые структуры.



**Рисунок 2 – Содержание цереброзидов в мембранах хлоропластов и в полученных липидных рафтах**

По представленным результатам можно сделать вывод, что в мембранах хлоропластов пшеницы содержатся рафтовые структуры. Доказательством этому служит наличие опалесцирующей полосы в 15% градиенте сахарозы и содержание большого количества в ней рафтообразующих липидов (стерины, цереброзиды). В дальнейшем планируется определить функции полученных микродоменов.

*Работа выполнена при поддержке гранта МК-666.2020.11*

### Список литературы

1. Долгополова Н.В. Значение озимой и яровой пшеницы в производстве продуктов питания / Н.В. Долгополова, В.А. Скрипин, О.М. Шершнева, Ю.В. Алябьева // Вестник КГСХА. – 2009. – № 5. С. 52–56.
2. Болдырев А. А. Биомембранология: Учеб. пособие / А. А. Болдырев, Е. И. Кяйвярйянен, В. А. Илюха. – Петрозаводск: Кар НЦ РАН, 2006. – 226 с.
3. Кейтс М. Техника липидологии. М.: Мир, 1975. 322 с.
4. Нестеров В.Н. Обнаружение липид-белковых микродоменов (рафтов) и изучение их функциональной роли в хлоропластных мембранах галофитов / В. Н. Нестеров, И. С. Нестеркина, О. А. Розенцвет, Н. В. Озолина, Р. К. Салаяев // ДАН. – 2017. – Т. 476. – № 3. С. 350–352.
5. Нурминский В. Н. Выявление стерин-содержащих доменов вакуолярной мембраны методом конфокальной микроскопии / В.Н. нурминский, И.С. Нестеркина, Е.В. Спиридонова, А.Л. Ракевич, Н.В. Озолина // Биологические мембраны. – 2017. – Т. 34. – № 4. С. 307–312.
6. Петров Н.Ю. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность сортов озимой пшеницы в зависимости от применяемых биопрепаратов / Н.Ю. Петров, Н.С. Онищенко // Вестник АГСХА. – 2012. – Т. 10. – № 96. С. 23–25.
7. Плескова С. Н. Функциональные особенности планарных рафтов и кавеол в клеточной физиологии / Плескова С. Н., Крылов В. Н., Дерюгина А. В. // Успехи современной биологии, – 2015. – Т. 135, № 6 – С. 609–617.
8. Розенцвет О.А. Дневная динамика структурно-функциональных параметров фотосинтетического аппарата галофитов дикой флоры / О.А. Розенцвет, А.А. Кособрухов, Е.С. Богданова, В.Н. Нестеров // Физиология растений. – 2019. – Т. 66. – № 6. С. 431–440.
9. Ситников И.А. Влияние аэротехногенного загрязнения на фотосинтетический аппарат растений *Scorzonera glabra* Rupr. / И.А. Ситников, Д.Р. Шаихова, Н.В. Чукина, И.С. Киселева // Ученые записки ПГУ. – 2016. – Т. 161. – № 8. С. 84–90.
10. Ozolina N. V. Tonoplast of *Beta vulgaris* L. contains detergent-resistant membrane microdomains / N. V. Ozolina, I.S. Nesterkina, E.V. Kolesnikova, R.K. Salyaev, V.N. Nurminsky, A.L. Rakevich, E.F. Martynovich, M.Y. Chernyshov // *Planta*. – 2013. – V. 237. – № 3. – P. 859–871.
11. Pike L. J. Growth factor receptors, lipid rafts and caveolae: an evolving story / L. J. Pike // *Biochim Biophys Acta*. – 2005. – V. 1746 – P. 260–73.

## АДАПТАЦИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗНОЙ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ К ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ

А.С. Кедрук, О.Г. Соколовская-Сергиенко, Д.А. Киризий, О.О. Стасик

Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, ул. Васильковская 31/17, г. Киев, 03022, Украина,  
e-mail: holoborodaalina@gmail.com

*В условиях вегетационного опыта изучали изменения показателей активности фотосинтетического аппарата сортов озимой пшеницы при кратковременной почвенной засухе в фазу колошения-цветения (ВВСН 59-65). Установлено, что снижение влажности почвы с уровня 70% полной влагоёмкости (ПВ) до 30 % в течение 3 суток приводило к резкому падению фотосинтетической активности флагового листа, которая, частично восстанавливалась после 7 суток выращивания в условиях засухи. Устойчивые сорта Подольнка и Одесская 267 обладали большей адаптационной способностью, чем Полесская 90 и Дарунок Подилля.*

В связи процессами глобального потепления климата весьма актуальными являются исследования, посвященные изучению действия почвенной засухи на жизнедеятельность растительных организмов. Адаптационные процессы к стрессовым факторам у растений в значительной мере связаны с функционированием фотосинтетического аппарата [2]. Изучение особенностей структурно-функциональных изменений фотосинтетического аппарата у растений контрастных по стрессоустойчивости имеет большое значение для выяснения физиолого-биохимических механизмов адаптации к изменениям условий окружающей среды.

Опыты проводили на растениях озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) засухоустойчивых сортов: Подольнка, Одесская 267 и менее засухоустойчивых: Полесская 90 и Дарунок Подилля, которые выращивали в вегетационных сосудах с 10 кг почвы при естественном освещении. Количество растений в сосудах - 15 шт. Удобрения (нитроаммофоску) вносили дважды в равных количествах (по 5 г на сосуд) при набивке сосудов почвой и в фазу выхода в трубку (ВВСН 34).

В контрольном варианте на протяжении всей вегетации влажность почвы поддерживали на уровне 70% полной влагоёмкости (ПВ). В период колошения-цветения (ВВСН 59-65) прекращали, полив растений опытного варианта, снижая в течение 3 суток влажность почвы до уровня 30% ПВ, который поддерживали следующие семь дней. После этого восстанавливали полив растений до 70% ПВ и поддерживали такую влажность до конца вегетации. Влажность почвы в сосудах контролировали гравиметрически дважды в сутки.

Измерение физиолого-биохимических показателей флагового листа контрольных и опытных растений проводили в день достижения влажности почвы 30% ПВ (первые сутки засухи) и в конце периода засухи (седьмые сутки). Водный дефицит листьев определяли по стандартной методике [4]. Для определения массы сухого вещества образцы фиксировали при 105 ° С в течение 30 мин и высушивали до постоянной массы при 65 ° С. Содержание хлорофиллов *a* и *b* в листьях измеряли после экстракции диметилсульфоксидом спектрофотометрическим методом [6]. Показатели CO<sub>2</sub>-газообмена - интенсивность фотосинтеза и фотодыхания - регистрировали в контролируемых условиях на установке, смонтированной с использованием инфракрасного газоанализатора ГИАМ-5М. Условия измерения показателей газообмена, а также методика выделения хлоропластов и определения активности антиоксидантных ферментов - супероксиддисмутазы (СОД) и аскорбатпероксидазы (АПО) были аналогичны описанным в работе [1].

Повторность опытов - 5 сосудов на вариант, аналитическая повторность определений - 3-кратная. На рисунках приведены значения средних арифметических и стандартных ошибок среднего. Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием "Microsoft Excel".

Почвенная засуха увеличивала уровень водного дефицита флагового листа во всех сортах озимой пшеницы. Однако, у засухоустойчивых сортов Подолянка и Одесская 267 в первый день засухи водный дефицит увеличился в 2,8 раза, а в менее устойчивых Полесская 90 и Дарунок Подилля - в 3,7 и 6,4 раза, соответственно. Вместе с тем, на 7-е сутки засухи в листьях сортов Полесская 90 и Дарунок Подилля водный дефицит уменьшался, превышая контроль в 2,3 и 2,7 раза, соответственно, тогда как у Подолянки этот показатель оставался примерно на том же уровне, а в Одесской 267 даже несколько возрастал.

Содержание хлорофиллов флагового листа озимой пшеницы при уменьшенном водоснабжении снижалось. В первые сутки засухи более чувствительным оказался сорт Дарунок Подилля, менее чувствительными сорта Подолянка и Одесская 267. А у сорта Полесская 90 содержание хлорофилла существенно не изменилось. 7-ми дневная засуха вызвала значительное снижение содержания хлорофилла: у засухоустойчивых сортов Подолянка и Одесская 267 на 34%, а у менее устойчивых Полесская 90 и Дарунок Подилля - на 53 и 59 %, соответственно.

В первые сутки засухи у опытных растений отмечено существенное падение интенсивности поглощения углекислого газа (табл.1). При этом наблюдалась четкая дифференциация сортов по степени снижения данного показателя. Так, в растениях сорта Подолянка и Одесская 267 он уменьшился приблизительно на 60%, в Полесской 90 - на 82%, а у сорта Дарунок Подилля снизился почти на 99 %. Однако, через неделю пребывания растений в условиях почвенной засухи при 30% ПВ интенсивность ассимиляции CO<sub>2</sub> листьями повысилась. У опытных растений сортов Подолянка и Одесская 267 показатель составлял 63,5 и 58 % от контроля, соответственно, а у Полесской 90 и Дарунка Подилля около 30 %.

Фотосинтетическую ассимиляционную активность можно рассматривать в качестве интегрального показателя адаптации растительного организма, отражающую эффективность функционирования защитных систем в стрессовых условиях почвенной засухи. Среди изученных сортов по этому показателю лучшими были Подолянка и Одесская 267, тогда как у сортов Полесская 90 и Дарунок Подилля фотосинтез нарушался гораздо сильнее.



**Таблица 1 – Интенсивность фотосинтеза сортов озимой пшеницы разной засухоустойчивости в условиях почвенной засухи**

Вариант	Интенсивность фотосинтеза, мг CO <sub>2</sub> /(дм <sup>2</sup> ·год)			
	1-ые сутки		7-ые сутки	
	контроль	опыт	контроль	опыт
Подольянка	19,41 ± 0,60	7,70 ± 0,65	19,88 ± 1,83	12,63 ± 1,23
Одесская 267	18,90 ± 1,62	7,89 ± 0,75	17,91 ± 0,79	10,42 ± 0,63
Полесская 90	20,39 ± 0,60	3,62 ± 0,24	17,36 ± 1,33	5,14 ± 0,53
Дарунок Подилля	18,91 ± 0,84	0,21 ± 0,06	19,97 ± 0,50	5,52 ± 0,42

Важным процессом, протекающим наряду с ассимиляцией CO<sub>2</sub> в фотосинтезирующих клетках на свету и выполняющим защитную функцию в стрессовых условиях, является фотодыхание [3]. У C<sub>3</sub>-растений, к которым относится пшеница, оно составляет существенную долю в углекислотном газообмене листа. Характер изменений интенсивности фотодыхания в условиях засухи у изученных сортов был разным.

В первые сутки пребывания при влагоёмкости почвы 30 % ПВ у растений сортов Подольянка и Одесская 267 интенсивность фотодыхания существенно увеличилась в сравнении с контролем (на 57 и 24% соответственно), в сорта Полесская 90 практически не изменилась, а у сорта Дарунок Подилля уменьшилась на 85% (табл. 2). На седьмые сутки засухи в Подольянки фотодыхание сохранялось на более высоком уровне по сравнению с контролем. При этом в сорта Одесская 267 его интенсивность еще несколько возросла. У сортов Полесская 90 и Дарунок Подилля в этих условиях уровень интенсивности фотодыхания относительно контроля существенно не изменялся.

**Таблица 2 – Интенсивность фотодыхания сортов озимой пшеницы разной засухоустойчивости в условиях почвенной засухи**

Вариант	Интенсивность фотодыхания, мг CO <sub>2</sub> /(дм <sup>2</sup> ·год)			
	1-ые сутки		7-ые сутки	
	контроль	опыт	контроль	опыт
Подольянка	2,38 ± 0,22	3,71 ± 0,17	2,53 ± 0,22	3,87 ± 0,37
Одесская 267	3,22 ± 0,06	4,02 ± 0,35	2,68 ± 0,22	4,58 ± 0,45
Полесская 90	3,31 ± 0,09	3,40 ± 0,31	2,29 ± 0,20	2,62 ± 0,24
Дарунок Подилля	4,12 ± 0,3	0,60 ± 0,04	3,63 ± 0,23	0,55 ± 0,06

В условиях засухи и смыкания устьиц фотодыхание, с одной стороны, является источником CO<sub>2</sub> внутри клетки, поддерживающим функционирование цикла Кальвина. С другой стороны, фотодыхание является альтернативным акцептором электронов от фотосинтетической электронтранспортной цепи (ЭТЦ) [3]. Эти свойства фотодыхания способствуют «разгрузке» ЭТЦ от электронов, уменьшая тем самым риск образования активных форм кислорода (АФК). Вместе с этим, фотодыхание само является источником пероксида водорода, и поэтому может играть защитную роль только в условиях хорошо функционирующих систем антиоксидантной защиты. В противоположном случае эта роль будет нивелироваться негативным влиянием на фотосинтетический аппарат вследствие дополнительного образования АФК.

Антиоксидантные ферменты СОД и АПО хлоропластов играют важную роль в защите фотосинтетического аппарата растений, особенно в условиях стресса [5]. Почвенная засуха в первые сутки при 30 % ПВ приводила к росту активности СОД у сортов Одесской 267 и Дарунок Подилля в 1,7 и 2 раза соответственно. Существенных изменений активности АПО хлоропластов флагового листа в этот период не происходило, только через 7 суток засухи был отмечен рост активности у сорта Подольянка на 30% и у сорта Одесская 267 на 12 % по сравнению с контролем.

Почвенная засуха в течение 7 суток в фазу колошения-цветения растений примерно на 30 % снижала массу зерна с одного растения у сортов Подольянка и Одесская 267 и на 65 % у

сортов Дарунок Подилля и Полесская 90. Степень снижения зерновой продуктивности тесно положительно коррелировала с уровнем ингибирования интенсивности фотосинтеза флагового листа на седьмые сутки засухи.

Полученные данные свидетельствуют о наличии у растений пшеницы развитой способности к адаптации фотосинтетического аппарата к почвенной засухе и значительных межсортовых различиях в ее эффективности.

#### Список литературы

1. Киризий Д.А., Соколовская-Сергиенко О.Г., Стасик О.О. Углекислотный газообмен на свету и активность антиоксидантных ферментов хлоропластов флаговых листьев озимой пшеницы // Физиология растений и генетика. – 2014. – 46, № 2. — С. 121-135.
2. Киризий Д.А., Стасик О.О., Прядкина Г.А., Шадчина Т.М. Фотосинтез: ассимиляция CO<sub>2</sub> и механизмы ее регуляции. Т. 2. Киев: Логос, 2014. 480 с.
3. Стасик О.О. Фотодыхание: метаболизм и физиологическая роль // Современные проблемы фотосинтеза. Т. 2 / Под ред. С.И. Аллахвердиева, А.Б. Рубина, В.А. Шувалова. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. – С. 505-535.
4. Шматько И.Г., Григорюк И.А., Шведова О.Е. и др. Определение физиологической реакции зерновых культур на ухудшение водообеспеченности и повышение температуры: Метод. Рекомендации / АН УССР, Ин-т физиологии растений. Киев: Б.и., 1985. – 20 с.
5. Czarnocka W., Karpinski S. Friend or foe? Reactive oxygen species production, scavenging and signaling in plant response to environmental stresses // Free Radical Biol. and Medic. – 2018. – 122. – P. 4–20.
6. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution // Plant Physiol. – 1994. – 144. – P. 307–313.

## ВЛИЯНИЕ МЕТСУЛЬФУРОН-МЕТИЛА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

К.Р. Кем

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»,  
220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Беларусь, e-mail: kem-666@mail.ru

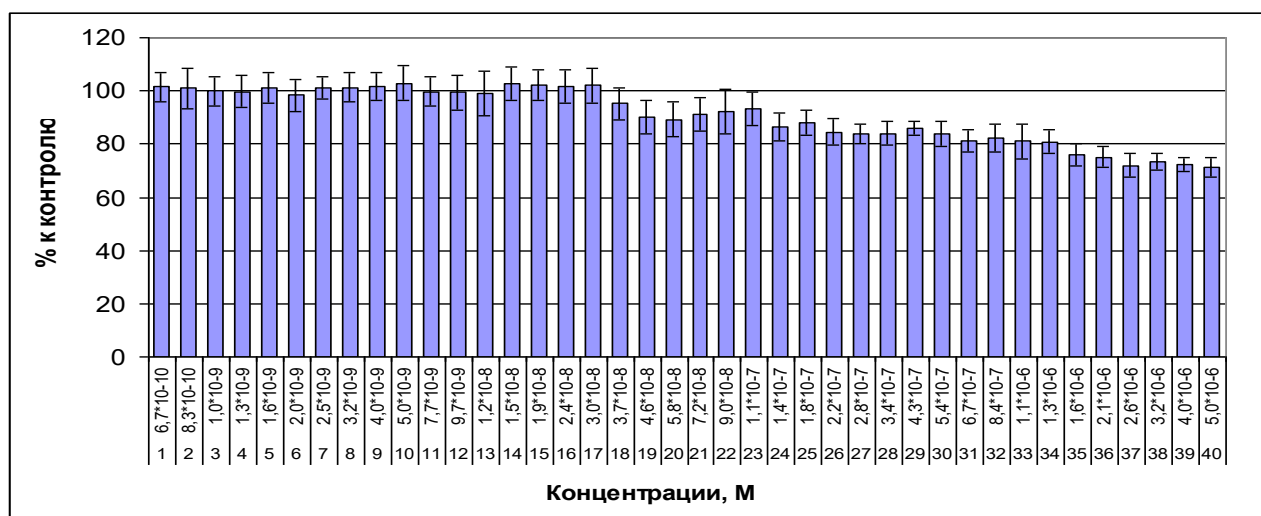
*В работе было исследовано влияние метсульфурон-метила на рост корневой системы и надземной части проростков ярового ячменя (сорт Радзимич) при инкрустации семян. На основе полученных данных была построена кривая зависимости «доза-эффект» в действии метсульфурон-метила на корневую систему проростков в диапазоне доз от 10<sup>-6</sup> до 10<sup>-10</sup>М.*

Метсульфурон-метил – действующее вещество селективных гербицидов из группы сульфонилмочевин. Применяется для уничтожения двудольных сорняков в посевах зерновых культур. Механизм его действия основан на ингибировании фермента ацетолаттасинтазы, который участвует в биосинтезе незаменимых аминокислот: изолейцина, лейцина, валина. Это соединение вызывает интерес, поскольку в настоящее время множество литературных данных свидетельствует о возникновении эффекта гормезиса (в данном случае стимуляции роста, увеличения поверхности листьев и сухой массы растений) при применении низких сублетальных доз различных гербицидов, включая метсульфурон-метил [1, 2].

Цель данной работы – выявление особенностей влияния метсульфурон-метила в широком диапазоне концентраций на ростовые реакции проростков при инкрустации семян.

Объектом исследования служили проростки ярового ячменя, полученные из семян, которые были инкрустированы растворами метсульфурон-метила (в 1%-ном водном растворе пленкообразователя Гисинар) в диапазоне от 5,0 · 10<sup>-6</sup> до 6,7 · 10<sup>-10</sup> М с повариантным изменением концентрации в 1,25 раза. Опыт включал 40 вариантов и контроль (1% р-р Гисинара) в четырехкратной повторности. Проращивали семена методом рулонной культуры [3]. Учитывали длину корня и надземной части проростка, измерения проводили на 7 и 9-ые сутки.

Полученные экспериментальные данные позволили установить, что инкрустирование семян ярового ячменя раствором метсульфурон-метила приводит к статистически достоверному ингибированию роста корневой системы, начиная с концентрации  $1,4 \cdot 10^{-7} \text{M}$ , при этом с увеличением концентрации снижение роста корня идет достаточно плавно (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Зависимость длины корня проростков ярового (Радзимич) от концентрации метсульфурон-метила**

Стимулирующего (горметического) действия метсульфурон-метила в исследуемом диапазоне концентраций на рост корневой системы проростков ярового ячменя не обнаружено. Что касается надземной части, в независимости от вариантов опыта ее длина находилась на уровне контроля или в пределах ошибки опыта.

Предполагается, что яровой ячмень, относящийся к злаковым культурам, менее чувствителен к действию данного соединения, чем двудольные растения. Таким образом, возникает необходимость дальнейшего изучения особенностей его влияния на рост и развитие различных видов сельскохозяйственных культур.

#### Список литературы

1. Wiedman, S. J. Plant growth stimulation by sublethal concentrations of herbicides / S. J. Wiedman, A. P. Appleby // Weed Research. – 1972. – Vol. 12. – P. 65–74.
2. Cedergreen, N. Herbicides can stimulate plant growth / N. Cedergreen // Weed Research. – 2008. – Vol. 48. – P. 429–438.
3. Ламан, Н. А. Проращивание мелких, плоских и долго прорастающих семян рулонным методом с использованием синтетической вентиляционной сетки / Н. А. Ламан, С. И. Будаев, О. Э. Барнатович // Весці Акад. Аграр. навук РБ. – 2000. – № 4. – С. 57–61.

# ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ САДОВЫХ РОЗ В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ РОССИИ

К.В. Клемешова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», г. Сочи, Россия, e-mail: klemeshova\_kv@mail.ru

*Сортвые особенности активности ферментов первичной антиоксидантной системы (каталазы, пероксидазы) в листьях садовых роз, позволяют использовать данные показатели в диагностике физиологического состояния растений на ранних этапах интродукции в условиях влажного субтропического климата.*

Сортвые особенности активности антиоксидантных ферментов будут использованы в диагностике физиологического состояния растений *Rosa × hybrida hort.* на ранних этапах интродукции, с целью выделить сорта, наиболее устойчивые к абиотическим и биотическим стрессорам влажных субтропиков России.

В исследованиях участвовали сорта *Rosa × hybrida hort.* из функциональных групп многоцветковые и почвопокровные розы, отличающиеся степенью устойчивости к основным грибным патогенам культуры в регионе (*Diplocarpon rosae* F.A. Wolf, *Podosphaera pannosa* (Wallr.) de Bary, *Botrytis cinerea* Pers., *Phragmidium mucronatum* (Pers.) Schltld.). Сорта из функциональной группы многоцветковые розы – 'Centenaire de Lourdes' (контроль) и 'Eulalia Berridge' устойчивые, 'Crimson Meilandecor' среднеустойчивый, 'La Sevillana' неустойчивый; из функциональной группы почвопокровные – 'Hello' (контроль) и 'Heideschnee' устойчивые, 'Magic Meilandecor' среднеустойчивый, 'Rosy Cushion' неустойчивый сорт. Модельные сортообразцы разделены по разным группам устойчивости на основании собственных исследований [2], проведённых в период 2007–2015 гг. Устойчивость сортов к фитопатогенам определяли согласно методическим указаниям по выявлению и учёту болезней цветочных культур (1974) [5].

Активность антиоксидантной системы оценивали по активности ферментов каталазы и пероксидазы (гваяколовой). Активность каталазы в физиологически зрелых листьях роз определяли газометрическим методом по И.И. Гунару [6], пероксидазы – модифицированным методом по И.П. Ермакову, по спектру поглощения (длина волны – 440 нм), снятому на спектрофотометре ПЭ-5400ви [7]. Активность антиоксидантных ферментов изучалась в течение вегетационного периода (с III декады мая по I декаду октября) в 2018–2019 гг.

Измерения температуры воздуха и относительной влажности воздуха проводились термогигрометром AR827, освещённость – цифровым люксметром AR813A, фиксация показателей выполнялась в междурядьях опытного участка в с. Раздольное (г. Сочи), одновременно с отбором образцов для физиолого-биохимических анализов в период с 7:30 до 8:30 утра. Данные статистически обработаны по Б.А. Доспехову [1], с использованием пакета программ Microsoft Excel.

Листья многоцветковых и почвопокровных роз характеризуются достаточно высокими значениями активности фермента каталазы ( $186,1 \pm 7,4$  млО<sub>2</sub>/г·мин) на протяжении всего вегетационного периода. Отличия по сортам в обеих группах несущественные (как внутри группы, так и при сравнении групп между собой,  $V = 10,2$  %). Средний показатель каталазы у многоцветковых роз –  $186,9 \pm 7,4$  млО<sub>2</sub>/г·мин, у почвопокровных немногим ниже –  $185,4 \pm 7,5$  млО<sub>2</sub>/г·мин. В обеих группах минимальные значения характерны для сортов неустойчивых, в большей степени подверженных негативному воздействию фитопатогенной микрофлоры в условиях влажного субтропического климата сочинского Причерноморья, 'La Sevillana'  $170,1 \pm 2,6$  млО<sub>2</sub>/г·мин и 'Rosy Cushion'  $169,9 \pm 3,7$  млО<sub>2</sub>/г·мин. Максимальными значениями характеризуются сорта устойчивые, среди многоцветковых роз 'Centenaire de Lourdes'  $194,5 \pm 22,1$  млО<sub>2</sub>/г·мин, почвопокровных – 'Heideschnee'  $192,7 \pm 22,7$  млО<sub>2</sub>/г·мин (рисунок 1).

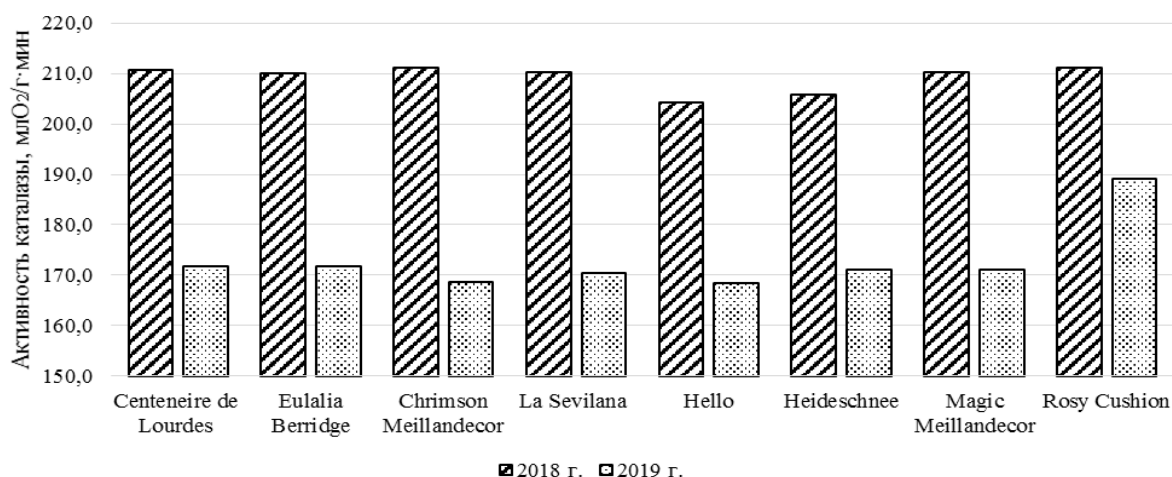


Рисунок 1 – Активность фермента каталазы, среднее за 2018–2019 гг.

В зависимости от погодных условий менялась активность каталазы. В период исследований температура воздуха в активную вегетацию варьировала от +23,8 (май) до +30,2 °С (август) с последующим понижением к началу октября до +19,6 °С; относительная влажность воздуха в среднем держалась на уровне 71,4 ±8,0 %, с минимальными значениями в августе (62,0 %) и максимальными в июне (84,0 %); освещенность составляла 16200–46640 Лк. Ежегодно в летние месяцы (преимущественно июль–август) на побережье наступает засушливый период с отсутствием атмосферных осадков до 1–2 месяцев, что позволяет на фоне повышенной температуры и низкой относительной влажности воздуха проводить исследования по влиянию погодных условий на ферментативную активность садовых роз. В благоприятный по гидротермическим условиям период (конец мая – начало июня) отмечена отрицательная зависимость между активностью каталазы и относительной влажностью воздуха ( $r = -0,79$ ), и между активностью фермента и освещённостью ( $r = -0,58$ ), что подтверждается ранее проведёнными исследованиями на других сортах культуры в регионе [3, 4] (рисунок 2).

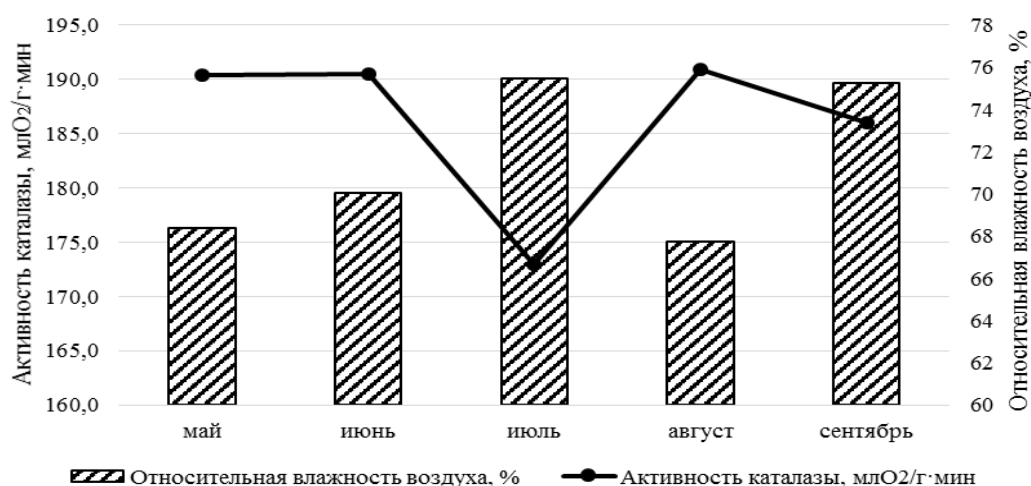


Рисунок 2 – Активность фермента каталазы в зависимости от относительной влажности воздуха, 2018–2019 гг.

Одновременно с активностью фермента каталазы определяли активность гваяколпероксидазы. Значения сильно варьировали по сортам ( $V = 56,7$  %), существенные различия отмечались преимущественно в группе многоцветковых роз. В листьях сортов данной функциональной группы от 0,643 ±0,048 до 1,919 ±0,195 усл. ед./г·с, соответственно,

у 'Eulalia Berridge' и 'Centeneire de Lourdes', устойчивых к биотическим стрессорам. У почвопокровных роз значения варьировали от  $0,229 \pm 0,046$  усл. ед./г·с у среднеустойчивого 'Magic Meilandecor' (причём низкие показатели отмечаются в течение всего вегетационного сезона) до  $0,970 \pm 0,089$  усл. ед./г·с у устойчивого 'Heideschnee'. Стоит отметить, что в листьях почвопокровных сортов не только наблюдается низкая активность гваяколпероксидазы, но и периоды, когда активность не фиксируется у всех сортов (III декада июля – I декада августа), или у некоторых из них (июнь, сентябрь). Причём низкой активностью фермента характеризуются розы, имеющие схожий с почвопокровными сортами характер роста (шпалерный тип роста, когда длинные плети располагаются в плоскости земли), например, 'Eulalia Berridge' (рисунок 3).

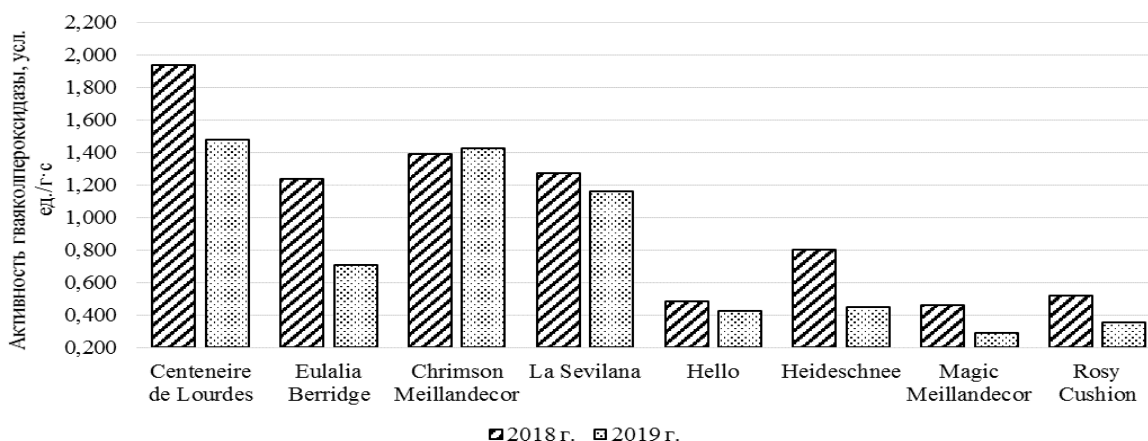


Рисунок 3 – Активность фермента гваяколпероксидазы, среднее за 2018–2019 гг.

Отмечена обратная пропорциональная связь между активностью гваяколпероксидазы в листьях *Rosa × hybrida* и температурой воздуха ( $r = -0,51$ ), что также подтверждает исследования прошлых лет (по функциональным группам кустовых и крупноцветковых роз  $r = -0,63$  [3, 4]) (рисунок 4).

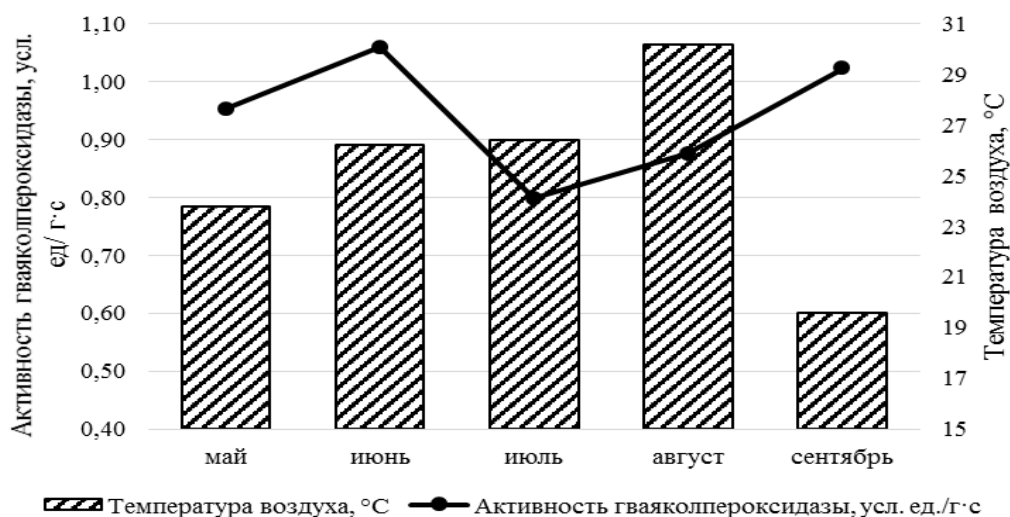


Рисунок 4 – Активность фермента гваяколпероксидазы в зависимости от температуры воздуха, 2018–2019 гг.

В целом по активности антиоксидантных ферментов установлено, что в начале вегетации в благоприятный по гидротермическим условиям период наблюдается средняя активность гваяколпероксидазы, с повышением её до максимальных значений к концу июня,

затем отмечается резкое снижение показателя к середине сезона (с минимумом в августе), а в сентябре – начале октября при сокращении стрессовой нагрузки возвращение к средним значениям. Наибольшая активность фермента каталазы фиксируется с повышением температур в самом начале установления неблагоприятных погодных условий на побережье (июль), затем резко снижается до минимальных значений в августе, в остальные периоды держится на среднем уровне.

#### Список литературы

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Карпун Н.Н., Бударин А.А., Клемешова К.В. Сортовая устойчивость садовых роз к грибным болезням в условиях влажных субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство, 2015. – Вып. 55. – С. 145-152.
3. Клемешова К.В., Бударин А.А., Белоус О.Г. Классификация сортов роз (*Rosa × hybrida hort.*) на группы, отличающиеся устойчивостью, с использованием метода кластеризации // Субтропическое и декоративное садоводство, 2018. – Вып. 67. – С. 43-50. – doi: 10.31360/2225-3068-2018-67-43-50
4. Клемешова К.В., Бударин А.А., Карпун Н.Н. Ферментативная активность в листьях садовых роз в условиях влажных субтропиков России // Садоводство и виноградарство, 2019. – № 5. – С. 28–32.
5. Методические указания по выявлению и учёту болезней цветочных культур / Под ред. Т.А. Ищенко. – М.: Колос, 1974. – 16 с.
6. Практикум по физиологии растений / Под ред. И.И. Гунара. – М.: Колос, 1972. – 168 с.
7. Физиология растений: учебник для студ. вузов / Под ред. И.П. Ермакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 637 с.

## ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ САХАРОЗЫ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ МИКРОПОБЕГОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ БЕРЕЗЫ

А.В. Константинов, Е.Н. Полевицова

Государственное научное учреждение «Институт леса НАН Беларуси», Гомель, Беларусь,  
e-mail: avkonstantinof@mail.ru

*Изменение содержания источника углерода в питательной среде приводит к изменению динамики процессов морфоорганогенеза микропобегов березы различной видовой и формовой принадлежности. Показано, что при пониженной концентрации сахарозы наблюдается интенсификация ризогенеза, а повышения её содержания можно использовать для разработки протоколов длительного депонирования культур.*

В условиях меняющегося климата в качестве одной из актуальных задач выступает сохранение биоразнообразия дендрофлоры. Методы культуры тканей позволяют создавать генетические банки для депонирования ценных генотипов растений в условиях *ex situ* и обеспечивают возможность их массового размножения для получения посадочного материала. В Институте леса НАН Беларуси в настоящее время создана *in vitro* коллекция различных хозяйственно-ценных, декоративных и редких видов и форм рода *Betula L.*, включающая более сорока клонов. Культивирование *in vitro* позволяет не только сохранять ценные генотипы, но и является основой для изучения процессов морфогенеза и регенерации в культуре ткани. В основе методик оптимизации процессов культивирования лежит изучение воздействия на регенеранты ряда условий внешней среды, от которых зависят метаболическая активность клеток и ростовые показатели побегов. В качестве основных химических факторов можно рассматривать состав минеральных компонентов питательных сред, наличие регуляторов роста и концентрацию в них таких веществ, как витамины и сахара. Как правило, культуры клеток могут расти на различных углеводах, но лучшие ростовые показатели отмечаются в случае использования сахарозы и глюкозы [2, 3]. Сахароза является транспортной формой фотоассимилятов, важным субстратом многих биохимических превращений и биосинтеза полисахаридов, обеспечивающих рост и развитие клеток [4, 5]. Одновременно сахароза оказывает прямое влияние на экспрессию сахар-модулируемых генов, что приводит к серьезным метаболическим последствиям, вплоть до изменения программ развития клеток [1]. В связи с

вышесказанным оптимизация протоколов культивирования древесных растений *in vitro* может осуществляться путем подбора концентрации сахарозы в среде.

Целью наших исследований являлось изучение влияния обеспеченности источниками углерода на процессы морфогенеза культур тканей *in vitro* березы в зависимости от видовой принадлежности и генотипа.

Объектами исследования были различные представители рода *Betula* L., использовали стабильные культуры *in vitro* березы карликовой (*B. nana* L., клон Bn2a1), березы пушистой (*B. pubescens* Ehrh., клон бп3ф1), березы повислой (*B. pubescens* Roth., клоны бб31, 171-б, 6-167/9) и ее форм: чернокорой (*B. pendula* var. *obscura* (Kotula ex Fiek) Olšavská., клон Ч1), далекарлийской (*B. pendula* f. *dalecarlica* (L.f.) C.K.Schneid, клон Рл3) и карельской (*B. pendula* Roth. var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, клон C08419), а также гибридов различного происхождения (*B. pendula* × *B. pubescens* и *B. pubescens* × *B. pendula*., клоны 52-84/8 и Bh5f3n, соответственно). На последнем пассаже перед мультипликацией материал культивировали на модифицированной питательной среде без фитогормонов, включающей макросоли WPM (G. Lloyd & B. McCown, 1980), микроэлементы и витамины по прописи MS (Murashige & Skoog 1962), источник углерода: сахароза (30,0 г·л<sup>-1</sup>), уплотнитель – микробиологический агар (7,0 г·л<sup>-1</sup>).

После двух месяцев выращивания проводили черенкование на сегменты (экспланты), содержащие, по крайней мере, одну почку и субкультивировали в стеклянные сосуды объемом 200 мл на среды аналогичного состава, варьируя концентрацию сахарозы (15,0; 30,0; 45,0 г·л<sup>-1</sup>) в зависимости от варианта опыта, после чего переносили в культуральную комнату. Условия выращивания: температура 23±1°C и различные режимы постоянного освещения интенсивностью около 3,5 тыс. люкс люминесцентными лампами OSRAM L 36 W /765 Daylight, цветовая температура: 6500 К, световой поток: 2500 лм. Все варианты эксперимента были поставлены в 3 повторностях по 10 эксплантов. После 1,5 месяцев культивирования *in vitro* растений определяли длину главного побега, количество междоузлий, длину наибольшего корня и количество корней. Проводили расчет коэффициента укоренения (отношение микропобегов с корнями к их количеству растений). Результаты экспериментов представлены в таблицах, где приведены средние арифметические величины и стандартное отклонение.

В конце пассажа была отмечено, что жизнеспособными оказались 100% эксплантов всех клонов. Показатели средней высоты микропобегов, варьировали в зависимости от видовой принадлежности материала. Так растения березы повислой всех клонов отличались однородностью роста на средах с 15,0 и 30,0 г·л<sup>-1</sup> сахарозы, а при 45,0 г·л<sup>-1</sup> наблюдалось достоверно снижение средней высоты побегов, без уменьшения среднего количества междоузлий. Полученные результаты могут свидетельствовать об эффекте вытягивания микропобегов в условиях дефицита источника углерода или влияния изменения осмотических свойств питательной среды. Морфометрические параметры побегов регенерантов представлены на таблице 1.

Максимальная длина побега отмечена для гибридной березы Bh5f3n и березы карликовой Bn2a1 (5,8±1,0 см и 5,9±0,7 см соответственно) на среде с 15,0 г·л<sup>-1</sup> сахарозы, при этом следует отметить, что с повышением концентрации источника углерода в случае последней не происходило снижения ростовых показателей и закладывалось большее количество междоузлий. Для клонов березы пушистой и далекарлийской березы не отметили сходного влияния высокой концентрации сахарозы.

В целом укорачивание междоузлий и закладка в некоторых случаях их большего количества может быть использовано для формирования морфотипа микропобегов, более приемлемого при длительном сохранении в условиях минимального роста [6].



**Таблица 1 – Морфометрические параметры стволиков микроклонов березы на питательных средах с различной концентрацией сахарозы**

Вид (форма)	Концентрация сахарозы, г·л <sup>-1</sup>	Высота стволика, см			Количество междоузлий, шт.		
		15,0	30,0	45,0	15,0	30,0	45,0
Береза повислая	6631	5,0±1,4	5,6±1,0	5,2±1,6	4,3±1,0	4,4±0,8	5,0±0,8
	6-197/9	5,5±1,4	6,2±1,0	4,2±1,1	5,6±1,0	5,6±1,4	5,1±0,9
	171-6	4,7±1,2	4,7±1,2	3,7±0,4	4,9±0,7	5,4±1,4	4,0±0,8
Береза пушистая	бп3ф1	5,3±0,8	5,2±0,6	4,8±0,7	6,0±1,2	5,0±0,8	4,6±0,8
Гибридная береза	52-84/8	4,0±1,2	4,0±0,9	3,6±0,8	4,6±1,0	5,1±1,3	4,9±0,9
	Bh5f3n	5,8±1,0	4,8±1,0	4,6±0,9	4,0±0,8	3,7±0,8	4,1±0,9
Карельская береза	C08419	4,0±1,1	3,6±1,0	3,3±0,9	5,7±1,3	5,6±1,5	4,4±1,3
Чернокорая березы	Ч1	4,3±1,4	4,5±1,1	3,0±0,6	5,1±0,7	5,1±1,1	5,1±0,7
Далекарлийская береза	Рл3	3,8±1,1	3,2±1,0	3,9±0,4	4,9±1,2	4,4±1,0	5,7±0,8
Береза карликовая	Bn2a1	5,9±0,7	5,7±0,9	5,3±1,2	4,6±1,1	5,1±0,9	6,0±1,2

Относительно влияния концентрации сахарозы на показатели средней длины корней зависимостей установлено не было, для большинства клонов достоверные отличия по данному параметру между вариантами опыта отсутствовали. Морфометрические параметры корневых систем регенерантов представлены на таблице 2.

**Таблица 2 – Морфометрические параметры корневых систем микроклонов березы на питательных средах с различной концентрацией сахарозы**

Вид (форма)	Концентрация сахарозы, г·л <sup>-1</sup>	Длина наибольшего корня, см			Количество корней, шт.		
		15,0	30,0	45,0	15,0	30,0	45,0
Береза повислая	6631	5,4±1,9	3,1±1,3	3,3±1,1	3,9±0,9	2,7±0,8	2,4±1,0
	6-197/9	2,6±0,9	1,8±0,9	4,0±1,7	5,0±1,3	3,1±1,5	3,4±0,8
	171-6	3,3±0,6	3,4±1,8	5,7±1,5	4,9±0,9	2,9±1,3	2,6±1,2
Береза пушистая	бп3ф1	1,6±0,5	1,9±0,8	1,5±0,7	5,1±1,1	4,7±1,2	4,7±1,4
Гибридная береза	52-84/8	1,5±1,0	1,3±1,2	1,3±0,3	5,4±1,5	4,9±1,6	5,3±1,2
	Bh5f3n	2,9±1,2	3,0±1,2	3,4±0,8	4,3±1,3	4,4±1,0	4,7±1,2
Карельская береза	C08419	3,3±1,2	2,2±1,7	3,6±2,3	5,3±2,3	4,3±0,8	2,7±1,6
Чернокорая березы	Ч1	2,3±0,7	2,3±1,0	1,6±0,8	4,6±1,0	4,1±1,3	3,9±1,4
Далекарлийская береза	Рл3	1,6±0,6	3,0±0,9	1,6±0,8	4,9±1,8	3,7±1,8	2,7±1,4
Береза карликовая	Bn2a1	2,0±1,1	1,5±0,7	1,8±0,5	2,0±0,8	2,1±0,8	2,7±1,2

Вместе с тем, отмечено, что на средах с 15,0 г·л<sup>-1</sup> сахарозы укоренение происходило наиболее эффективно, развитие корней отмечали на 93-100% эксплантов всех изученных клонов. Спонтанное укоренение на средах для мультипликации показывает отсутствие необходимости организации этапа ризогенеза. У регенерантов клонов березы повислой, карельской и далекарлийской выявлено достоверное увеличение среднего количества корней в случае культивирования на среде с 15,0 г·л<sup>-1</sup> сахарозы. Большая окорененность, как элемент формирования растениями функциональных корневых систем, может способствовать повышению эффективности акклиматизации растений, в связи с этим указанная концентрация может применяться для культивирования растений на последнем пассаже перед перенесением регенерантов в условия *ex vitro* [7].

Таким образом, проведенные нами исследования показали видовую специфичность ростовых процессов микропобегов березы на средах с различной обеспеченностью углеродом в зависимости от видовой и формовой принадлежности культивируемого материала. Выявле-

но, что повышение концентрации сахарозы до  $45,0 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$  приводит к формированию нового морфотипа. Установлено отсутствие апробированных концентраций сахарозы на жизнеспособность эксплантов различных видов и форм березы, что говорит о возможности оптимизации протоколов культивирования при их массовом размножении *in vitro*.

#### Список литературы

1. Новицкая Л.Л. Транспорт и запасание сахаров во флоэме *Betula pendula* Roth var. *pendula* и var. *carelica* / Л.Л. Новицкая, Н.А. Галибина, К.М. Никерова // Труды Карельского научного центра РАН. – 2015. – № 11. – С. 35–47.
2. Graham I.A. Carbohydrate control of gene expression in higher plants / Graham I.A. // Res. Microbiology. – 1996. – Vol. 147. – P. 572–580.
3. Koch K.E. Carbohydrate-modulated gene expression in plants // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1996. – Vol. 47. – P. 509–540.
4. Stepan-Sarkissian G. Carbohydrate metabolism in plant cells / G. Stepan-Sarkissianand, M.W. Fowler – New York, London: Plenum Press, 1986. – P. 151–181.
5. Yu S-M. Cellular and genetic responses of plants to sugar starvation / S-M. Yu // Plant Physiology. – 1999. – Vol. 121. – P. 687–693.
6. Fay M.F. Conservation of rare and endangered plants using *in vitro* methods // In Vitro Cellular & Developmental Biology. – Plant. – 1992. – V. 28, N 1. – P. 1-4.
7. Деменко В.И. Адаптация растений, полученных *in vitro*, к нестерильным условиям / В.И. Деменко, В.Г. Лебедев // Известия ТСХА. – 2011. – Вып. 1. – С. 60-70.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА *PINUS SYLVESTRIS* L. В УСЛОВИЯХ АКТИВИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕВО-ОСЫПНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ Р. ВОЛГИ

Н.А. Котова<sup>1</sup>, М.Б. Фардеева<sup>2</sup>

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»; г. Казань, Российская Федерация,  
<sup>1</sup> e-mail: kotova.natalia90@gmail.com, <sup>2</sup> e-mail: orchis@inbox.ru

*На склоновых участках коренного берега р. Волги с различной степенью активности оползневых процессов для фитоиндикации оползневых смещений и определения возраста оползневой активности проводились геоботанические описания, популяционный анализ и отбор ядер Pinus sylvestris L. Всего было отобрано более 100 образцов и проведено более 400 геоботанических описаний. Активность оползневых процессов определялась на основе популяционного, биоморфологического и эколого-ценотического анализов. Датирование оползневых смещений – по асимметрии годичных колец древесины, а сила сигнала – на основе эксцентриситета.*

Используя спутниковые снимки, были выявлены участки склонов по правобережью р Волги, предположительно отличающиеся характером оползневой активности – устойчивые, временно-устойчивые и активные. В качестве основных объектов исследования были выбраны популяции *P. sylvestris* L. на двух оползневых склонах коренного берега р. Волга, визуально отличающиеся степенью облесенности и устойчивости. Сбор полевых материалов проходил в Верхнеуслонском районе Республики Татарстан: ст. Дачная (М.Б. Фардеева – 2009 г., 2016г.) и в Камско-Устьинском районе вблизи с. Сюкеево (Н.А. Котова, М.Б. Фардеева, М.В. Кожевникова – 2018 г., 2019 г.). Оба участка являются частью Приволжского возвышенно-равнинного региона широколиственных лесов [5].

Сбор полевого материала производился с помощью геоботанических описаний. Всего было заложено 8 геоботанических профилей, с участием сосны обыкновенной в составе лесных сообществ оползневых склонов. Профиль закладывался через все геоморфологические элементы оползня – коренной склон, бровка, надоползневой откос, оползневые ступени, внутриоползневые откосы, оползневые бугры. Геоботанические описания были проведены по общепринятым методикам, с выделением доминантных и содоминантных видов в сообществе и определении растительной ассоциации. Для травостоя давалась оценка обилия видов растений по Ж. Браун-Бланке [1] либо по Друде [2]. Для оценки сходства видового со-

става фитоценозов оползневых элементов использовался коэффициент общности Серенсена-Чекановского (КО), учитывающий факт присутствия того или иного вида в изучаемых фитоценозах [3].

Популяционные исследования сводились к оценке численности и анализу онтогенетических групп лесообразующих видов деревьев по элементам оползневого тела. Динамика видового разнообразия лесообразующих видов деревьев, их численности и возрастной структуры отражает степень зарастания склоновых участков и характер их стабилизации.

Для дендрогеоморфологического анализа пробы кернов *P. sylvestris* были отобраны в двух участках исследований, в среднем с 5-ти деревьев на каждом элементе. Одна группа деревьев росла на коренном склоне – данную группу планировалось рассматривать как контрольную, вторая группа деревьев росла непосредственно на оползневых элементах. Из каждого дерева с помощью бура было извлечено четыре керна: один с верхнего радиуса (R –a), один с нижнего радиуса (R –c) и два - перпендикулярно наклону ствола (R –b и R –d). Все образцы контрольных деревьев и деревьев на оползневых элементах были обработаны в соответствии со стандартными процедурами [4].

На коренных склонах устойчивого оползня (ст. Дачная) фитоценозы представлены дубравами с сосной и липой, в подлеске с лещиной и бересклетом, по растительной ассоциации осоково-снытьевые или снытьево-пролесниковые. Показатели КО с коренным фитоценозом высокие, варьируют от 0,7-0,6 – что говорит об устойчивости элементов и восстановлении (демутации) леса. Показатели КО на участках не стабильных склонов в Камском Устье всегда ниже усредненного коэффициента и составляют 0,1-0,3, что говорит о процессах активного оползания и деградации растительных сообществ по элементам оползня. На основе дендрохронологического анализа определялся календарный возраст, который косвенно отражал примерный возраст лесных фитоценозов.

Эколого-ценотическая структура лесных фитоценозов на устойчивом оползне (ст. Дачная) указывает на преобладание лесных неморальных видов по всем оползневым элементам. Доля лесных видов самая многочисленная составляет 83.3%, в их числе неморальные виды – 63.3% и бореально-неморальные – 20.0%, что характерно для зоны широколиственных лесов Предволжья. Большая доля лесных видов указывает на хорошее состояние лесных фитоценозов по элементам оползня и характеризует его как стабильно-устойчивый. Эколого-ценотическая структура нарушенных лесных фитоценозов на оползне «Камское Устье» представлена как лесными, так и лугово-степными и сорными травами. Доля лесных видов в 2 раза меньше по сравнению с устойчивыми облесенными склонами и составляет 41.7% (25 видов), из них неморальных растений – 23.3%; луговых видов отмечено – 46.7%, степные виды составляют – 8,4% (5 видов). Также отмечены сорные травы, преимущественно приуроченные к нарушенным участкам – надоползневой откос – 5.0%.

На устойчивом оползне (ст. Дачная) *P. sylvestris* представлена в основном зрелыми генеративными особями (g2), дендрохронологический анализ показал, что календарный возраст деревьев около 140 лет. Единично отмечен подрост сосны только на 1 ступени. Предположительный возраст последнего оползания на участке «Камское Устье» около 55 лет назад. Согласно дендрохронологическому анализу деревьев коренного склона, возраст *P. sylvestris* 48-50 лет. Сосны, по-видимому, были высажены после сильного оползания грунта. Популяция сосны более или менее устойчива и хорошо возобновляется – доля j и im особей составляет 20-60% на коренном склоне и бровке. По надоползневому откосу календарный возраст крупных *P. sylvestris* 35-36 лет, т.е. примерно, через 20 лет после посадки деревьев, начался процесс зарастания откоса. В популяции сосны доля j и im 75%. При анализе эксцентриситета годичных колец образцов с участка «Камское Устье» первые признаки оползневой активности отмечены в 1976-1977 гг. В 1977 году отмечено максимальное значение коэффициента эксцентриситетности роста годичных колец (радиусы c-b)  $e=0,76$ .

Предположения об условной стабильности оползневых склонов, основанные на эколого-ценотической оценке фитоценозов и популяционном анализе разных видов деревьев, подтверждаются дендрохронологическим анализом. В целом, метод, основанный на определе-

нии эксцентричности роста годичных колец, дает более четкую информацию о прошлых подвижках грунта и может использоваться для фитоиндикации возраста и активности оползней. Совершенствование метода позволит увеличить точность за счет накопления статистических массивов данных, выявления закономерностей и оптимизации отсеивания сигналов стороннего происхождения.

#### Список литературы

1. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. — Wien — New York, 1964. — 865 p.
2. Drude O. Die Ökologie der Pflanzen – Braunschweig, 1913
3. Fardeeva M. B., Kozhevnikova M. V., Bogdanova V. V., Kotova N.A. The practical application of different Phytoindication methods to estimate landslide displacements. Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores. Año: VI Número: Edición Especial Artículo no.:67 Período: Diciembre 2018.
4. Stoffel M, Bollschweiler M. 2008. Tree-ring analysis in natural hazards research – an overview. Natural Hazards and Earth System Sciences 8: 187–202.
5. Бакин О.В., Рогова Т.В., Ситников А.П. Сосудистые растения Татарстана. - Казань: Изд-во КазГУ, 2000. - 496 с.

## INFLUENCE OF PHOSPHORUS-CONTAINING FERTILIZERS ON WHEAT IN EARLY STAGES OF ONTOGENESIS

I.B. Kovalyshyn

Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine; Kyiv, Ukraine,  
e-mail: Iryna\_B\_Kovalyshyn@ukr.net

*Phosphorus plays an important role in the synthetic and metabolic processes in plants. Peculiarities of agricultural production and the global cycle of this element actualize research aimed at improving the efficiency of phosphorus-containing fertilizers uptake by crops. Pre-sowing treatment of wheat seeds with monopotassium phosphate (5 kg/t) leads to increasing of plants water holding capacity and their ability to continue synthetic activity in short-term drought conditions. However, negative consequence of such treatment consists in reduction of seeds germination.*

As one of the main macronutrients phosphorus is contained in the plant in an amount of 0.2% of dry matter. It is a component of nucleic acid molecules, phospholipids, macroergic compounds. It is involved in key enzymatic reactions, synthetic and metabolic processes and determines energy level of plants [1, 2].

Compared to other biophilic elements, the global phosphorus cycle is the least closed. Due to the lack of geochemical flow that would return a significant proportion of the element to land, weathering and erosion of rocks is the only natural way for entering the element to the global cycle. The ecological significance of this process lies in the constant mineral degradation of land and increased eutrophication of flowing and still waters and the hydrosphere as a whole [5, 6].

Despite the high content of total phosphorus in the soil, plants often suffer from its deficiency, because most of present element compounds are in a form inaccessible for uptake by plants. Therefore, in crop production, the use of phosphorus-containing fertilizers is a necessary technological measure. However, in the year of application, the plants absorb about 20% of the phosphorus applied with fertilizers, while the rest is converted into an immobilized inaccessible to plants form through adsorption, precipitation or conversion into organic compounds. Improving the efficiency of assimilation of phosphorus-containing fertilizers by plants is an urgent task for breeding, genetic and technological programs [2, 3, 4, 7, 8].

Existing approaches of increasing the efficiency of phosphorus digestion by crops from applied fertilizers are separated in two main strategies:

- 1) cultivation of varieties with higher efficiency of nutrients assimilation;
- 2) introduction of effective methods of crop management (selection of optimal doses, terms and methods of application) [4].

Coating the seeds with nutrients simultaneously with fungicide treatment is advisable to provide plants with nutrients in an accessible form in early stages of ontogenesis. One of the limiting

factors for coating seeds with fertilizers is increasing of working solution osmotic pressure, which reduces its sowing quality.

The aim of experiment was to establish the influence of comparably high concentration of monopotassium phosphate (recommended dose 0.5 kg/t) in composition with SDHI fungicide for pre-sowing treatment of wheat grain on plant resistance to short-term drought in early stages of ontogenesis in laboratory conditions.

Seeds of bread wheat *Triticum aestivum* cv. Zymoiarka were used. This sort was selected because Mediterranean wheat varieties are more sensitive to osmotic pressure of working solutions compared to bread wheat. For seeds treatment was used a tank mixture of fungicide Vibrance (sedaxan, 500 g/l) and phosphorus-containing fertilizer monopotassium phosphate (MPP) in the following variants:

- 1 (Control) – Vibrance, 2 l/t;
- 2 – Vibrance, 2 l/t + MPP, 1 kg/t;
- 3 – Vibrance, 2 l/t + MPP, 5 kg/t;
- 4 – Vibrance, 2 l/t + MPP, 10 kg/t.

Increasing concentration of MPP in the working solution for seeds coating causes decrease its germination. Significant difference comparable with control was found in variants 3 and 4. It reached values 8.7 and 10.7 %, respectively (table 1). Variability of germination energy index was not notable.

**Table 1 - The effect of pre-sowing treatment on sowing quality of seeds and length of wheat seedlings above-ground part (BBCH 13)**

Variant	Germination energy, %	Germination, %	Length, cm
1	42,0±4,3 ab	92,7±2,1 a	25,2±1,85 a
2	46,7±5,5 a	91,3±2,6 a	30,2±0,8 b
3	30,7±4,5 b	84,0±3,6 b	28±0,71 ab
4	36,7±5,7 ab	82,0±2,4 b	27,6±2,25 ab
Sd	5,1	4,8	1,55
LSD <sub>0,05</sub>	14,1	7,7	4,3

Note. Letters serve for comparisons of samples (Tukey test,  $P < 0.05$ ). The same letters indicate variants without statistically significant differences.

In three-leaf phase (BBCH 13), plant height was determined. Seeds treatment by variant 2 scheme leads to more intensive development of aboveground part of plants compared with control (table 1). In addition, it was noted that in variants 2 and 3 plants were more uniform in height. The variance of their sample was 3.2 and 2.5 cm<sup>2</sup>, respectively, while in the control – 17.2, and in variant 4 – 25.3.

Influence of short-term drought on seedlings was determined in phase of 2-3 leaves. Under condition of soil moisture decreasing to 3.9±0.06%, the difference in state of plants was visually noticeable. Plants in variant 3 were the most hydrated and retained turgor, while in other variants they lost moisture more intense.

To determine the ratio of water and dry matter, the aboveground part of plants that were exposed to short-term drought and kept in normal irrigation regime was weighed before and after drying at a temperature of 105 ° C to constant weight (table 2).

**Table 2 – The content of water and dry matter in the aboveground part of wheat plants with sufficient soil moisture and short-term drought**

Variant	Initial weight, g		Dry matter mass, g		Water mass, g		Dry matter content, %		Water content, %	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	0,118 a	0,196 a	0,018 a	0,021 a	0,100 a	0,175 a	15,00 a	11,39 a	85,00 a	88,61 a
2	0,118 a	0,188 a	0,019 ab	0,019 a	0,099 a	0,169 a	16,28 a	10,04 a	83,72 a	89,96 a
3	0,211 b**	0,248 b*	0,022 b*	0,026 ab	0,189 b**	0,221 ab	10,73 b*	10,90 a	89,27 b*	89,10 a
4	0,143 a	0,255 b*	0,021 ab	0,029 b*	0,122 a	0,226 b*	15,16 a	11,38 a	84,84 a	88,62 a
Sd	0,011	0,017	0,001	0,002	0,011	0,017	1,158	1,165 a	1,158	1,165
LSD <sub>0,01</sub>	0,051	0,080	0,006	0,009	0,051	0,079	5,325	5,358	5,325	5,358
LSD <sub>0,05</sub>	0,031	0,048	0,004	0,006	0,031	0,047	3,218	3,238	3,218	3,238

Note. I – short-term drought, II – continuous watering. Letters serve for comparisons of samples (Tukey test, \*P < 0.05, \*\*P < 0.01). The same letters indicate variants without statistically significant differences.

Under continuous watering conditions, the initial weight of plants in variants 3 and 4 significantly exceeds the control values, which shows an increase in the energy status of plants and the intensity of their development. The difference in the masses of aboveground part of wheat plants under conditions of continuous watering and drought in variants 1,2 and 4 is about 40 % of total mass. This is due to both transpiration loss of water and faster plant development with sufficient soil moisture. In variant 3, this difference is 15%. It indicates activation of water retention mechanism in plants during drought.

Thus, pre-sowing treatment of wheat seeds with a composition of Vibrance (2 l/t) and MPP (5 kg/t) stimulates the moisture-retaining capacity of plants in the early stages of ontogenesis. At the biochemical level, this phenomenon may indicate increased hydrophilicity and viscosity of protoplasmic colloids, slightly higher osmotic pressure and bound water content in tissues. Preservation of turgor and synthetic activity of these plants qualitatively distinguishes them from other variants. With this treatment wheat seedlings are more homogeneous in height of the aboveground part. Whereas the growing conditions were the same, this may indicate reducing the impact of internal factors of plants on their growth.

However, after such treatment seed germination is reduced by 9 % compared to control. This significantly negative phenomenon testifies the need for additional research aimed at finding ways for sufficient phosphorus supplement for crops on their early growth maintaining efficiency of element assimilation by plants and avoiding harmful effects of concentrated working solutions.

#### List of references

1. Van de Wiel C. C. M., van der Linden C. G., Scholten O. E. Improving phosphorus use efficiency in agriculture: opportunities for breeding // *Euphytica*. – 2016. – T. 207. – №. 1. – P. 1-22. doi: 10.1007/s10681-015-1572-3
2. Schachtman, D. P. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell / D. P. Schachtman, R. J. Reid, S. M. Ayling // *Plant physiology*. – 1998. – 116(2). – P. 447-453. doi: 10.1104/pp.116.2.447
3. Грабчук С. М. Шляхи підвищення ефективності фосфорного живлення рослин / С. М. Грабчук, Л. М. Михальська, В. В. Швартау // *Физиология растений и генетика*. – 2017. – 6 (49). – С. 482-494. doi: <https://doi.org/10.15407/frg2017.06.482>
4. Reynolds M. P. Physiological breeding I: interdisciplinary approaches to improve crop adaptation / M. P. Reynolds, A. J. D. Pask, D. M. Mullan. – Mexico: CIMMYT, 2012. – 174 p.
5. Reinhard C. T. Evolution of the global phosphorus cycle / C. T. Reinhard, N. J. Planavsky, B. C. Gill, K. Ozaki, L. J. Robbins, T. W. Lyons, ... K. O. Konhauser // *Nature*. – 2016. – 541 (7637). – Pp. 386–389. doi: 10.1038/nature20772
6. Cong, W.-F. Tightening the Phosphorus Cycle through Phosphorus-Efficient Crop Genotypes / W.-F. Cong, L. D. B. Suriyagoda, H. Lambers // *Trends in Plant Science*. – 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.04.013>
7. Liu J. Long-term land use affects phosphorus speciation and the composition of phosphorus cycling genes in agricultural soils / J. Liu, B. J. Cade-Menun, J. Yang, Y. Hu, C. W. Liu, J. Tremblay, ... L. D. Bainard // *Frontiers in microbiology*. – 2018. – T. 9. – C. 1643. doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01643>
8. Bindraban, P. S. Exploring phosphorus fertilizers and fertilization strategies for improved human and environmental health / P. S. Bindraban, C. O. Dimkpa, R. Pandey // *Biology and Fertility of Soils*. – 2020. doi: 10.1007/s00374-019-01430-2

## АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ СЕМЯН *TRIBULUS TERRESTRIS* L.

О.В. Ковзунова

ГНУ «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Беларусь,  
e-mail: olga-kopa@mail.ru

*Исследовали антирадикальную активность спиртовых экстрактов семян якорцев стелющихся, выращенных в Азии и Америке. Показано, что антирадикальная активность азиатских семян в 2 раза выше, чем у семян, собранных на территории Америки. Семена якорцев из Азии будут использованы для введения в культуру in vitro.*

Отличительной чертой царства растения является не только способность к фотосинтезу, но и способность к биосинтезу различных веществ, который называют специализированным обменом. К веществам специализированного обмена относится множество химических соединений, объединённых в 3 группы: алкалоиды, терпеноиды и фенольные соединения. Каждая группа включает множество соединений, обладающих широким спектром действия.

Известно, что вторичные метаболиты могут продуцироваться и скапливаться почти во всех органах растений. В плодах (кориандр, анис), лепестках цветков (лаванда, ландыш), листьях (многоколосник, мята), корнях (девясил, лапчатка), коре (дуб) и сменах (пажитник, расторопша) [1]. Вторичные метаболиты проявляют биологическую активность не только на человека и животных, но также и на микроорганизмы, в связи с чем они широко применяют как в медицине, так и во многих отраслях пищевой и парфюмерно-косметической промышленности. На сегодняшний день активно используется более 350 видов растений, из которых около 80 специально выращиваются, а остальные – дикорастущие.

Запасы большинства лекарственных растений в природе ограничены, многие из них являются редкими или эндемичными. В связи с этим развитие биотехнологических *in vitro* процессов является весьма актуальным [2, 3]. Особое значение приобретают исследования по созданию эффективных, целенаправленных технологий в производстве фитохимических лекарственных средств с целью комплексного использования лекарственного сырья, достижения более высоких выходов, расширения спектра извлекаемых биологически активных веществ и ресурсосбережения [4].

Якорцы стелющиеся (*Tribulus terrestris*) — однолетнее травянистое растение семейства парнолистниковые, произрастающее в умеренном и тропическом климате. В якорцах, стелющихся найдены сапонины, флавоноиды, диосцин, трибестин, кверцетин, гликозиды, алкалоиды, дубильные вещества, стерины, полисахариды [5]. Стероидные гликозиды (около 2,8 % от сырого веса), агликоном которых является диосгенин [6]. Обнаружены значительные расхождения в составе якорцев стелющихся, с преобладанием протодиосцина, произрастающих в различных климатических условиях. Якорцы, стелющиеся обладают широким спектром биологической активностью: сосудорасширяющей, гипотензивной, гиполипидемической, гипохолестеринемической, диуретической [7]. Экстракты якорцев используют как безопасное и эффективное средство при лечении женской дисфункции и в качестве афродизиака для мужчин [8].

На основе экстракта якорцев разработано множество препаратов, наиболее известный, «Трибестан» компании «Sopharma» (Болгария). «Трибестан» используют спортсмены с целью наращивания силы и мышечной массы для быстрого возобновления после тяжелых тренировок и после принятия анаболиков (синтетических производных мужского полового гормона тестостерона). Препарат является одним из перспективных биостимуляторов и достаточно успешно конкурирует с другими гормональными препаратами. В настоящее время выпуск препаратов Tribestane и Tribusaronins практически прекращен из-за отсутствия сырья [9].

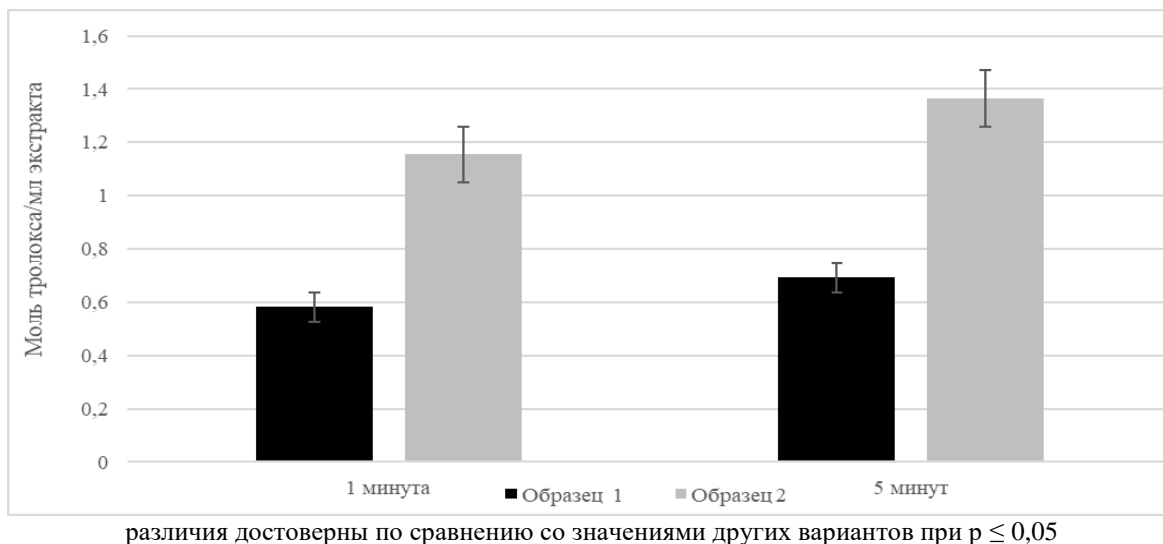
Известно, что свободные радикалы, образующиеся при воздействии различных химических и физических факторов на организм человека, приводят к нарушению биохимических

процессов, что в свою очередь запускает процесс развития различных заболеваний. Негативное действие свободных радикалов связывают с индукцией гомолитических процессов окисления биологических молекул. Для минимизации и предотвращения данных процессов в медицинской практике используют спиртовые, водные и водно-спиртовые экстракты лекарственных растений, которые благодаря широкому спектру биологически активных веществ оказывают антирадикальное действие. Чем выше антирадикальная активность растительных экстрактов, тем выше способность вторичных метаболитов инактивировать свободные радикалы [10]. Поэтому оценка антирадикальной активности экстрактов является

В связи с вышеизложенным цель наших исследований состояла в определении уровней антирадикальной активности спиртовых экстрактов семян лекарственного растения якорцев стелющихся, полученных из Америки (образец №1) и Азии (образец №2). Экстрагирование и получение спиртовых экстрактов, а также определение антирадикальной активности проводили по стандартной методике [10, 11]. Активность полученных экстрактов оценивали по протеканию реакции связывания радикала 2,2'-азино-бис(3-этил-бензтиазолин-6-сульфоукислота) (далее АВТS) с антиоксидантами.

АВТS выступает в качестве донора электронов в окислительно-восстановительных реакциях, которые катализируют ферменты пероксидаза и билирубиноксидаза. В результате протекания таких реакций происходит перенос электрона с молекулы АВТS на молекулу субстрата и образуется катионный радикал (АВТS•+), который, в свою очередь, обладает высокой реакционной способностью и может быть инициатором свободнорадикальных превращений в клетке [10, 11.]. При добавлении к раствору, содержащему АВТS•+, антиоксидантов оптическая плотность системы при данной длине волны снижается, что указывает на поглощение катионных радикалов испытуемыми веществами и доказывает их антирадикальную активность [11].

Как видно из рисунка 1 у образца семян, полученных из Азии антирадикальная активность спиртового экстракта выше больше в 2 раза и составляет 1,365 моль тролокса/мл экстракта, по сравнению с антирадикальной активностью семян из Америки (0,693 моль тролокса/мл экстракта), что связано с отличительными особенностями климатического режима данных континентов.



**Рисунок 1 — Антирадикальная активность спиртовых экстрактов семян якорцев стелющихся**

Проведенный биохимический анализ позволил определить семена якорцев, для которых характерны наиболее высокие уровни антирадикальной активности. В связи с этим можно заключить, что у спиртовых экстрактов семян якорцев, произрастающие на территории Азии выше способность инактивировать свободные радикалы, а следовательно они лучше справляются с процессами окисления биологических молекул в клетках. В дальнейшем Ази-



атские семена будут использованы для получения стерильной культуры *in vitro* и дальнейшего биохимического анализа.

*Работа выполнена в рамках БРФФИ №Б20М-043.*

#### Список литературы

1. Носов А.М. Вторичные метаболиты // А.М. Носов / Физиология растений: учебник. / Под ред. И.П. Ермакова. — М.: Академия, 2005. — 640 с.
2. Verpoorte R. Biotechnology for the production of plant secondary metabolites / R. Verpoorte, A. Contin, J. Memelink // *Phytochem. Rev.* — 2002. — Vol. 1, № 1. — P. 13–25.
3. Plant part substitution – a way to conserve endangered medicinal plants? / S. Zschocke [et al.] // *J. of Ethnopharmacology.* — 2000. — Vol. 71, № 1/2. — P. 281–292.
4. Rao S. R. Plant cell cultures: chemical factories of secondary metabolites / S. R. Rao, G. A. Ravishankar // *Biotechnol. Advances.* — 2002. — Vol. 20, № 2. — P. 101–153.
5. Huang X. L Studies on water soluble polysaccharides isolated from *Tribulus terrestris* L.–purification and preliminary structural determination of heteropolysaccharide H // X. L Huang, Y. S. Zhang, Z. Y. Liang / *Acta Pharmaceutica Sinica.* — 1991-01-01. — Vol. 26, № 8. — P. 578–583.
6. Блинова К. Ф. Ботанико-фармакогностический словарь: Справ. пособие / Под ред. К. Ф. Блиновой, Г. П. Яковлева. — М.: Высшая школа, 1990. — 263 с.
7. Алексеева Г.М. Фармакогнозия. Лекарственное сырьё растительного и животного происхождения: учеб. пособие / Г. М. Алексеева [и др.]; под ред. Г. П. Яковлева. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: СпецЛит, 2010. — 863 с.
8. Gama C.R. Clinical assessment of *Tribulus terrestris* extract in the treatment of female sexual dysfunction. // C.R. Gama [et al.] // *Clin. Medicine Insights: Women's Health.* — 2014. — Vol. 7. — P.45–50.
9. Христич Т.Н. Трибестан в помощь спортсменам, занимающимся силовыми видами спорта // Т.Н. Христич [и др.] // *Буковинський медичний вісник.* — 2011. — № 15. — С. 126–129.
10. Re R. Antioxidant activity applying an improved ABTC radical cation decolorization assay / R. Re [at al.] // *Free Radical Biol. and Med.* — 1999. — Vol. 26, № 9/10. — P. 1231–1237.
11. Tang Y.-Z. Free-radical scavenging effect of carbazole derivatives on DPPH and ABTS radicals / Y.-Z. Tang, Z.-Q. Liu // *J. of the Amer. Oil Chemists' Soc.* — 2007. — Vol. 84. — P. 1095–1100.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛЯЦИИ НАНОЧАСТИЦАМИ КРЕМНИЯ РОСТОВЫХ И ВОДООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ У ПШЕНИЦЫ

А.С. Курнушко, Т.Н. Куделина, О.В. Молчан

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ», г. Минск, Республика Беларусь,  
e-mail: annkurnushko@mail.ru

*В данной работе было изучено действия наночастиц кремния в различных концентрациях на рост и развитие пшеницы (*T. aestivum*) с 5 по 11 сутки. В низких концентрациях наночастицы кремния способствовали увеличению длины и массы проростков, толщины листа, снижению скорости потери воды листьями при обезвоживании. Полученные результаты свидетельствуют о том, что Si обеспечивает активацию внутренних метаболических процессов, перестройку мезоструктуры листа, которая оптимизирует водоудерживающие свойства листа и приводит к формированию засухоустойчивого фенотипа.*

В последние годы большое внимание уделяется исследованиям влияния кремния (Si) на физиолого-биохимические процессы в растениях. Многие преимущества использования Si при выращивании растений уже хорошо известны и появляется все больше доказательств того, что Si играет важную роль в стимуляции продуктивности и обеспечении стрессоустойчивости сельскохозяйственных культур. Si-удобрения (силикаты, диатомовая земля и источники биогенного диоксида кремния, такие как зола рисовой шелухи) часто используются в качестве источника кремниевой кислоты, активирующей ростовые процессы и увеличивающей урожайность. Благоприятные эффекты использования Si-удобрений в большинстве случаев возникают вследствие стимуляции устойчивости растений к биотическим (болезням и вредителям) и абиотическим стрессам (засоленность, засуха, высокая и низкая температура, кис-

лотность и т. д.) [4, 6, 8-10]. При этом, несмотря на имеющийся обширный экспериментальный материал, клеточные механизмы воздействия Si на растения изучены крайне слабо.

Наночастицы могут быть одной из применяемых форм кремния. Устойчивый рост сельского хозяйства несомненно зависит от внедрения инновационных технологий, в том числе, нанотехнологий. Высокая стабильность, уникальные химические и физические свойства некоторых наноматериалов потенциально позволяют улучшать метаболизм и стрессоустойчивость растений. Знания, полученные в этом направлении, могут способствовать развитию нанотехнологии, ее применению в сельском хозяйстве для повышения урожайности и снижения поступления агрохимикатов в окружающую среду. При этом опубликованные к настоящему времени результаты исследований влияния наночастиц Si на растительный организм крайне малочисленны.

Целью данной работы было исследование влияния наночастиц SiO<sub>2</sub> на ростовые, фотосинтетические и водообменные процессы проростков пшеницы (*T. aestivum*).

Проростки пшеницы выращивали рулонным методом при 24°C и освещении люминесцентными лампами (150 мкмоль·м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>, 16-часовой фотопериод) в присутствии наночастиц кремния в концентрациях 0,05, 0,005, 0,0005 мг/мл, контрольный вариант - в дистиллированной воде. Определяли сухую массу проростков, удельную поверхностную плотность листа (УППЛ) [3], относительную скорость потери воды тканью листа (ОПВ) [5], относительное содержание воды (ОСВ) [7] с 5 по 11 сутки.

Установлено активирующее влияние наночастиц кремния на рост проростков пшеницы. Так, с 5 по 11 сутки длина проростков и их сухая масса при различных концентрациях кремния была больше на 10-15% по сравнению с контролем. Выращивание проростков пшеницы в присутствии наночастиц кремния оказывало положительное влияние и на относительное содержание воды, которое является одним из основных показателей, характеризующих водный статус растений. Оно отражает баланс между поступлением и испарением воды. Было показано, что относительное содержание воды по сравнению с контролем у растений опытных вариантов увеличивалось на 5-е сут на 8-10 %, на 7-е на 5-7 %, 9-е сут на 3-5 % и на 11-е сут на 5 %.

Относительная скорость потери воды изолированными листьями в присутствии наночастиц кремния при всех концентрациях была меньше на 10-18%, чем в контроле. При этом минимальное ее значение отмечено при самой низкой концентрации наночастиц кремния (0,0005 мг/мл), что свидетельствует о высокой водоудерживающей способности листа и, соответственно, засухоустойчивости растений. Из литературы известно, что кремниевые кислоты способны связывать воду и высвобождать ее при возникновении водного дефицита. Этот механизм реализуется в результате хорошо известной в неорганической химии реакции поликонденсации и дегидратации моно-и поликремниевых кислот, применяемых для создания почвенных кондиционеров, позволяющих удерживать воду [1].

Так же измеряли удельную поверхностную плотность листа (УППЛ). Этот показатель характеризует толщину листовой пластинки, насыщенность ткани листа элементами проводящих тканей на единицу площади. В данной работе был отмечен рост УППЛ на 5-16 % для растений в присутствии наночастиц кремния. При этом показатель УППЛ, а, значит, и толщина листа, увеличивались при уменьшении концентрации наночастиц. Повышенный УППЛ в сочетании с более высокой оводненностью листьев, судя по литературным данным, позволяет предположить, что растения характеризуются более высокой интенсивностью фотосинтеза по сравнению с контролем [2].

Таким образом, в присутствии наночастиц кремния проростки пшеницы характеризовались более активным ростом, накоплением сухого вещества, увеличением толщины листовой пластинки и водоудерживающей способности листа. При этом наиболее эффективными оказались низкие концентрации наночастиц кремния. Данные результаты свидетельствуют о влиянии кремния на ростовые и фотосинтетические процессы и, как результат, формирование засухоустойчивого фенотипа пшеницы.

### Список литературы

1. Матыченков. В.В. Кремневые удобрения как фактор повышения засухоустойчивости растений/ В.В Матыченков. –Россия, Агрохимия. – 2007. – №5. – С. 63-67 – 2013. – № 5. – С. 7–16.
2. Николаева Н. Н. Формирование листового аппарата у форм березы повислой (*Betula pendula* Roth.) с разной текстурой древесины. Н. Н. Николаева. – Санкт-Петербург . – 2004. – С. 1-5
3. Терминология количественных характеристик при изучении роста, продуктивности и фотосинтеза сельскохозяйственных растений: метод. указания / Академия сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, НИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова; сост.: М. И. Зеленский, О. Д. Быков. – Ленинград, 1982. – 45 с.
4. Epstein, E. Silicon. *Annu Rev / E. Epstein // Plant Physiol Plant Mol Biol.* – 1999. – Vol. 50. – P. 641–664.
5. Clarke J.M., Romagosa I., Jana S., Srivastava J.P., McCaig T.N. Relationship of Excised-Leaf Water Loss Rate and Yield of Durum Wheat in Diverse Environment // *Can. J. Plant Sci.* 1989. V. 69. P. 1057-1081.
6. Cooke, J. Consistent alleviation of abiotic stress with silicon addition: a meta-analysis / J. Cooke, M. R. Leishman // *Functional Ecology.* – 2016. – Vol. 30. – P. 1340–1357.
7. Dhanda S.S., Sethi G.S. Inheritance of Excised-Leaf Water Loss and Relative Water Content in Bread Wheat (*Triticum aestivum*) // *Euphytica.* 1998. V. 104. P. 39-47.
8. Laane, H. The effects of foliar sprays with different silicon compounds / H. Laane // *Plants.* – 2018. – Vol. 7. – P. 45.
9. Liang, Y. Mechanisms of silicon mediated alleviation of abiotic stress in higher plants: a review / Y. Liang, W. Sun, Y. G. Zhu, P. Christie // *Environmental Pollution.* – 2007. – Vol. 147. – P. 422-428.
10. Reynolds, O. L. Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review / O. L. Reynolds, M. G. Keeping, J. H. Meyer // *Annals of Applied Biology.* – 2009. – Vol. 155. – P. 171-186.

## ОЦЕНКА ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ У ВИДОВ *NOSTOC*

Е.И. Мальцев, С.Ю. Мальцева

Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук, 127276, Ботаническая, 35, Москва, Россия, e-mail: maltsev.ye@yandex.ru

*Цианобактерии играют важную роль в водных и почвенных экосистемах не только благодаря кислородному фотосинтезу, накоплению органического вещества, но и способности отдельных представителей осуществлять фиксацию атмосферного азота. Одним из наиболее сложных в плане таксономии и в то же время широко распространенным цианобактериальным родом со многими морфо- и генотипами является Nostoc. Целью работы является изучение филогении и систематики представителей рода Nostoc для усовершенствования филогенетической системы азотфиксирующих цианобактерий.*

Цианобактерии (Cyanobacteria) являются одними из древнейших организмов на планете и единственной группой прокариот, способной к кислородному фотосинтезу. Распространены цианобактерии чрезвычайно широко: в морях, пресных и гипергалийных водоемах, в почве, на снегу и льду, в горячих источниках, в аэрофитных условиях и др. По устойчивости к действию экстремальных факторов представители Cyanobacteria занимают первые места на планете.

*Nostoc* Vaucher ex Bornet et Flahault является сложным и широко распространенным цианобактериальным родом со многими морфо- и генотипами, а также большим разнообразием ранее описанных морфовидов. На сегодняшний день таксономия рода в полном объеме неясна, в мире описано около 250-300 видов, многие из которых могут не идентифицироваться в свете современных таксономических критериев. К роду *Nostoc* относятся представители с симметричными трихомами, которые располагаются в массивных слизистых колониях. Клетки *Nostoc* лишены газовых вакуолей, у поперечных перегородок обычно очень перетянуты. Род *Nostoc* традиционно считается филогенетически гетерогенным, что показано многими молекулярными исследованиями штаммов *Nostoc* из мировых коллекций и описаний новых изолированных популяций [1, 5, 9].

Предполагается, что *Nostoc sensu stricto* включает только виды, образующие макроскопические колонии с отчетливой морфологией, подобные типу *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet et Flahault. При этом таксономический статус представителей, образующих

аморфные маты без перидерма, не решен. Изучение молекулярной филогении и систематики ностокальных цианобактерий показало, что не все морфологические характеристики имеют одинаково высокую корреляцию с топологией клад в филогенетических деревьях и не могут быть одинаково успешно использованы при разграничении на уровне вида. Так, на примере родов *Anabaena* Bory ex Bornet et Flahault и *Aphanizomenon* A. Morren ex Bornet et Flahault было показано, что их филогенетические линии хорошо отделимы друг от друга на основании параметров акинет, иногда в сочетании с шириной трихом [8]. Для представителей рода *Nostoc* такие закономерности только предстоит определить.

На сегодняшний день из рода *Nostoc* на основе комбинированных молекулярных, морфологических и экологических критериев выделено несколько новых родов, таких как *Desmonostoc* P. Hrouzek et S. Ventura [3] и *Mojavia* K. Reháková et J. R. Johansen [9]. В филогенетических деревьях *Desmonostoc* образует обособленную группу внутри основной клады *Nostoc* и выступает как его ближайший родственник. Такая филогенетическая позиция подтверждается несколькими авторами и согласуется с морфологией штаммов [2, 3, 9]. Род *Mojavia* также является родственным для *Nostoc*, но морфологически отличается отсутствием акинет, которые не были найдены ни в природном материале, ни в культуре; обычное вегетативное состояние представлено псевдонезависимыми агрегациями, образующими макроскопические колонии, а единичные трихомы встречаются только в молодых колониях [4]. В филогенетических деревьях *Mojavia* также занимает позицию сестринской клады к *Nostoc*.

Традиционно таксономические исследования и определение филогенетических отношений у цианобактерий проводятся с использованием в качестве молекулярного маркера нуклеотидной последовательности гена 16S рДНК. Однако не всегда применение такого высоко консервативного гена дает возможность решить поставленные задачи. Низкая вариабельность гена иногда не позволяет определить таксономическое положение близкородственных видов. В тоже время, другие, менее консервативны участки ДНК, такие как внутренний транскрибируемый спейсер ITS или гены *msyA*, *msyD* и *msyE*; *sxtA* и *sxtB*; *anaC*; *cyrA* и *cyrB* или *ndaF*, определяющие синтез токсинов микроцистина, сакситоксина, анатоксина, цилиндроспермопсина и нодулярина, успешно применяются для решения вопросов филогенетического статуса критических в систематическом отношении таксонов цианобактерий на уровне вида и даже ниже.

В результате исследования с помощью ПЦР-анализа штамма *Nostoc linckia* MZ-C21, выделенного из планктона в Азовском море (залив Сиваш, курортный город Геническ), было показано, что штамм имеет гены, кодирующие три вида гепатотоксинов: микроцистин (ген *msyE*), нодулярин (ген *ndaF*) и цилиндроспермопсин (ген *cyrB*) [6]. Филогенетический анализ на основании гена *msyE* с максимальным уровнем статистической поддержки подтвердил, что штамм MZ-C21 образует наиболее близкую линию к видам *Nostoc* с подтвержденной генетической возможностью продуцировать микроцистин, включая штамм *Nostoc linckia* AWQC-NOS001. Байесовское дерево, полученное с помощью последовательностей гена *ndaF*, также показало тесную связь штамма MZ-C21 с другими штаммами-продуцентами нодулярина, в том числе и штаммом *Iningaineta pulvinus* ES0614, который способен продуцировать до 1096 мкг/г сухого веса токсина [7]. Таким образом, с помощью молекулярно-генетических методов подтверждено не только таксономическое положение штамма, но и установлено, что существует высокая вероятность продукции цианотоксинов за счет роста *Nostoc linckia* в Азовском море.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-04-00326 А) и в рамках государственного задания (тема АААА-А19-119041190086-6).*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

### Список литературы

1. Henson B.J., Watson L.E., Barnum S.R. Molecular differentiation of the heterocystous cyanobacteria, *Nostoc* and *Anabaena*, based on complete *nifD* sequences / B.J. Henson, L.E. Watson, S.R. // Barnum Current Microbiology. – 2002. – V. 45. – P. 161–164.
2. Hrouzek P., Ventura S., Lukešová A., Mugnai M.A., Turicchia S., Komárek J. Diversity of soil *Nostoc* strains: phylogenetic and phenotypic variability / P. Hrouzek, S. Ventura, A. Lukešová, M.A. Mugnai, S. Turicchia, J. Komárek // Archiv für Hydrobiologie. Supplementband: Algological Studies. – 2005. – V. 117. – P. 251–264. DOI: 10.1127/1864-1318/2005/0117-0251
3. Hrouzek P., Lukešová A., Mareš J., Ventura S. Description of the cyanobacterial genus *Desmonostoc* gen. nov. including *D. muscorum* comb. nov. as a distinct, phylogenetically coherent taxon related to the genus *Nostoc* / P. Hrouzek, A. Lukešová, J. Mareš, S. Ventura // Fottea. – 2013. – V. 13(2). – P. 201–213.
4. Komárek J. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota: 3rd part: heterocystous genera / J. Komárek – Heidelberg: Springer Spektrum, 2013. – 1131 p.
5. Lyra C., Suomalainen S., Gugger M., Vezie C., Sundman P., Paulin L., Sivonen K. Molecular characterization of planktic cyanobacteria of *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis* and *Planktothrix* genera / C. Lyra, S. Suomalainen, M. Gugger, C. Vezie, P. Sundman, L. Paulin, K. Sivonen // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2001. – V. 51. – P. 513–526.
6. Maltsev Y., Maltseva I., Maltseva S., Kulikovskiy M. *Nostoc linckia* (Bornet ex Bornet et Flahault, 1886) (Nostocales: Cyanobacteria) from the Sea of Azov: morphology and molecular investigation of toxigenicity / Y. Maltsev, I. Maltseva, S. Maltseva, M. Kulikovskiy // Russian Journal of Marine Biology. – 2020. – V. 46(2). – P. 119–128. DOI: 10.1134/S1063074020020066
7. McGregor G.B., Sendall B.C. *Iningainema pulvinus* gen nov., sp. nov. (Cyanobacteria, Scytonemataceae) a new nodularin producer from Edgbaston Reserve, north-eastern Australia / G.B. McGregor, B.C. Sendall // Harmful Algae. – 2017. – V. 62. – P. 10–19. DOI: 10.1016/j.hal.2016.11.021
8. Rajaniemi P., Komárek J., Willame R., Hrouzek P., Kaštovská K., Hoffmann L., Sivonen K. Taxonomic consequences from the combined molecular and phenotype evaluation of selected *Anabaena* and *Aphanizomenon* strains / P. Rajaniemi, J. Komárek, R. Willame, P. Hrouzek, K. Kaštovská, L. Hoffmann, K. Sivonen // Algological Studies. – 2005. – V. 117(1). – P. 371–391.
9. Řeháková K., Johansen J.R., Casamatta D.A., Xuesong L., Vincent J. Morphological and molecular characterization of selected desert soil cyanobacteria: three species new to science including *Mojavia pulchra* gen. et sp. nov. / K. Řeháková, J.R. Johansen, D.A. Casamatta, L. Xuesong, J. Vincent // Phycologia. – 2007. – V. 46. – P. 481–502. DOI: 10.2216/06-92.1

## ДЕЙСТВИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА УРОВЕНЬ СТРЕССА И ПЕРВИЧНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS*)

И.А. Машкин

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»,  
220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Беларусь, e-mail: ivan.mashkin.1993@gmail.com

*В данной работе проводилось исследование влияния комплексных обработок посадочного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) фунгицидом Винцит Форте, регуляторами роста Экосил Микс и Экосил Плюс, а также пленкообразователем Гисинар-М на содержание продуктов перекисного окисления липидов и фотосинтетических пигментов в тканях сеянцев с закрытой корневой системой. В результате было выявлено, что обработки оказывают как положительное, так, и, возможно, отрицательное действие на физиолого-биохимические процессы растений.*

В Республике Беларусь разработано большое количество средств защиты растений. Особое место среди них занимают росторегуляторы на основе тритерпеновых кислот – Экосил Микс и Экосил Плюс. Во многих работах показано, что данные препараты способствуют активизации иммунных процессов в растениях [1, 4]. Но стоит учитывать то, что несмотря на некоторую фунгицидную активность тритерпеновых кислот, без направленного подавления развития вредоносной микрофлоры, растения могут терять часть своей продуктивности, даже с учетом возросшей под действием росторегуляторов устойчивостью. Поэтому логично возникает вопрос о необходимости применения фунгицидов для обработки растений. Наиболее интересным для изучения является протравитель фунгицидного действия Винцит Форте,

чья эффективность в подавлении развития патогенных грибов доказана множеством научных исследований [4]. Однако растения не могут в полной мере реализовать свой потенциал при недостатке питательных веществ. Поэтому часто в защитно-стимулирующие составы (ЗСС) включают и удобрения, например, Гисинар-М, содержащий микроэлементы в хелатной форме [4]. К сожалению, все еще детально не изучена возможность совместного применения данных препаратов в ЗСС при комплексной обработке посадочного материала хвойных пород растений с учетом их влияния на физиолого-биохимические процессы.

Объектами исследования являлись сенцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) с закрытой корневой системой, выращенные в лабораторных условиях с использованием кассет Plantek 35F на протяжении 90 дней. Перед посевом в кассеты часть семян были инкрустированы ЗСС, включающими фунгицид Винцит Форте, регуляторы роста Экосил Микс или Экосил Плюс, а также пленкообразователь Гисинар-М. Параллельно в часть кассет на 30-е и 60-е сутки проращивания посредством полива вносили 0,02%-ные растворы регуляторов роста Экосил Микс или Экосил Плюс. Уровень стресса, оказываемого на растения, и изменения первичного метаболизма оценивали путем определения количества продуктов перекисного окисления липидов (ТБК-продукты) и пигментов фотосинтеза, основываясь на спектрофотометрических методах [1,3].

Анализ содержания продуктов перекисного окисления липидов (ТБК-продукты) в тканях сеянцев, показал, что произведенные обработки посадочного материала сосны оказали существенное влияние на данный показатель в большинстве вариантов (таблица 1).

**Таблица 1 – Влияние обработок на содержание ТБК-продуктов в сеянцах сосны (3 месяца)**

Вариант	Содержание ТБК-продуктов	
	мкМ/г ( $M \pm m$ )	% к контр.
Инкрустирование семян		
Контроль (сухие семена)	11,43±0,09	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	10,90±0,13*	95
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар М 25 мл/л	11,00±0,09*	96
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	12,56±0,06*	110
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар М 25 мл/л	10,52±0,06*	92
Инкрустирование семян и полив сеянцев 0,02% р-ром регуляторов роста (30 и 60 сут.)		
Контроль (сухие семена)	12,02±0,11	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Микс	9,24±0,13*	77
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар М 25 мл/л + полив Экосил Микс	11,17±0,08*	93
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Плюс	12,31±0,08	102
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар М 25 мл/л + полив Экосил Плюс	12,01±0,09	100

Примечание – \* Данные статистически значимы по t-критерию Стьюдента ( $p = 0,05$ )

В вариантах обработки посадочного материала сосны без дополнительного внесения в почву регуляторов роста существенное снижение уровня содержания ТБК-продуктов в сравнении контрольными значениями не зафиксировано только при инкрустации семян смесью препаратов Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л. На фоне этого, наиболее сильное падение концентрации ТБК-продуктов отмечено в аналогичном варианте, но с добавлением Гисинара-М. В свою очередь, параллельный полив сеянцев сосны растворами регуляторов роста вызвал еще большее уменьшение содержания ТБК-продуктов при использовании Экосила Микс и незначительное колебание данного показателя относительно контроля в остальных опытах.

По динамике изменения содержания пигментов фотосинтеза в хвое сеянцев сосны (таблица 2), видно, что произведенные агротехнические манипуляции оказывают как положительное, так и, возможно, отрицательное влияние на первичный метаболизм растений.

**Таблица 2 – Влияние обработок на содержание пигментов фотосинтеза в сеянцах сосны (3 месяца)**

Вариант	Хлорофилл <i>a</i>		Хлорофилл <i>b</i>		Каротиноиды	
	мг/г ( <i>M±m</i> )	% к контр.	мг/г ( <i>M±m</i> )	% к контр.	мг/г ( <i>M±m</i> )	% к контр.
<b>Инкрустирование семян</b>						
Контроль (сухие семена)	0,57±0,01	100	0,25±0,01	100	0,37±0,01	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	0,60±0,03*	105	0,23±0,01	94	0,32±0,01*	87
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар М 25 мл/л	0,56±0,01	98	0,24±0,01	95	0,36±0,01	97
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	0,86±0,01*	149	0,41±0,01*	166	0,56±0,01*	152
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар М 25 мл/л	0,48±0,01*	83	0,20±0,01*	79	0,31±0,01*	85
<b>Инкрустирование семян и полив сеянцев 0,02 % р-ром регуляторов роста (30 и 60 сут.)</b>						
Контроль (сухие семена)	0,56±0,01	100	0,24±0,01	100	0,37±0,01	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Микс	0,72±0,01*	130	0,29±0,01*	122	0,38±0,01	103
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар М 25 мл/л + полив Экосил Микс	0,53±0,01*	95	0,26±0,01	108	0,39±0,01	106
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Плюс	0,46±0,01*	84	0,24±0,01	101	0,41±0,01*	111
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар М 25 мл/л + полив Экосил Плюс	0,44±0,01*	79	0,24±0,01	101	0,48±0,01*	131

Примечание – \* Данные статистически значимы по *t*-критерию Стьюдента ( $p=0,05$ )

В вариантах обработки без дополнительного внесения растворами регуляторов роста в хвое сеянцев сосны значительный прирост хлорофиллов и каротиноидов отмечен при инкрустировании смесью Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л. При параллельном поливе сеянцев сосны регуляторами роста только в варианте Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Микс наблюдается значительное увеличение концентрации хлорофиллов *a* и *b*, а в сочетании Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар М 25 мл/л + полив Экосил Микс, напротив, уменьшалась концентрация хлорофилла *a*. В аналогичных вариантах обработки, но уже с применением Экосила Плюс, зафиксирован существенный рост количества каротиноидов, на фоне значительного снижения содержания хлорофилла *a*, что говорит о влиянии определенных стрессовых факторов, к которым растения пытаются приспособиться, наращивая количество каротиноидов, однако стресс все же приводит к разобщению работы фотосистем и снижению количества хлорофилла *a*.

Таким образом, видно, что произведенные обработки посадочного материала сосны обыкновенной средствами защиты растений на начальных этапах роста оказывают как положительное, так, и, возможно, отрицательное действие на физиолого-биохимические процессы растений. Однако общая тенденция заключается в увеличении количества пигментов фотосинтеза и снижении уровня содержания в тканях сеянцев продуктов перекисного окисления липидов.

#### Список литературы

1. Быков И.П. Исследовательские лабораторные работы по физиологии растений. Учебное пособие / И.П. Быков. - Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2001. – 166 с.
2. Вольнец А.П. Физиология патогенеза и болезнеустойчивости растений / А.П. Вольнец, В.П. Шуканов. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 252 с.
3. Гавриленко В.Ф. Большой практикум по фотосинтезу: Учебное пособие / В.Ф. Гавриленко. - М.: Академия, 2003. – 250 с.
4. Шуканов В.П. Применение экологически безопасных препаратов для повышения качества сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) / В.П. Шуканов, И.А. Машкин, Л.А. Корытько // Природные ресурсы. – 2020. – № 1. – С. 99-107.

# ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОЛЛЕКЦИИ ТРОПИЧЕСКИХ И СУБТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ВИЛАР

Н.Б.Меркулова

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»,  
г.Москва, Россия, e-mail: bot.gard.vilar@yandex.ru

Коллекция тропических и субтропических растений Ботанического сада ВИЛАР насчитывает 660 видов. Большую часть коллекции составляют покрытосеменные растения, и лишь небольшую часть голосеменные и папоротники. В коллекции насчитывается 32 вида различных категорий редкости из списка редких и исчезающих видов растений МСОП.

Коллекция тропической и субтропической флоры Ботанического сада ВИЛАР насчитывает 660 видов растений, относящихся к 100 семействам (см. табл.). Большую часть коллекции составляют представители *Angiospermae* – 91 семейство. Небольшую часть коллекции занимают представители *Gymnospermae* и *Pteridophyta* – 5 и 4 семейства соответственно [3].

Таблица - Таксономический анализ коллекции тропических и субтропических растений

Группа растений	Количество		
	Семейство	Род	Вид
Angiospermae	91	117	645
Gymnospermae	5	5	6
Pteridophyta	4	5	9
Итого:	100	127	660

Самыми многочисленными семействами в коллекции являются *Asparagaceae*, *Cactaceae* и *Xanthorrhoeaceae*. Виды, принадлежащие к этим семействам, в совокупности составляют более 20% от общего числа видов в коллекции. Так, семейство *Asparagaceae* представлено 17 родами и 65 видами растений. По большей части семейство представлено представителями таких родов как *Agave* (17%), *Asparagus* (9%), *Dracaena* (14%), *Sansevieria* (22%). По числу видов это самое большое семейство в коллекции.

Основу коллекции суккулентов образуют в совокупности 43 вида (4 рода) семейства *Xanthorrhoeaceae* и 40 видов (20 родов) семейства *Cactaceae*. Отмечается преобладание таких родов как *Mammillaria* (10 видов, семейство *Cactaceae*), *Haworthia* (15 видов, семейство *Xanthorrhoeaceae*) и *Aloe* (20 видов, семейство *Xanthorrhoeaceae*).

Следующим по численности представленных видов идет семейство *Agaceae* – 39 видов и сортов (13 родов). Виды этого семейства по большей части выращиваются в горшечной культуре как комнатные растения. В связи с этим существует множество сортов таких популярных в комнатном озеленении растений, как *Dieffenbachia*, *Epipremnum*, *Philodendron*, *Synponium* и т.д. Некоторые из них являются частью коллекции.

Еще одна немаловажная часть коллекции суккулентов – виды семейства *Crassulaceae*, куда входят 39 видов растений (8 родов).

Остальные семейства представлены небольшим числом видов (менее 5% от общего числа всех видов). Семейства с 7-29 видами: *Acanthaceae*, *Amaryllidaceae*, *Arocynaceae*, *Araliaceae*, *Arecaceae*, *Begoniaceae*, *Bromeliaceae*, *Commelinaceae*, *Euphorbiaceae*, *Lamiaceae*, *Leguminosae*, *Malvaceae*, *Moraceae*, *Myrtaceae*, *Oleaceae*, *Orchidaceae*, *Piperaceae*, *Polygonaceae*, *Rubiaceae*, *Rutaceae*, *Vitaceae*, *Zingiberaceae*. Более одной пятой части коллекции (22,2%) составляют семейства с удельным весом в коллекции менее 1%. Это 73 семейства с 1-6 видами: *Adoxaceae*, *Amaranthaceae*, *Anacampserotaceae*, *Anacardiaceae*, *Annonaceae*, *Aquifoliaceae*, *Araucariaceae*, *Basellaceae*, *Berberidaceae*, *Bignoniaceae*, *Burseraceae*, *Buxaceae*, *Calycanthaceae*, *Cannaceae*, *Caprifoliaceae*, *Caricaceae*, *Casuarinaceae*, *Celastraceae*, *Chloranthaceae*, *Clusiaceae*,



Compositae, Costaceae, Cucurbitaceae, Cupressaceae, Cycadaceae, Cyperaceae, Dioscoreaceae, Dryopteridaceae, Eucommiaceae, Fagaceae, Garryaceae, Geraniaceae, Gesneriaceae, Ginkgoaceae, Hernandiaceae, Hydrangeaceae, Hypoxidaceae, Lauraceae, Lythraceae, Magnoliaceae, Meliaceae, Menispermaceae, Monimiaceae, Musaceae, Nephrolepidaceae, Nyctaginaceae, Ochnaceae, Onagraceae, Oxalidaceae, Pandanaceae, Passifloraceae, Phyllanthaceae, Phytolaccaceae, Pittosporaceae, Plumbaginaceae, Poaceae, Primulaceae, Pteridaceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Sapindaceae, Saururaceae, Saxifragaceae, Schisandraceae, Simaroubaceae, Simmondsiaceae, Smilacaceae, Solanaceae, Strelitziaceae, Taxaceae, Urticaceae, Verbenaceae.

Для установления категории редкости видов, имеющих в коллекции, был использован список редких и исчезающих видов растений Международного союза охраны природы (МСОП) [2]. В коллекции содержатся 25 видов, находящихся под угрозой исчезновения – категории CR, EN, VU; 6 видов, близких к уязвимому положению (NT) и 1 вид, исчезнувший в природе (EW). Растения, находящиеся на грани полного уничтожения (CR): *Aloe jucunda* Reynolds, *Agave gypsophila* Gentry, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Beaucarnea recurvata* Lem., *Mammillaria carmenae* Castañeda. Из вымирающих видов (EN): *Aechmea manzanaresiana* H.E.Luther, *Agave macroacantha* Zucc., *Coffea arabica* L., *Echinocactus grusonii* Hildm., *Eriocactus magnificus* F. Ritter, *Ginkgo biloba* L., *Kalanchoe daigremontiana* Raym.-Hamet & H. Perrier, *Mammillaria parkinsonii* Ehrenb. По сравнению с другими категориями редкости, в коллекции больше уязвимых видов (VU): *Agave potatorum* Zucc., *Aloe ramosissima* Pillans, *Aloe squarrosa* Baker ex Balf.f., *Cneorum tricoccum* L., *Eucommia ulmoides* Oliv., *Hattiora gaertneri* (Regel) Barthlott, *Howea belmoreana* (C.Moore & F.Muell.) Becc., *Jacaranda mimosifolia* D.Don, *Kalanchoe beharensis* Drake, *Marsdenia floribunda* (Brongn.) Schltr., *Peperomia graveolens* Rauh & Barthlott, *Schlumbergera truncata* (Haw.) Moran. Из видов, близких к уязвимому положению (NT): *Aloe hemmingii* Reynolds & Bally, *Dimocarpus longan* Lour., *Dypsis lutescens* (H.Wendl.) Beentje & J.Dransf., *Eucalyptus viminalis* Labill., *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil., *Washingtonia filifera* (Linden ex André) H.Wendl. ex de Bary. Исчезнувшие в природе представлены единственным видом (EW) - *Brugmansia arborea* (L.) Steud.

В коллекции также есть виды, входящие в Красную книгу РФ. А именно, *Ruscus colchicus* Yeo, *Taxus baccata* L. [1].

Сотрудниками проводятся мероприятия по сохранению и пополнению коллекции в соответствии с планом НИР (№0576-2020-0008). Также проводится изучение роста, развития и особенностей семенного и вегетативного размножения некоторых видов лекарственных растений.

#### Список литературы

1. Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы) / Ред. колл.: Ю.П. Трутнев и др. М.: Товарищество науч. изданий КМК, 2008. – С. 502, 565.
2. Red list [электронный ресурс]. URL: <https://www.iucnredlist.org>.
3. The Plant List [электронный ресурс]. URL: <http://www.theplantlist.org>.

# ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И АКТИВНОСТЬ ФЕНИЛАЛАНИНАММИАКЛИАЗЫ В РАСТЕНИЯХ СОИ ПРИ ПЛАЗМЕННО-РАДИОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН

В.В. Минкова<sup>1</sup>, К.М. Герасимович<sup>1</sup>, Е.И. Рыбинская<sup>1</sup>, В.А. Люшкевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»,  
220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Беларусь, e-mail: e-mail: minkovavi@gmail.com

<sup>2</sup>Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси; Минск, Беларусь,  
e-mail: v.lyushkevich@ifanbel.bas-net.by

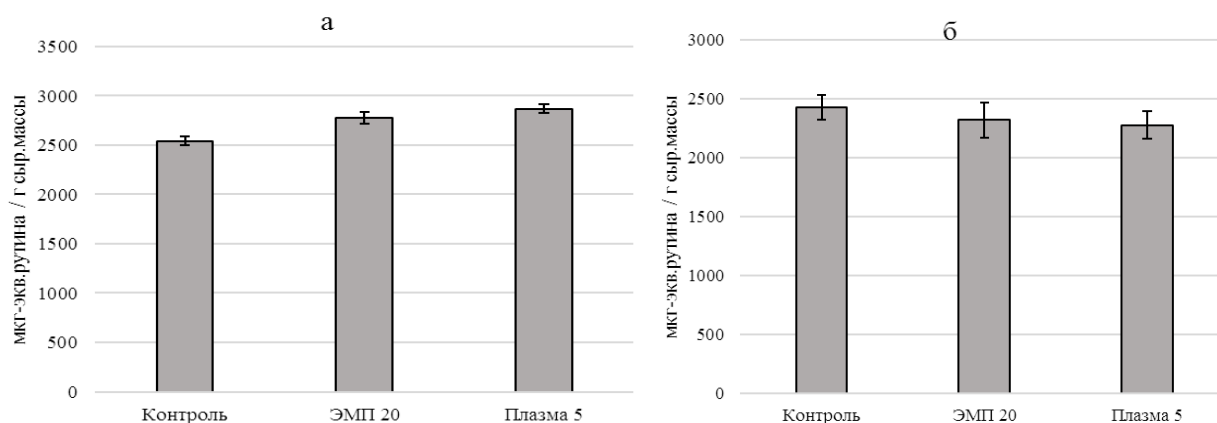
*Исследовано влияние плазменной и радиоволновой обработки семян на общее содержание фенольных соединений, флавоноидов, и активности фенилаланинаммиаклиазы в растениях сои, выращенных в лабораторных условиях. Показано что плазменная и -радиоволновая обработки способствовали изменению вторичного метаболизма, что выражалось в повышении содержания фенольных соединений и возрастании антиоксидантной активности экстрактов листьев. фенилаланинаммиаклиазы, возростала при действии плазмы с частотой 5,28 МГц при давлении 200 Па, время экспозиции 5 минут.*

**Введение.** Соя (*Glycine max* L.) является одной из самых ценных сельскохозяйственных культур и обеспечивает преобладающую часть мирового рынка белками и маслами. Мировое производство сои в 2019 году составило 336 млн. тонн. Изофлавоны сои обладают выраженной гормональной, противоопухолевой, антиостеопорозной, антиоксидантной и антиаллергической активностями [1]. В настоящее время весьма перспективным направлением в медицине и фармакологии является использование биологически активных и лекарственных средств из растительного сырья. Для экономически целесообразного использования растительного сырья необходимо обеспечить стабильно высокое содержание фармакологически ценных метаболитов, в связи с чем, становится актуальной направленной стимуляции их биосинтеза. Один из возможных путей решения данной проблемы – стимуляция биосинтеза биологически активных соединений действием физических факторов. В последние годы для обработки различных биологических объектов, в том числе семенного растительного материала, разрабатываются технологии на основе плазменных, плазменно-пучковых, микро- и радиоволновых методов воздействия [2]. Показано стимулирующее влияние обработки семян электромагнитным полем радиочастотного диапазона и низкотемпературной плазмой на метаболические процессы у растений различных видов, что позволяет повысить в 1,5–2 раза содержание некоторых лекарственных веществ в растительном сырье [3] В связи с этим, целью данного исследования явилось изучение особенностей вторичного метаболизма в растениях сои при обработке семян высокочастотным электромагнитным полем и высокочастотной плазмой.

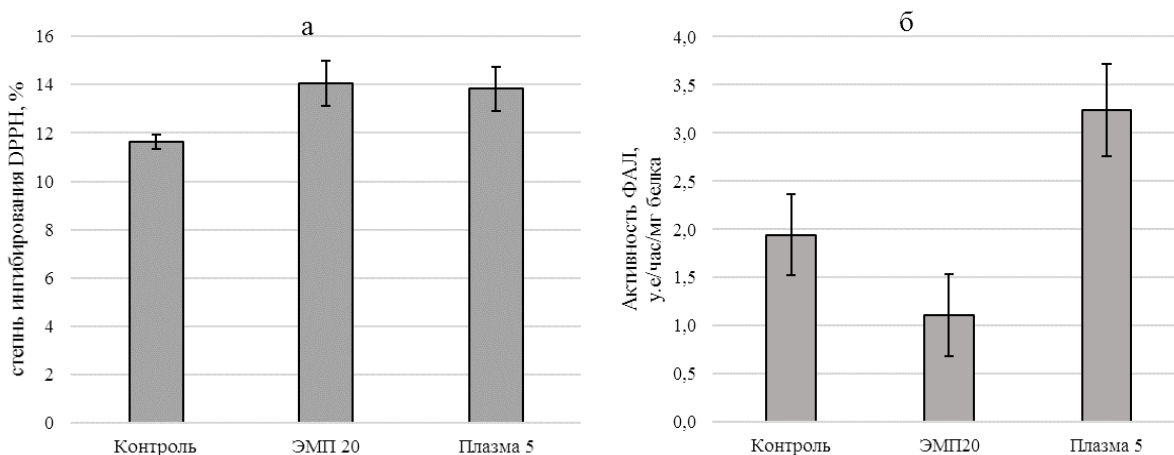
**Материалы и методы.** Объектом исследования служили растения сои (*Glycine max* L.) сорт «Припять», семена которых подвергали обработке высокочастотным (ВЧ) электромагнитным полем (ЭМП) и плазмой ВЧ разряда. Режимы обработки семян были подобраны экспериментально: плазма – частота 5,28 МГц при давлении 200 Па, время экспозиции 5 минут, ЭМП – частота 5,28 МГц при атмосферном давлении, время экспозиции 20 минут. Обработку осуществляли на экспериментальном стенде Института физики НАН Беларуси. Минимальное время от обработки до закладки семян на проращивание составило 10 дней. В качестве контроля использовали необработанные семена сои. В лабораторных условиях растения выращивали при освещенности 4 тыс. лк (режим освещения – 14 ч света, 10 ч темноты). Биохимический анализ проводили на 14-дневных растениях сои.

Общее содержание фенолов определяли по методу Фолина–Чокалтеу [4], содержание флавоноидов определяли колориметрическим методом с применением хлорида алюминия [5]. Антиоксидантную активность экстрактов определяли по восстановлению 2,2-дифенил-1-пикрилгидразида (DPPH) антиоксидантами экстракта [6]. Активность фенилаланинаммиаклиазы (ФАЛ) измеряли спектрофотометрически, согласно методу [7].

**Результаты и выводы.** При выращивании в лабораторных условиях, показано, что общее содержание фенольных соединений в листьях сои возрастало, как в варианте с обработкой семян ЭМП – на 9 %, так и при плазменной обработке – на 13 % по сравнению с контрольными растениями (рисунок 1а). При этом не наблюдалось достоверных различий с контролем по содержанию флавоноидов в листьях сои во всех исследуемых вариантах (рисунок 1б). Антиоксидантная активность экстрактов из листьев сои повышалась при плазменной и радиоволновой обработке. В случае обработки семян сои ЭМП антиоксидантная активность увеличивалась на 21%, в случае обработки плазмой – на 19% относительно контрольных растений (рисунок 2а). Предполагается, что возрастание антиоксидантной активности экстрактов из листьев сои при плазменной и радиоволновой обработке происходит, главным образом, за счет накопления фенольных соединений, обладающих антирадикальными и антиоксидантными свойствами.



**Рисунок 1 – Влияние плазменной и радиоволновой обработки семян на содержание фенольных соединений (а) и флавоноидов (б) в листьях сои.**



**Рисунок 2– Влияние плазменной и радиоволновой обработки семян на антиоксидантную активность экстрактов (а) и активность фенилаланинаммиаклиазы (б) в листьях сои**

Воздействие плазменной обработки на семена растений сои сопровождалось возрастанием активности ФАЛ в 1,7 раза относительно растений, семена которых не подверглись обработке (рисунок 2б). ФАЛ (4.3.1.5) является ключевым ферментом фенилпропаноидного метаболизма растений и катализирует реакцию дезаминирования L-фенилаланина с образованием транс-коричной кислоты. Фенилаланин – основной предшественник синтеза фенольных соединений, а катализируемая ФАЛ реакция представляет собой развилку между первичным (шикиматный путь) и вторичным специализированным метаболизмом растений.

Существенное возрастание активности данного фермента в варианте обработки семян плазмой коррелировало с повышением общего содержания фенольных соединений у растений сои.

Плазменная и радиоволновая обработка семян способствовали изменению вторичного метаболизма в растениях сои, выращенных в контролируемых лабораторных условиях. В результате проведенных исследований выявлена тенденция к увеличению общего содержания фенольных соединений и повышению антиоксидантной активности на фоне возрастания активности фенилаланинаммиаклиазы в листьях сои при обработке ВЧ плазмой на частоте 5,28 МГц при давлении 200 Па и времени экспозиции 5 мин.

*Работа выполнялась при финансовой поддержке Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, грант №Ф19ЛИТГ-008.*

#### Список литературы

1. Петибская, В.С. Соя: химический состав и использование / В.С. Петибская / Под ред. академ. РАСХН, д-ра с.-х. наук В.М.Лукомца. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ». – 2012. – 432 с.
2. Стимулирующее действие плазменной и радиоволновой обработки семян клевера лугового на морфофизиологические параметры проростков / Е. Л. Недведь [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял.навук. – 2020. – Т. 65, № 2. – С. 191–198.
3. Люшкевич, В.А. Стимуляция метаболизма лекарственных растений с помощью обработки семян низкотемпературной плазмой и электромагнитным полем / В.А. Люшкевич, И.И. Филатова., Е.Е., Жукова Г. Паужайте // Доклады БГУИР. – 2016. – Т. 101, №7. – С. 188-191.
4. Sibgatullina G.V. Methods for determining the redox status of cultivated plant cells: Uch.-met. A manual for graduate courses "Ecological genetics", "Genetic toxicology." / G.V. Sibgatullina, L.R. Khaertdinovsa, A.E. Gumerova - Kazan: Kazan Federal University. – 2011. – pp. 36-40.
5. Maltseva E.M., Egorova N.O., Egorova I.N. Quantitative determination of the total content of flavonoids in the grass of a burnet bloodwort // Journal of Ural Medical Academic Science. - 2011. – 3(1). – P. 68.
6. Glicin I., Elias R., Gepdiremen A., Boyer L. Antioxidant activity of Lignans from Fringl Tree (*Chionantus virginicus* L.) // Eur. Food. Res. Techol. – 2006. – V. 223. – pp. 759-767.
7. Zuker, M. Induction of phenylalanine ammonialyase in *Xaritin* leaf disk. Photosythetic reguierement and effect of day-leght / M. Zuker // Plant Physiol. – 1969. – V. 44. – P. 91–112.

## МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛОКУСОВ, КОДИРУЮЩИХ PR-10 БЕЛКИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Л.В. Можаровская

Институт леса НАН Беларуси, 246050, ул. Пролетарская, 71, г. Гомель, Беларусь,  
e-mail: [milamozh@yandex.ru](mailto:milamozh@yandex.ru)

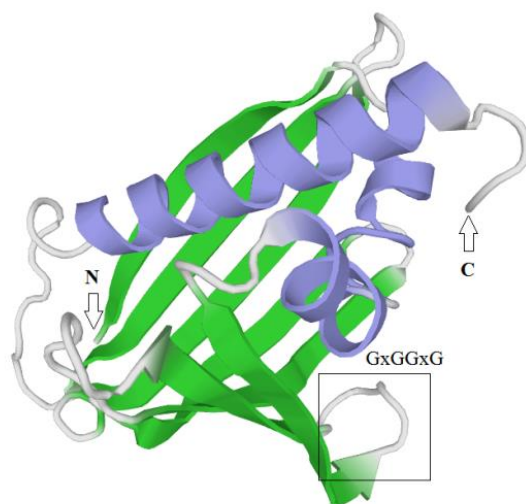
Ключевыми компонентами системной приобретенной устойчивости (англ. systemic acquired resistance – SAR) растений являются PR-белки (с англ. pathogenesis-related proteins), которые индуцируются в ответ на инокуляцию фитопатогенных микроорганизмов. PR-белки входят в состав сигнальных систем растений (липооксигеназной, NO-синтазной) и катализируют образование вторичных сигнальных молекул (салициловой, жасмоновой, абсцизовой кислот и этилена), являются антимикробными компонентами и способны вызывать повреждения клеточных стенок и цитоплазматических мембран патогенов. Гены, кодирующие PR-белки, относительно их структурно-функциональной организации подразделяются на 17 семейств (от PR-1 до PR-17) [1]. Согласно литературным данным среди PR-генов хвойных растений, в наибольшей степени охарактеризованы локусы, кодирующие литические ферменты, такие как  $\beta$ -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); группа ферментов пероксидаз лигнин-образующего типа, ассоциированные с формированием клеточной стенки (семейство PR-9); рибонуклеазы (семейство PR-10) и растительные дефензины (семейство PR-12) [2].

В нашем исследовании проводилась идентификация патоген-индуцированных генов сосны обыкновенной, детерминирующих защитные механизмы на стадии проростков, на примере фузариоза. Для этого в опытных условиях проводилось заражение микромицетом *Fusarium* sp. проростков сосны обыкновенной, согласно стандартным методикам. Проростки (n=15) с симптомами инфекционного полегания, изымали из почвы, очищали и использовали в качестве экспериментального материала (ткани корня и гипокотыля) для получения препаратов мРНК. Высокопроизводительное секвенирование и анализ транскриптомов выполняли на базе технологии Ion Torrent (Thermo Fisher Scientific, США).

В ходе аннотации кодирующих последовательностей исследуемого транскрипта в базе данных консервативных доменов (CDD) GeneBank NCBI, среди 150 EST-локусов с наибольшим уровнем экспрессии, одними из наиболее представленных (10 локусов), явились последовательности, кодирующие белки семейства PR-10 (семейство консервативных доменов белков cd07816, включающее лиганд-связывающий домен Bet v 1 аллергена пыльцы *Betula verrucosa* и родственные белки, в том числе связанные с внутриклеточным патогенезом растений (PR-10)). В литературе среди голосеменных PR-10 белки идентифицированы и описаны для некоторых видов родов *Pinus* (*P. lambertiana*, *P. strobus*, *P. monticola*, *P. pinaster*, *P. taeda*), *Pseudotsuga* и *Picea* [3-5]. Защитные свойства PR-10-белков, как правило, ассоциированы с их рибонуклеазной активностью, и как следствие способностью подавлять рост патогенов [6, 7].

Проведенный анализ дифференциальной экспрессии идентифицированных PR-10 генов, показал увеличение их экспрессионной активности в 5,9 раз в условиях заражения по отношению к контролю. Максимальным количеством коротких прочтений характеризовался контиг № 353 (включал 1158 коротких прочтений, общая длина прочтения последовательности 999 н.о.). Наибольший уровень генетического сходства (96%) контига № 353 выявлен с последовательностью гена семейства PR-10 *PpPR10 Pinus pinaster* (депонент GenBank NM210088.1). Нуклеотидная последовательность контига № 353 содержала открытую рамку считывания (ORF) 483 п.н., кодирующую полипептид из 160 аминокислот с молекулярной массой 17,8 кДа. В онлайн сервисе Protein BLAST NCBI проведен поиск гомологичных аминокислотных последовательностей и наибольший уровень сходства транслируемой последовательности контига № 353 равный 96% отмечен с PR-10 белком *PpPR10 P. pinaster* (депонент GenBank ADJ53040.1).

В ходе анализа аминокислотной последовательности, идентифицированного PR-10 белка сосны обыкновенной, был выявлен на N-конце высококонсервативный глицин-насыщенный мотив (GxGGxG). Данный мотив предположительно является сайтом связывания нуклеотидов и участвует в РНКазной активности у некоторых PR-10 белков [4, 8]. На сервере программы SWISS-MODEL (<https://swissmodel.expasy.org/>) проведено трехмерное моделирование пространственной структуры аминокислотной последовательности функционального домена контига № 353. В качестве шаблона использовалась структура лиганд-связывающего домена белка аллергена пыльцы березы Bet v 1. Было установлено, что 3D-структура PR-10 белка проростков *P. sylvestris* представлена двумя короткими  $\alpha$ -спиралями на N-конце, одной длинной 20-аминокислотной  $\alpha$ -спиралью на C-конце, а также семью  $\beta$ -цепями, формирующими одну антипараллельную  $\beta$ -складку (рисунок). Между цепями  $\beta 2$  и  $\beta 3$  локализован GxGGxG-мотив, подобный «Р-петле» связывания фосфата [8].



**Рисунок 1 – Трехмерная модель структуры идентифицированного PR-10 белка проростков *P. sylvestris* (контиг № 353)**

*Исследование выполнено при финансовой поддержке БРФФИ в рамках научного проекта № Б20М-015*

#### **Список литературы**

1. Ali, S. Pathogenesis-related proteins and peptides as promising tools for engineering plants with multiple stress tolerance / S. Ali [et al.] // *Microbiological Research*. – 2018. – V. 212. – P. 29-37.
2. Bonello, P. Nature and ecological implications of pathogen-induced systemic resistance in conifers: a novel hypothesis / P. Bonello, T. R. Gordon, D. A. Herms // *Physiological and Molecular Plant Pathology*. – 2006. – V. 68. – P. 95-104.
3. Liu, J. J. Association analysis and in-vitro anti-fungal assay reveal a role for the *Pinus monticola* PR10 gene (PmPR10-3.1) in quantitative resistance to white pine blister rust. / J. J. Liu [et al.] – 2019. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.2.10026/v1>
4. Liu, J. J. Characterization, expression and evolution of two novel subfamilies of *Pinus monticola* cDNAs encoding pathogenesis-related (PR)-10 proteins / J. J. Liu, A. K. M. Ekramoddoullah // *Tree physiology*. – 2004. – V. 24. – P. 1377-1385.
5. Ersoz, E. S. Evolution of disease response genes in loblolly pine: insights from candidate genes / E. S. Ersoz [et al.] // *PloS one*. – 2010. – V. 5. – P. e14234.
6. Bantignies, B. Direct evidence for ribonucleolytic activity of a PR-10-like protein from white lupin roots / B. Bantignies [et al.] // *Plant molecular biology*. – 2000. – V. 42 (6). – P. 871-881.
7. Филипенко, Е. А. PR-белки с рибонуклеазной активностью и устойчивость растений к патогенным грибам / Е. А. Филипенко [и др.] // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2014. – Т. 17. – №. 2. – С. 326-334.
8. Jain, D. A pathogenesis related-10 protein CaARP functions as aldo/keto reductase to scavenge cytotoxic aldehydes / D. Jain [et al.] // *Plant Molecular Biology*. – 2015. – V. 90. – P. 171-187.

# ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТОВ РАСТЕНИЙ СОИ

А.В. Павлище, Д.А. Киризий, С.Я. Коць

Институт физиологии растений и генетики НАН Украины; Киев, Украина, e-mail: zapadenka2015@gmail.com

*Протравители семян оказывают значительное влияние на формирование и функционирование симбиотического и фотосинтетического аппаратов сои, которые непосредственно связаны с продуктивностью растений. Степень и направленность этого влияния зависят от фунгицида, фазы развития растений, а также показателя, который рассматривается. Между азотфиксирующей активностью сои и показателями мощности ее фотосинтетического аппарата существуют тесные положительные корреляционные связи, на которые влияют вещества с фунгицидной активностью.*

Применение микробиологических препаратов в процессе выращивания бобовых культур, в частности сои, на сегодня является одним из важных направлений в интенсификации сельского хозяйства [9]. Способность бобовых культур вступать в симбиотические отношения с клубеньковыми бактериями и усваивать азот в доступной для растений форме, является важным и актуальным как в практическом, так и в научном смысле. Инокуляция семян высокоэффективными клубеньковыми бактериями влияет на физиологические и биохимические процессы в растительном организме, мобилизует потенциальные возможности, заложенные в геноме природой и селекцией, способствует увеличению урожайности бобовых культур и восстановлению плодородия почв [7]. Также, не менее важным направлением в достижении максимального обеспечения реализации продукционного потенциала растений является использование фунгицидов. Их применение – неотъемлемый прием в интегрированных системах защиты растений для минимизации заболеваний, вызванных наличием фитопатогенов на семенах, повышением их всхожести, стрессоустойчивости и продуктивности. Наиболее часто используются препараты групп стробилуринов, триазолов, бензимидазолов, имидазолов, производных неорганических соединений [8]. Фунгициды, как физиологически активные вещества, кроме своего прямого действия – защиты сельскохозяйственных культур от возбудителей болезней – действуют и на само растение, влияя на интенсивность фотосинтеза [3], дыхание [6], регуляцию окислительно-восстановительного баланса [10], процессы метаболизма растений [4], что отражается на формировании и функционировании симбиотических систем сои. Таким образом, не менее актуально изучение влияния химических средств защиты растений на ход важнейших процессов, определяющих производительность бобовых растений – азотфиксацию и фотосинтез.

Цель нашей работы заключалась в исследовании влияния фунгицидов на формирование и функционирование бобово-ризобияльного симбиоза и взаимодействие с фотосинтетическим аппаратом растений сои.

Исследовали симбиотические системы созданы с участием растений сои сорта Алмаз и высокоактивного производственного штамма клубеньковых бактерий *Bradyrhizobium japonicum* 634б. Растения выращивали на вегетационной площадке ИФРГ НАН Украины в 4-килограммовых сосудах, субстратом служил промытый речной песок с питательной смесью Гельригеля с низким содержанием азота (0,25 нормы). Семена сои обрабатывали фунгицидами: Стандак Топ («BASF», Германия) и Февер («Bayer Crop Science AG», Германия). Инокуляцию семян проводили в течение 1 ч бактериальной суспензией с титром  $10^8$  кл./мл. Азотфиксирующую активность (АФА) определяли ацетиленовым методом [2] на газовом хроматографе Agilent GC system 6850 (США). Содержание суммы хлорофиллов в листьях определяли безмацерационным методом путем экстракции пигментов с 100 мг листовой ткани диметилсульфоксидом с последующим определением плотности полученного раствора на спектрофотометре «Smart Spec Plus» (США). Расчеты проводили по формулам, приведенным в работе Wellburn A.R. [5]. Интенсивность фотосинтеза измеряли с помощью оптико-акустического инфракрасного газоанализатора ГИАМ-5М (Россия), включенного по диффе-

рэнциальной схеме. Массу сухого вещества различных органов растений определяли в 9-кратной биологической повторности весовым методом. Образцы высушивали в течение 4 ч, до полного испарения влаги при температуре 105 °С. Определение всех показателей проводили в фазы трех настоящих листьев, бутонизации и цветения. Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с использованием программы Microsoft Excel 2010.

Нами было исследовано влияние фунгицидов на функционирование симбиотического и фотосинтетического аппаратов, как главных составляющих продукционного процесса сои и взаимосвязь между отдельными параметрами для лучшего понимания их роли в организме растений.

Оценка функциональной активности симбиотического аппарата сои на фоне действия фунгицидов свидетельствует о существенном негативном влиянии их как стрессового фактора на способность соево-ризобияльного симбиоза к усвоению молекулярного азота. Стандак Топ и Февер в контролируемых условиях вегетационного опыта подавляют процессы формирования и функционирования бобово-ризобияльного симбиоза сои на начальных этапах развития растений и смещают пик азотфиксирующей активности на более поздние фазы онтогенеза. Такое развитие событий, вероятно, связано с ингибирующим влиянием протравителей на процесс образования бобово-ризобияльного симбиоза, с нарушением регуляторной системы сигналинга между микро- и макросимбионтами, блокировкой активности генов нодуляции и уменьшением уровня ризобияльного *Nod*-фактора.

Интенсивность фотосинтеза и транспирации также была меньше по сравнению с контрольными растениями во всех вариантах, где применяли фунгициды независимо от их химического состава. При этом негативное воздействие Стандак Топа было выражено заметно сильнее, чем Февера. Предполагаем, что снижение интенсивности фотосинтеза происходит в связи с непосредственным влиянием фунгицидов на процессы метаболизма клеток мезофилла и устьиц, о чем свидетельствует снижение интенсивности транспирации.

При изучении взаимосвязей между отдельными параметрами фотосинтетического и симбиотического аппаратов сои была установлена отрицательная корреляционная связь между массой клубеньков и удельной АФА в расчете на единицу их массы. Такая тенденция наблюдалась как для общей массы клубеньков на растении, так и для средней массы одного клубенька. Предполагаем, что с повышением массы клубеньков в них увеличивается доля инертных паренхимных тканей, утолщается кора, а также в бактериоидах затрудняется диффузия молекулярного азота с окружающей среды. Известно, что фиксация азота также зависит от размера корневых клубеньков – она интенсивнее в больших клубеньках, то есть их эффективность связана с объемом инфекционных тканей, количеством бактериоидов, продолжительностью их функционирования и активностью соответствующих белков-ферментов [7, 9]. Результаты наших опытов количественно подтверждают эти закономерности. Так достаточно тесная положительная корреляционная связь наблюдалась между средней массой одного клубенька и его общей АФА, а также между общей АФА и общей АФА целого растения. Вместе с тем, совершенно очевидно, что обсуждаемая выше тенденция уменьшения удельной активности с увеличением массы клубеньков сигнализирует о снижении «коэффициента полезного действия» симбиотического аппарата. Все это свидетельствует, что для повышения эффективности симбиотической азотфиксации целого растения должно существовать оптимальное соотношение между количеством, массой и удельной АФА клубеньков.

Выявлены тесные корреляционные зависимости между АФА растения, содержанием хлорофилла в листьях и интенсивностью фотосинтеза, так как известно, что эти параметры зависят от азотного статуса растения [1]. Между интенсивностью фотосинтеза и массой целого растения также наблюдалась положительная корреляционная связь. Очевидно, что связь удельной интенсивности фотосинтетической ассимиляции CO<sub>2</sub>, измеренной на отдельном листке, с производительностью целого растения обусловлено другими факторами, в первую очередь – общей площадью листьев на растении, их ярусностью, функциональным состоянием и т.д., которые зависят от условий проведения эксперимента.



Таким образом, полученные нами экспериментальные данные позволяют утверждать, что протравители семян оказывают значительное влияние на симбиотический и фотосинтетический аппараты растения сои. Степень и направленность этого влияния по сравнению с соответствующими параметрами контрольных растений зависят от фунгицида, фазы развития растений, а также показателя, который рассматривается. Между азотфиксирующей активностью растения и показателями функционирования ее фотосинтетического аппарата существуют тесные положительные корреляционные связи, на которые влияют вещества с фунгицидной активностью.

#### Список литературы

1. Araujo R.S. Preinoculation of soybean seeds treated with agrichemicals up to 30 days before sowing: technological innovation for large-scale agriculture / R.S. Araujo. S.P. Cruz. E.L. Souchie. T.N. Martin. A.S. Nakatani. M.A. Nogueira. M. Hungria // International Journal of Microbiology. – 2017. – P. 1–11. doi:10.1155/2017/5914786
2. Hardy R.W.F. The acetylene-ethylene assay for N<sub>2</sub> fixation: laboratory and field evaluation / R.W.F. Hardy. R.D. Holsten. E.K. Jackson. R.C. Burns // Plant Physiology. – 1968. – №43. – P. 1185 – 1207.
3. Petit A.-N. Fungicide impacts on photosynthesis in crop plants / A.-N. Petit. F. Fontaine. P. Vatsa. C. Clement. N. Vaillant-Gaveau // Photosynthesis Research. – 2012. – №111. – P. 315 – 326. doi: 10.1007/s11120-012-9719-8
4. Thapa G. An insight into the drought stress induced alterations in plants / G. Thapa. M. Dey. L. Sahoo. S.K. Panda // Biologia Plantarum – 2011. – Vol. 55(4). – P. 603–613. <https://doi.org/10.1007/s10535-011-0158-8>
5. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b as well as total carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution / A.R. Wellburn // J. Plant physiol. – 1994. – Vol. 144(3). – P. 307–315.
6. Wu Y-X. Physiological effects of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat / Y-X. Wu. A. Tiedemann // Pesticide Biochemistry Physiology. – 2001. – Vol. 71(1). – P. 1–10. <https://doi.org/10.1006/pest.2001.2561>
7. Коць С. Я. Биологическая фиксация азота. Бобово–ризобиальный симбиоз. Т.2 / С.Я. Коць. В.В. Моргунов. В.Ф. Патыка. С.М. Маличенко. П.Н. Маменко. Д.А. Киризий. Л.М. Михалкив. С.К. Береговенко. Н.Н. Мельникова. – К. : Логос, 2011. – 523 с.
8. Патыка В.П. Хвороби сої : моніторинг, діагностика, захист: [монографія] / В.П. Патыка. В.Ф. Петриченко. Л.А. Пасічник. Н.В. Житкевич. Г.Б. Гуляева. І.П. Токовенко.Т.Т. Гнатюк. Л.В. Кириленко. О.В. Корнійчук. В.В. Лихочвор. С.В. Іванюк. С.І. Колісник. С.Я. Коць. А. Бжозовська. А.В. Калініченко. – Вінниця : «Віндрук», 2018. – 106 с.
9. Петриченко В.Ф. Симбіотичні системи у сільськогосподарському виробництві / В.Ф. Петриченко, С.Я. Коць // Вісник НАН України. – 2014. – № 3. – С. 57–66.
10. Чергіна О.Д. Вплив різнополярних пестицидів на активність окисно–відновних ферментів в зернових колосових культурах / О.Д. Чергіна. Л. І. Бублик // Захист і карантин рослин. – 2014. – Вип. 60. – С. 473–481.

## САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ В 30-КМ ЗОНЕ ЧАЭС

А.М. Потапенко, Н.И. Булко

ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», г. Гомель, Беларусь, e-mail: formelior@tut.by

*Проведена оцінка санітарного стану і біологічної стійкості соснових насаджень в 30-кілометровій зоні ЧАЭС. Основна маса дерев'яв сосни в сосняках 30-кілометрової зони відноситься до 2 (57,1%) і 3-ї (35,7%) категорій санітарного стану, т.е. ослаблені і сильно ослаблені. Соснові насадження, що виростають в лишайниковому типі лісу, виявилися менш стійкими серед вивчених соснових насаджень різних типів лісу. Найбільш стійкими виявилися древостой, що ростуть в умовах С<sub>3</sub> (сосняки черничні). З збільшенням віку древостой стану соснових насаджень покращується, так молодяки 2 класу віку характеризуються сильно ослабленим станом, 5 класу – незначительним наявністю ослаблених древостоев і перевагою здорових (без ознак ослаблення) дерев'яв.*

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (далее по тексту – ППРЭЗ) включает в себя зону отчуждения (30-км зона) и зону отселения, общей площадью 216 093 га. Анализ данных таксации по ППРЭЗ показал, что лесные земли составляют 67,3 тыс. га (74,8%), нелесные – 22,7 тыс. га (25,2%). Покрытые лесом земли – 55,1% от всей территории.

Значительную часть покрытых лесом земель (13,9%) составляют насаждения искусственного происхождения. Основную часть непокрытых лесом земель составляют прогалины (17252,8 га) – участки лесных земель, которые не возобновляются естественным путем.

В породном составе лесов 30-километровой зоны ПГРЭЗ преобладают сосняки (43,9%), березняки (32,6%) и черноольшанники (12,6%). Наличие значительного количества мягколиственных пород (47,0%) объясняется быстрым заселением ими брошенных сельскохозяйственных земель, имеющих, в том числе, и избыточное увлажнение.

До аварии на ЧАЭС сосновые леса в Республике Беларусь характеризовались высоким уровнем лесохозяйственной деятельности. Рубки ухода в них проводились регулярно, в соответствии с установленными сроками. Вследствие этого из насаждений периодически изымались деревья низших категорий санитарного состояния (далее – категории состояния). В итоге, сосновые насаждения, в том числе и в 30-км зоне ЧАЭС, имели повышенные индексы состояния (от 1,2 до 1,7) [1].

В настоящее время состояние сосновых древостоев в 30-км зоне ЧАЭС сильно изменилось, вследствие отсутствия лесохозяйственной и лесоводственной деятельности. Результаты исследования сосновых насаждений, проведенного в 30-км зоне ЧАЭС, на 14 пробных площадях в преобладающих типах леса показали, что основная масса деревьев сосны относится к 2 (57,1%) и 3-й (35,7%) категориям состояния, т.е. ослабленные и сильно ослабленные (таблица).

При этом индекс санитарного состояния составлял от 1,5 до 2,9. Показатели устойчивости сосны обыкновенной в разновозрастных сосновых насаждениях 2-5 классов возраста на пробных площадях в 30-км зоне ЧАЭС показали, что в исследуемой зоне санитарное состояние сосны в насаждениях значительно различается в зависимости от типа леса.

Санитарное состояние сосновых насаждений в 30-км зоне ЧАЭС ухудшается в ряду: С. чер – С. мш. – С. вер. – С. лш. Наиболее устойчивыми являются сосняки черничные, наименее – сосняки лишайниковые.

Выявлено, что санитарное состояние сосновых насаждений в 30-километровой зоне ЧАЭС изменяется с их возрастом.

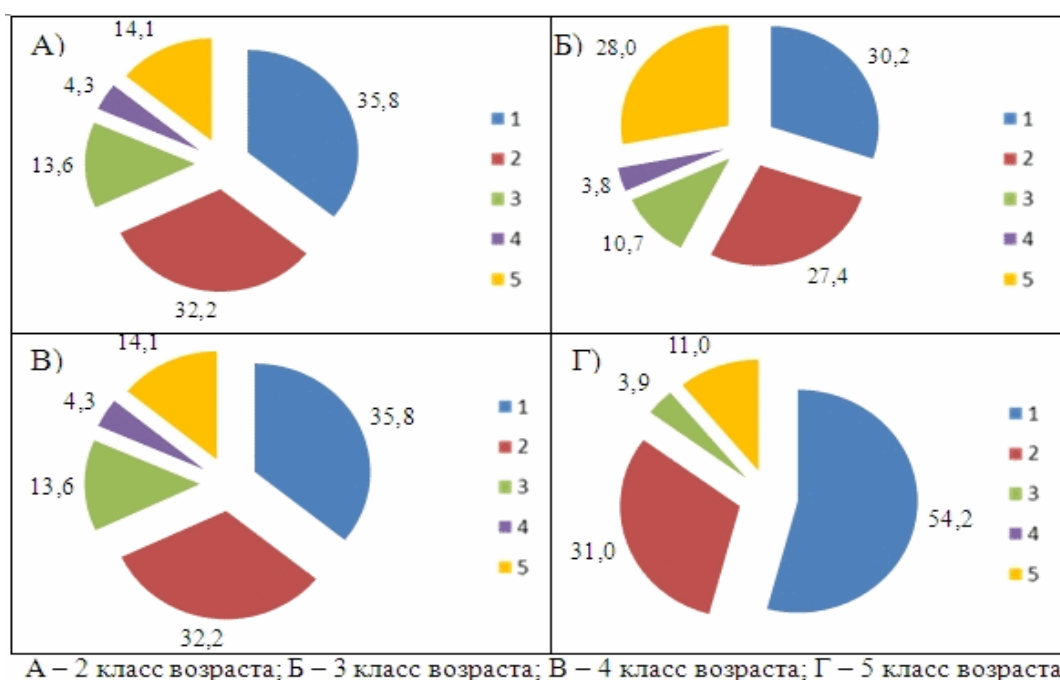
Оценка санитарного состояния сосновых насаждений в возрасте 21–40 лет (молодняки 2 класса возраста), в настоящее время по средним показателям соответствуют категории сильно ослабленные (ИС= 2,6).

**Таблица 1 – Санитарное состояние сосновых насаждений в 30-км зоне ЧАЭС**

№ ПП	Тип леса	Возраст древостоя, лет (2019 год)	Всего деревьев, шт. /%	Категория санитарного состояния древостоя, %						ИС
				1	2	3	4	5	6	
1	С. лш.	36	47	10,4	10,4	75	4,2	-	-	2,7
2	С. лш.	48	41	2,4	31,0	50,0	7,1	9,5	-	2,9
3	С. вер.	42	38	36,8	31,6	21,1	10,5	-	-	2,1
4	С. мш.	57	466	33,5	24,9	16,1	7,3	18,2	-	2,6
5	С. мш.	66	132	29,3	21,8	14,3	10,5	24,1	-	2,8
6	С. мш.	61	83	28,9	31,3	6,0	3,6	30,1	-	2,8
7	С. мш.	66	60	33,3	35,0	10,0	8,3	13,3	-	2,3
8	С. мш.	83	37	45,9	35,1	13,5	5,4	-	-	1,8
9	С. мш.	62	110	37,3	28,2	9,1	-	25,5	-	2,5
10	С. мш.	60	78	25,6	29,5	24,4	10,3	10,3	-	2,5

№ ПП	Тип леса	Возраст древостоя, лет (2019 год)	Всего деревьев, шт. /%	Категория санитарного состояния древостоя, %						ИС
				1	2	3	4	5	6	
11	С. мш.	37	98	38,8	29,6	11,2	4,1	16,3	-	2,3
12	С. мш.	81	77	54,5	28,6	7,8	-	9,1	-	1,8
13	С. мш.	66	78	53,8	33,3	-	-	12,8	-	1,9
14	С. чер.	88	19	52,6	47,4	-	-	-	-	1,5

В сосновых насаждениях отмечается усыхание ветвей в верхней и средней частях менее 50%. Наибольшее распространение в древостоях имеют ослабленные и сильно ослабленные деревья (49,6%). Наблюдается значительная часть здоровых деревьев – 24,9% (рисунок).



А – 2 класс возраста; Б – 3 класс возраста; В – 4 класс возраста; Г – 5 класс возраста

**Рисунок 1 – Распределение деревьев сосны обыкновенной (%) по категориям санитарного состояния в различных классах возраста**

Исходя из полученных выше показателей, такие насаждения относятся ко 2 классу биологической устойчивости, т.е. с нарушенной устойчивостью.

Установлено, что доля здоровых деревьев в 1,5 раз ниже по сравнению со средневозрастными насаждениями и в 1,4-1,7 раза выше по сравнению со средневозрастными и приспевающими. Отмечено, что доля усыхающих и сухих деревьев в молодняках в 1,3 раза ниже по сравнению со средневозрастными насаждениями, что отражено показателем санитарного состояния, который в среднем составлял в молодняках 2,6, а в средневозрастных насаждениях – 2,8; в приспевающих насаждениях он был в 1,2 раза ниже по сравнению со средневозрастными.

Распределение деревьев по категориям состояния в насаждениях 3 класса возраста показывает, что в них преобладают, также, как и в молодняках, ослабленные и сильно ослабленные деревья (38,1%) (ИС= 2,7). Отмечается усыхание ветвей в верхней и средней частях менее 50%. Наблюдается значительная часть здоровых деревьев – 30,2%. Насаждения относятся также ко 2 классу биологической устойчивости, т.е. с нарушенной устойчивостью.

В приспевающих насаждениях доля усыхающих и сухих деревьев в 1,2 раза ниже по сравнению со средневозрастными. Показатели устойчивости сосны обыкновенной в насаж-

денях 4 класса возраста на пробных площадях показали, что в исследуемой зоне санитарное состояние сосны в сосновых насаждениях значительно различалось по сравнению с насаждениями 5 класса возраста. Было обнаружено, что в сосняках 4 класса возраста основная масса деревьев сосны относится к 2 и 3 категориям состояния (45,8%, ИС= 2,7), т.е. они ослаблены или сильно ослаблены, в то же время в насаждениях 5 класса возраста – 1 и 2 категорий (ИС= 1,8), т.е. они преимущественно ослабленные. По классу биологической устойчивости насаждения относятся к устойчивым.

Таким образом, с увеличением возраста деревьев сосны ИС уменьшается с 2,6, в молодняках 2 класса до 1,8 в насаждениях 5 класса. Эта зависимость носит полиномиальный характер [2].

Таким образом, в настоящее время санитарное состояние сосновых древостоев в 30-км зоне ЧАЭС, как и на территории дальнего следа чернобыльских выпадений, значительно ухудшилось через 30 лет после аварии по сравнению с первоначальными оценками. Эти насаждения характеризуются сильным ослаблением.

Проведенный нами анализ санитарного состояния сосновых древостоев в 30-км зоне ЧАЭС показал сходные тенденции их устойчивости в зависимости от типа леса, полученные в предыдущих исследованиях в дальней зоне чернобыльских выпадений, а также возраста древостоя. Сосновые насаждения, произрастающие в лишайниковом типе леса, оказались менее устойчивыми среди изученных сосновых насаждений различных типов леса в 30-км зоне ЧАЭС. Среди них наиболее устойчивыми были древостои, произрастающие в условиях С<sub>3</sub> (сосняки черничные).

Оценка биологической устойчивости сосновых насаждений в 30-км зоне на пробных площадях показала, что исходя из полученных данных по запасу отпада, доли деревьев 2 и 3 категорий состояния из всего объема обследованных насаждений 71,4% относятся к 2 классу биологической устойчивости, т.е. характеризуются нарушенной устойчивостью.

#### Список литературы

1. Степанчик, В.В. Анализ показателей устойчивости культур сосны воздействию техногенного загрязнения / В.В. Степанчик, А.И. Василенко // Проблемы лесоведения и лесоводства: науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. – Вып. 44. – Гомель, 1996. – С. 96–103.
2. Изучить состояние лесов в 30-километровой зоне ЧАЭС и разработать рекомендации по повышению их устойчивости: отчет о НИР (промеж.) / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т леса; рук. темы Н.И. Булко. – Гомель, 2019. – 53 с. – № ГР 20190362.

## БИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТРОДУЦЕНТОВ НА РАИФСКОМ УЧАСТКЕ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Р.Р. Ризатдинов<sup>1</sup>, М.Б. Фардеева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволский) Федеральный Университет; Казань, Россия, girischka@gmail.com

<sup>2</sup>Казанский (Приволский) Федеральный Университет; Казань, Россия, orchis@inbox.ru

*Основной целью являлось определение особенностей распространения, и оценка степени натурализации интродуцентов на Раифском участке заповедника В условиях хвойно-широколиственных лесов Раифы акклиматизировались дальневосточные (39%) и циркумполярные виды, к которым относятся североамериканские (27%) и евроазиатские (10%) группы, также отмечены европейские (21%) и сибирские (2%) виды. По способу диссеминации активно расселяются орнитохоры, на долю которых приходится 29,44% от общего числа видов, анемохоры – 23,87% и зоохоры – 25,6%.*

Распространение и натурализация чужеродных видов, в частности интродуцентов, часто выступающих в роли биологических загрязнителей, в силу активной инвазии, может привести к нарушению естественных фитоценозов. С 1919 года Раифская лесная дача стала учебно-опытной лабораторией высшей лесной школы Поволжья (при лесном факультете Казанского университета), а затем было организовано и опытное Раифское лесничество, где по

1964 год проводились исследования в области лесоводства, лесоведения, включая создание лесных культур для изучения их акклиматизации в умеренно-континентальном климате. После организации в 1964 году Волжско-Камского заповедника подобные работы прекратились.

Заложенные в Раифском лесу многочисленные опытные объекты по акклиматизации экзотических растений, безусловно, интересны, тем не менее натурализация некоторых видов, за территорией дендросада и посадок культуры загрязняет и нарушает структуру и состояние естественного растительного покрова заповедника. По данным [В.Б. Иванова, 2005], на Раифском участке заповедника экзоты отмечаются в 84 кварталах, что составляет около 60% от общей территории, на участках лесных культур и естественных природных комплексов. На основе литературных источников [Гаранина, 1972; Мурзов, Дерюга, 1977] материалов летописей ВКГПБЗ, собственных исследований изучались особенности их распространения и натурализации.

Анализ проводился для 376 видов растений, относящихся к 48 семействам, остальные 87, так называемые, культивары и разновидности. Все экзотические интродуцированные виды, подразделили по степени их акклиматизации и натурализации на три группы: 1) экзотические самовозобновляющиеся виды семенным либо вегетативным способом; 2) экзотические виды, дающие самосев, но не самовозобновляющиеся, т.к. их семена не вызревают или не выносят низких температур зимы; 3) экзотические виды, не дающие вегетативного и семенного потомства, хотя и акклиматизированные, т.е. растущие уже более 50 лет в лесных культурах.

В биогеографическом спектре экзотических видов преобладают дальневосточные (39%) и циркумполярные виды, к которым относятся североамериканские (27 %) и евроазиатские (10%) группы, также отмечены европейские (21%) и сибирские (2%).

На основе данных из сборников [«Флора СССР» (1934), «Флора восточной Европы» (1996, 2001, 2004) и «Ареалы деревьев и кустарников СССР», (1980)] мы изучили фитоценологическую приуроченность экзотов. Оказалось, что среди них встречаются растения, произрастающие в следующих естественных фитоценозах: широколиственные, смешанные, хвойные леса, лесолуговые, лесостепные, лесоболотные, прибрежные сообщества. Далее на основе работы И.И. Гараниной, которая изучала натурализовавшиеся виды вне лесных культур на территории заповедника, и собственных исследований 2014-2016 гг. отметили их фитоценологическую приуроченность в современных условиях и провели сопоставление естественных условий их произрастания с фитоценологическими условиями произрастания их в Раифе. Это было сделано для 22 видов, отмеченных И.И. Гараниной [1972].

Оказалось, что многие экзоты, произрастающие в естественных условиях их ареала в широколиственных, смешанных лесах и лесоболотных сообществах, на территории Раифского участка заповедника часто встречаются в хвойных и хвойно-широколиственных лесах, которые на территории Татарстана находятся на южной границе.

По способу диссеминации на основе классификации М.А. Гуленковой [1979] выделяются 10 групп. На долю орнитохоров приходится 29,44% от общего числа видов, на долю анемохоров – 23,87%, доля зоохоров (анемо-зоохоров; типичных зоохоров, орнито-зоохоров, зоо-антропохоров) составляет 25,6%, на долю других групп приходится от 1 до 3%, например, группа гидрохоров составляет 2,39%. Это доказывает, что расселение видов возможно за счет факторов как абиотической среды (анемохория, гидрохория и др.), так и биотической (зоохория, орнитохория). Как правило, такое распространение диаспор способствует удалению их на большие расстояния от материнского растения и, по-видимому, увеличивает инвазию видов в естественные фитоценозы Раифского участка заповедника.

Особенно важным для натурализации экзотических видов является степень зимостойкости. Для умеренно-континентального климата Среднего Поволжья, с довольно холодной зимой, когда морозы иногда доходят до  $-40^{\circ}\text{C}$ , степень зимостойкости экзотических видов является главным показателем их акклиматизации, что особенно важно для распространения европейских и дальневосточных видов, приуроченных к более мягкому умеренному (мор-

скому) климату. Зимостойкие виды I группы, характеризуются наименьшим обмерзанием точки роста, и составляют 63,64%, на долю II группы приходится 27,27%, то есть растения обмерзают не более 50% годовых побегов. Южные растения IV, V группы, у которых обмерзают даже старые побеги, либо все наземные побеги, что находится над уровнем снега, составляют всего 9%.

В целом можно заключить, что многие экзоты, произрастающие в естественных условиях их ареала в широколиственных, смешанных лесах и лесоболотных сообществах, на территории Раифы натурализовались в хвойные и хвойно-широколиственные леса. Лесолуговые виды встречаются по просекам и дорогам в широколиственных, смешанных и хвойных лесах и только 14% экзотов отмечаются в не характерных для них фитоценозах.

#### Список литературы

1. Бакин О.В. Памятник науки /Раифа Свяжск (Раифский Богородицкий мужской монастырь, Волжско-Камский государственный природный заповедник, остров-град Свяжск). Казань, «Казань», 2001, С.66-77.
2. Гаранина И. И. О расселении экзотов на территории Раифы / Тр. Волжско-Камского гос. зап-ка, 1972. Вып. II. С. 59-69.
3. Гуленкова М.А., Красникова А.А. Летняя полевая практика/ М.: Просвещение, 1976. 224 с.
4. Иванов В.Б. Аннотированный список растений коллекции дендрария Волжско-Камского государственного природного заповедника/ Тр. Волжско-Камского гос. зап-ка, 2005. Вып. VI. С. 343-375.
5. Мурзов А.М., Дерюга Е.С. Состояние культур экзотов и естественное расселение их на Раифском лесном массиве / Тр. Волжско-Камского гос. зап-ка, 1977. Вып. III. С.61-79.
6. Мурзов А.М., Дерюга Е.С. Продуктивность культур лиственницы сибирской и сосны в условиях Раифского лесничества / Тр. Волжско-Камского гос. зап-ка, 1977. Вып. III. С. 81-91.
7. Соколов С.Я., Связева О.А., Кубли В.А., при участии Соскова Ю.Д., Мусаева И.Ф., Ловелиус О.Л. - Ленинград: Изд-во "Наука", Ленинградское отделение, 1980. - 144 с.
8. Флора Восточной Европы / Отв. ред. и ред. тома Н. Н. Цвелёв. — М.; СПб.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. — Т. XI. — 536 с.
9. Флора Восточной Европы / Отв. ред. и ред. тома Н. Н. Цвелёв. — СПб.: Мир и семья-95, 1996. — Т. IX. — 456 с.
10. Флора Восточной Европы / Отв. ред. и ред. тома Н. Н. Цвелёв. — СПб.: Мир и семья; Изд-во СПХФА, 2001. — Т. X. — 670 с.
11. Флора СССР. - Л., 1934. - Т. 1. - 302 С.

## ВЛИЯНИЕ ЗАСУХИ НА НАКОПЛЕНИЕ ЗАПАСНЫХ УГЛЕВОДОВ В СТЕБЛЯХ РАЗНЫХ ПО ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

М. В. Тарасюк, О.В. Зборивская, Н. М. Махаринская, О.О. Стасик

Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, ул. Васильковская 31/17, г. Киев, 03022, Украина,  
e-mail: maxym.tarasiuk@gmail.com

*Исследовали накопление неструктурных углеводов в стебле разных по засухоустойчивости сортов озимой пшеницы в связи с интенсивностью фотосинтеза флагового листа и зерновой продуктивностью при действии почвенной засухи в фазу цветения растений. Установлено, что засуха снижает продолжительность и максимальный уровень накопления запасных углеводов в стебле вследствие уменьшения активности фотосинтеза. Большая депонирующая способность стебля является важным фактором, обеспечивающим формирование зерновой продуктивности при действии неблагоприятных внешних условий.*

Налив зерна растений пшеницы обеспечивается двумя источниками ассимилятов: продуктами текущего фотосинтеза и запасёнными в стебле и листовых влагалищах. У растений пшеницы накопление водорастворимых углеводов (ВУ) в вегетативной массе и последующая их ремобилизация играет важную роль в обеспечении ассимилятами растущих зерновок [5]. Увеличение депонирующей способности стебля рассматривают в качестве перспективного направления улучшения продуктивности пшеницы. Показано, что уровень накопления неструктурных углеводов в стебле в период до начала налива зерна положительно коррелирует с ростом урожайности в ходе селекции озимой пшеницы в Китае [3] и Украине [4]. Считается, что использование депонированных ассимилятов имеет особо важное значение при не-

благоприятных для фотосинтеза условиях, например, засухе в репродуктивный период. В то же время, засуха может непосредственно влиять на запасание ВУ в стебле и их последующую ремобилизацию. Поэтому целью данной работы было исследование влияния засухи на накопление запасных углеводов в стеблях различных по засухоустойчивости сортов озимой пшеницы.

Исследования проводили на растениях озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сортов Подолянка (засухоустойчивый, экологически пластичный), Астарта (высокоурожайный) и Наталка (чувствительный к засухе, высокобелковый). Растения выращивали в вегетационных сосудах с 10 кг почвы, удобренной 10 г нитроаммофоски, при естественном освещении. Количество растений в сосудах составляло 15 шт. Удобрения вносили дважды в равных количествах при наполнении сосудов почвой и в середине фазы выхода в трубку (ВВСН 34). До начала эксперимента, а в контрольном варианте в течение всей вегетации, влажность почвы поддерживали на уровне 60-70% полной влагоемкости (ПВ). В середине фазы колошения (ВВСН 55) прекращали полив растений опытного варианта, снижая в течение 5 суток влажность почвы до уровня 20% ПВ, который поддерживали в течение следующих 7 дней. Период выращивания растений при влажности почвы 20% ПВ охватывал фазу цветения (ВВСН 61-69). После этого полив растений опытного варианта восстанавливали до уровня контроля (60-70% ПВ), который поддерживали до конца вегетации. Влажность почвы в сосудах контролировали гравиметрически два раза в сутки. Образцы для определения содержания углеводов отбирали, начиная с первого дня достижения влажности почвы 20 % ПВ в течение периода репродуктивного развития и в фазу полной спелости зерна при учете зерновой продуктивности. Для анализов использовали главный побег растения. Стебель разделяли на части: верхнее (подколосовое) междоузлие, второе (считая сверху), объединенные третье и четвертое (далее обозначенные как «нижние») междоузлия и объединенные листовые влагалища указанных междоузлий.

Для определения массы сухого вещества образцы фиксировали при 105 ° С в течение 30 мин и высушивали до постоянной массы при 65 ° С. Содержание ВУ определяли по модифицированной методике Починка [1]. Общее количество ВУ в частях стебля рассчитывали, как произведение их удельного содержания в сухом веществе и массы. Количество ремобилизованных ВУ оценивали по разнице их максимального общего содержания и окончательного содержания в фазу полной спелости. Содержание хлорофилла во флаговом листе измеряли после экстракции диметилсульфоксидом спектрофотометрическим методом [6]. Интенсивность фотосинтеза определяли в контролируемых условиях на установке, смонтированной с использованием инфракрасного газоанализатора ГИАМ-5М по стандартной методике [2].

Повторность опытов - 5 сосудов на вариант, аналитическая повторность определений - 3-кратная. Определение содержания ВУ проводили в 3 аналитических повторностях объединенного образца 5 - 11 отдельных растений. В таблице приведены значения средних арифметических и стандартных ошибок среднего. Статистическая достоверность различий оценивалась с помощью ANOVA-теста.

Установлено, что уровень накопления ВУ существенно различался в зависимости от сорта, части побега и условий влагообеспеченности растений (табл.). Экологически пластичный засухоустойчивый сорт Подолянка накапливал большее количество ВУ, чем сорта Наталка и Астарта, как в условиях оптимального, так и ограниченного полива. Наибольшие значения удельного содержания ВУ отмечены для второго междоузлия стебля считая сверху. В верхнем междоузлии и листовых влагалищах накопление ВУ было наименьшим. В нижних междоузлиях отмечены промежуточные значения содержания ВУ, достаточно сильно варьирующие в зависимости от сорта и условий выращивания. Как наиболее показательные и стабильные в таблице представлены данные по второму междоузлию. При оптимальных условиях влагообеспечения максимум накопления углеводов у всех изученных сортов был отмечен на 17-е сутки после цветения.

Таблица 1 – Влияние засухи на накопление биомассы и ВУ в стеблях, показатели фотосинтетической активности и продуктивности у сортов озимой пшеницы (I - максимальное удельное содержание ВУ во втором междоузлии стебля, % сух. в-ва; II - максимальное накопление биомассы в стебле (включая листовые влагалища), г; III - максимальное общее содержание ВУ в стебле (включая листовые влагалища), мг; IV - общее количество ремобилизованных ВУ, мг; V - содержание хлорофилла во флаговом листе в конце засухи, мг/г сух. в-ва; VI- интенсивность ассимиляции CO<sub>2</sub> флагового листа в конце засухи, мкм/(м<sup>2</sup>с); VII - масса зерна с колоса главного побега, г; VIII - масса 1000 зерен колоса главного побега, г.

Показатель	Подольянка		Астарта		Наталка	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
I	43,8 ± 0,3	37,7 ± 0,5	35,4 ± 0,2	20,4 ± 0,2	35,8 ± 0,2	22,1 ± 0,6
II	1,20 ± 0,03	1,05 ± 0,04	1,18 ± 0,05	1,09 ± 0,04	1,19 ± 0,04	1,02 ± 0,06
III	367,3 ± 7,5	247,5 ± 10,3	293,3 ± 6,0	164,3 ± 6,7	308,1 ± 5,2	139,5 ± 0,5
IV*	338,0	233,0	255,8	146,5	282,2	116,4
V	14,8 ± 0,1	11,5 ± 0,1	14,7 ± 0,7	11,4 ± 0,1	15,5 ± 0,2	10,2 ± 0,1
VI	13,8 ± 0,5	9,9 ± 0,2	14,5 ± 0,2	8,3 ± 0,6	13,6 ± 0,1	4,1 ± 0,3
VII	1,43 ± 0,06	1,21 ± 0,10	2,21 ± 0,09	1,36 ± 0,09	1,55 ± 0,07	0,93 ± 0,07
VIII	43,3 ± 1,3	37,0 ± 1,8	47,7 ± 1,3	35,3 ± 1,7	45,3 ± 1,2	27,7 ± 1,5

\* - результаты рассчитаны из средних арифметических значений

Кратковременная засуха в период цветения существенно изменяла динамику и величину накопления биомассы и ВУ в стеблях всех изученных сортов, но у сортов Астарта и Наталка влияние стресса проявлялось гораздо сильнее, чем у сорта Подольянка. При действии засухи дата максимума накопления ВУ у сорта Подольянка смещалась на 14-е сутки после цветения, а у сортов Наталка и Астарта - на 7-е. Удельное и общее содержание ВУ в стебле у сорта Подольянка под влиянием засухи уменьшалось на 14 и 33 %, тогда как у сорта Астарта эти показатели снижались примерно на 43 %, а у сорта Наталка - на 39 и 55 %, соответственно (табл.). Важно отметить, что максимальная масса сухого вещества стебля у изученных сортов была примерно одинаковой, как в контрольном, так и в опытном вариантах. Следовательно, межсортовые различия в максимальном валовом накоплении ВУ в стебле для обоих вариантов определялись разным удельным содержанием ВУ.

Основной причиной уменьшения накопления ВУ в стебле растений при действии засухи, обуславливающей межсортовые различия, было, очевидно, повреждение фотосинтетического аппарата. В конце периода, ограниченного влагообеспечением содержание хлорофилла в наиболее фотосинтетически активном флаговом листе, снижалось на 22 % у сортов Подольянка и Астарта и на 34 % у сорта Наталка (табл.). Интенсивность ассимиляции CO<sub>2</sub> при этом уменьшалась на 29, 43 и 70 % у сортов Подольянка, Астарта и Наталка, соответственно. Между этим показателем и максимальным накоплением ВУ в стебле для данных контрольного и опытного вариантов отмечена тесная положительная корреляция ( $r = 0,917$ ). Вместе с тем, интенсивность фотосинтеза не определяет полностью межсортовые отличия по уровню накопления ВУ в стебле, поскольку в контрольном варианте сорта практически не различались по первому показателю, но существенно различались по второму (табл.). Полученные данные свидетельствуют, что сорт Подольянка имел более выраженную способность накапливать ВУ в стебле по сравнению с двумя другими сортами, несмотря на практически одинаковую фотосинтетическую активность.

Различия между сортами по уровню накопления ВУ в стебле обуславливали различия в количестве ремобилизованных ВУ в период налива зерна (табл.). Остаточное содержание ВУ в стебле в фазу полной спелости в изученных сортах было практически одинаковым независимо от условий выращивания. Засуха уменьшала количество ремобилизованных ВУ на 31 % у сорта Подольянка, 43 % у сорта Астарта и 59 % у сорта Наталка.

Считается, что депонированные в стебле растений пшеницы ВУ используются главным образом для налива зерновок, влияя тем самым на величину урожая и его качество [5]. Засуха снижала зерновую продуктивность колоса главного побега на 15, 38 и 40 % у сортов Подольянка, Астарта и Наталка, соответственно (табл.). Корреляционный анализ данных для контрольного и опытного вариантов показал среднюю степень положительной зависимости



зерновой продуктивности колоса от уровня накопления ВУ в стебле ( $r = 0,543$ ). Более тесная связь количества депонированных ВУ была отмечена для массы 1000 зерен ( $r = 0,859$ ). По-видимому, более важным фактором влияния засухи в фазу цветения главного побега на зерновую продуктивность было уменьшение количества зерен, тогда как падение уровня запаса ВУ в стебле сказывалось только на степени выполненности зерна. Вместе с тем, следует отметить, что при оптимальном режиме полива высокоурожайный сорт Астарта характеризовался меньшей способностью депонировать ВУ, чем экологически пластичный сорт Подольянка.

Таким образом, почвенная засуха в период цветения существенно снижает уровень накопления ВУ в стебле растений пшеницы и их ремобилизации в период налива зерна вследствие повреждения и уменьшения активности фотосинтетического аппарата. Сильнее выраженная способность депонировать ВУ в стебле до начала налива зерновок является важным фактором, обеспечивающим формирование зерновой продуктивности при действии неблагоприятных внешних условий.

#### Список литературы

1. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. – Киев: Наук. думка, 1976. – 333 с.
2. Фотосинтез и биопродуктивность: методы определения / Под ред. А.Т. Мокроносова, А.Г. Ковалева. – М.: Агропромиздат, 1989. – 460 с.
3. Gao F., Ma D., Yin G. et al. Genetic progress in grain yield and physiological traits in Chinese wheat cultivars of Southern Yellow and Huai Valley since 1950 // Crop Sci. – 57, N 2. – P. 760-773.
4. Morgun V.V., Priadkina G.A., Zborivska O.V. Depositing ability of stem of winter wheat varieties of different period of selection // Regulatory Mechanisms in Biosystems. – 10, №2. – 2019. – P. 240-245.
5. Slewinski T.L. Non-structural carbohydrate partitioning in grass stems: a target to increase yield stability, stress tolerance, and biofuel production // J. Exp. Bot. – 63, N 13. – P. 4647-4670.
6. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution // Plant Physiol. – 1994. – 144. – P. 307-313.

## ДИНАМИКА СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ КРУПНОГО ИСКУССТВЕННОГО ВОДОЕМА (НА ПРИМЕРЕ ВИЛЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

Р.В. Цвирко, С.Г. Русецкий, Д.Ю. Жилинский

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»,  
220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Беларусь, e-mail: r.tsvirko@tut.by

*Приведены краткие результаты изучения динамики и структуры лесной растительности на территории, прилегающей к Вилейскому водохранилищу. В основу полевых исследований взяты стационарные объекты, заложенные в период 1973-1989 гг. Установлено, что наибольшие изменения, связанные с влиянием водохранилища, произошли на расстоянии не более 1050 м от береговой линии. На многих объектах изменения в составе и структуре фитоценозов произошли в результате естественных сукцессионных процессов.*

Вилейское водохранилище является самым крупным искусственным водоемом Беларуси, его площадь составляет около 77 км<sup>2</sup>, средний объем воды – около 260 млн. м<sup>3</sup>.

С целью изучения его влияния на прилегающую лесную растительность в период с 1973 по 1991 годы под руководством Д.С. Голода была заложена сеть стационарных научных объектов в виде экологических профилей (ЭПР) и постоянных пробных площадей (ПП). Впоследствии, с разной периодичностью на них проводились повторные исследования, но результаты работ публикуются впервые.

В 2017–2018 гг. при поддержке гранта БРФФИ № Б17М-038 «Структурные особенности и динамика растительного покрова в условиях влияния крупного искусственного водоема (на примере Вилейского водохранилища)» на 5 ЭПР удалось восстановить 28 ПП (рисунков). Повторные исследования на них включали таксацию древостоя, учет подроста и подлеска, описание напочвенного покрова на площадках 1\*1 м и общее описание фитоценоза. Проводились также геоботанические исследования на произвольных маршрутах. Для установления возможных зон влияния Вилейского водохранилища использованы методы фито- и дендроиндикации, по данным дистанционного зондирования с помощью облачной вычислительной платформы Google Earth Engine выполнялся широкомасштабный анализ долговременной динамики растительности.

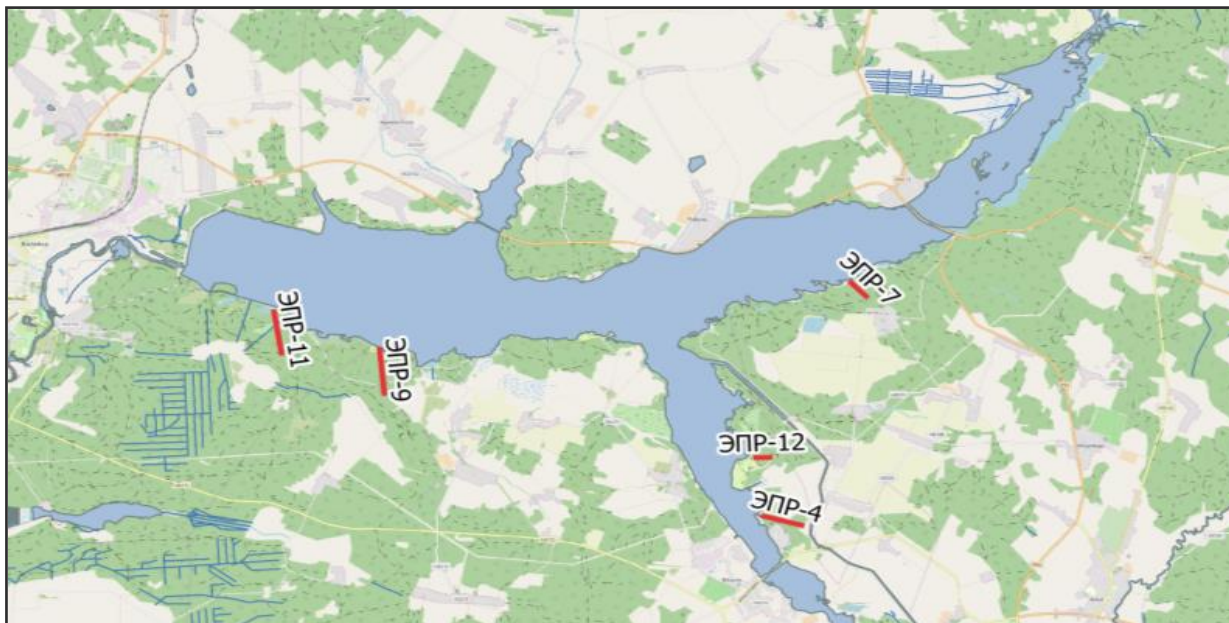


Рисунок 1 – Расположение экологических профилей

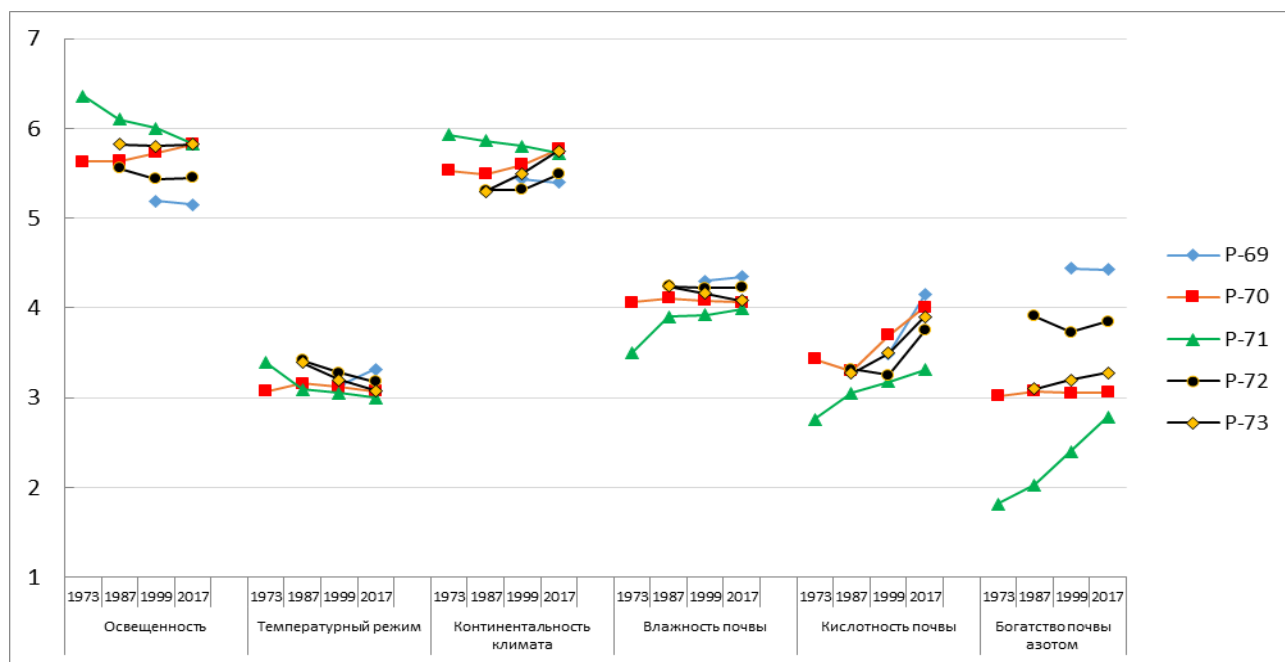
На основе материалов лесоустройства с учетом полевых работ выполнена инвентаризация ценозического и биотопического разнообразия лесной растительности, прилегающей к Вилейскому водохранилищу. Характеристика дана с использованием различных систем классификаций – эколого-фитоценозическая, флористическая, система классификации биотопов EUNIS; составлены соответствующие геоботанические карты.

Изучение многолетней динамики лесной растительности позволило выявить следующее. Наиболее существенные изменения, связанные с влиянием водохранилища и которые нам удалось зафиксировать, произошли на расстоянии от не более 1050 м от береговой линии. В лесах на сухих и свежих почвах (сосняки вересково-лишайниковые, бруснично-зеленомошные) это расстояние достигала 150 м. Наиболее чувствительными оказались леса на полугидроморфных почвах (сосняки черничные).

На многих объектах изменения в составе и структуре фитоценозов произошли, на наш взгляд, в результате естественных сукцессионных процессов: появление второго яруса *Picea abies* в сосняках при подстилании мореных суглинков, увеличение обилия кустарничков и зеленых мхов в лишайниково-вересковых сосняках, возникновение которых было связано с пожарами и интенсивным использованием лесных земель в прошлом. Структурные изменения фитоценозов происходили и локально под влиянием, например, осушения 1920-30-х годов. На некоторых объектах видимые изменения не были отмечены.

Методом фитоиндикации продемонстрированы качественные изменения экологических условий местообитаний. Так, например, на экологическом профиле 7 наибольшее изменение в фитоценозах произошло в пределах ПП 71 (рисунок 2). Заложена она была в 1973 г. на

зандровом холме на расстоянии 220 м от береговой линии. По данным фитоиндикации, за период наблюдений произошло снижение освещенности и температурного режима местообитания и увеличились показатели кислотности, влажности и богатства почв. На момент закладки ПП сообщество было представлено сосняком лишайниково-вересковым, в 2017 г. фитоценоз был определен как сосняк брусничный. За данный период увеличилась продуктивность древостоя, а в напочвенном покрове возросло обилие кустарничков и зеленых мхов на фоне сокращения покрытия лишайников. Произошло увеличение среднего годового прироста древостоя с 3,4 до 5 м<sup>3</sup>/га, проективного покрытия мхов – с 50 до 85%, обилие лишайников снизилось с покрытия в 30% до единичных экземпляров.



Обозначения: P-69...P-73 – номера пробных площадей; вертикальная ось – бальная шкала по Эллленбергу

**Рисунок 2 – Ретроспективная фитоиндикационная оценка местообитаний на ПП ЭПР 7**

Для оценки возможной зоны влияния Вилейского водохранилища также использовался пространственный подход, в ходе которого выполнен временной анализ характеристик растительности, полученных по данным дистанционного зондирования земли за период 1985-2018 гг. С этой целью была рассчитана скорость динамики вегетационных индексов (NDVI, NDWI). Дистанция предполагаемого влияния определялась по наивысшему значению коэффициента корреляции между показателем изменчивости фотосинтетической продуктивности и расстоянием от береговой линии водохранилища. Для группы лесов на бедных автоморфных почвах установлена наименьшая дистанция воздействия – 150 м. Другие леса характеризуются умеренным коэффициентом корреляции продуктивности и расстояния и более обширными зонами предполагаемого влияния – до 1050 м. С увеличением расстояния видимый тренд не наблюдался.

Кроме этого, по градиенту расстояния от береговой линии в сосновых лесах проведен анализ радиального прироста. После ввода водохранилища в эксплуатацию (1975 г.) в сосняках черничных отмечается увеличение радиального прироста в ближней зоне (до 450 м.). В сосняках бруснично-зеленомошных, тенденции к изменению прироста с расстоянием в этот же период не отмечено. Однако установлено увеличение прироста на ПП, непосредственно примыкающих к водохранилищу.

На основании анализа выявленных закономерностей нами установлено три зоны влияния водохранилища на прилегающую к нему растительность: *зона прямого влияния*, в которой происходят процессы подтопления и затопления, часто сопровождающиеся заболачиванием территории; *зона опосредованного влияния*, установленная на основании фиксируемых

изменений в растительном покрове под влиянием водохранилища; *зона потенциального влияния*, в которую определены участки, расположенные в рельефе не выше 1 м. над уровнем зоны опосредованного влияния (рисунок 3).

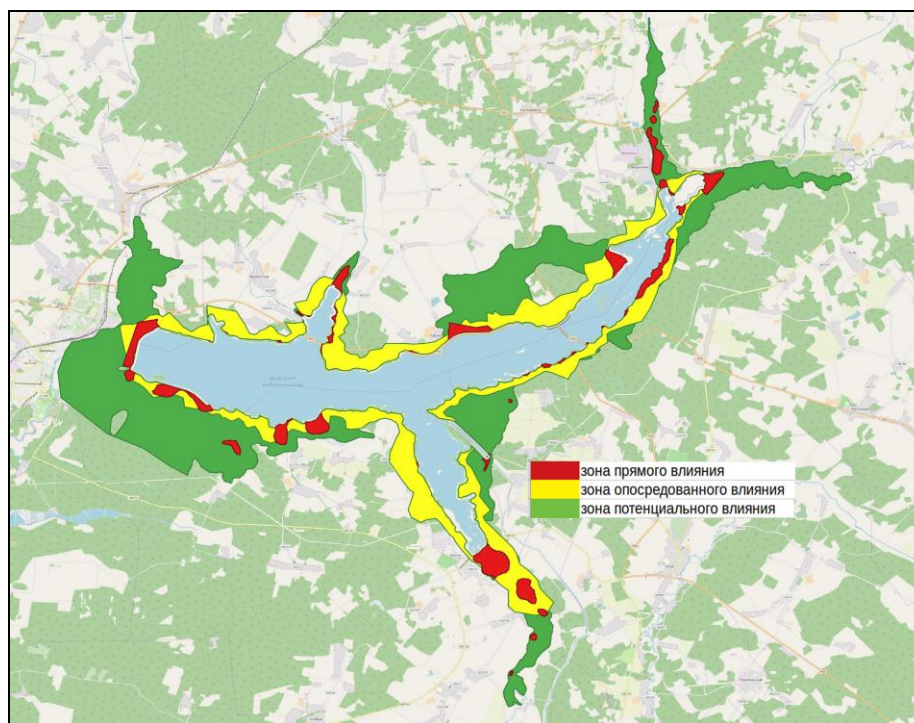


Рисунок 3 – Зоны влияния Вилейского водохранилища на растительность прилегающих территорий

Приведенные результаты могут являться промежуточным итогом работ по организации сети постоянных пунктов наблюдений для дальнейшего, более детального изучения сукцессионных процессов растительности в зоне влияния Вилейского водохранилища. Кроме этого, они могут быть использованы для оценки воздействия других водных объектов на прилегающую растительность.

## ***BOTRYCHIUM LUNARIA* (L.) SW – НОВЫЙ ВИД ДЛЯ ФЛОРЫ ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Л.М. Турчин

Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», г. Хойники, Беларусь, e-mail: [turchin2006@bk.ru](mailto:turchin2006@bk.ru)

*В Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике найден новый вид сосудистого растения для его территории и Брагинского района – Botrychium lunaria (L.) Sw. Приведены данные о численности популяции и дана характеристика местопроизрастания вида.*

В 2019 году на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника был выявлен новый вид сосудистого растения для заповедника и Брагинского района – *Botrychium lunaria* (L.) Sw. – Гроздовник полулунный [2].

*B. lunaria* (L.) Sw. довольно редкий опушечно – луговой вид, требующий внимания (LC). Охраняемое растение в Украине [1]. Обнаружен автором в Богушевском лесничестве в квартале 160, выделе 11, в окрестностях бывшего населенного пункта Верховая Слобода 6 км к СЗ, 30.05.2019 г. Численность в популяции более 100 особей. Произрастает на мелиорированном суходольном лугу на площади 0,47 га. Общее проективное покрытие травянистого яруса в

границах местопроизрастания составляет 100 %. Для оценки обилия травянистых видов в фитоценозе пользовались шкалой О. Друде (Drude, 1913). В нем доминируют: *Carex* L. –  $\text{cop}_3\text{--soc}$ , *Pilosella officinarum* F. Schultz et Sch. Bip. –  $\text{sp--cop}_2$ , *Nepeta cataria* L. –  $\text{cop}_1$ , *Veronica longifolia* L. –  $\text{sp--cop}_1$ . С меньшим обилием встречаются: *Achillea pannonica* Scheele – sp, *Acetosa pratensis* Mill. – sp, *Vicia cracca* L. – sp, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. – sp, *Equisetum arvense* L. – sp, *Galium boreale* L. – sp, *Phalacrologium annuum* (L.) Dumort. (*Ph. septentrionale* (Fern. et Wieg.) Tzvel.) – sp, *Thalictrum lucidum* L. – sp, *Lathyrus pratensis* L. –  $\text{sp--sol}$ , *Agrimonia procera* Wallr. – sol, *Schedonorus pratensis* (Huds.) Beauv. – sol, *Sedum acre* L. – sol, *Cirsium arvense* (L.) – sol, *Urtica dioica* L. – sol, *Hypericum perforatum* L. – sol, *Solidago virgaurea* L. – sol, *Stellaria palustris* Retz. – sol, *Campanula patula* L. – sol, *Gentiana cruciata* L. – sol, *Plantago lanceolata* L. – sol, *Rhinanthus minor* L. – sol, *Veronica chamaedrys* L. – sol, *Ranunculus acris* L. – sol, *Leucanthemum vulgare* Lam. – sol, *Viola arvensis* Murr. – sol, *Taraxacum officinale* Wigg. – sol, *Valeriana officinalis* L. – sol, *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce – sol, *Euphorbia cyparissias* L. – sol, *Knautia arvensis* (L.) Coult. – sol, *Viola tricolor* L. – sol, *Hieracium umbellatum* L. – sol, *Polygala vulgaris* L. – sol, *Dactylis glomerata* L. – sol, *Sonchus arvensis* L. – sol, *Carlina biebersteinii* Bernh. ex Hornem. – sol, *Medicago lupulina* L. – sol, *Turritis glabra* L. – sol, *Centaurea jacea* L. – sol, *Heracleum sibiricum* L. – sol, *Cichorium intybus* L. – sol, *Cynoglossum officinale* L. – sol, *Artemisia absinthium* L. – sol, *Tanacetum vulgare* L. – sol, *Fragaria vesca* L. – sol, *Echium vulgare* L. – sol. В данном экотопе отмечены такие охраняемые растения, как *Lithospermum officinale* L. – sol, *Cirsium pannonicum* (L. Fil.) Link – sol и *Orchis militaris* L. – sol. Время обнаружения популяции совпало с периодом фазы спороношения. Популяция характеризуется высоким уровнем жизнестойкости и хорошим возобновлением.

Выявлен новый вид папоротника *B. lunaria* (L.) Sw., включенный в список видов дикорастущих растений и грибов, нуждающихся в профилактической охране [1]. Для территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника и Брагинского района регистрируется впервые.

#### Список литературы

1. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол.: И. М. Качановский (предс.) [и др.]. – 4-е изд. – Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.
2. Флора Беларуси. Сосудистые растения. В 6 т. Т. 1. Lycopodiophyta. Equisetophyta. Polypodiophyta. Ginkgophyta. Pinophyta. Gnetophyta / Р. Ю. Блажевич [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперимент. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск : Беларус. навука, 2009. – 199 с.

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНВАЗИВНОГО РАСТЕНИЯ *IMPATIENS GLANDULIFERA* ROYLE НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

М.П. Ясайте

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»,  
220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Беларусь, e-mail: mariayasaite@gmail.com

Дана предварительная оценка экспансии инвазивного растения *Impatiens glandulifera* Royle. Проанализированы закономерности распространения данного вида вне мест культивирования.

В «Национальной стратегии по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Беларусь» инвазивные виды растений и животных названы одной из основных угроз биоразнообразию страны. *Impatiens glandulifera* Royle (недотрога железистая) включена в черную книгу флоры Беларуси как опасный инвазивный вид [2]. *I. glandulifera* изначально выращивалось в качестве декоративного растения на приусадебных участках. Первые случаи его одичания начали регистрироваться в Беларуси с середины 50-х годов прошлого века. Сейчас недотрога встречается во всех шести областях Беларуси [1].

В настоящее время на территории Беларуси в естественных условиях произрастания *I. glandulifera* зарегистрирована в 102 местах общей площадью более 5,63 га. Шире представлен данный вид в Витебской (48 мест) и Минской (31) областях, где в целом занимает более 3,43 га. Всего на территорию Белорусского Поозерья и Центральной Беларуси приходится 77,4 % мест произрастания.

На севере страны *I. glandulifera* отмечена в 11 местах произрастания в Сенненском, в 10 – Лепельском, в 12 – в Браславском районах. В Браславском и Лепельском районах недотрога расселяется преимущественно по берегам озер, тогда как в Сенненском активно распространяется по берегам мелиоративных каналов.

На территории Минской области *I. glandulifera* наиболее обычна в Минском и Борисовском районах, где осваивает пойменные земли вдоль Березины, а также отдельные участки светлых лесов с сырыми почвами вблизи населенных пунктов.

На востоке страны за пределами мест культивирования *I. glandulifera* встречается реже. Однако ее отдельные популяции здесь могут достигать площади более 0,5 га. В частности, в Кормяном районе зарегистрирована популяция площадью 0,6 га, располагающаяся в черноольшанике крапивном на небольшой лесной речке. В пойме реки Припять на территории Мозырского и Петриковского районов зарегистрированы 6 популяций *I. glandulifera*, занимающих 0,23 га в заказнике «Мозырские овраги» и на лугах по берегам реки Припять.

Исходя из проведенных исследований, стоит отметить, что *I. glandulifera* обычно встречается в прибрежных средах обитания. Широкое распространение обусловлено переносом семян по водным путям. На одном растении образуется до 2500 семян, которые взрывным образом рассеиваются на расстоянии до 5 м от родительского растения.

С целью проведения мониторинга произрастания *I. glandulifera* на территории страны в настоящее время заложены 7 пунктов мониторинга в Витебской, Гомельской, Гродненской и Минской областях. Наблюдения на этих участках показывают не только расширение занимаемых недотрогой площадей, но и общую закономерность пространственного перемещения данного вида с наиболее сырых участков прибрежной зоны на земли менее увлажненные. Вероятно, это обусловлено тем, что недотрога как мезоацидофильный полибионт предпочитает слабокислые и нейтральные почвы, избегает сильно увлажненные почвы, которые обычно закислены.

Таким образом, в целом следует отметить, что в настоящее время на территории Беларуси *I. glandulifera* активно внедряется в естественные растительные сообщества. Часто встречается в прибрежных средах обитания и может быстро распространяться, поскольку семена легко переносятся по водным путям. Это может привести к образованию плотных монотипных насаждений, которые препятствуют укоренению местных растений и делают берега ручьев уязвимыми для эрозии, где растения с неглубоко залегающей корневой системой отмирают. Анализ данных местообитаний и размеров популяций *I. glandulifera* позволяет прогнозировать расширение экспансии *I. glandulifera* на территории Беларуси. С целью контроля распространения необходимо проведение целенаправленных исследований во всех регионах страны.

#### Список литературы

1. Государственный кадастр растительного мира Республики Беларусь. Основы кадастра. Первичное обследование 2002-2017 гг. /О.М.Масловский и др.; науч. ред. А.В.Пугачевский. Минск: Беларуская навука, 2019. - 599 с.
2. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения/Д.В.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. С.

# ВЛИЯНИЕ 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА НАКОПЛЕНИЕ ФОТОПРОТЕКТОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ – АНТОЦИАНОВ, В ПРОРОСТКАХ ОЗИМОГО РАПСА

А.В. Емельянова, Н.Г. Аверина

ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь,  
e-mail: yashchuk.anna@mail.ru

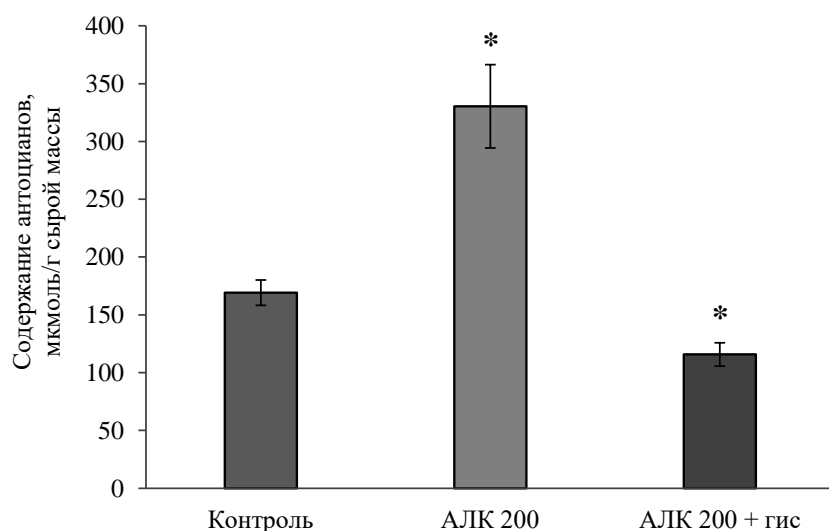
*Установлено, что в проростках озимого рапса, выращенных на растворе экзогенной 5-аминолевулиновой кислоты в концентрации 200 мг/л, индуцируется накопление антоцианов в качестве защитного механизма от фотодинамических процессов, вызванных генерацией синглетного кислорода. В семядольных листьях растений огурца, проращиваемых в таких же условиях, АЛК-индуцированное накопление антоцианов не отмечается, что приводит к развитию фотодинамических повреждений.*

Антоцианы являются самой крупной группой водорастворимых пигментов в царстве растений, принадлежащей к флавоноидам (или фенольным гликозидам). Они выполняют широкий спектр физиологических функций, в частности, защищают хлоропласты от избыточного освещения, действуя как селективный экран, что снижает степень фотоингибирования фотосинтетического аппарата. Антоцианы легко вступают в свободно-радикальные реакции, связывают активные формы кислорода (АФК) и перекисные радикалы, выполняя при этом роль низкомолекулярных антиоксидантов. В настоящее время имеется множество сведений об индукции биосинтеза антоцианов под действием 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК) [3]. Известно, что при использовании высоких концентраций АЛК она проявляет свойства фотодинамического гербицида [1], результатом действия которого является сверхнакопление предшественников хлорофилла (Хл) и гема, генерирующих АФК, в том числе синглетный кислород ( $^1\text{O}_2$ ), высокое содержание которых является причиной возникновения окислительного стресса в растениях. В наших экспериментах использовали АЛК в концентрации 200 мг/л, характерной для фотодинамических гербицидов. Обесцвечивание ткани, содержание фотосинтетических пигментов служило показателями развития фотодинамических реакций, индуцируемых действием  $^1\text{O}_2$ , а активация биосинтеза антоцианов в таких растениях являлось свидетельством развития защитных механизмов. Было изучено влияние экзогенной АЛК (200 мг/л) на содержание антоцианов, уровень Хл *a*, *b* и каротиноидов в проростках озимого рапса в присутствии либо отсутствии гистидина, который используют в качестве ловушки для  $^1\text{O}_2$ , а также визуально проанализировано развитие фотоокислительных процессов в семядолях растений огурца, проращиваемых на растворе АЛК 200 мг/л.

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 (вариант «АЛК 200») и на растворе АЛК 200 мг/л в присутствии 25 мМ гистидина («АЛК 200+гис») при температуре  $26 \pm 2^\circ\text{C}$  и интенсивности освещения 4900 люкс. Для анализа использовали семядольные листья проростков. Содержание антоцианов определяли спектрофотометрически, уровень Хл *a*, *b* и каротиноидов определяли с помощью ВЭЖХ как описано в работе [2]. Для выявления развития фотодинамических процессов при действии АЛК 200 мг/л, использовали семядоли растений огурца сорта «Кураж», проращиваемых в тех же условиях, что и проростки озимого рапса в отсутствии гистидина.

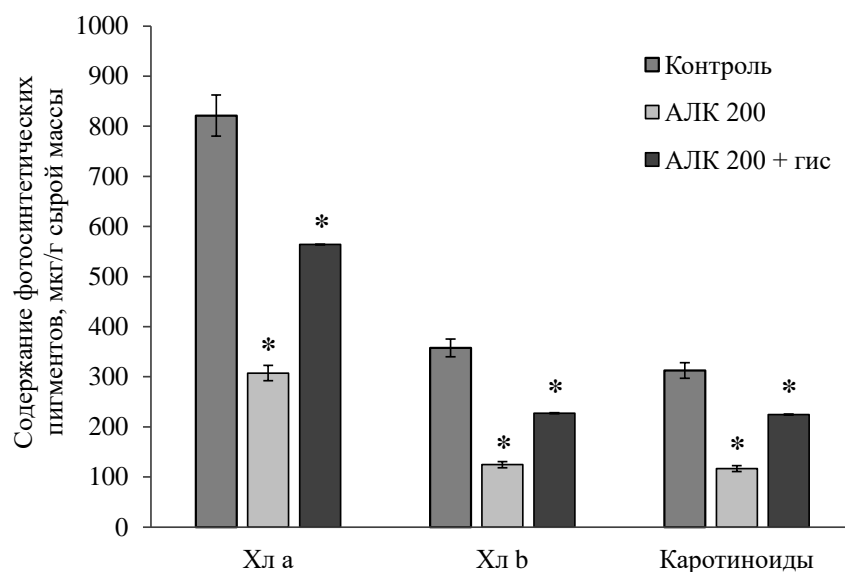
Установлено, что семядольные листья проростков озимого рапса, выращенные на растворе экзогенной АЛК в концентрации 200 мг/л изменяли зеленую окраску ткани, характерную для выращенных на воде контрольных проростков, на фиолетовую в результате накопления существенных количеств антоцианов (330,4 мкмоль/г сырой массы, что в 2 раза выше, чем в контроле). При выращивании проростков на растворе АЛК с добавлением 25 мМ гистидина, семядольные листья сохраняли зеленую окраску ткани и в них значительно снижалось содержание антоцианов. Уровень антоцианов в варианте «АЛК+гис» составлял лишь

115,7 мкмоль/г сырой массы, что в 1,5 раза меньше, чем в контрольных проростках, выращенных на воде (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Содержание антоцианов в проростках озимого рапса, выращенных на воде (контроль), растворе АЛК 200 мг/л и на растворе АЛК 200 мг/л в присутствии 25 мМ гистидина;  $p \leq 0,05$**

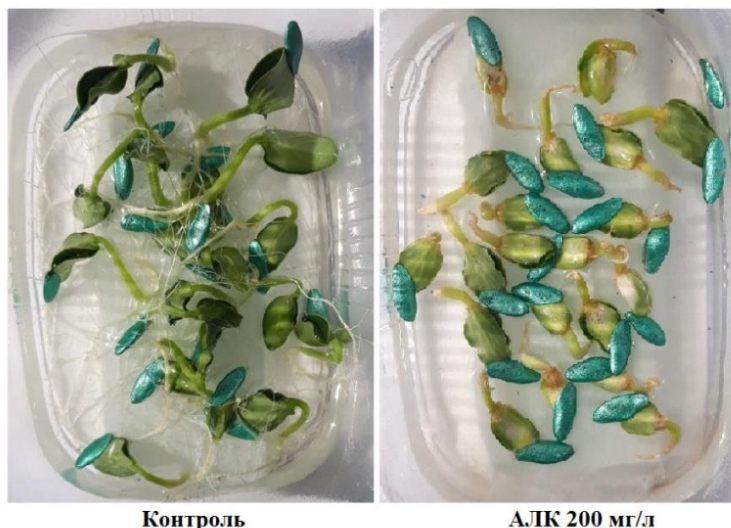
Наряду с этим, в проростках варианта «АЛК 200» существенно снижалось содержание фотосинтетических пигментов. Так, уровень Хл *a* составил 38%, Хл *b* – 35%, каротиноидов – 37% по сравнению с контролем. При выращивании проростков на растворе АЛК в присутствии 25 мМ гистидина, содержание Хл *a*, *b* и каротиноидов возросло практически в 2 раза по сравнению с аналогичными показателями в проростках варианта «АЛК 200», оставаясь, однако, ниже уровня пигментов в контрольных проростках (рисунок 2). Вместе с тем, качественный состав пигментов в проростках вариантов «АЛК 200» и «АЛК 200+гис» не изменялся. В частности, состав каротиноидов в контрольных и опытных растениях был представлен кислородсодержащими ксантофиллами: неоксантином, виолаксантином, антераксантином, лютеином и бескислородным каротиноидом β-каротином.



**Рисунок 2 – Содержание Хл *a*, *b* и каротиноидов в проростках озимого рапса, выращенных на воде (контроль), растворе АЛК 200 мг/л и на растворе АЛК 200 мг/л в присутствии 25 мМ гистидина;  $p \leq 0,05$**



Для изучения феноменологии развития фотоокислительных реакций под действием АЛК в концентрации 200 мг/л была проведена отдельная серия экспериментов, в которых показано, что в фоточувствительных к действию АЛК растениях огурца, выращенных в таких же условиях, что и проростки озимого рапса, отмечалось подавление развития корневой системы, фотообесцвечивание и деструкция ткани семядолей, а также отсутствие появления характерной для антоцианов окраски (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Внешний вид растений огурца, выращенных на воде (контроль) и в растворе АЛК 200 мг/л**

Выращивание проростков озимого рапса в течение 7 дней на растворе экзогенной АЛК 200 мг/л, также тормозило развитие корневой системы, однако не сопровождалось фотообесцвечиванием и деструкцией ткани, что обусловлено активным накоплением под действием АЛК фотопротекторных соединений – антоцианов.

Таким образом, в проростках озимого рапса, выращенных на растворах экзогенной АЛК в концентрации 200 мг/л, в условиях активно протекающих окислительных процессов, вызванных генерацией АФК, в частности  $^1\text{O}_2$ , наблюдается снижение скорости формирования структур фотосинтетического аппарата, проявившееся в снижении уровня фотосинтетических пигментов. В таких условиях активно развиваются защитные механизмы, в частности, накопление большого количества антиоксидантов антоцианов. Выращивание проростков в присутствии гистидина, как тушителя  $^1\text{O}_2$ , снижает уровень АЛК-индуцируемых окислительных процессов, и сохраняет условия для нормального формирования фотосинтетического аппарата. В таких условиях отсутствует необходимость и в защитных реакциях, что приводит к снижению содержания антоцианов. Вместе с тем, в семядольных листьях растений огурца не отмечаются АЛК-индуцируемые защитные механизмы, связанные с функционированием системы биосинтеза антоцианов, что и приводит к интенсивному развитию фотодинамических реакций, проявляющихся в подавлении ростовых процессов, фотообесцвечивании и деструкции растительной ткани.

#### **Список литературы**

1. Аверина, Н.Г. Фотодинамический эффект и особенности накопления порфиринов в растениях, обработанных 5-аминолевулиновой кислотой и 2,2'-дипиридиллом // Физиол. раст. – 1988. – Т. 35, вып. 4. – С. 679–686.
2. Фотосинтез и скорость поглощения кислорода в растениях озимого рапса, обработанных 5-аминолевулиновой кислотой / Н.Г. Аверина [и др.] // Физиология растений. – 2019.– Т. 66, № 6. – С. 461–471.
3. 5-Aminolevulinic acid (ALA) biosynthetic and metabolic pathways and its role in higher plants: a review / Y. Wu [et. al.] // Plant Growth Regulation. – 2019. – Vol. 87. – P. 357–374.

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕПОНИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТЕБЛЯ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ

О.В. Зборивская, М.В Тарасюк, Г.А. Прядкина,

Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, Украина, 03022, Киев, ул. Васильковская, 31/17, e-mail: masliukyvaska@gmail.com

*В условиях полевого опыта изучали вариабельность показателей депонирующей способности стебля главного побега сортов озимой пшеницы и его зерновой продуктивности в условиях засухи и повышенной температуры воздуха. Выявлено, что масса сухого вещества стебля главного побега в фазу цветения может служить маркерным признаком высокой продуктивности в условиях засухи.*

Одним из главных абиотических стрессов, ограничивающим урожайность сельскохозяйственных культур, в том числе и пшеницы, является засуха. Ее негативное воздействие усиливает повышенная температура воздуха, которая часто сопровождает засухи [7]. В частности, значительные потери урожая пшеницы (10-78%) в Европе в этом веке нанесли, в основном, засухи и сильные осадки [12]. Поэтому актуальным для предотвращения негативного влияния изменений климатических условий на урожайность и обеспечения продовольственной безопасности является создание высокоурожайных, экологически пластичных сортов озимой пшеницы с высоким адаптивным потенциалом.

Селекция на засухоустойчивость в основном базируется на отборе по урожайности [8]. Однако у растений наблюдают и различные морфологические, физиологические, биохимические и молекулярные реакции на засуху. Достижения молекулярной селекции в выявлении устойчивых к действию неблагоприятных факторов генотипов пока еще считают ограниченными [7]. Поэтому селекция по физиологическим показателям может быть альтернативой или дополнением такому эмпирическому подходу [10]. Используется уже достаточно широкий спектр таких показателей, в том числе генетически сложных физиологических признаков: накопление и ремобилизация ассимилятов из стебля, большая интенсивность фотосинтеза, устойчивые к высоким температурам и обезвоживанию ферменты, архитектура корневой системы [10, 11]. Целью данной работы был анализ показателей депонирующей способности стебля главного побега для поиска морфологических и физиологических критериев оценки устойчивости озимой пшеницы к засухе.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проведены в 2019 г. в полевых условиях на участках сортоиспытания озимой пшеницы в опытном хозяйстве ИФРГ НАН Украины (Киевская обл.) с 5-ю сортами озимой пшеницы (*Triticum aestivum L.*): Одесская 267, Подолянка, Едність, Дарунок Подилля и Приднепровская. Большую половину мая и весь июнь (за исключением 3-х последних дней месяца) среднесуточная температура воздуха превышала норму на 3-8 °С. Действие повышенных температур в июне усиливало отсутствие осадков в течение 17 суток подряд. Следовательно, неблагоприятные для роста и развития растений озимой пшеницы погодные условия наблюдали в период цветения и налива зерна.

Агротехника и уход за посевами - общепринятые для пшеницы в лесостепной агроклиматической зоне [4]. Норма высева семян 5,5-6,0 млн. зерен на га. Учетная площадь каждой из 3 повторностей составляла 10 м<sup>2</sup>. Определение морфометрических показателей проведено на 25 главных побегах, биохимических - в средних пробах, сформированных из этих побегов. Содержание неструктурных углеводов в сухом веществе стебля главного побега определяли в фазы цветения и полной спелости (ПС) по модифицированной методике Ермакова [3]. Их валовое количество рассчитывали, как произведение массы сухого вещества стебля и содержания неструктурных углеводов в нем [2]. Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову с использованием программ *Microsoft Excel* [1].

**Результаты и обсуждение.** Анализ депонирующей способности стебля сортов озимой пшеницы проводили по массе сухого вещества стебля в фазе цветения и ПС, содержанию и

валовому количеству неструктурных углеводов стебля главного побега в эти фазы и по их разнице.

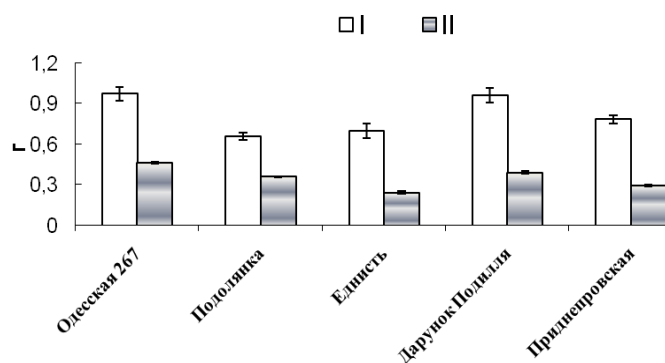
Более высокой массой сухого вещества стебля главного побега в фазу цветения отличались сорта Дарунок Подилля и Одесская 267 (2,15-2,23 г), у остальных сортов она колебалась от 1,72 до 1,76 г (табл. 1). Высоким содержанием неструктурных углеводов в эту фазу отличались сорта Одесская 267 и Подолянка (23,2-23,8 %), наименьшим - сорт Едність (16,9 %). Сорт Одесская 267 также отличался большим количеством неструктурных углеводов - 512 мг на стебель. Высокой она также была у сортов Подолянка и Дарунок Подилля (395-435 мг).

**Таблица 1 – Показатели депонирующей способности стебля сортов озимой пшеницы**

Сорт	Фаза	
	Цветение	Полная спелость
	Масса сухого вещества стебля главного побега, г	
Одесская 267	2,153±0,064	1,939±0,044
Подолянка	<b>1,719±0,049</b>	<b>1,579±0,051</b>
Едність	1,728±0,057	1,593±0,032
Дарунок Подилля	<b>2,230±0,062</b>	<b>2,051±0,025</b>
Приднепровская	1,755±0,053	1,594±0,028
	Содержание неструктурных углеводов, %	
Одесская 267	<b>23,8±0,9</b>	4,4±0,1
Подолянка	23,2±0,6	<b>3,5±0,2</b>
Едність	<b>16,9±0,1</b>	<b>4,8±0,1</b>
Дарунок Подилля	19,5±0,1	3,5±0,1
Приднепровская	19,2±0,1	4,5±0,1
	Количество неструктурных углеводов, мг/стебель	
Одесская 267	<b>512±8</b>	<b>85±1</b>
Подолянка	395±35	<b>55±3</b>
Едність	<b>292±8</b>	76±1
Дарунок Подилля	435±9	72±1
Приднепровская	337±5	72±1

Разница массы сухого вещества стебля главного побега в фазу цветения и ПС, а также количества неструктурных углеводов наибольшей была у сортов Одесская 267 и Дарунок Подилля, наименьшей - у сорта Подолянка (рис.1). Анализ данных связи между зерновой продуктивностью колоса главного побега с показателями депонирующей способности его стебля у сортов озимой пшеницы в показал, что масса зерна с колоса определялась массой сухого вещества его стебля в фазу цветения и разницей масс в фазе цветения и ПС: коэффициент такой корреляции колебался от 0,73 до 0,76. Более тесная взаимосвязь между массой зерна и массой сухого вещества стебля, чем с содержанием и количеством неструктурных углеводов, может быть обусловлена тем, что стебель, кроме углеводов, содержит другие вещества, которые также способны к гидролизу и ремобилизации в зерновки.

Известно, что в результате засухи в пшенице ускоряется старение флагового листа и подавляется ассимиляция углерода, то есть значительно уменьшается количество фотоассимилятов [7]. Одним из механизмов, что обуславливает улучшение налива зерна в условиях засухи, считают увеличение содержания неструктурных углеводов в стебле. Установлено, что сорта озимой пшеницы с высоким содержанием водорастворимых углеводов в стебле могут иметь большую массу и урожайность зерна [6]. Большинство исследователей из стран с длительными и частыми засухами считают депонированные в стебле ассимиляты важным источником для налива зерновок [5]. Однако, корреляция между содержанием водорастворимых углеводов и урожайностью зерна может быть и низкой. Потому часть исследователей считает использование этого маркера в программах селекции пшеницы на засухоустойчивость менее целесообразным, чем прямой отбор на урожайность [9].



**Рисунок 1 – Разница массы сухого вещества стебля главного побега в фазу цветения и ПС (I) и количества неструктурных углеводов в эти фазы (II) главного побега различных сортов озимой пшеницы.**

Результаты наших исследований показали, что ремобилизация депонированных в стебле метаболитов, в том числе, азотсодержащих веществ, является важным дополнительным источником для налива зерна. Наличие положительной связи между массой зерна с колоса и массой сухого вещества его стебля в фазу цветения свидетельствует, что данный показатель может быть использован в качестве маркера засухоустойчивости. Отсутствие корреляции содержания водорастворимых углеводов в стебле с массой зерна колоса, очевидно, связано с тем, что растения пшеницы используют различные метаболические стратегии для приспособления к условиям засухи.

#### Список литературы

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 335 с.
2. Кірізій Д.А., Шадчина Т.М., Стасик О.О. та ін. Особливості фотосинтезу і продукційного процесу у високоінтенсивних генотипів озимої пшениці. Київ: Основа, 2011. 415 с.
3. Методы биохимического анализа растений. под ред. А.И. Ермакова. Л.: Колос, 1972. 456 с.
4. Моргун В.В., Санін Є.В., Швартау В.В., Омеляненко О.А. Сорти та технології вирощування високих урожаїв озимої пшениці. Клуб 100 центнерів. Київ, 2014. 121 с.
5. Blum A., Sinmena B., Mayer J. et al. Stem reserve mobilisation supports wheat-grain filling under heat stress. *Austr. J. Plant Physiol.* 1994. 21 (6). P. 771-781.
6. Dong, Y., Liu, J., Zhang, Y et al. Genome-wide association of stem water soluble carbohydrates in bread wheat. *PLoS ONE.* 2016. 11(11): e0164293.
7. Farooq M., Hussian M., Siddik C.H.M. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Rev. Plant Sci.* 2014. 33 (4), P. 331-349.
8. Gupta P.K., Balyan H.S., Gahlaut V. QTL analysis for drought tolerance in wheat: Present status and future possibilities. *Agronomy.* 2017, 7, 5.
9. Ovenden B., Milgate A., Lisle C. et al. Selection for water-soluble carbohydrate accumulation and investigation of genetic×environment interactions in an elite wheat breeding population. *Theor. Appl. Genet.* 2017. 130 (11). P. 2445-2461.
10. Reynolds M., Langridge P. Physiological breeding. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2016. 31. P. 162-171.
11. Reynolds M., Manes Y., Izanloo A., Langridge P. Phenotyping approaches for physiological breeding and gene discovery in wheat. *Ann. Appl. Biol.* 2009. 155. P. 309-320.
12. URL: <https://ec.europa.eu/jrc/en/science-update/forecasting-wheat-yields-under-extreme-weather-conditions>. (last update 18.10.2018)

## О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ АГРОТЕХНИКИ СОЗДАНИЯ ПОЙМЕННЫХ ДУБРАВ

Ю.В.Зеленская

Государственное научное учреждение «Институт леса Национальной академии наук Беларуси», г. Гомель, Беларусь, e-mail: zelenskaya.yuliana@mail.com

*На данный момент большинство дубрав в поймах имеют естественное происхождение. Это преимущественно чистые одноярусные насаждения. Восстановление дубрав, уход за ними, осуществление мероприятий, направленных на усиление водоохраных, защитных, климаторегулирующих и оздоровительных функций, улучшение породного состава и качества, организация непрерывного, неистощительного и рационального пользования древесиной в настоящее время является одним из основных направлений деятельности лесохозяйственной службы в Беларуси.*

Важным показателем состояния дубрав как устойчивой саморегулирующейся экосистемы является наличие естественного возобновления дуба черешчатого и его состояние. По своему состоянию дуб должен быть здоровым, иметься в достаточном количестве, необходимым для формирования насаждения, и кроме того самосев должен быть размещен по площади равномерно. Обилие самосева дуба зависит от многих факторов: состава и строения насаждения, плодоношения, сомкнутости верхнего полога, численности диких копытных и мышевидных грызунов, антропогенного влияния и т.д. [5].

Дубовые насаждения занимают примерно третью часть пойменных лесов и встречаются в прирусловой, центральной и притеррасной пойме. Они представлены отдельными участками и небольшими лесными массивами.

По данным Государственного лесного кадастра Республики Беларусь на 01.01.2020 года в лесном фонде дубравы занимают 2,98 % или 287,43 тыс. га лесопокрытой площади Республики Беларусь [2].

Искусственное же создание пойменных дубрав в республике незначительное. Дубовые культуры в поймах рек не превышают 10%. Из них более половины созданы 15-20 и более лет назад. А если культуры дуба и создавались, то они часто погибали из-за недостаточного уровня технологии их производства, выращивания и повреждений, полученных в результате выпаса скота [1].

При создании лесных культур следует использовать посевной и посадочный материал, собранный в местных условиях и в насаждениях, характеризующихся лучшими наследственными селекционно-генетическими качествами. Поэтому одним из эффективных путей в этом направлении является организация временной лесосеменной базы пойменного экотипа дуба черешчатого. Использование такого семенного материала позволит улучшить качественную структуру и устойчивость вновь создаваемых дубовых насаждений и повысить их продуктивность.

По результатам исследований В.В. Гримашевича [3] лучшими участками для лесовосстановления пойменных дубрав являются участки высокого и среднего уровней поймы, где формируются дубравы широколиственно-пойменные, ясеневые-пойменные и лещиновопойменные в типах условий местопроизрастания С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>, Д<sub>2</sub> и Д<sub>3</sub>.

На основании анализа литературных источников, действующих научно-технических правовых актов и результатов НИР по искусственному и естественному возобновлению пойменных дубрав сотрудниками Института леса НАН Беларуси были предложены усовершенствования следующих методов их лесовосстановления и лесоразведения на зонально-типологической основе [4]:

- создание сплошных лесных культур путем посадки и (или) посева;
- создание частичных лесных культур путем посадки и (или) посева;
- содействие естественному возобновлению путем механической обработки почвы (минерализации);
- содействие естественному возобновлению путем посадки и (или) посева;
- естественное возобновление без проведения мер содействия.

*Создание сплошных лесных культур путем посадки и (или) посева.*

Лесные культуры дуба черешчатого следует создавать смешанного состава. Выращивание смешанных культур дуба возможно с применением естественного возобновления подгонных пород в соответствующих условиях местопроизрастания, или путем их посадки. В условиях периодического затопления на бедных почвах (В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub>) наиболее результативным способом создания лесных культур дуба черешчатого является посадка с использованием семян с закрытой корневой системой. В данных лесорастительных условиях подготовка почвы должна осуществляться плугом ПКЛ–70.

На более богатых почвах (С, Д) приживаемость лесных культур дуба черешчатого с применением семян с открытой и закрытой корневой системой показывают одинаковые результаты.

Наилучшую приживаемость дает подготовка почвы плугом Л–134, глубина вспашки 5–7 см., ширина борозды 0,8 м. Оптимальная густота для создания лесных культур дуба с использованием семян с открытой корневой системой составляет 3,5–4,0 тыс. шт./га, с использованием посадочного материала с закрытой корневой системой – 3,0–3,5 тыс. шт./га.

В лесорастительных условиях С и Д допускается создание лесных культур дуба посевом желудей с глубиной заделки желудей 5–8 см и нормой высева 25–100 кг/га.

Для искусственного лесовосстановления пойменных дубрав наиболее благоприятными типами лесорастительных условий являются условия С<sub>4</sub>, Д<sub>2</sub>, Д<sub>3</sub> и Д<sub>4</sub>.

*Создание частичных лесных культур путем посадки и (или) посева.*

При создании частичных лесных культур в условиях С<sub>2</sub> и Д<sub>2</sub> наиболее результативным способом создания является посев желудя. Обработку почвы рекомендуется осуществлять плугом ПКЛ–70 или фрезой ФЛУ 08Е.

В лесорастительных условиях С<sub>3</sub> и Д<sub>3</sub> рекомендуется использование посева желудей, в условиях С<sub>4</sub>, Д<sub>4</sub> – посев желудей или посадка двухлетних семян с открытой корневой системой. Обработка почвы должна осуществляться плугом Л–134 с минимальным заглублением лемеха в почву (5–7 см.) и максимальной шириной борозды (0,8 м.).

*Содействие естественному возобновлению путем механической обработки почвы (минерализации).*

Содействия естественному возобновлению путем механической обработки почвы (минерализации) рекомендуется на влажных (С<sub>3</sub>, Д<sub>3</sub>) и сырых (С<sub>4</sub>, Д<sub>4</sub>) почвах.

Минерализация почвы осуществляется путем вспашки плугами, с заглублением лемеха в почву до 7 см. и шириной минерализованной полосы не менее 0,8 м, что обеспечивается плугом Л–134. Плужные борозды должны располагаться не ближе 5 м. от источников обсеменения или 2–3 м – от групп сохранившегося возобновления. Минерализованная поверхность почвы должна составлять на землях, не покрытых лесом, не менее 30 %. Оптимальный срок проведения минерализации поверхности почвы – перед началом опадения семян.

*Содействие естественному возобновлению путем посадки и (или) посева.*

Содействие естественному возобновлению дуба в условиях С<sub>2</sub> и Д<sub>2</sub> рекомендуется проводить посевом.

В лесорастительных условиях С<sub>3</sub> и Д<sub>3</sub> наиболее результативным является способ создания – посадка и посев. В качестве посадочного материала, по результатам исследования, нами предлагается использование двухлетних семян с открытой корневой системой.

При посеве наиболее предпочтительно использование желудей, собранных в пойменных дубравах, произрастающих на территории планируемых лесохозяйственных мероприятий.

В условиях С<sub>4</sub> и Д<sub>4</sub> в качестве посадочного материала следует использовать двухлетние семена с открытой и закрытой корневой системой.

В свежих лесорастительных условиях (С<sub>2</sub>, Д<sub>2</sub>) для подготовки почвы рекомендуется использование плуга ПКЛ–70 с заглублением лемеха на 7–10 см. и шириной борозды 0,7 м., а на влажных и сырых почвах (С<sub>3</sub>, С<sub>4</sub>, Д<sub>3</sub>, Д<sub>4</sub>) рекомендуется не глубокая вспашка до 7 см. с шириной минерализации 0,8 м., что обеспечивает плуг Л–134.

*Естественное возобновление без проведения мер содействия.*

Метод естественного возобновления без мер содействия следует назначать на участках с количеством жизнеспособного возобновления дуба более 4000 шт./га, и при наличии вблизи источников обсеменения. Предпочтение данному методу следует отдавать в свежих условиях местопроизрастания ( $C_2$ ,  $D_2$ ).

#### Список литературы

1. Голод, Д.С. Состояние дубрав Беларуси и проблема их восстановления / Д.С. Голод, В.С. Адерихо // Дуб – порода третьего тысячелетия: Сб. науч. трудов Института леса НАНБ. Вып. 48.- Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 1998. – С. 66-72.
2. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2020 г. / М-во лесного хозяйства Респ. Беларусь. Л/у респ. унит. предпр. «Белгослес». – Минск, 2020. – 62 с.
3. Гримашевич В.В. Рекомендации по ведению лесного хозяйства в пойменных дубравах Беларуси: рекомендации / Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, Национальная Академия наук Беларуси институт леса. - Минск: ИЛ НАН Б, 2011. - 15 с.
4. Зеленский В.В. Разработка системы мероприятий по снижению влияния биотических факторов на состояние дубрав Беларуси и усовершенствованных методов лесовозобновления в них на зонально-типологической основе / Отчет по НИР в рамках ГПНИ «Природопользование и экология» / ИЛ НАН Беларуси, № госрегистрации 20160834.– Гомель, 2018. – 107 с.
5. Турский М.К. Лесоводство [Текст] / М.К.Турский.- М.: Тип. Кушнарев и К, 1912.- 379 с.

## ВЛИЯНИЕ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ РАСТЕНИЙ РОДА НЕДОТРОГА (*IMPATIENS L.*) НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И РОСТ ПРОРОСТКОВ ТЕСТ-КУЛЬТУР

Е.Н. Карасёва, В.Н. Прохоров

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»,  
220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Беларусь, e-mail: Ledymc\_net@mail.ru

*Изучено влияние водных экстрактов из растительного сырья растений недотроги мелкоцветковой, недотроги железконосной и недотроги обыкновенной, заготовленного на разных этапах онтогенеза на энергию прорастания семян, всхожесть и рост проростков тест-культур.*

**Введение.** Инвазионные чужеродные виды, к которым относится обширный и быстро увеличивающийся круг организмов, представляют собой одну из наиболее серьезных, быстро растущих и с трудом поддающихся устранению угроз для биоразнообразия, экологической и продовольственной безопасности, защиты здоровья и жизнеобеспечения [1]. Для многих стран инвазионные чужеродные виды представляются даже более серьезной по сравнению с изменением климата угрозой. Многие из чужеродных видов характеризуются высокой пластичностью, что позволяет им внедряться в новые для них экосистемы, высокой скоростью размножения, позволяющей быстро наращивать свою численность, и высокой конкурентной способностью, приводящей к подавлению или вытеснению аборигенных видов. В Республике Беларусь отмечается ежегодное увеличение площадей под инвазионными видами.

В настоящее время широко проводятся исследования по распространению и способам ограничения численности адвентивных видов, обладающих высокой инвазионной активностью. К таким видам относятся растения из рода Недотрога (*Impatiens L.*) [2]. В этой связи нами было изучено влияние водных экстрактов из растительного сырья растений недотроги мелкоцветковой, недотроги железконосной и недотроги обыкновенной, заготовленного на разных этапах онтогенеза, на энергию прорастания семян, всхожесть и рост проростков тест-культур.

**Материалы и методы.** Объектами исследования служили растения недотроги мелкоцветковой (*Impatiens parviflora L.*), недотроги железконосной (*Impatiens glandulifera L.*), инвазивные для Беларуси виды, и недотроги обыкновенной (*Impatiens noli-tangere L.*) –

аборигенного для Беларуси вида. Отбор растительных проб и образцов почвы из корнеобитаемой зоны объектов исследования, произведен с мест произрастания этих видов в Смолевичском и Минском районах Минской области и г. Минске с интервалом 10 дней в течении вегетационного периода.

Аллелопатическую активность определяли путем оценки влияния водных экстрактов различных концентраций (10%, 1%, 0,1%, 0,01%, 0,001%) из органов модельных видов и вытяжек из почв на прорастание и рост проростков тест-культур (кресс-салат и редис). Семена проращивали в чашках Петри по 20 штук (в 3 повторностях) в термостате при температуре 22°C. В каждую чашку добавляли по 2 мл экстракта различной концентрации, а в контрольные по 2 мл дистиллированной воды. Оценку аллелопатического влияния водных экстрактов проводили на основании изменений в энергии прорастания, всхожести и линейном росте анализируемых тест-культур.

**Результаты и выводы.** Установлено, что высокая концентрация экстрактов (10%), полученных из всех трех видов недотрог, оказывает сильное ингибирующее действие на рост проростков тест-культур. Так, высота проростков при обработке семян экстрактом из недотроги мелкоцветковой составляет только 36,7% в сравнении с контролем, из недотроги крупноцветковой 54,5%, а из недотроги обыкновенной – 62,5%, т.е. инвазивные виды - недотрога мелкоцветковая и недотрога крупноцветковая оказывают более сильное ингибирующее действие на линейный рост тест-культур, чем аборигенный для Беларуси вид – недотрога обыкновенная. Снижение концентрации экстрактов у всех видов до 1% оказывает наоборот стимулирующее действие на линейный рост проростков, причем максимальный эффект отмечается при обработке семян тест-культур экстрактами из недотроги обыкновенной – 123,6% в сравнении с контролем. Экстракты в концентрации от 0,1% до 0,001%, полученные из надземной части растений, не оказывали существенного влияния на высоту проростков тест-культур, однако при этом отмечено сильное стимулирующее действие на длину их корней (от 104,1% до 117,7%). Наибольшее увеличение показателя характерно для изученных инвазивных видов недотрог.

*Работа выполнялась при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, грант № Б20-016 от 04 мая 2020 г.*

#### **Список литературы**

1. Ламан, Н.А. Гигантские борщевики – опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси / В.Н. Прохоров, О.М. Масловский // Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси: Минск, 2009. – 40 с.
2. Прохоров, В.Н. Исследование аллелопатического потенциала адвентивных видов с высокой инвазивной активностью // Вестник фонда фундаментальных исследований, 2018, № 3. - С.75-84.

## **МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕМЯН МАГНОЛИЙ**

А.М. Малевич, Т. В. Шпитальная

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», 220012 г. Минск, ул. Сурганова 2В, Беларусь,  
e-mail: neto4ka2010@mail.ru

Объектами исследования служили древесные растения рода *Magnolia* L. В статье представлены данные по изучению морфологических особенностей семян некоторых видов магнолий. Представленные образцы семян видов магнолий обладают высокой жизнеспособностью. Создана фототека. Установлено, что уровень изменчивости морфологических признаков зависит от индивидуальных особенностей вида, а также от условий, в которых он произрастает.

Ключевые слова: магнолии, виды, морфологические признаки, жизнеспособность.

**Введение.** Род *Magnolia* L. представлен вечнозелеными и листопадными деревьями и кустарниками. Магнолии размножаются двумя путями: половым (семенами) и вегетативным



(частями растительной ткани - черенками, отводками, прививкой). Семенное размножение является одним из основных и эффективных способов размножения для данной культуры. В естественных условиях магнолии размножаются, в основном, семенами. Как показал многолетний опыт интродукции растений, семенное размножение усиливает устойчивость последующего поколения к неблагоприятным факторам среды. При интродукции магнолий этому обстоятельству придается первостепенное значение [8].

Семена магнолии заключены в твердую оболочку, покрыты красной мясистой семенной кожурой – саркотестой, состоят из мощного эндосперма, недоразвитого зародыша и характеризуются типом сложного глубокого покоя, вследствие чего они не прорастают сразу после сбора. Сочная саркотеста предохраняет семена от пересыхания, ведущего к полной потере всхожести, защищает во время периода покоя.

Цель работы – изучить морфологические особенности семян и провести определение их жизнеспособности.

**Материалы и методы.** В качестве объектов для исследования особенностей семенного размножения и морфологических особенностей семян использовались следующие виды и сорта магнолий: *Magnolia kobus*, *Magnolia obovata*, *Magnolia biondii*, *Magnolia officinalis*, *Magnolia stellata*, *Magnolia grandiflora*, *Magnolia campbellii*, *Magnolia sieboldii*, *Magnolia tripetala*, *Magnolia salicifolia*, *Magnolia 'Red Bari'*.

Изучение доброкачественности, жизнеспособности и посевных качеств семян проводилось по ГОСТам 13056.7-93, 13204-91, 13056.8-97, 13857-95 [4, 5, 6].

Морфометрические показатели семян и многолисточков (длина, ширина, вес), а также масса 1000 семян (с саркотестой и без) определялись по ГОСТ 13056.4-67 [4].

Изучение морфологических особенностей семян проводилось с помощью оптической системы с возможностью компьютерного анализа данных и бинокля МБС-2, а также климатических камер с регулируемым температурным и световым режимами. Жизнеспособность семян определялась тетразольно-топографический методом [6, 7, 8].

Изменчивость морфологических признаков семян оценивали по величине коэффициента вариации. При коэффициенте вариации ( $C_v$ ) менее 7% - уровень изменчивости считался очень низким, при 8-12% - низким, при 13-20% - средним, при 21-30% - повышенным, при 31-40% - высоким, и при значении коэффициента вариации более 40% - очень высоким [9].

**Результаты и обсуждение.** Проведена оценка жизнеспособности семян магнолий. Около 80% исследованных семян оказались жизнеспособными. Помимо полностью окрашенных жизнеспособных семян и совершенно неокрашенных нежизнеспособных, встречались семена, окрашенные только частично. Различные части частично окрашенных семян содержали разный процент омертвевших тканей. Отнесение таких семян к категории жизнеспособных или нежизнеспособных определялось локализацией и распространением некрозов в зародыше и (или) в эндосперме. На основании данного исследования была составлена фототека морфологических особенностей и жизнеспособности семян магнолий.

Изучены морфологические особенности семян магнолий. Окраска семян изменяется от светло-коричневой до красной. Изменчива и форма – почковидная, овальная, округлая, яйцевидная, грушевидная. Масса 1000 шт. семян колеблется, в среднем, от 31,2 - 42,6 г. Из вышперечисленных образцовы магнолий максимальные значения длины семени и диаметра имеют виды *Magnolia obovata* и *Magnolia biondii*. Уровень изменчивости такого морфологического признака, как длина семян, у *Magnolia kobus* колебался от очень низкого до низкого – 3-9%. Средний уровень изменчивости характерен для *Magnolia biondii* – 16%. Отмечен очень низкий уровень изменчивости диаметра семян у *Magnolia kobus*. Средний уровень изменчивости характерен для *Magnolia biondii* – 15%. Установлено, что уровень изменчивости морфологических признаков зависит от индивидуальных особенностей вида, а также от условий, в которых он произрастает.

В целом, на основании проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что большинство представленных образцов семян видов магнолий обладает высокой жизнеспособностью.

собностью. Морфологические особенности семян изучены в полном объеме и определена степень их вариации.

#### Список литературы

1. Барская, Е.И. Изменения хлоропластов и вызревание побегов в связи с морозоустойчивостью древесных растений / Е.И. Барская – М.: Наука, 1967. – 224 с.
2. Викторов, В.П. Внутривидовая изменчивость растений: Учебное пособие / В.П. Викторов – М.: МПГУ, 2016. – 172 с.
3. Гартман, Х.Т. Размножение садовых растений / Х.Т. Гартман, Д.Е. Кестер. – Москва: Сельхозиздат, 1963. – 471 с.
4. ГОСТ 13056.7-93 Семена деревьев и кустарников. Методы определения жизнеспособности [Текст]. – Взамен ГОСТ 13056.7-68; введ.1995-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1995. – 38 с.
5. ГОСТ 13204-91 Семена косточковых и семечковых древесных пород. Посевные качества. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 13858-68, ГОСТ 13204-67; введ. 1992-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 15 с.
6. ГОСТ 12039-82 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения жизнеспособности. – Взамен ГОСТ 12039-66; введ. 1983-07-01. – М.: Издательство стандартов, 2011. – 106 с.
7. Григоренко, К.В. Особенности метаболизма углеводов в побегах магнолиевых в связи с их зимостойкостью в условиях Юго-востока Украины / К.В. Григоренко, Ю.Н. Головня, В.П. Бессонова // Интродукция растений. – 2000. – Т. 2, №4. – С. 70–72.
8. Коршук, Т.П. Интродукция рода *Magnolia* L. / Т.П. Коршук // Тезисы докладов VII Делегатского съезда Всесоюзного ботанического о-ва. – Л.: Наука, 1983а. - С.394-395.

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КАРТОФЕЛЯ К ЗАСУХЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАСТЕНИЙ СМЕСЯМИ *BACILLUS SUBTILIS* С МЕДИАТОРАМИ СИГНАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Н.В. Балюк, К.М. Герасимович

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»,  
220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Беларусь, e-mail: herasimovichkm@gmail.com

*Изучены особенности формирования устойчивости картофеля к засухе при обработке растений смесями бактерий *Bacillus subtilis* с медиаторами сигнальных систем. Наиболее эффективным оказалось опрыскивание смесью биопрепарата с метилжасмонатом или с метилжасмонатом и салициловой кислотой. Установлено повышение содержания суммы хлорофиллов, достижение высоких значений коэффициента флуоресценции  $\omega$  и поддержание накопления пролина на уровне оптимального контроля у обработанных растений, развивающихся на фоне дефицита почвенного влагообеспечения.*

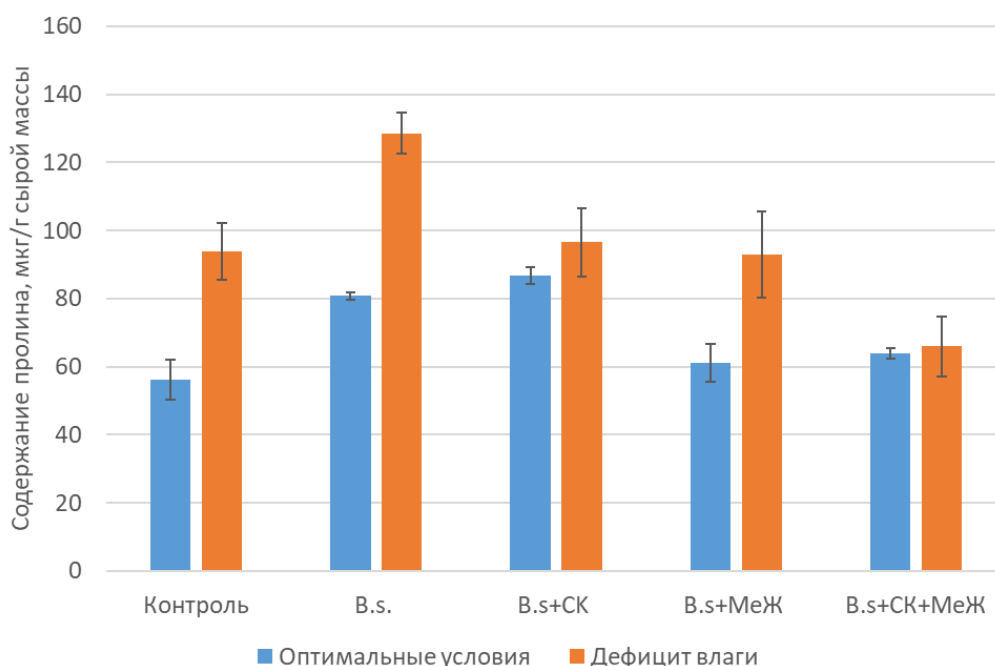
По данным FAO картофель (*Solanum tuberosum* L.) является четвертой по объемам производства в мире продовольственной культурой. Он служит ценным источником углеводов, антиоксидантов, витаминов и сырьем для производства крахмала. Однако в природных условиях растения картофеля подвергаются неблагоприятным воздействиям абиотической природы, что может существенно повлиять на формирование продуктивности. Среди абиотических факторов, влияющих на продуктивность растений, наличие воды является наиболее важным [1]. Одним из путей экологически безопасного повышения устойчивости растений к неблагоприятным воздействиям является научно обоснованное применение непатогенных ризосферных бактерий (PGRP – plant growth promoting rhizobacteria) [2]. Особо привлекательными в связи с этим являются высокоэффективные, нетребовательные к средам культивирования и сохраняющие в течение длительного срока свою жизнеспособность бактерии рода *Bacillus*, способные индуцировать естественные защитные механизмы в растениях, не нанося вреда им, окружающей среде и здоровью человека [3, 4]. Показано, что PGPB индуцируют системную устойчивость растений к широкому кругу абиотических стрессов, в том числе к засухе, засолению, тяжелым металлам [5]. Защитный спектр биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* можно значительно расширить, комбинируя их с сигнальными мо-

лекулами, [6], например, метилжасмонатом или салициловой кислотой и индуцируя в растительных тканях различные типы устойчивости.

Целью работы являлось изучение особенностей формирования устойчивости картофеля к дефициту почвенной влаги при обработке растений смесями бактерий *Bacillus subtilis* с салициловой кислотой и/или метилжасмонатом.

Опыты проведены на микроклонально размноженных растениях картофеля сорта селекции Бриз. Адаптацию растений-регенерантов осуществляли на почвогрунте на основе верхового торфа торговой марки Двина. Адаптированные растения обрабатывали путем опрыскивания листовой поверхности различными вариантами смесей бактерий *Bacillus subtilis* БИМ В-859Д (биопрепарат Карфил, производство Институт микробиологии НАН Беларуси) в концентрации  $1 \times 10^7$  КОЕ с медиаторами сигнальных систем (метилловый эфир жасмоновой кислоты –  $10^{-7}$  моль/л и/или салициловая кислота –  $10^{-6}$  моль/л). Моделирование условий почвенной засухи осуществляли с помощью влагомера ТР001 (КНР) через неделю после обработки растений и продолжали в течение 7 дней, относительная влажность почвогрунта составляла – 35-40%. В контроле растения выращивались при оптимальной влажности субстрата – 70-75%.

Опрыскивание растений, выращиваемых в оптимальных условиях, биопрепаратом на основе бактерий *Bacillus subtilis* в исследуемой концентрации вызвало повышение содержания пролина на 44,0%, а при включении в смесь салициловой кислоты отметили его повышение до 54,7% по сравнению с контролем. При применении бактериального препарата с метилжасмонатом или с метилжасмонатом и салициловой кислотой содержание данной аминокислоты оставалось уровне значений оптимального контроля (рисунок 1).

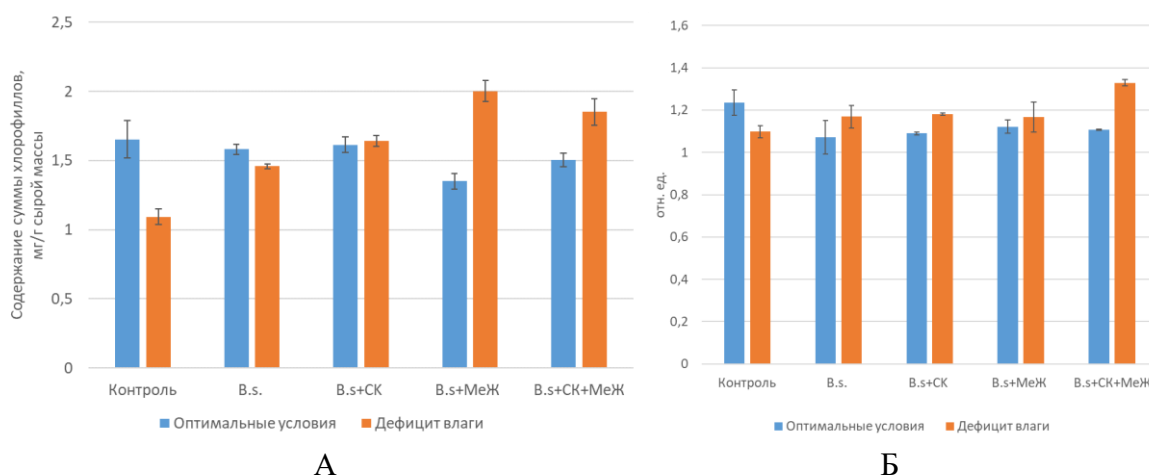


**Рисунок 1 – Содержание пролина в листьях картофеля на фоне недостатка влаги при обработке растений смесями *Bacillus subtilis* с метилловым эфиром жасмоновой и/или салициловой кислот**

Дефицит почвенной влаги привел к увеличению пролина на 67,2% у контрольных растений по отношению к его содержанию у растений, развивающихся в оптимальных условиях. Обработка *Bacillus subtilis* еще в большей степени вызвала его накопление (на 36,9% по отношению к значениям стрессового контроля). Добавление к биопрепарату отдельно салициловой кислоты или метилжасмоната привело к снижению содержания пролина до уровня показателей контрольных растений, выращиваемых в стрессовых условиях. Применение смеси медиаторов сигнальных систем способствовало снижению содержания пролина прак-

тически до уровня контрольных растений, выращиваемых при оптимальной влагоемкости (рисунок 1).

В оптимальных условиях выращивания применение для обработки растений бактерий *Bacillus subtilis*, а также их смеси с салициловой кислотой не оказывало достоверно значимого влияния на содержание суммы хлорофиллов, а смесь бактериального препарата с метилжасмонатом или метилжасмонатом и салициловой кислотой приводили к снижению содержания фотосинтетических пигментов. Уменьшение почвенного влагообеспечения вызвало снижение содержания хлорофиллов в листьях картофеля на 33,8%, обработка биопрепаратом, а особенно смесями бактерий с биологически активными соединениями способствовала значительному накоплению суммы фотосинтетических пигментов в тканях листьев. Так, опрыскивание *B. subtilis* с метилжасмонатом и *B. subtilis* с метилжасмонатом и салициловой кислотой привело к увеличению содержания пигментов на 21,4% и 12,2% соответственно, по сравнению с оптимальным контролем (рисунок 2А).



**Рисунок 2 – Содержание фотосинтетических пигментов (А) и коэффициент флуоресценции  $\omega$  хлорофилла (Б) в листьях картофеля на фоне недостатка влаги при обработке растений смесями *Bacillus subtilis* с метиловым эфиром жасмоновой и/или салициловой кислот**

Коэффициент флуоресценции  $\omega$ , определяемый как соотношение максимумов в красной области спектра - длины волны 740 нм к длине волны 685нм, зависит от целого ряда факторов абиотической природы, причем оптимальным условиям развития растений всегда соответствуют его максимальные значения [7]. В оптимальных условиях выращивания растений значения коэффициента  $\omega$  были снижены во всех опытных вариантах, напротив, в неблагоприятных условиях дефицита влаги исследуемые обработки привели к повышению коэффициента  $\omega$  (рисунок 2Б).

Таким образом, обработка ювенильных растений картофеля смесью *Bacillus subtilis* с метилжасмонатом или метилжасмонатом и салициловой кислотой, вероятно, способствуют формированию устойчивости растений картофеля к засухе, что проявляется в повышении содержания хлорофиллов и высоких значениях коэффициента флуоресценции  $\omega$ , в поддержании накопления пролина на уровне оптимального контроля.

*Научно-исследовательская работа поддержана грантом БРФФИ №Б20Р-154.*

#### Список литературы

1. Vurukonda, S.S.K.P. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria / S.S. K.P.Vurukonda, S. Vardharajula, M. Shrivastava, A. SkZ // Microbiological Research. Volum. – 2016. –Vol. 184. – P. 13-24.
2. Lastochkina, O.B. Plant Growth-Promoting Bacteria: Biotic Strategy to Cope with Abiotic Stresses in Wheat / O.B. Lastochkina at all // Wheat Production in Changing Environments –2019. – P.579-614
3. Коломиец, Э.И. Экологически безопасные биотехнологии для сельского хозяйства / Э.И. Коломиец, Н.В. Сверчкова, М.Н. Мандрик-Литвинкович // Наука и инновации. – 2019. – № 3 (193). – С. 4–9.

4. Максимов И.В. Эндوفитные бактерии *Bacillus* spp. с РНКазной активностью и устойчивостью картофеля к вирусам / И. Максимов и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2019 – Т. 23 №7.
5. Cherif, H. Oasis desert farming selects environment-specific date palm root endophytic communities and cultivable bacteria that promote resistance to drought: oasis palm endophytes promote drought resistance. / Cherif, H. at all. // Environ. Microbiol. Rep. 7, – P. 668–678.
6. Дорошук, О. В. Влияние обработки семян ячменя штаммами бактерий рода *Bacillus* на активность компонентов антиоксидантной системы в корнях проростков при солевом стрессе / О.В. Дорошук, Ж.Н. Калацкая, Н.А. Ламан, Т.В. Фролова и др. // Известия НАН Беларуси, Сер. биол. наук. - 2018. – Т. 63, №2. – С. 135 - 145.
7. Метод определения функционального состояния растений по спектрам флуоресценции хлорофилла (техника биомониторинга) / К. Б. Асланиди и др. // – Пушино: НЦБИ АН СССР, 1988. – С. 43

## СУЧАСНЫ СКЛАД І СТРУКТУРА ФЛОРЫ ПУСТАЗЕЛЛЯ Ў МЕЖАХ РЭГІЁНА ПРЫПЯЦКАЕ ПАЛЕССЕ

А.М. Мяслік

Дзяржаўная навуковая ўстанова «Цэнтральны батанічны сад Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі», г. Мінск, Беларусь, e-mail: aleksandr-myalik@yandex.by

*У артыкуле разглядаецца сучасны склад і структура флоры пустазелля важнага гаспадарчага рэгіёна паўднёвай часткі Беларусі – Прыпяцкага Палесся. У выніку даследаванняў устаноўлена, што ў межах дадзенай тэрыторыі вырастае 554 віды раслін, якія праяўляюць уласцівасці пустазелля на асвоеных чалавекам тэрыторыях. З іх толькі 273 віды адзначаны ў складзе аграфітацэнозаў, дзе зніжаюць ураджайнасць вырошчваемых сельскагаспадарчых культур, чым вызначаецца актуальнасць вывучэння дадзенай групы раслін.*

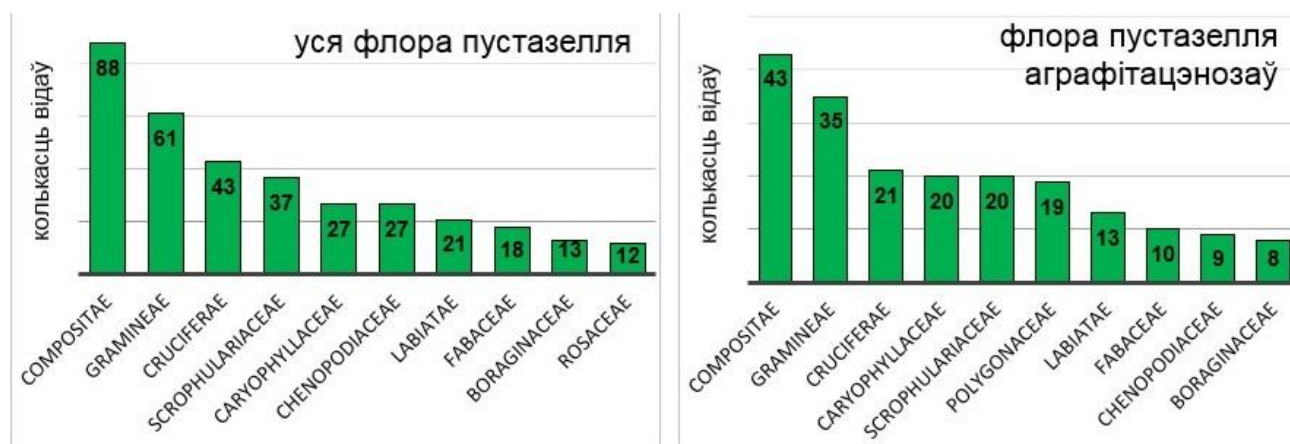
Прыпяцкае Палессе ў сістэме фізіка-геаграфічнага раянавання Беларусі з'яўляецца асобнай прыроднай акругай, размешчанай у цэнтральнай частцы Палескай правінцыі [3]. Дадзеная нізінная тэрыторыя ў абагульненым плане ўяўляе сістэму алювіяльных і азёрна-алювіяльных раўнін з участкамі водна-ледавіковых і марэнных раўнін, а таксама дэнудаваных краявых ледавіковых пагоркаў і град. Для рэгіёна характэрна наяўнасць буйных затарфаваных балотных масіваў, значная частка якіх асушана і разам з натуральнымі лугамі інтэнсіўна выкарыстоўваецца ў сельскай гаспадарцы, што адлюстроўваецца на стане сучаснага расліннага покрыва і флоры. Абрыгненная фракцыя апошняй уключае 881 від з 370 родаў і 117 сямействаў. Яе таксанамічны склад тыповы для ўмераных шырот Галарктыкі і па суадносінах вядучых сямействаў адпавядае *Cyperaceae*-тыпу. Адвентыўная фракцыя флоры налічвае 1272 віда (619 родаў, 132 сямейства), 639 з якіх у цяперашні час здольны самастойна ўзнаўляцца ў межах поўдня Беларусі, што паказвае на іх значную ролю ў раслінным покрыве і дазваляе аднесці да спантаннай флоры [2].

Сучасныя тэндэнцыі развіцця флоры разглядаемага рэгіёна вызначаюцца ўзрастаннем антрапагеннай нагрукі, праяўляюцца ў павелічэнні долі адвентыўных відаў, што прыводзіць да яе сінантрапізацыі і антрапагеннай трансфармацыі [1]. У выніку павялічваецца колькасць абарыгенных і адвентыўных раслін, здольных вырастаць па антрапагенна пераўтвораным месцапражыванням. Большасць такіх відаў праяўляюць уласцівасці пустазелля, а іх шырокае распаўсюджванне прыводзіць да пагаршэння фітасанітарнага стану аграладшафтаў. Паколькі адным з важных складнікаў атрымання высокіх ураджаяў сельскагаспадарчых культур з'яўляецца наяўнасць у складзе аграфітацэнозаў пустазелля, то шырокае распаўсюджванне і разнастайны відавы склад такіх раслін зніжаюць прадуктыўнасць вырошчваемых культур і абумоўліваюць значныя дадатковыя выдаткі пры атрыманні раслінаводчай прадукцыі. Менавіта таму пытанні, якія тычацца вывучэння сучаснага фларыстычнага складу аграфітацэнозаў і тэндэнцый развіцця флоры пустазелля, маюць важнае тэарэтычнае і практычнае значэнне, чым абумоўлена актуальнасць дадзенай працы.

Для вывучэння сучаснага складу і структуры флоры пустазелля выкарыстаны вынікі ўласных фларыстычных даследаванняў, праведзеных у межах рэгіёна Прыпяцкае Палессе на працягу 2013–2019 гг., а таксама матэрыялы разнастайных гербарных калекцый (BRTU,

MSK, MSKH, MSKU). Пры вызначэнні паняцця «флора пустазелля» прымаецца пазіцыя Т.М. Ульянавай, згодна якой да пустазелля адносяцца ўсе віды раслін, здольныя самастойна вырастаць на акультуранай чалавекам тэрыторыі і прыносяць яму эканамічны ўрон [5]. Такім чынам, пры вызначэнні відавой разнастайнасці флоры пустазелля выкарыстаны матэрыялы фларыстычных апісанняў, складзеных у межах аграфітацэнозаў (пасевы і пасадкі сельскагаспадарчых культур), на прысядзібных участках і ў дэкаратыўных пасадках, а таксама ў межах чыгунак, аўтамабільных дарог і населеных пунктаў.

Вынікі праведзеных даследаванняў паказваюць, што ў цяперашні час у флоры Прыпяцкага Палесся адзначаны 554 віды раслін, якія валодаюць уласцівасцямі пустазелля. Яны адносяцца да 291 рода і 73 сямействаў, сярод якіх найбольшымі па колькасці відаў з'яўляюцца *Compositae*, *Gramineae*, *Cruciferae* і *Scrophulariaceae* (малюнак 1). Дадзеныя расліны з'яўляюцца пустазеллем не толькі ў межах сельскагаспадарчых угоддзяў, але і ў лясных культурах (*Galeopsis tetrahit* L., *Hippophae rhamnoides* L., *Sambucus racemosa* L.), садах і парках (*Aegopodium podagraria* L., *Lamium album* L., *Malva neglecta* Wallr.), на прысядзібных участках (*Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyl., *Leonurus quinquelobatus* Gilib.), уздоўж транспартных шляхоў (*Alyssum calycinum* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Reseda lutea* L.), а таксама па пусткам у межах паселішчаў (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Gaillardia* × *grandiflora* Van Houtte, *Rumex crispus* L.). Аднак найбольшую практычную значнасць маюць толькі тры расліны, якія з'яўляюцца пустазеллем у складзе палявых аграфітацэнозаў. Усяго адзначана 273 такія віды, што складае 49,3 % ад агульнай колькасці раслін, якія праяўляюць уласцівасці пустазелля. Усе яны аб'ядноўваюцца ў 160 родаў і 41 сямейства, сярод якіх найбольш прадстаўнічымі таксама з'яўляюцца *Compositae*, *Gramineae*, *Cruciferae* і *Scrophulariaceae*. Як абарыгенныя, так і адвентыўныя прадстаўнікі адзначаных сямействаў маюць найбольшую адаптыўную здольнасць для вырасцання ва ўмовах трансфармаваных фітацэнозаў.



Малюнак 1 – Таксанамічны склад флоры пустазеля Прыпяцкага Палесся

Такім чынам, суадносіны вядучых па колькасці відаў сямействаў флоры пустазелля паказваюць, што яе таксанамічны склад найбольш блізкі да сінантропнай флоры Беларусі [4], паколькі абодва параўноўваемых кампанента расліннага свету сфармаваны і развіваюцца ў месцапражываннях, змененых гаспадарчай дзейнасцю чалавека.

Важнымі паказчыкамі структуры флоры пустазелля з'яўляюцца судносіны відаў адносна іх паходжання, што дазваляе ацаніць значэнне дадзеных раслін у працэсах адвентызацыі і апафітызацыі флоры (табліца 1), выкліканых антрапагенным уздзеяннем.

Табліца 1 – Склад флоры пустазелля Прыпяцкага Палесся адносна паходжання відаў

Частка флоры пустазелля	Колькасць відаў	У тым ліку					
		абарыгенныя		адвентыўныя			
		кольк.	%	археафіты		неафіты	
		кольк.	%	кольк.	%	кольк.	%
Уся флора пустазелля	554	117	21,1	164	29,6	273	49,3
Пустазелле аграфітаэнозаў	273	77	28,2	131	48,0	65	23,8

Прадстаўленыя дадзеныя паказваюць, што ў складзе флоры пустазелля большасць відаў з’яўляюцца адвентыўнымі адносна флоры Прыпяцкага Палесся. Значная іх частка адносіцца да прадстаўнікоў культурнай флоры, якія праяўляюць уласцівасці пустазелля ў пасадках іншых вырошчваемых раслін (*Euphorbia marginata* Pursh, *Gaillardia × grandiflora* Van Houtte, *Sedum aizoon* L.). Амаль усе віды дадзенай групы (49,3 % ад агульнага складу флоры пустазелля) з’яўляюцца неафітамі, паколькі былі занесеныя на тэрыторыю поўдзя Беларусі адносна нядаўна. Доля археафітаў (старых імігрантаў) значна большая ў складзе пустазелля аграфітаэнозаў, дзе прадстаўлена традыцыйнымі відамі палявых раслін (*Artemisia absinthium* L., *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve, *Vicia villosa* Roth). Доля абарыгенных відаў у складзе флоры пустазелля складае ўсяго 21,1 %, але сярод пустазелля аграфітаэнозаў дасягае 28,2 %. Большасць такіх відаў (*Filago arvensis* L., *Psammophiliella muralis* (L.) Kopp., *Trifolium arvense* L.) з’яўляюцца апафітамі, паколькі ва ўмовах трансфармаваных раслінных супольніцтваў яны знаходзяць для сябе больш прыдатныя умовы для росту і развіцця.

Здольнасць раслін праяўляць уласцівасці пустазелля абумоўлена ў першую чаргу іх бімарфалагічнымі асаблівасцямі. Звесткі, прадстаўленыя ў табліцы 2 паказваюць, што ўсе гэтыя віды валодаюць высокай вегетатыўнай рухомасцю і ўстойлівасцю да механічнага ўздзеяння (сцержнекарэнішчныя, доўгакарэнішчныя групы раслін), а таксама высокай насеннай прадуктыўнасцю (большасць адна- і двухгадовых раслін).

Табліца 2 – Бімарфалагічная структура флоры пустазелля аграфітаэнозаў рэгіёна Прыпяцкае Палессе

Бімарфалагічная група	Тыповы прадстаўнік	Пустазелле аграфітаэнозаў	
		колькасць відаў	%
Сцержнекарэнішчныя	<i>Rumex acetosa</i> L., <i>Sonchus arvensis</i> L.	25	9,2
Кароткакарэнішчныя	<i>Ballota nigra</i> L., <i>Plantago major</i> L.	14	5,1
Доўгакарэнішчныя	<i>Carex hirta</i> L., <i>Stachys palustris</i> L.	20	7,3
Рыхладзернавінныя	<i>Agrostis canina</i> L., <i>Poa trivialis</i> L.	5	1,8
Наземнапаўзучы	<i>Ranunculus repens</i> L., <i>Trifolium repens</i> L.	5	1,8
Столonaўтваральныя	<i>Potentilla anserina</i> L.	1	0,4
Клубневыя	<i>Helianthus tuberosus</i> L.	1	0,4
Двухгадовыя	<i>Arctium lappa</i> L., <i>Verbascum nigrum</i> L.	37	13,5
Аднагадовыя	<i>Atriplex patula</i> L., <i>Fumaria officinalis</i> L.	165	60,4
	Усяго	273	100,0

Менавіта такія віды раслін (*Alsine media* L., *Chenopodium album* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski, *Erysimum cheiranthoides* L., *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve, *Melandrium album* (Mill.) Garcke, *Mentha arvensis* L., *Persicaria scabra* Moldenke, *Potentilla anserina* L., *Sonchus arvensis* L.) на працягу многіх дзесяцігоддзяў трывала ўтрымліваюць свае пазіцыі ў складзе палявых аграфітаэнозаў паўднёвай часткі Беларусі і адносяцца да найбольш распаўсюджаных. Акрамя іх у апошнія гады выяўлены новыя віды (*Eleusine indica* (L.) Gaertn., *Echinochloa esculenta* (A. Braun) H. Scholz, *Petrorhagia saxifraga* (L.) Link, *Panicum virgatum* L.), якія ў бліжэйшы час могуць стаць агрэсіўнымі пустазельнымі раслінамі ва ўмовах цэнтральнай часткі Беларускага Палесся.

Вынікі праведзеных даследаванняў паказваюць, што з 1520 відаў спантаннай флоры Прыпяцкага Палесся 554 валодаюць уласцівасцямі пустазелля. Сярод іх толькі 273 віды вырастаюць ва ўмовах аграфітаэнозаў, дзе зніжаюць ураджайнасць вырошчваемых сельскагаспадарчых культур. Дадзеная група раслін па фларыстычнаму складу і структуры блізкая да сінантропнай флоры і мае важнае значэнне ў працэсах сінантрапізацыі расліннага покрыва і флоры рэгіёна.

#### Спіс літаратуры

1. Антрапагенныя змяненні і сінантрапізацыя флоры Беларусі / В. І. Парфёнаў [і інш.] // Вес. Акад. навук БССР. Сер. біял. навук. – 1981. – № 2. – С. 35–43.
2. Мялик, А. Н. Особенности таксономического состава аборигенной фракции флоры Припятского Полесья / А. Н. Мялик // Ботаника (исследования) : сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2018. – Вып. 48. – С. 89–97.
3. Нацыянальны атлас Беларусі / Кам. па зямел. рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэсп. Беларусь. – Мінск : Белкартаграфія, 2002. – 292 с.
4. 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.
5. Ульянова, Т. Н. Сорные растения во флоре России и других стран СНГ / Т. Н. Ульянова. – СПб : ВИР, 1998. – 233 с.

## ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ОГУРЦА КОНЬЮГАТАМИ ХИТОЗАНА С ОКСИКОРИЧНЫМИ КИСЛОТАМИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К СОЛЕВОМУ СТРЕССУ

И.А. Овчинников<sup>1</sup>, В.В. Минкова<sup>1</sup>, Е.И. Рыбинская<sup>1</sup>, А.Н. Красковский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»,  
220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Беларусь, e-mail: [igor-1606@mail.ru](mailto:igor-1606@mail.ru)

<sup>2</sup>Институт химии новых материалов НАН Беларуси, 220141, г. Минск, ул. Ф. Скорины, 36, Беларусь

**Введение.** Проблема устойчивости растений к действию различных стрессовых факторов остается одной из важнейших в современном растениеводстве. В связи с чем, интерес представляет создание экологически безопасных препаратов, повышающих устойчивость растений за счет активации их естественных защитных механизмов. В настоящее время большое количество исследований направлено на разработку препаратов на основе элиситоров, или индукторов устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам. Наиболее известными углеводными элиситорами являются поли- и олигосахаридные фрагменты клеточных стенок грибов, включая олигомеры хитозана. Повышение эффективности препаратов на основе хитозана может достигаться за счет включения в их состав физиологически активных соединений. К таким соединениям относятся оксикоричные (гидроксикоричные) кислоты, которые являются предшественниками большинства фенольных соединений, формирующих защитные ответные реакции у растений [1–3]. В связи с этим, представляет интерес возможность использования биополимеров на основе хитозана и оксикоричных кислот для повышения устойчивости растений к действию стрессовых факторов.

**Материалы и методы.** Объектом исследования служили растения огурца (*Cucumis sativus* L.), сорт «Малышок». Семена инкрустировали синтезированными в Институте химии новых материалов НАН Беларуси конъюгатами на основе хитозана и оксикоричных кислот. Растения выращивали рулонным методом [4]. Солевой стресс создавали, помещая рулоны с семенами огурца в 100mM раствор хлорида натрия на весь период выращивания растений. Контрольные растения выдерживали на дистиллированной воде. Определение общей активности растворимой пероксидазы осуществлялась по методу [5]. Количественное содержание пролина определяли согласно методу [6].



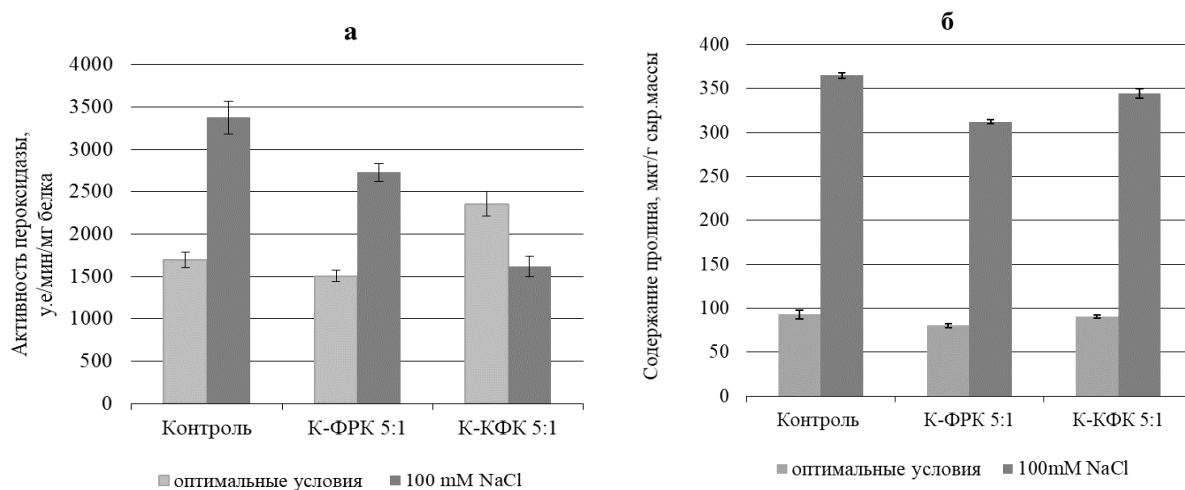
**Результаты и выводы.** По скорости прорастания, биометрическим и биохимическим показателям растений, выращиваемых из обработанных семян, выявлены наиболее эффективные конъюгаты – хитозан: феруловая (кофейная) кислота 5:1 (К-ФРК 5:1, К-КФК 5:1). В условиях засоления у всех вариантов обработки семян наблюдалось существенное замедление роста (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Внешний вид растений огурца, выращенных в оптимальных и стрессовых условиях при инкрустации семян конъюгатами на основе хитозана и оксикоричных кислот**

Действие солевого стресса приводило к значительному возрастанию активности пероксидазы (в 2 раза) и накоплению пролина (в 4 раза) в контрольных растениях по сравнению с выращенными в оптимальных условиях (рисунок 2). При обработке семян конъюгатами наблюдалось снижение активности пероксидазы относительно стрессового контроля в варианте К-ФРК 5:1 – на 19%. В варианте обработки К-КФК 5:1 активность фермента снижалась на 52%, достигая при этом уровня оптимального контроля (рисунок 2а).

Анализ содержания свободного пролина также показал, что во всех вариантах обработки, подвергшихся стрессу, идет снижение накопления пролина: вариант К-ФРК 5:1 – 86%, вариант К-КФК 5:1 – 94% относительно стрессового контроля (100%) (рисунок 2б).



**Рисунок 2 – Влияние конъюгатов на основе хитозанов и оксикоричных кислот на активность пероксидазы (а) и содержание пролина (б) в семядолях 7-дневных растений огурца**

Таким образом, инкрустация семян огурца конъюгатами на основе хитозана с молекулярной массой 30 кДа и оксикоричными кислотами (феруловой или кофейной) оказывала ростстимулирующий эффект в оптимальных условиях выращивания растений, а также повышала устойчивость проростков огурца к действию солевого стресса (100 mM NaCl), что выражалось в меньшей активности показателей стрессового состояния у растений – общей пероксидазы и уровня свободного пролина.

*Работа выполнена в рамках гранта БРФФИ №Б19-020*

#### **Список литературы**

1. Тютюрев С.Л. Природные и синтетические индукторы устойчивости растений к болезням // СПб.: 2014. 212 с.
2. Соколов, Ю.А. Элиситоры и их применение в растениеводстве / Ю.А. Соколов. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 201 с.
3. Batish D.R. Caffeic acid affects early growth, and morphogenetic response of hypocotyls cuttings of mung bean (*Phaseolus aureus*). / D.R. Batish, H.P. Singh, S. Kaur, R.K. Kohli, S.S. Yadav // *Journal of Plant Physiology*. – 2008. – № 165 (3). – P. 297 – 305.
4. Судник, А.Ф. Методика проращивания семян льна–долгунца и рапса и создания низкотемпературного стресса для проростков/ А.Ф. Судник, Н.А. Ламан, Л.Б. Куканего // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: Материалы VII–й Междунар. научн. конф., Минск, 26–28 октября 2011 г. – Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси; редкал.: Н.А. Ламан, [и др.]. – Минск, 2011. – С. 198 –200.
5. Бояркин, А.Н. Определение активности пероксидазы / А.Н. Бояркин // Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков [и др.]. – 3-е изд., исп. и доп.; под ред. А.И. Ермакова – Ленинград, 1987. – С. 41–43.
6. Bates, L.S. Rapid determination of free proline for water–stress studies / L.S. Bates, R. P. Waldren, I. D. Teare // *Plant and Soil* – 1973. – V. 39, Iss. 1. – P. 205–207.

## **БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛИШАЙНИКОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ БИОСТАНЦИИ ГОМЕЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ФРАНЦИСКА СКОРИНЫ**

А.В. Ропот

Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии НАН Беларуси», Гомель, Беларусь,  
e-mail: a.ropot@list.ru

*Лишениобиота окрестностей биостанции Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины представлена биоморфами 2 отделов, 4 типов, 5 классами и 11 группами. Среди биоморф лишайников изучаемой местности наиболее представлены лишайники эпигенной плагитропной жизненной формы (68,7%). Соотношение между классами накипных, листоватых и кустистых лишайников примерно соответствует пропорции 1 : 2 : 3.*

Изучение флоры Ченковского лесничества ГЛХУ «Корневская экспериментальная лесная база ИЛ НАН Беларуси» исторически связано с биологическим факультетом Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины. Учебно-научная база (УНБ) «Ченки» является местом прохождения учебных практик по ботанике и зоологии для студентов биологического факультета, а также местом сбора натурального материала для курсовых и дипломных работ. Помимо учебной практики на биологической станции проводятся научные исследования по изучению флоры, ценотического разнообразия и закономерностей природной и антропогенной динамики растительного мира.

Оценка видового разнообразия лишайников Ченковского лесничества и его окрестностей является важной задачей с точки зрения составления полных списков изучаемых территорий. Проблема рационального использования природных ресурсов и их охраны может

быть решена лишь комплексно совместными усилиями ученых и практиков на основе изучения и учета взаимосвязей и обусловленности многообразных природных процессов.

Биоморфологический анализ региональных лишенофлор в настоящее время является неотъемлемой составной частью экологического анализа лишайников [2]. Многообразием жизненных форм занимались такие ученые как А. Н. Оксер [4], Н. С. Голубкова [2], Л. Г. Бязров [1] и другие. Однако среди разнообразия классификаций, нами была выбрана наиболее часто используемая классификация жизненных форм лишайников, разработанная разработанная Н. С. Голубковой и Л. Г. Бязровым [3].

Проведенный анализ основывается как на анализе образцов Научного гербария Белорусского Полесья кафедры ботаники и физиологии растений биологического факультета Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины (159 образцов, собранных на территории Ченковского лесничества в период 1970–2015 гг.), так и на натурном материале, сбор которого проводили на территории Ченковского лесничества маршрутным методом в 2015–2017 гг. (234 образца). Исследования проводили в 5 лесных формациях (сосняки, грабняки, дубравы, березняки и осинники) в 9 типах леса (мшистый, осоково-сфагновый, орляковый, черничный, снытевый, кисличный, лишайниковый, брусничный, крапивный). Для идентификации стерильных образцов, а также представителей рода *Cladonia* использовали метод тонкослойной хроматографии. Состав вторичных метаболитов образцов изучали в элюенте С [6]. В качестве контроля использовали лишайники *Platismatia glauca* и *Pleurosticta acetabulum*, содержащие атранорин, норстиктовую и каперовую кислоты. Названия таксонов приведены согласно последним сводкам лишайников Канады и США [5].

В результате проведенных исследований был составлен список лишайников и лишенофильных грибов, включающий 131 вид, относящийся к 69 родам, 27 семействам, 13 порядкам, 6 классам отдела Ascomycota и представлена биоморфами 2 отделов, 4 типов, 5 классами и 11 группами. Среди биоморф лишайников изучаемой местности наиболее представлены лишайники эпигенной плагитропной жизненной формы (68,7%). Соотношение между классами накипных, листоватых и кустистых лишайников примерно соответствует пропорции 1 : 2 : 3 (таблица 1).

Таблица 1 – Состав жизненных форм лишайников

Отдел	Тип	Класс	Группа	Число видов	Процент от общего числа видов
Эндогенные (En)	Плагитропные (Pl)	Накипные (Ct)	Эндоталломные (El)	17,0	13,0
Эпигенные (Ep)	Плагитропные (Pl)	Накипные (Ct)	Однообразно-накипные (Cr)	47,0	35,8
			Диморфные (Dm)	4,0	3,1
			Чешуйчатые (Sq)	1,0	0,8
		Листоватые (Fl)	Широколопастные ризоидальные (Ll)	6,0	4,6
			Расчленнолопастные ризоидальные (Sl)	30,0	22,9
			Вздутолопастные неризоидальные (Cl)	2,0	1,5
	Плагии-ортотропные (Pl-Or)	Бородавчато-или чешуйчато-кустистые (Sqf)	Шило- или сцифовидные (Sc)	9,0	6,8
			Кустисто-разветвленные (Fr)	4,0	3,1
	Ортотропные (Or)	Кустистые (Fc)	Кустистые прямостоячие (Fe)	1,0	0,8
			Кустистые повисающие (Fp)	10,0	7,6

ОТДЕЛ Б ЭПИГЕННЫЕ (Ep) – 114 видов или 87,0%.

ТИП I ПЛАГИОТРОПНЫЕ (Pl) – 90 видов или 68,7%.

КЛАСС 1 НАКИПНЫЕ (Ct) – 52 вида или 39,7%.

**1 Группа однообразно-накипных жизненных форм (Cr)** – 47 видов или 35,8%.

1.1 Лепрозная подгруппа объединяет 5 видов: *Chaenotheca stemonea*, *Lepraria elobata*, *L. finkii*, *L. incana*, *L. vouauxii*.

1.2 Зернисто-бородавчатая подгруппа включает в себя 33 вида лишайников: *Athalia pyracea* s. lat., *Caloplaca cerina*, *Candelariella aurella*, *C. vitillina*, *C. xanthostigma*, *Catillaria croatica*, *Chaenotheca ferruginea*, *C. furfuracea*, *C. phaeocephala*, *C. trichialis*, *Cyphelium notarisii*, *Lecania cyrtellina*, *Lecanora allophana*, *L. carpineae*, *L. compallens*, *L. filamentosa*, *L. populicola*, *L. pulicaris*, *L. thysanophora*, *Lecidella elaeochroma*, *L. euphorea*, *Micarea denigrata*, *Myriolecis crenulata*, *M. dispersa*, *M. hagenii*, *Placynthiella dasaea*, *P. icmalea*, *P. uliginosa*, *Psilolechia lucida*, *Pycnora sorophora*, *Rinodina pyrina*, *Trapeliopsis granulosa*, *T. flexuosa*.

1.3 Плотнокорковая подгруппа включает 9 видов: *Acrocordia gemmata*, *Alyxoria varia*, *Amandinea punctata*, *Arthonia atra*, *Arthothelium ruanum*, *Buellia griseovirens*, *Graphis scripta*, *Phlyctis argena*, *Sarea difformis*.

**2 Группа диморфных жизненных форм (Dm)** – 4 вида или 3,1%.

2.1 Радиальная подгруппа включает всего 2 вида: *Lepra albescens*, *L. amara*.

2.2 Розеточная подгруппа представлена 2 видами: *Calogaya pusilla* и *Rusavskia elegans*.

**3 Группа чешуйчатых жизненных форм (Sq)** – 1 вид или 0,8%.

3.1 Однообразно-чешуйчатая подгруппа включает в себя 1 вид *Hypocenomyce scalaris*.

КЛАСС 2. ЛИСТОВАТЫЕ (Fl) – 38 видов или 29,0%.

**1 Группа широколопастных ризоидальных жизненных форм (Ll)** – 6 видов или 4,6%.

Объединяет 6 видов лишайников рода *Peltigera* – *P. canina*, *P. didactyla*, *P. hymenina*, *P. malacea*, *P. praetextata*, *P. rufescens*.

**2 Группа рассеченнолопастных ризоидальных жизненных форм (Sl)** – 30 видов или 22,9%.

Объединяет следующие виды лишайников: *Cetrelia olivetorum*, *Flavoparmelia caperata*, *Imshaugia aleurites*, *Melanelixia glabrata*, *M. subargentifera*, *M. subaurifera*, *Melanohalea exasperatula*, *M. olivacea*, *Parmelia sulcata*, *Parmelina tiliacea*, *Parmeliopsis ambigua*, *Phaeophyscia ciliata*, *P. endophoenicea*, *P. nigricans*, *P. orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. aipolia*, *P. dubia*, *P. stellaris*, *P. tenella*, *Physconia detersa*, *P. distorta*, *P. enteroxantha*, *P. grisea*, *Platismatia glauca*, *Pleurosticta acetabulum*, *Polycauliona candelaria*, *P. polycarpa*, *Vulpicida pinastri*, *Xanthoria parietina*.

**3 Группа вздутолопастных неризоидальных жизненных форм (Cl)** – включает 2 вида (1,5%): *Hypogymnia physodes*, *H. tubulosa*.

ТИП II. ПЛАГИО-ОРТОТРОПНЫЕ (Pl-Or) – 13 видов или 9,9%.

КЛАСС 1. БОРОДАВЧАТО- ИЛИ ЧЕШУЙЧАТО-КУСТИСТЫЕ (Sqf) – 13 видов или 9,9%.

**1 Группа шило- или сцифовидных жизненных форм (Sc)** – 9 видов или 6,8%.

Включает представителей рода *Cladonia* с шиловидными (*C. botrytis*, *C. coniocraea*, *C. macilenta*, *C. rei*, *C. subulata*) или сцифовидными (*C. cenotea*, *C. chlorophaea*, *C. fimbriata*, *C. terochlorophaea*) подоцениями.

**2 Группа кустисто разветвленных жизненных форм (Fr)** – 4 вида или 3,1%.

Объединяет 3 представителей рода *Cladonia* (*C. arbuscula*, *C. furcata* ssp. *subrsangiformis*, *C. mitis*, *C. rangiferina*).

ТИП III ОРТОТРОПНЫЕ (Or) – 11 видов или 8,4%.

КЛАСС 1 КУСТИСТЫЕ (Fc) – 11 видов или 8,4%.

**1. Группа кустистых прямостоячих жизненных форм (Fe)** – 1 вид или 0,8%.

1.1. Плосколопастная подгруппа включает вид *Cetraria islandica*.

**2 Группа кустистых повисающих жизненных форм (Fr) – 10 видов или 7,6%.**

2.1 Плоскостолопастная подгруппа включает в себя следующие виды лишайников: *Anaptychia ciliaris*, *Evernia mesomorpha*, *E. prunastri*, *Pseudevernia furfuracea*, *Ramalina farinacea*, *R. fraxinea*, *R. pollinaria*.

2.2 Радиальнолопастная подгруппа включает в себя представителей рода *Usnea*: *U. hirta*, *U. subfloridana*, *U. wasmuthii*).

#### Список литературы

1. Бязров, Л.Г. Лишайниковые синузии и структура биогеоценоза / Л.Г. Бязров // Журн. общей биологии. – 1990. – Т.51. - № 5. – С. 632-641.
2. Голубкова, Н. С. Анализ флоры лишайников Монголии / Н. С. Голубкова. – Ленинград: Наука, 1983. – 248 с.
3. Голубкова, Н. С. Жизненные формы лишайников и лишеносинузии / Н. С. Голубкова, Л. Г. Бязров // Ботанический журнал. – 1989. – Т. 74. – № 6. – С. 794–805.
4. Определитель лишайников СССР. Вып. 2. Морфология, систематика и географическое распространение. – Ленинград: Наука, 1974. – 281 с.
5. Esslinger, T.L. A cumulative checklist for the lichen-forming, lichenicolous and allied fungi of the continental United States and Canada, Version 21 / T.L. Esslinger // Opuscula Philolichenum. – 2016. – Vol. 15. – P. 136–390.
6. Orange, A. Microchemical methods for the identification of lichens. London / A. Orange, P.W. James, F.J. White. – London: British Lichen Society, 2001. – 101 p.

## К ОЦЕНКЕ ОБИЛИЯ РАСТЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ *VACCINIUM VITIS-IDAEA*)

А.И. Садковская<sup>1</sup>, О.В. Созинов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Беларусь, Гродно, a\_sadkovskaya@list.ru

<sup>2</sup>Беларусь, Гродно, ledum@list.ru

Проведено сравнение результативности методик оценки проективного покрытия *Vaccinium vitis-idaea* (брусника) в сосняках мшистых заказника «Гродненская Пуца». Выявлены достоверные различия ( $p > 0,05$ ) между программным определением проективного покрытия и глазомерным определением в полевых условиях, которые связаны с окружением учетной площадки. При мониторинговых исследованиях рекомендуем пользоваться методом уколов (фототочек).

Сосновые леса – основная лесная формация, занимающая более 50% лесопокрытой площади Беларуси [4, 6], в состав живого напочвенного покрова которых входит значительное количество лекарственных растений, включая и *Vaccinium vitis-idaea* (брусника). Дикорастущие ягодники используются как дополнительный источник питания и витаминов, и лекарственных препаратов [5]. Основным количественным показателем лекарственных растений является урожайность [1], которая у *V. vitis-idaea* может быть выявлена методикой проективного покрытия. В настоящее время существует несколько вариантов оценки проективного покрытия (ПП): глазомерное в поле, глазомерное по фотоснимкам, методом уколов (фототочек) на фотоснимке [3].

Целью работы является сравнительный анализ основных методик оценки ПП *V. vitis-idaea* в сосняках мшистых республиканского ландшафтного заказника «Гродненская Пуца».

Исследования проводили в конце июня – начале июля 2018 года на территории заказника «Гродненская Пуца» (Августовское лесничество Гродненского лесхоза, УТМ: 34UFE<sub>3</sub>). В пределах 23 пробных площадей [3] на малых учетных площадках (УП, 30x30 см, n=20 в каждой) оценивали ПП *V. vitis-idaea* с помощью 3 подходов: методика фототочек на фотоснимках (фотоплощадки) ( $\sum_n=460$ ), методика глазомерной оценки обилия в поле (классический подход) ( $\sum_n=460$ ) и методика глазомерной оценки ПП на фотоизображениях УП (фотоплощадки) ( $\sum_n=460$ ) [2].

Существует достаточно большое количество методов определения ПП растений, особенности которых часто в методических указаниях недостаточно раскрыты, поэтому сравнение полученных геоботанических и ресурсоведческих данных разных авторов могут быть не

всегда корректными. Особенностью метода глазомерного определения ПП в полевых условиях является расположение тела и головы человека: тело находится в вертикальном состоянии, а голова слегка наклонена вниз (рисунок 1) и взгляд вертикален вниз, но не перпендикулярен учетной площадке.

При определении ПП вида растения с монитора компьютера по фотографии УП (рисунок 2) с растительным окружением – особенностью является визуальная двойная рамка: рамка монитора и рамка учетной площадки, при этом исследователь находится в сидячем положении, а взгляд горизонтален УП и перпендикулярен монитору (рисунок 2). Все эти факторы, несомненно, влияют на результативность, устойчивость и точность глазомерной оценки обилия исследователем, что является основанием для специальных исследований на стыке психологии, нейрофизиологии, нейрохимии и геоботаники.

Методика фототочек, более объективна и в меньшей степени зависит от субъективного фактора. Данная методика, в нашем случае, основана на использовании программы ImageJ. Для этого учетные микроплощадки фотографировали (=фотоплощадки) с помощью цифрового фотоаппарата на высоте 0,4 – 0,5 м с горизонтальной проекцией к почве (по рамке УП обрезали фото). В программе ImageJ на фотоизображении площадки автоматически формируется 100 точек. Далее необходимо найти точки, которые находятся на поверхности листьев и стеблей *V. vitis-idaea* (пример модельного вида) и курсором с помощью манипулятора-мышью отметить точку. После завершения операции выбора точек с *V. vitis-idaea* (уколов), программа подсчитывает заполненные точки, сумма которых и является ПП изучаемого вида растения (в нашем случае, *V. vitis-idaea* на фотоплощадке) [2]. Данная методика не является универсальной и больше подходит для невысоких (до 0,5 м) растений с горизонтальным или близким к нему расположением листьев.



А



Б

Рисунок 1 – Определение проективного покрытия на учетных площадках в полевых условиях (А) и с использованием компьютера (Б)

Анализ полученных данных показал, что результаты *определения ПП в поле* достоверно отличается от всех вариантов глазомерной оценки обилия на экране монитора.



Рисунок 2 – Фотоизображения для определения проективного покрытия А – полное фото с окружением, Б – обрезанное фото (только площадка)

Оценке обилия вида на компьютере, в отличие от полевого определения ПП, характерны максимальные отрицательная и положительная разница ( $\Delta$ ) измерений проективного покрытия, что нами объясняется более широким полем зрения на живой напочвенный покров при снятии проективного покрытия в природных условиях (таблица). «Живое» окружением вокруг учетной площадки, также, на наш взгляд, также является фактором различия между определенным ПП в необрезанных и обрезанных по рамке фотоплощадках.

Сравнение результативности методик определения ПП *V. vitis-idaea* показало, что *данные ПП по фототочкам* достоверно не отличаются от данных глазомерного определения ПП с монитора компьютера (таблица), что позволяет рекомендовать программу ImageJ к использованию на фотоплощадках методом уколов (100 фототочек), как более объективную и в меньшей степени зависящую от психофизиологического состояния исследователя и погоды.

Таблица 1 – Результативность оценки проективного покрытия брусники различными методиками

Обилие		ПП ImageJ, %	Полевое ПП, %		ПП глазомерное с целого фото, %		ПП глазомерное с обрезанного фото, %	
ПП в ImageJ, %	параметр	значения параметра	t	p	t	p	t	p
		–	<b>-9,71</b>	<b>0,00</b>	1,13	0,26	-1,70	0,09
Полевое ПП, %	$\Delta-$	-3	–		<b>-9,49</b>	<b>0,00</b>	<b>-13,03</b>	<b>0,00</b>
	$\Delta+$	<b>24</b>						
	$\Delta\text{max-min}$	29						
ПП глазомерное с целого фото, %	$\Delta-$	-9	-19		–		<b>-3,09</b>	<b>0,002</b>
	$\Delta+$	14	<b>3</b>					
	$\Delta\text{max-min}$	25	24					
ПП глазомерное с обрезанного фото, %	$\Delta-$	-16	-21		-20		–	
	$\Delta+$	11	<b>3</b>		<b>11</b>			
	$\Delta\text{max-min}$	29	26		32			

Примечания:

1. Над ячейками с прочерком значения t-критерия и достоверности (уровень p), под ячейками с прочерком значения различий проективных покрытий;
2.  $\Delta-$  – различия отрицательных значений между проективным покрытием;
3.  $\Delta+$  – различия положительных значений между проективным покрытием;
4. max-min – различия между максимальным и минимальным значением проективного покрытия;
5. ПП – проективное покрытие, %

Таким образом, для получения более точных значений ПП растений с меньшей зависимостью результатов оценки от психофизиологического состояния исследователя, рекоменду-

ется использовать методику фототочек на фотоплощадках. Особенно это важно при многолетних мониторинговых популяционных исследованиях на постоянных пробных площадях, которые ведутся различными исследователями. При маршрутных работах на временных пробных площадях оптимально использовать глазомерную оценку ПП, которое в среднем различается от ПП полученного с использованием фототочек  $\pm 10\%$ , то есть в пределах допустимой ошибки.

#### Список литературы

1. Буданцев А.Л. Ресурсоведение лекарственных растений: Методическое пособие к производственной практике для студентов фармацевтического факультета / А.Л. Буданцев, Н.П. Харитонов; под ред. Г.П. Яковлева. – СПб.: СПФА, 1999. – 87 с.
2. Бузук Г.Н. Методы учета проективного покрытия растений: сравнительная оценка с использованием фотоплощадок / Г.Н. Бузук, О.В. Созинов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 5(5). – С. 1644–1649.
3. Ипатов В. С. Описание фитоценоза: Методические рекомендации / В.С. Ипатов, Д.М. Мирин. – СПб., 2008. – 71 с.
4. Ловчий Н.Ф. Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Поозерья / Н. Ф. Ловчий, А.В. Пучило, В.Д. Гучевич. – Минск: Беларуская навука, 2009. – 194 с.
5. 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.
6. Юркевич И.Д. Сосновые леса Белоруссии: типы, ассоциации, продуктивность / И.Д. Юркевич, Н.Ф. Ловчий. – Минск: Наука и техника, 1984. – 176 с.

## КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ САЛАТА ЛИСТОВОГО, ВЫРАЩИВАЕМОГО НА СУБСТРАТАХ С ДОБАВЛЕНИЕМ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТРЕПЕЛА

Н. И. Величко, Е.В. Минчук

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»,  
220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Беларусь, e-mail: goroshko.natasha3@gmail.com

*Изучено влияние органо-минеральных удобрений на основе трепела на продуктивность и качество растений салата листового. На основании полученных данных выявлено, что удобрения на основе трепела способствуют снижению содержания нитратов в листьях салата на 49%, а также увеличению содержания витамина С и антоцианов на 34% и 55% соответственно по сравнению с содержанием в растениях, выращиваемых с добавлением удобрений в виде минеральных солей с аналогичной дозой основных элементов питания.*

При выращивании растений, которые употребляются в пищу в сыром виде, например, зеленых культур большое значение приобретает применение экологически безопасных средств защиты растений и удобрений. Корнеобитаемая среда должна обеспечивать дружность (одновременность) всходов, максимально быстрые темпы увеличения вегетативной массы, способствовать накоплению важных для здоровья человека вторичных соединений при коротком периоде вегетации и длительному хранению продукции на корню в фазе хозяйственной годности. При этом минеральное питание растений рассматривают как один из важных и легко контролируемых факторов среды.

Известно, что дефицит кремния, как питательного элемента, резко снижает естественный иммунитет растений. Это приводит к снижению их продуктивности и необходимости увеличения доз пестицидов, что отрицательно влияет на качество продукции и экологию среды [1].

Перспективным источником кремния и отдельных микроэлементов может служить природный минерал – трепел месторождения «Стальное» Хотимского района Могилевской области, обладающий, кроме того, сорбционными и ионообменными свойствами. В Инсти-



туте экспериментальной ботаники НАН Беларуси, совместно с Институтом микробиологии НАН Беларуси и Центральным ботаническим садом НАН Беларуси, при поддержке ОДО «Трепел-М» разработана технология получения и применения отечественных бактеризованных гранулированных удобрений (ТУ 100029064.008-2018, свидетельство о госрегистрации № 3786 от 22.12.2018) [2].

Использование органо-минеральных удобрений на основе трепела, имеет важное значение, так как они могут способствовать восстановлению природного баланса питательных элементов в системе почва-растение, снижению скорости деградационных процессов и получению стабильных урожаев высокого качества.

Целью работы являлось изучение продуктивности и пищевой ценности салата листового, выращиваемого на субстратах с добавлением гранулированных органо-минеральных удобрений на основе трепела.

Объектом исследования служили растения салата листового (*Lactuca sativa* L.) сорта «Американский коричневый». Семена высевали в емкости объемом 250 мл, заполненные почвогрунтом на основе верхового торфа торговой марки Двина ТУ РБ 100219992.326-2004 с дополнительным внесением удобрений в виде минеральных солей (N 0,21 г/л; P 0,21 г/л; K 0,24 г/л) или гранулированных органо-минеральных удобрений ТУ ВУ 100029064.008-2018 марка Б (производитель ОДО «Трепел-М») в дозе 3 г/л (N 0,21 г/л; P 0,21 г/л; K 0,24 г/л). Повторность опыта 3-х кратная, количество растений в варианте – 15 штук. Растения выращивали до наступления технической спелости при освещенности 13-15 тыс. люкс и продолжительности освещения 14 часов.

Эффективность внесения органо-минеральных удобрений оценивали по изменению биомассы надземной части растения и основных показателей качества продукции: содержание сухого вещества, нитратов, каротина А, антоцианов, водорастворимых углеводов, витаминов С и В<sub>2</sub>.

Установлено, что сырая и сухая биомасса растений были практически одинаковыми, как при выращивании растений салата листового на субстратах с добавлением минеральных солей, так и гранул органо-минерального удобрения. Содержание нитратов в листьях опытных растениях снизилось на 49% по сравнению с их содержанием в растениях, выращиваемых на субстратах с удобрениями в виде минеральных солей. Содержание водорастворимых углеводов, витамина В<sub>2</sub> и каротина не изменялось в варианте применения органо-минеральных удобрений в сравнении с контрольным вариантом, однако зарегистрировано значительное увеличение содержания витамина С на 34% и антоцианов на 55% соответственно.

Таким образом, на основании полученных данных выявлено, что органо-минеральные удобрения на основе трепела способствуют снижению содержания нитратов в листьях салата на 49%, а также значительному увеличению содержания витамина С и антоцианов на 34% и 55% соответственно по сравнению с содержанием в растениях, выращиваемых на субстратах добавлением удобрений в виде минеральных солей с аналогичной дозой основных элементов питания.

#### Список литературы

1. Matychenkov V.V. On mobile forms of silicon in plants / V.V. Matychenkov, Bocharnikova E.A. et al. // Reports of the RAS.– 2008. – N 418 (2). – P. 279–281.
2. Калацкая, Ж.Н. Бактериализованные удобрения для цветочно-декоративных растений / Ж.Н. Калацкая, Н.А. Ламан, А.Г. Шутова, С.Н. Шиш, Э.И. Коломиец, М.Н. Мандрик-Литвинкович // Наука и инновации. – 2019. – №3. – С. 17–21.

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА  
ФУРОКУМАРИНОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В СЕКРЕТОРНЫХ СТРУКТУРАХ  
ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ БОРЩЕВИКА СИБИРСКОГО (*HERACLEUM  
SIBIRICUM L.*) И БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI  
MANDEN.*)**

А.В. Усик

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ  
В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»,  
220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Беларусь, e-mail: jalja-93@mail.ru

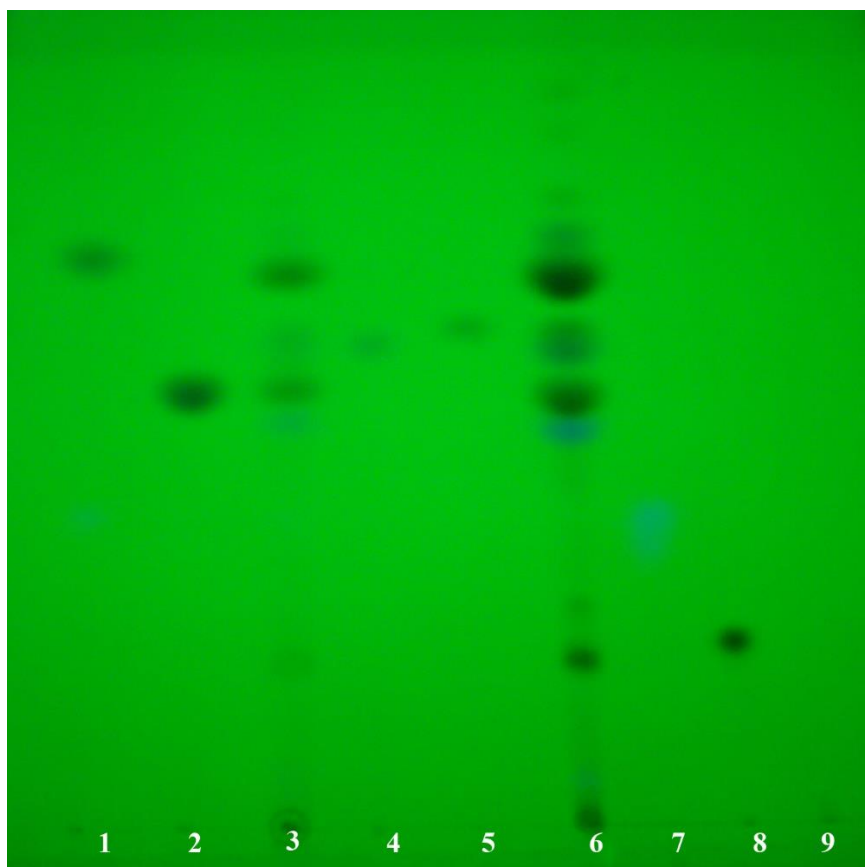
*В тезисах представлены результаты сравнительного исследования кумариновых соединений в подземных органах борщевика сибирского (*Heracleum sibiricum L.*) и борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi Manden.*). Хроматографическое разделение содержимого секреторных структур показало наличие в нем четырех веществ фурукумариновой природы: ангелицина, бергаптена, ксантотоксина и псоралена.*

Растения накапливают вещества разной химической природы в специализированных секреторных структурах, которые располагаются как на поверхности, так и непосредственно в тканях и органах. Огромный интерес представляют растения, накапливающие соединения кумаринового ряда, которые могут не только вызывать ожоги на коже человека под воздействием УФ-света, оказывая тем самым фотосенсибилизирующее действие [1, 2], но и проявлять противоопухолевую [3, 4] и антиоксидантную активность [5], что позволяет применять их для лечения многих заболеваний [6–8].

В секреторных структурах растений семейства Зонтичные происходит накопление веществ кумариновой природы. Представителями данного семейства являются аборигенный вид – борщевик сибирский и интродуцированный вид – борщевик Сосновского. Накопление веществ кумаринового ряда в растениях происходит как в экзогенных структурах – трихомах на поверхности растения, так и в эндогенных – секреторных вместилищах в стеблекорнях.

Для идентификации накапливаемых в эндогенных секреторных структурах веществ использовали тонкослойную хроматографию (ТСХ) на силикагелевых пластинах СНМLab (Испания) с алюминиевой подложкой, толщиной слоя силикагеля 0,2 мм и флуоресцентным индикатором. В качестве стандартов использовали кумарины умбеллиферон, эскулетин, скополетин и фурукумарины ангелицин, ксантотоксин, бергаптен, императорин. Подвижная фаза петролейный эфир:этилацетат:бензол в соотношении 2:1:0,5.

Сравнительная хроматограмма секреторных вместилищ стеблекорней двух видов борщевика показала, наличие 6 веществ кумариновой природы ( $R_f=0,18; 0,38;0,45;0,49; 0,54; 0,64$ ) в стеблекорнях борщевика сибирского и 9 веществ кумариновой природы в стеблекорнях борщевика Сосновского ( $R_f=0,18;0,23;0,38;0,45;0,49;0,54;0,64;0,67;0,71$ ). Как в интродуцированном, так и в аборигенном видах присутствуют ангелицин ( $R_f=0,64$ ), ксантотоксин ( $R_f=0,45$ ), и бергаптен ( $R_f=0,49$ ), императорин ( $R_f=0,54$ ) (рисунок 1).



**Рисунок 1 - Тонкослойная хроматограмма стеблекорней борщевика сибирского и борщевика Сосновского:** 1 – ангелицин, 2 – ксантотоксин, 3 – экстракт стеблекорня борщевика сибирского, 4 – бергаптен, 5 – императорин, 6 – экстракт стеблекорня борщевика Сосновского, 7 – умбеллиферон, 8 – скополетин, 9 – эскулетин

Кумарины – эскулетин, скополетин и умбеллиферон - в экстрактах обнаружены не были. Количественное определение содержания фурукумаринов не проводилось, однако стоит отметить различия в интенсивности окраски пятен в экстрактах при нанесении на пластину. Наиболее интенсивная окраска замечена для экстракта стеблекорня борщевика Сосновского, что косвенно указывает на высокое содержание веществ кумариновой природы по сравнению со стеблекорнем борщевика сибирского.

#### Список литературы

1. Клепов, И. Д. Пузыристые дерматиты от лугового растения борщевика / И. Д. Клепов // Вестн. дерматол. и венерол. – 1960. – Т. 3. – С. 55–56.
2. Kasperkiewicz, K. Sunscreening and photosensitizing properties of coumarins and their derivatives / K. Kasperkiewicz, A. Erkiert-Polguj, E. Budzisz // Lett. Drug Design Discovery. – 2016. – Vol. 13, N 5. – P. 465–474. <https://doi.org/10.2174/1570180812666150901222106>
3. Emami, S. Current developments of coumarin-based anti-cancer agents in medicinal chemistry / S. Emami, S. Dadashpour // Eur. J. Med. Chem. – 2015. – Vol. 102. – P. 611–630. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.08.033>
4. Recent developments of C-4 substituted coumarin derivatives as anticancer agents / J. Dandriyal [et al.] // Eur. J. Med. Chem. – 2016. – Vol. 119. – P. 141–168. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2016.03.087>
5. Antioxidant activity of coumarins / Y. Al-Majedy [et al.] // System. Rev. Pharm. – 2017. – Vol. 8, N 1. – P. 24–30. <https://doi.org/10.5530/srp.2017.1.6>
6. Recent developments of coumarin-containing derivatives and their anti-tubercular activity / Y. Q. Hu [et al.] // Eur. J. Med. Chem. – 2017. – Vol. 136. – P. 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.05.004>
7. Coumarin derivatives as monoamine oxidase B inhibitors with antiparkinsonian like properties / P. Olaya [et al.] // FarmaJournal. – 2019. – Vol. 4, N 1. – P. 218.
8. Coumarin: A natural, privileged and versatile scaffold for bioactive compounds / A. Stefanachi [et al.] // Molecules. – 2018. – Vol. 23, N 2. – P. 250. <https://doi.org/10.3390/molecules23020250>

## МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ МХОВ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

А.К. Черкашина<sup>1</sup>, С.С. Кахоров<sup>2</sup>, Н.Р. Шафигуллина<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казанский (приволжский) федеральный университет; Казань, Россия, e-mail: [nastyacherkashina2016@gmail.com](mailto:nastyacherkashina2016@gmail.com)

<sup>2</sup>Казанский (приволжский) федеральный университет; Казань, Россия, e-mail: [sskaha93@bk.ru](mailto:sskaha93@bk.ru)

<sup>3</sup>Казанский (приволжский) федеральный университет; Казань, Россия, e-mail: [nadiashafigullina@gmail.com](mailto:nadiashafigullina@gmail.com)

*Исследованы морфометрические показатели 6 видов мхов. Наибольшей длиной побега, количеством листьев и количеством веточек обладает *Rhytidiadelphus triquetrus* Hedw. Самые крупные листья у *Dicranum polysetum* Sw. Наиболее плотные дерновинки у *Polytrichum strictum* Brid. и *Dicranum scorarium* Hedw. Для *Polytrichastrum longisetum* (Sw. ex Brid.) G.L.Sm. наблюдается отрицательная корреляция между длиной побега и плотностью дерновинок, количеством листьев и плотностью дерновинок, а для *Dicranum scorarium* – положительная. Виды достоверно различаются между собой по площади листа. Размеры листьев связаны с условиями микрорельефа.*

Мхи являются неотъемлемой частью фитоценозов умеренных широт, а в некоторых сообществах они играют роль доминантов и эдификаторов. Несмотря на очевидную значимость сообществ мхов в растительном покрове лесных экосистем, они остаются недостаточно изученными. Часто это связано с трудоемкостью исследований, так как мхи мельче других высших растений. Способность мхов адаптироваться к местным условиям часто является ключевой особенностью этих таксонов. Таким образом, ожидается, что во всех средах будут наблюдаться значительные различия в характеристиках жизненных признаков на уровне популяции [3]. По сравнению с сосудистыми растениями бриофиты, как правило, обнаруживают более низкую морфологическую изменчивость в больших пространственных масштабах. Однако морфометрический анализ становится все более обычным для интерпретации изменений бриофитов в регионах, где наблюдаются значительные фенотипические изменения в широком диапазоне распространения видов мхов [4]. Морфометрические показатели мхов могут оказаться важными для выяснения функциональной роли мхов в экосистеме.

Таким образом, цель данной работы — изучить изменчивость морфометрических показателей некоторых видов мхов и их зависимость от экологических факторов в хвойных лесах на примере Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ).

Место исследования - биосферный заповедник на территории России. Он располагается на левобережных террасах Волги на территории Зеленодольского района Республики Татарстан Российской Федерации. Материалом для анализа послужили 33 пробы лесных мхов, собранных на территории 41 и 42 кв. Раифского участка ВКГПБЗ в октябре 2018 и 2019 гг. Большинство площадок, закладывались в сосново-еловом лесу с дубом и березой, вблизи просек, где деревья росли разреженно, а моховой покров наиболее обилен. Пробы отбирались с помощью рамки 10\*10 см, накладываемой на дерновинку исследуемого вида. Выбранные дерновинки произрастали в различных условиях освещенности микрорельефа, субстрата.

Для исследования морфометрических параметров были выбраны следующие виды:

*Polytrichum juniperinum* Hedw. – вид, имеющий довольно высокие, рыхлые, сизовато-зеленые дерновинки. Стебель до 10 см высотой, с рыхлым бурым войлоком из ризоидов в основании. Обычно встречается на обнаженных, преимущественно песчаных почвах на вырубках и гарях, в сухих хвойных и лиственных лесах. *Polytrichum strictum* Brid. – вид, внешне похожий на *P. juniperinum.*, отличается лишь более мелкими листьями 5–7 мм длиной. Вид произрастает почти всегда на сфагновых болотах в холодных областях. *Polytrichastrum longisetum* (Sw. ex Brid.) G.L.Sm. - побеги крупные, темно-зелёные. Стебель 3-10 см длиной. Растёт на почвенных обнажениях под корнями упавших деревьев, на разложившихся пнях, обычно в относительно сырых, умеренно затененных местообитаниях, на богатой гумусом почве. *Dicranum polysetum* Sw. - дерновинки мягкие, рыхлые, зеленые или желтовато-

зеленые, слегка блестящие. Стебель до 15 см высотой, обычно простой, с густым беловатым или буроватым ризоидным войлоком. Встречается на лесной почве, гнилой древесине, пнях, валеже, покрытых почвой камнях и скалах. *Dicranum scoparium* Hedw. - дерновинки обычно рыхлые, от зеленых до буроватых, блестящие. Стебель 3-15 см высотой. Встречается на почве или на основаниях стволов, на гниющих пнях и стволах в лесах. *Rhytidiadelphus triquetrus* Hedw. - дерновинки крупные, широкие, рыхлые, от желто - до темно-зеленых. Стебель 10-20 см длиной, лежащий до прямостоячего, с ветвями разной длины. Встречается в тени на лесной почве, валеже, в основании деревьев [1].

Затем пробы высушивались в сушильном шкафу до прекращения испарения влаги.

Нами были изучены такие параметры, как: количество побегов (плотность побегов в дерновинке); длина, количество веточек и количество листьев для 5 побегов; площади 15 листьев в дерновинке. Для определения площади листа листья исследуемых видов отбирались с 5 побегов, по 3 листа с каждого побега. Листья помещались на предметное стекло. Фотографии были сделаны через окуляр стереомикроскопа. По полученным фотографиям измерялась площадь листа с помощью программы для анализа и обработки изображений – ImageJ. Программа позволяет анализировать, обрабатывать и редактировать изображения. [2]. Всего было обработано 570 листьев.

Статистическая обработка данных велась с использованием пакета tidyverse среды статистического анализа R [5].

В ходе исследования были сделаны следующие выводы:

Наибольшей длиной побега, количеством листьев и количеством веточек обладает бокоплодный мох *Rhytidiadelphus triquetrus*. Самые крупные листья у *Dicranum polysetum*. Наибольшее количество побегов в дерновинке у *Polytrichum strictum* и *Dicranum scoparium*.

Согласно парному тесту Вилкоксона, большинство видов достоверно различаются между собой по площади листа. Другие морфометрические признаки не являются видоспецифичными для верхоплодных мхов, например, по количеству веточек, количеству листьев достоверно отличается единственный представитель бокоплодных мхов *Rh. triquetrus*. а верхоплодные виды между собой достоверно не различаются.

Для *D. scoparium* наблюдается положительная корреляция между длиной побега и плотностью дерновинок, количеством листьев и плотностью дерновинок, а для *P. longisetum* – отрицательная, что позволяет предположить, что они относятся к разным функциональным группам.

У *Dicranum polysetum* и у *Polytrichum juniperium* наибольшая площадь листа наблюдается на склоновых участках микрорельефа.

К сожалению, нам не удалось собрать материал по всем сторонам экспозиции, но из представленных (северо-восточная, западная, восточная) видно, что и дикранум многожковый и политрихум можжевельниковый предпочитают западную и восточную экспозицию склона, а не северо-восточную. Экспозиция склона влияет на световое довольствие и распределение температур.

#### Список литературы

1. Плантариум: открытый онлайн атлас-определитель растений и лишайников России и сопредельных стран. 2007—2020. официальный сайт. – URL: <https://www.plantarium.ru/> (дата обращения: 30.07.2020).
2. Collins TJ. «ImageJ for microscopy»/ BioTechniques. — July 2007. — №43 (1Suppl). — p. 25—30.
3. Hedderson TA. Local adaptation in moss life histories: population-level variation and a reciprocal transplant experiment / Longton RE // Journal of Bryology. – 2008. – №30. – p.1– 11.
4. Pereira MR. Will the real Syrrhopodon leprieurii please stand up? The influence of topography and distance on phenotypic variation in a widespread Neotropical moss / Dambros CS, Zartman CE // Bryologist. – 2013. – №116. – p.58– 64.
5. The R Project for Statistical Computing: официальный сайт. – URL: <https://www.r-project.org/> (дата обращения: 30.07.2020).

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### НОВЫЕ НАХОДКИ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ

С.К. Бакей ..... 4

### ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАВЯНЫХ СООБЩЕСТВ, СФОРМИРОВАННЫХ ИНВАЗИОННЫМИ ВИДАМИ РАСТЕНИЙ, НА ТЕРРИТОРИИ БИОСФЕРНОГО РЕЗЕРВАТА «ПРИБУЖСКОЕ ПОЛЕСЬЕ»

Добыш К.В. .... 6

### ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА КАЛЛУСОГЕНЕЗ ТОМАТА *IN VITRO*

А. В. Французенок, Т. В. Никонович, Т. В. Кардис ..... 8

### НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЛЛЕЛОПАТИИ КРУШИНЫ ЛОМКОЙ

А.И. Кохановский, Е.Ю. Кохановская ..... 11

### ВЫЯВЛЕНИЕ ЛИПИДНЫХ РАФТОВ В МЕМБРАНАХ ХЛОРОПЛАСТОВ ПШЕНИЦЫ

И.С. Капустина, В.В. Гурина, В.А. Бобкова, В.Н. Нестеров, А.В. Поморцев, Е.В. Спиридонова ..... 13

### АДАПТАЦИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗНОЙ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ К ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ

А.С. Кедрук, О.Г. Соколовская-Сергиенко, Д.А. Киризий, О.О. Стасик ..... 15

### ВЛИЯНИЕ МЕТСУЛЬФУРОН-МЕТИЛА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

К.Р. Кем ..... 18

### ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ САДОВЫХ РОЗ В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ РОССИИ

К.В. Клемешова ..... 20

### ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ САХАРОЗЫ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ МИКРОПОБЕГОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ БЕРЕЗЫ

А.В. Константинов, Е.Н. Полевикова ..... 23

### АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ СЕМЯН *TRIBULUS TERRESTRIS* L.

О.В. Ковзунова ..... 31

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛЯЦИИ НАНОЧАСТИЦАМИ КРЕМНИЯ РОСТОВЫХ И ВОДООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ У ПШЕНИЦЫ

А.С. Курнушко, Т.Н. Куделина, О.В. Молчан ..... 33

### ОЦЕНКА ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ У ВИДОВ *NOSTOC*

Е.И. Мальцев, С.Ю. Мальцева ..... 35

ДЕЙСТВИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА УРОВЕНЬ СТРЕССА И ПЕРВИЧНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ( <i>PINUS SYLVESTRIS</i> )	
И.А. Машкин .....	37
ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОЛЛЕКЦИИ ТРОПИЧЕСКИХ И СУБТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ВИЛАР	
Н.Б. Меркулова.....	40
ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И АКТИВНОСТЬ ФЕНИЛАЛАНИНАММИАКЛИАЗЫ В РАСТЕНИЯХ СОИ ПРИ ПЛАЗМЕННО-РАДИОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН	
В.В. Минкова, К.М. Герасимович, Е.И. Рыбинская, Люшкевич В.А.....	42
МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛОКУСОВ, КОДИРУЮЩИХ PR-10 БЕЛКИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ	
Л.В. Можаровская.....	44
ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТОВ РАСТЕНИЙ СОИ	
А.В. Павлище, Д.А. Киризий, С.Я. Коць .....	47
САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ	
А.М. Потапенко, Н.И. Булко.....	49
БИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТРОДУЦЕНТОВ НА РАИФСКОМ УЧАСТКЕ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА	
Р.Р. Ризатдинов, М.Б. Фардеева .....	52
ВЛИЯНИЕ ЗАСУХИ НА НАКОПЛЕНИЕ ЗАПАСНЫХ УГЛЕВОДОВ В СТЕБЛЯХ РАЗНЫХ ПО ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ	
М. В. Тарасюк, О.В. Зборивская, Н. М. Махаринская, О.О. Стасик.....	54
ДИНАМИКА СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ КРУПНОГО ИСКУССТВЕННОГО ВОДОЕМА (НА ПРИМЕРЕ ВИЛЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)	
Р.В. Цвирко, С.Г. Русецкий, Д.Ю. Жилинский .....	57
<i>BOTRYCHIUM LUNARIA</i> (L.) SW – НОВЫЙ ВИД ДЛЯ ФЛОРЫ ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА	
Л.М. Турчин.....	60
ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНВАЗИВНОГО РАСТЕНИЯ <i>IMPATIENS GLANDULIFERA</i> ROYLE НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ	
М.П. Ясайте .....	61

ВЛИЯНИЕ 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА НАКОПЛЕНИЕ ФОТОПРОТЕКТОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ – АНТОЦИАНОВ, В ПРОРОСТКАХ ОЗИМОГО РАПСА	
А.В. Емельянова, Н.Г. Аверина .....	63
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕПОНИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТЕБЛЯ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ	
О.В. Зборивская, М.В. Тарасюк, Г.А. Прядкина, .....	66
О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ АГРОТЕХНИКИ СОЗДАНИЯ ПОЙМЕННЫХ ДУБРЯВ	
Ю.В. Зеленская .....	69
ВЛИЯНИЕ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ РАСТЕНИЙ РОДА НЕДОТРОГА ( <i>IMPATIENS L.</i> ) НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И РОСТ ПРОРОСТКОВ ТЕСТ-КУЛЬТУР	
Е.Н. Карасёва, В.Н. Прохоров .....	71
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕМЯН МАГНОЛИЙ	
А.М. Малевич, Т. В. Шпитальная .....	72
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КАРТОФЕЛЯ К ЗАСУХЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАСТЕНИЙ СМЕСЯМИ <i>BACILLUS SUBTILIS</i>	
Н.В. Балюк, К.М. Герасимович .....	74
СУЧАСНЫ СКЛАД І СТРУКТУРА ФЛОРИ ПУСТАЗЕЛЛЯ Ў МЕЖАХ РЭГІОНА ПРЫПЯЦКАЕ ПАЛЕССЕ	
А.М. М'ялік .....	77
ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ОГУРЦА КОНЬЮГАТАМИ ХИТОЗАНА С ОКСИКОРИЧНЫМИ КИСЛОТАМИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К СОЛЕВОМУ СТРЕССУ	
И.А. Овчинников, В.В. Минкова, Е.И. Рыбинская, А.Н. Красковский .....	80
БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛИШАЙНИКОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ БИОСТАНЦИИ	
А.В. Ропот .....	82
К ОЦЕНКЕ ОБИЛИЯ РАСТЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ <i>VACCINIUM VITIS-IDAEA</i> )	
А.И. Садковская, О.В. Созинов .....	85
КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ САЛАТА ЛИСТОВОГО, ВЫРАЩИВАЕМОГО НА СУБСТРАТАХ С ДОБАВЛЕНИЕМ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТРЕПЕЛА	
Н. И. Величко, Е.В. Минчук .....	88



СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА  
ФУРОКУМАРИНОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В СЕКРЕТОРНЫХ СТРУКТУРАХ  
ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ БОРЩЕВИКА СИБИРСКОГО (*HERACLEUM  
SIBIRICUM L.*) И БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI MANDEN.*)

А.В. Усик ..... 90

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ МХОВ ЛЕСНЫХ  
ФИТОЦЕНОЗОВ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

А.К. Черкашина, С.С. Кахоров, Н.Р. Шафигуллина ..... 92

*Научное издание*

# **Современные проблемы экспериментальной ботаники**

**Материалы II Международной научной конференции  
молодых ученых**

**(г. Минск, 28 сентября – 02 октября 2020 г.)**

Ответственный за выпуск *Е. С. Пате́й*  
Технический редактор *А. В. Бабков*

Подписано в печать 06.10.2020. Формат 60×90/8.  
Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 12,25. Уч.-изд. л. 7,7.  
Тираж 55 экз. Заказ 18789.

Выпущено по заказу  
Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники  
имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси».

Издатель и полиграфическое исполнение:  
общество с ограниченной ответственностью «Колорград».  
Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных  
изданий № 1/471 от 28.07.2015.

Пер. Велосипедный, 5-904, 220033, Минск.  
[www.сегмент.бел](http://www.сегмент.бел)