

ISSN 2221-9927

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

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

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

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

ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

«БЕЛОРУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ФИЗИОЛОГОВ РАСТЕНИЙ

БОТАНИКА

(ИССЛЕДОВАНИЯ)

Выпуск 49

Минск
«Колорград»
2020

Ботаника (исследования) : Сборник научных трудов. Выпуск 49 / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2020. – 424 с.
ISSN 2221-9927.

В сборнике представлены оригинальные научные статьи белорусских ученых из ведущих научно-исследовательских учреждений Национальной академии наук и ВУЗов Беларуси, содержащие результаты экспериментальных исследований, теоретических и практических разработок в широком спектре направлений ботанической науки, физиологии и экологии растений.

Публикуемые в сборнике научные статьи рецензируются ведущими специалистами в области ботаники, экологии, физиологии и биохимии растений.

Редакционная коллегия:

акад. НАН Беларуси, проф. Н. А. Ламан
акад. НАН Беларуси, проф. В. И. Парфенов
д. б. н., проф. Н. Г. Аверина
к. б. н. Д. Г. Груммо
д. б. н., проф. В. В. Карпук
к. б. н. Н. А. Копылова
д. б. н. Г. Ф. Рыковский
д. б. н. В. Н. Прохоров
к. б. н. А. В. Пугачевский
д. б. н. В. В. Сарнацкий

Научные редакторы:

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

Ответственный секретарь

к. б. н. Т. А. Будкевич

ISSN 2221-9927

© ГНУ «Институт экспериментальной ботаники
им. В. Ф. Купревича», 2020
© Оформление. ООО «Колорград», 2020

220072, г. Минск, ул. Академическая, 27,
Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси.
Факс +375 (17) 322-18-53, e-mail: nan-botany@yandex.by

Г. Ф. РЫКОВСКИЙ

К ПРОБЛЕМЕ ГЕНЕЗИСА СЕКЦИЙ СФАГНОВЫХ МХОВ

Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича

НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Сфагновые мхи (класс *Sphagnopsida* отдела *Bryophyta*) по способу формирования спорогенной ткани подобно антоцеротовым (*Anthocerotophyta*) из амфитеция эмбриона восходят согласно нашей концептуальной модели [1,2] к первичным архегониатам – первообитателям суши. Их предковые формы перешли из карбоновых дендроценозов на открытые склоны гор с постоянным избыточным увлажнением атмосферными водами в условиях внетропического климата (высокие широты). Этот тип экстремальной экологической обстановки привел к диморфизму клеток листа и полной трансформации структуры гаметофора для обеспечения процесса фотосинтеза элементами минерального питания в условиях скудости их в атмосферных водах. Вновь возникшие водоносные совместно с хлорофиллоносными клетки листа расположились триадами. Первые обеспечивают вторые не только элементами минерального питания, но и выполняют для них светозащитную функцию [1]. Вместе с тем для сохранения жизнеспособности спорофит уклонился от прямого давления внешней среды (в условиях открытой экспозиции), формируясь под структурами гаметофора в результате полной редукции своей ножки и замещения ее образовавшейся специализированной веточкой гаметофора, выносящей зрелый спорофит над гаметофором. Параллельно у спорофита произошла специализация механизма вскрытия зрелой коробочки при сохранении устьичного аппарата в стенке коробочки и первичного способа образования спорогенной ткани из амфитеция. У остальных мхов и печеночников спорогенная ткань стала формироваться из эндотеция эмбриона, что более отвечает сложным условиям вневолной среды.

В классе *Sphagnopsida* выделяется 2 порядка, представленные каждый 1 семейством и 1 родом. Это одновидовой экзотический род *Ambuchanania* и многовидовой – *Sphagnum* L. Последний подразделяется на секции, которые, по нашему представлению, отражают полифилетическое его происхождение. Как известно, дифференциация видов преимущественно связана с расчленением популяции исходного вида на несколько изолированных друг от друга популяций. Они определяют свои экологические ниши и тем самым приобретают свой морфо-функциональный статус на базе исходного общего предка, удерживая в той или иной мере составляющие его генофонда. Первоначальная бедность мест произрастания сфагнов элементами минерального питания предопределила выраженную его олиготрофность и в этом аспекте отсутствие относительно этих

мхов конкуренции со стороны других растений. Однако параллельная адаптация из-за отсутствия покровной ткани (пойкилогидричность) привела к выработке при расселении сфагновых мхов биохимического барьера от воздействия агрессивных микроорганизмов и при этом к созданию среды препятствующей прессингу со стороны других растений и представителей фаунистического комплекса. При этом был освоен широкий спектр внутритропических экотопов болотного и облесенного в различной мере и по уровню влажности и трофности характера с выходом повторно на открытую экспозицию.. Вполне вероятно, что исходные предшественники сфагновых мхов относились к разным таксонам не только видового, но также родового и семейственного уровня бриевидного облика (acroкарпные формы), которые в однотипных экстремальных экотопах подверглись определенному схождению морфоструктуры единого в общем плане типа. Однако они могли в некоторой мере в рецессиве удержать прежний генофонд, что способно было сыграть некоторую роль в их последующей адаптации.

Материалы и методы исследования. При изучении мохообразных в настоящее время, к сожалению, почти не используется эколого-морфологический подход. Однако он имеет немаловажное значение, особенно при рассмотрении пойкилогидрических организмов среди растений. Это касается, в частности, такой специфической группы мохообразных как сфагновые мхи, сочетающей в своей организации вышеотмеченные высокую степень специализации гаметофора с некоторыми древними структурами спорофита. В вопросе генезиса сфагновых мхов мы базируемся на моделировании взаимоотношения хлороцист и водоносных (гиалиновых) клеток отстоящих веточных листьев их побегов с учетом гидрологического и трофического факторов экзогенной среды их произрастания. Исходный источниками эколого-морфологической информации относительно сфагновых мхов явились публикации [1, 3, 4].

Результаты и обсуждение. О полифилетическом происхождении сфагнов со всей очевидностью, хоть и косвенно, свидетельствует вторая волна сфагнизации, произошедшая в пермский период палеозоя, которой значительное внимание уделил, в частности, М.С. Игнатов [5]. Это “протосфагновые мхи”, которые по уклонению структуры листовых органов в сторону сфагнизации как бы моделируют данный процесс на этапе уже произошедшей дивергенции мхов класса *Bryopsida* на акрокарпные и производные от них плеврокарпные. Такая модель позволяет утверждать о более исторически раннем полифилетическом происхождении сфагнов. Это могли быть эпигейды гигрофитной группы пробриевых мхов прежде лесного генезиса из карбона, произраставшие, возможно, на постоянно избыточно увлажняемых атмосферными водами нижних склонах орогенных образований во внутритропической климатической обстановке. Из такого представления в известной мере следует, что выделяемый до настоящего времени род *Sphagnum* в классе *Sphagnopsida* в действительности может представлять серию родов, находящую отражение в секционном подразделении этого рода, обязанного определен-

ному схождению прежде различных признаков его предшественников. Более расширенно происхождение сфагновых мхов рассматривается нами в фундаментальной монографии о генезисе мохообразных (Рыковский, 2011). Следует отметить, что при широкой адаптивной радиации сфагнов в ходе их генезиса структурная трансформация организации этих мхов сводилась к таковой гаметофора при однообразии структуры спорофита как органа находящегося под протекцией родительского гаметофора.

На основе учета формы и расположения фотосинтезирующих клеток между водоносными на отстоящих ветвях сфагнов можно смоделировать, как отмечено выше, те экологические условия, которые привели к формированию отдельных секций рода *Sphagnum* L. и видов в их составе. Рассмотрим это, прежде всего, на примере, в частности, широко распространенных видов секций *Cuspidata* (Lindb.) Schlieph. и *Acutifolia* Wils, с альтернативным расположением хлорофиллоносных клеток на поперечном срезе веточного листа. В секции *Cuspidata* эти клетки расположены широкой стороной на наружной поверхности листа, что связано с постоянным избыточным увлажнением, когда нет угрозы высыхания данных клеток, что позволяет растению оптимизировать процесс фотосинтеза вследствие контакта с солнечным излучением через водную среду.

Вообще радикальная трансформация структуры гаметофора могла произойти на базе акрокарных мхов бриевого облика только при постоянном избыточном увлажнении за счет атмосферных вод в открытых для солнечной радиации экотопах. Именно в этой секции представлен такой вид, как *S. riparium*, который в тенистых лесах может проявлять клеточную номоморфность верхней части молодых листьев, а ниже происходит дифференциация этих фотосинтезирующих клеток на диморфные, обычные для листа сфагнов. Такое проявление следует рассматривать как реверсию клеточной структуры листа бриевидного предка сфагнов, т. е. некоторое «раскрепощение» рецессивного признака генофонда карбонового периода палеозоя. Характер расположения фотосинтезирующих клеток листа видов в данной секции представляет собой, можно сказать, древнейший способ формирования структуры сфагновых мхов как олиготрофных организмов. В этой секции представлены в основном низкотребовательные к минеральному питанию виды (олиго-мезотрофные гигро-гидрофиты, хотя имеются и гидрофитные формы). Однако такой вид как *S. angustifolium* адаптировался к менее влагообеспеченным местам произрастания (кочки и гряды верховых болот и повышения микрорельефа заболоченных (хвойных) лесов. Повышенной требовательностью к трофности эдафотопов при высокой влагообеспеченности характеризуется *S. obtusum*, у которого поры веточных листьев столь мелкие, что напоминают таковые у представителей секции *Subsecunda*, отличающихся также повышенной требовательностью к трофности мест произрастания.

Показательно в аспекте формирования видов данной секции образование бледно-зеленых до буроватых дерновин при полном отсутствии

красноватой пигментации. Это ассоциирует с постоянным избыточным увлажнением мест произрастания их исходных предков. В составе этой секции выделяется группа более сходных по структуре гаметофора видов – *S. fallax* (Klinggr.) Klinggr. emend Isov., *S. flexuosum* Dozy et Molk., *S. angustifolium* (Russ.) C. Jens., которые прежде в качестве разновидностей относились к одному виду. Из них последний наиболее уклонился в сторону мезофитизации, произрастая на повышенных элементах микро- и мезорельефа как открытых верховых болот, так и заболоченных хвойных лесов. Такой вид, как *S. balticum* (Russ.) C. Jens, на юге Беларуси утрачивает свои дифференциальные признаки и переходит в выше указанную группу видов. Что касается *S. cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm. и *S. majus* (Russ.) C. Jens., у которых на поперечном срезе веточных листьев хлорофиллоносные клетки трапециевидные, то это наиболее гидрофильные среди сфагнумов виды, приуроченные к мочажинам верховых болот или выступают в качестве гидрофитов топей таких болот. Еще один гидрофильный мох – *S. jensenii* – с несколько большей требовательностью к тропности, характеризуюсь вместе с тем треугольными хлорофиллоносными клетками на поперечном срезе веточного листа. Возможно, это связано с большей древностью данного вида, а *S. cuspidatum* и *S. majus* – производные, адаптированные к высоко обводненным экотонам олиготрофных болот. По всей вероятности, двусторонний прямой контакт с водной средой верховых болот более выгоден для функционирования данных сфагнов, чем односторонний. Это – следствие замещения экологических факторов.

Секция *Acutifolia*, согласно эколого-морфологическому подходу в историческом аспекте, может быть отнесена к производной через некое промежуточное звено от секции *Cuspidata*. По экологии представители данной секции сформировались предположительно вследствие продвижения и адаптации в экотопах с менее влагообеспеченным и варьирующим водным режимом как довольно открытых, так и облесенных заболоченных территорий. При этом во избежание иссушения при несколько пониженном световом довольствии хлорофиллоносные клетки открылись широкой стороной треугольника на поперечном срезе веточного листа на его внутренней поверхности. При раннем переходе в открытые места добавочную гарантию в сохранение ряда представителей этой секции составила окраска дерновинок в красноватые или ржаво-бурые тона, но в тенистых местах данный признак не проявляется. При этом те виды, которые изначально адаптировались к тенистым условиям вообще не приобрели способности к красноватой окраске дерновинок. Таковы, например, *S. fimbriatum* Wils., *S. girgensohnii* Russ., *S. molle* Sull.

К наиболее продвинутому в структурной организации гаметофора следует отнести представителей секции *Sphagnum*. Они выделяются по эластичности строения вследствие наличия в клетках гиалодермиса стебля и ветвей спиральных волокон. У них к тому же крупные, сильно вогнутые веточные листья с загнутыми от основания до верхушки бо-

ковыми краями. Все это придает данным растениям повышенную прочность и устойчивость при временной утрате влаги и вместе с тем способствует ее удержанию. Это - явно производный тип организации, предназначенный для сохранения функционирования в условиях варьирования влагообеспечения. Виды данной секции образуют определенный спектр по характеру расположения хлорофиллоносных клеток между гиалиновыми веточных листовых органов. Из представителей секции наиболее распространен такой вид как *S. magellanicum* Brid. У него фотосинтезирующие клетки наиболее защищены глубокой сомкнутостью между водоносными. При открытой экспозиции и неустойчивой влагообеспеченности его дерновины приобретают пурпурнофиолетовую или красноватую окраску. В затененных местах произрастания (лесные сообщества) или при постоянном насыщении влагой побегов до их верхушек (при открытой экспозиции - сизо-зеленые или зеленых). Такая двоякая защита обеспечила широкое его расселение данного вида с образованием крупных дерновин на верховых болотах, а также в заболоченных хвойных лесах. Остальные виды в составе секции относительно менее распространены и играют меньшую роль в растительном покрове, но все они избегают олиготрофных мест произрастания. При этом у *S. centrale* C.Jens, и *S. papillosum* C.Jens, сохраняется расположение фотосинтезирующих клеток, как и у *S. magellanicum*, между гиалиновыми и веретенovidная форма, но вследствие значительного утолщения стенок они выходят ими на обе поверхности листа у *S. centrale*, а у *S. papillosum* и без утолщения стенок – на обе поверхности или только на внутреннюю на фоне повышенной трофности с образованием при необходимости прилегающими стенками гиалиновых клеток светоотражающих папилл. Хотя в отличие от *S. papillosum* такие мхи, как *S. centrale* и *S. palustre* L., произрастают при большей трофности, но свой аспект здесь вносит и характер экспозиции относительно особенностей морфологии хлорофиллоносных клеток. Предположительно *S. centrale* формировался на довольно открытых сырых местах, а *S. palustre* – в сырых лесных ценозах. В такой связи у последнего хлорофиллоносные клетки веточных листьев открыты на обеих их сторонах и по форме уже не веретенovidные, а от клиновидных до широко-треугольных и трапцевидных, обращенных на внутреннюю поверхность листа, иногда узкопрямоугольных до квадратных. Это – реакция на нюансы экологических условий и положение листа, а также свидетельство морфологической лабильности варьативного характера. У вида мезотрофных болот – *S. imbricatum* Russ. – на поперечном срезе веточного листа треугольные хлороцисты открыты широкой стороной только на внутренней его поверхности, а на стыке гиалиновых клеток с боковыми поверхностями хлорофиллоносных образуются прикрывающие их уникальные гребневидные густые волокна. Это связано с генетической спецификой данного вида. Вообще же виды этой секции наиболее удалены друг от друга генетически относительно таких многовидовых секций как *Cuspidata*, *Acutifolia*, *Subsecunda*. Вместе с тем виды данной секции объединяет наличие спиральных волокон в гиалодермисе сте-

бля и ветвей, что косвенно свидетельствует о единстве их генетических корней. Отсутствие такого четкого признака у видов остальных секций дает некоторое основание для признания этой секции таксоном родового уровня.

На основе эколого-морфологического подхода нами предпринята попытка смоделировать становление представителей данной секции. Предок секции мог быть погруженным в стабильно насыщенный влагой атмосферных осадков субстрат почти до верхушки побегов, хлорофиллоносные клетки которых были открыты широкой стороной на внешнюю поверхность веточных листьев. Затем при снижении погружения в воду до середины дерновин с неустойчивым ее режимом хлороцисты заняли центрированное положение между водоносными (как у *S. magellanicum*) или с последующим утолщением стенок хлорофиллоносных клеток и выходом их краями на поверхности листа (*S. centrale*, *S. papillosum*) и, наконец, при меньшем утолщении стенок хлорофиллоносных клеток открытые уже их треугольные по форме широкой стороной на внутреннюю сторону веточного листа в мезотрофных условиях с «подстраховкой» гребневидными волокнами контактных с ними гиалиновых клеток (у *S. imbricatum*).

В секции *Rigida* (Lindb.) Limpr. ex Limpr. – единственный во флоре Беларуси вид – *S. compactum* DC. in Lam. et DC., у которого на поперечном срезе веточного листа хлорофиллоносные клетки эллиптические, вполне замкнутые между гиалиновыми, как и у *S. magellanicum*, но это – обитатель сырых хвойных и смешанных лесов и обедненных сырых лугов, который по экологии наиболее уклонился от типичных экотопов родоначальных сфагновых мхов в сторону мезофитизации, где влагообеспеченность невысокая, как и трофность.

Секция *Squarrosa* (Russ.) Schimp. характеризуется повышенной требовательностью ее представителей к трофности эдафотопов и вместе с тем хлорофиллоносными клетками на поперечном срезе веточных листьев трапециевидными или треугольными, обращенными более широкой стороной на внешнюю поверхность листа. Здесь как бы сочетается первичный для сфагнумов характер расположения хлорофиллоносных клеток веточного листа с трофической вторичностью. Из двух видов секции у *S. squarrosus* обычно веточные листья четко оттопыренно назад отогнутые, что связано с его формированием в тенистых и заболоченных, обогащенных элементами питания лесных сообществах (еловых, черноольховых), где вместе с тем ограничено световое довольствие. Здесь уместно напомнить, что и у *S. palustre* верхушки веточных листьев нередко отогнуты, вероятно, тоже как адаптация при произрастании в тенистых условиях. К более открытым болотам вторично адаптировался *S. teres*, у которого веточные листья чаще черепитчатые, но бывают и оттопыренными.

Секцию *Subsecunda* (Lindb.) Schlieph. можно отнести к наиболее уклонившейся в отношении требования к трофности (повышенной) при высокой обводненности мест произрастания (преимущественно низин-

ные болота с открытой экспозицией). В соответствии с такой экологической приуроченностью их хлорофиллоносные клетки на поперечном срезе веточных листьев прямоугольные до бочонковидных, открытых на обеих поверхностях листа, реже трапециевидные или треугольные и тогда открытые более широкой стороной на наружной поверхности листа. Это связано с характерной для секции повышенной водообеспеченностью и трофностью мест произрастания. Однако отдельные виды встречаются и в мочажинах комплексных верховых болот, что указывает на олиготрофные условия произрастания далеких предковых форм этой секции.

Секция *Polyclada* (C. Jens.) Horell – монотипная, представленная одним видом – *S. wulfianum* Girg., который приурочен главным образом к сырым и заболоченным лесам. Этот вид своеобразен по характеру хлорофиллоносных клеток веточных листьев. Они на поперечном срезе через верхнюю часть веточного листа – эллиптические, замкнутые между гиалиновыми, на срезе через среднюю часть листа – бочонковидные, а через основание листа – прямоугольные. Такая дифференциация хлорофиллоносных клеток по форме связана со степенью опасности их высыхания в воздушной среде – наибольшей в верхней части веточного листа и наименьшей – в его основании. Однако в эволюционном аспекте форма хлорофиллоносных клеток в верхней части листа – первичная, в средней – вторичная и в нижней – производная от вторичной. Образование папилл у этого вида водоносными клетками – дополнительный фактор сохранения фотосинтеза веточных листьев.

Заключение. Представленный материал как результат применения к вопросу генезиса сфагновых мхов эколого-морфологического подхода в историческом аспекте из-за своей сложности носит несколько предварительный, дискуссионный характер, но здесь предполагается, что род *Sphagnum* L. в действительности представляет собой комплекс родов, который отражается в секционной структуре данного рода. Однако данные соображения не столь уж иррациональны на фоне произошедшего дробления систематиками некоторых родов, например, *Bryum* Hedw., *Brachythecium* B.S.G., *Eurhynchium* B.S.G. в составе класса мхов Bryopsida. При этом следует учитывать, что у классов *Bryopsida* и *Spagnopsida* – единичные генетические корни и об этом свидетельствуют ископаемые (пермские) «протосфагновые» мхи.

Литература

1. Рыковский Г.Ф. Происхождение и эволюция мохообразных. Минск, 2011. 433 с.
2. Рыковский Г.Ф. Проблема происхождения и эволюции мохообразных // Самарская Лука. Проблемы региональной и глобальной экологии. 2019. Т. 28. №3. С. 13-24.
3. Савич-Любичкая, Смирнова З.Н. Определитель сфагновых мхов СССР. Л., 1968. 112 с.

4. Рыковский Г.Ф., Масловский О.М. Флора Беларуси. Мохообразные. В 2-х т. Т.2. Минск, 2009. 213 с.

5. Игнатов М.С. Листостебельные мхи верхнетатарских отложений севера Русской платформы. М., 1987. 80 с. Деп. в ВИНТИ. № 2840 - В87.

Г. Ф. РЫКОВСКИЙ
К ПРОБЛЕМЕ ГЕНЕЗИСА СЕКЦИЙ СФАГНОВЫХ МХОВ

Резюме

В статье предпринята попытка рассмотреть генезис сфагновых мхов на основе эколого-морфологического подхода по конечным звеньям – секциям рода *Sphagnum* L. с учетом гидрологического и трофического факторов.

G.F. RYKOVSKY
THE STUDY OF THE GENESIS OF THE SPHAGNUM MOSSES SECTIONS

Summary

The article is concerned with the genesis of sphagnum mosses in regard to the ecologic-morphological approach according to the final links, which are the genus *Sphagnum* L. sections and taking into account hydrological and trophic factors.

Поступила в редакцию 03.12.2020 г.

В. М. ВАСЮКОВ, С. В. САКСОНОВ
ЗАМЕТКА О РОДЕ *TRIPOLIUM* (ASTERACEAE)

*Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук –
 филиал Самарского федерального исследовательского центра
 Российской академии наук, г. Тольятти, Россия*

Введение. Триба *Astereae* известна крайне трудными границами таксонов родового и секционного ранга. Согласно последним филогениям, род *Tripolium* относится к группе родов *Aster* s. l., но помещается за пределами группы видов (клады) *Aster* s. str. По этой причине он выделен в род (ранее бывший секцией или подродом) *Tripolium*, ранее считавшийся монотипным или битипным; в настоящее время к нему добавлен еще и эндемичный для Сицилии вид *Tripolium sorrentinoi* (Tod.) Raimondo et Greuter. Различия между двумя основными таксонами в группе *Tripolium pannonicum* (Jacq.) Dobroc. s. l. малы и многие исследователи считают их подвидами: subsp. *pannonicum* и subsp. *tripolium* (L.) Greuter [3]. Несмотря на малое количество видов или подвигов в этой группе, ей присуща значительная изменчивость по высоте и ветвистости стеблей, количеству, расставленности, ширине и толщине листьев, а также по окраске, количеству, наличию или отсутствию язычковых цветков.

Материалы (объекты) и методы исследования. Критическое изучение гербарных коллекций (LE, MW, PVB и др.), литературных данных [1, 2 и др.] и собственные полевые исследования рода *Tripolium* в Европейской России позволили пересмотреть взгляды на объем *T. pannonicum* (Jacq.) Dobroc. s. l.

Результаты и их обсуждение. Ниже мы приводим краткий обзор рода *Tripolium* с обнародованием нового названия и описанием нового вида.

Genus *Tripolium* Nees, 1832, Gen. Sp. Aster.: 10, 152.

1. *Tripolium linnaeanum* Vasyukov et Saksonov nom. nov. ≡ *Aster tripolium* L. 1753, Sp. Pl.: 872. ≡ *Aster tripolium* L. subsp. *tripolium* [per Nyman, 1879, Consp. Fl. Eur.: 387]. ≡ *Tripolium pannonicum* (Jacq.) Dobroc. subsp. *maritimum* Holub, 1973, Folia Geobot. Phytotax. 8: 177, nom. illeg. ≡ *Tripolium pannonicum* (Jacq.) Dobroc. subsp. *tripolium* (L.) Greuter, 2003, Willdenowia, 33: 47. ≡ *Galatella pannonica* (Jacq.) Galasso subsp. *tripolium* (L.) Galasso, Bartolucci et Ardenghi, 2017, Ital. Botanist, 3: 34. – Триполиум Линнея.

Этот таксон часто называют *Tripolium vulgare* Nees (1832, Gen. Sp. Aster.: 153, nom. illeg.), который, однако, является незаконной заменой *Aster pannonicus* Jacq. [3].

Распространение в России: север и северо-запад Европейской части. Общее распространение: северные морские побережья Скандинавии, Атлантической, Средней, Восточной Европы и Северной Америки [2].

2. *Tripolium pannonicum* (Jacq.) Dobroc. 1962, Fl. URSS, 11: 63. ≡ *Aster pannonicus* Jacq. 1770, Hort. Bot. Vindob. 1: 3. ≡ *Aster tripolium* L.

subsp. *pannonicus* (Jacq.) Soó, 1925, Bot. Közlem. 22: 64. – Триполиум паннонский.

Распространение в России: юг и юго-восток Европейской части, Кавказ, юг Сибири и юг Дальнего Востока. Общее распространение: внутриконтинентальные солончаковые луга и южные морские побережья Евразии [2].

3. *Tripolium albosetum* Vasjukov et Saksonov sp. nova – Триполиум белощетинистый.

Invalid synonyms: *Aster tripolium* L. var. *albosetum* Vorosch., in sched. herb. MW. $\equiv$ *Aster albosetus* (Vorosch.) Ignatov, 2006, in Maevskii, Flora of the Middle Part of European Russia: 512.

Annual or biennial, 30–60 cm tall, with upright leafy stems covered with bristly hairs and usually branched in upper third. Stem leaves alternate with slightly fleshy blades, linear or linear-lanceolate, 3–6 cm long and 2–5 mm wide, fimbriate and additionally with bristly hairs along the mid-veins abaxially. Inflorescence paniculate-corymbose; capitulae numerous, 15–20 mm in diam.; involucre 5–7 mm long and 5–10 mm in diam., phyllaries green, oblong, marginally membranous, outer phyllaries 2–3 times shorter than the internal ones. Ray florets pistillate, light blue, almost twice as long as phyllaries; disk florets bisexual, with yellow corolla. Achenes 2–4 mm long, oblong, flattened, more or less hairy, pappus 5–8 mm long. Fl. VI–IX.

Holotype (Fig.): «Voronezh Region, Novousmanskyy district, near Rogachevka, salty meadow in the floodplain of the Khava River, 20.08.1945, No. 547, Voroshilov» (MW0594969).

Distribution in Russia: (?) Endemic to the forest-steppe zone of the Don river basin (in borders of Voronezh, Lipetsk, Penza, Tambov regions).

Habitat: salty meadows.

Affinity. The new species differs from closely related *T. pannonicum* (Jacq.) Dobrocz. by the pubescent stems and leaves.

Одно- или двулетнее растение 30–60 см выс., с прямостоящими или восходящими облиственными обычно в верхней части разветвленными стеблями, б. м. опушенные щетинистыми волосками. Стеблевые листья очередные с немного мясистыми цельными пластинками, линейные или линейно-ланцетные, 3–6 см дл. и 2–5 мм шир., опушенными по краю и снизу по средней жилке щетинистыми волосками. Корзинки 15–20 мм в диам., многочисленные, в метельчато-щитковидном соцветии; обертки 5–7 мм дл. и 5–10 мм в диам., листочки их зеленые, продолговатые, по краю перепончатые, наружные в 2–3 раза короче внутренних. Краевые цветки пестичные, язычковые, светло-синеватые, почти вдвое длиннее обертки; трубчатые цветки диска обоюполюе, с желтым венчиком. Семянки 2–4 мм дл., продолговатые, сплюснутые, б. м. волосистые, хохолок 5–8 мм дл. Цветет VI–IX.

Голотип: «Воронежская область, Новоусманский район, бл. с. Рогащевка, солонцеватый луг в пойме реки Хавы, 20.08.1945, № 547, Ворошилов» (MW0594969).



Голотип *Tripolium albosetum*
Holotype *Tripolium albosetum*

Паратипы: Тамбовская губ., Усманский у., солончаки близ Добринки, 15.08.1888, Д. И. Литвинов (MW0533974); Липецкая обл., Добринский р-н, юго-западная окраина пос. Добринка, засоленный луг, 25.06.1989, В. Тихомиров, Е. Суздальцева, Н. Лазарева (MW0533957, MW0533965); там же, 15.07.1981, В. Тихомиров, М. Казакова (MW0533969); Тамбовская обл., Токаревский р-н, в 5 км на север от ст. Токаревка, содовый солончак, 15.08.1970, В. П. Сафонов (MW0533967); Пензенская обл., Колышлейский р-н, к юго-востоку от с. Жмакино, солонцы, 11.08.2005, Т. Разживина (MW0533916); там же, 5 км юго-восточнее с. Жмакино, урочище «Жмакинский солонец», 16.08.2018, В. Васюков, Л. А. Новикова, Т. Горбушина (LE, MW, PVB).

Распространение в России: (?) эндемик лесостепной зоны бассейна реки Дон (Воронежская, Липецкая, Пензенская, Тамбовская обл.).

Растет на солончаковых лугах и солонцах.

Родство. От близкого *T. pannonicum* (Jacq.) Dobrocz. наш вид отличается щетинисто опушенными листьями и стеблями.

4. *Tripolium sorrentinoi* (Tod.) Raimondo et Greuter, 2005, Willdenowia, 35: 59. ≡ *Galatella sorrentinoi* Tod. 1857, Index Sem. Hort. Panorm. 1857: 42. ≡ *Aster sorrentinoi* (Tod.) Lojac. 1903, Fl. Sicula, 2(1): 56. – Триполиум соррентинский.

Распространение: эндемик Сицилии [3].

Заключение. Таким образом, по нашим данным, род *Tripolium* Nees включает 4 вида: *T. linnaeanum* Vasjukov et Saksonov, *T. pannonicum* (Jacq.) Dobrocz., *T. albosetum* Vasjukov et Saksonov, *T. sorrentinoi* (Tod.) Raimondo et Greuter.

Благодарности. Авторы благодарят за консультации Н. Н. Цвелева, И. В. Соколову, А. П. Сухорукову и за критические замечания А. Н. Сеникова.

Литература

1. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2006. 10-е изд. 600 с.
2. Цвелев Н. Н. Флора европейской части СССР. СПб.: Наука, 1994. Т. 7. С. 188–189.
3. Greuter W. // Willdenowia. 2003. V. 33, № 1. P. 45–47.

В. М. ВАСЮКОВ, С. В. САКСОНОВ ЗАМЕТКА О РОДЕ *TRIPOLIUM* (ASTERACEAE)

Резюме

Род *Tripolium* Nees включает 4 вида: *T. linnaeanum* Vasjukov et Saksonov, *T. pannonicum* (Jacq.) Dobrocz., *T. albosetum* Vasjukov et Saksonov, *T. sorrentinoi* (Tod.) Raimondo et Greuter.

V. M. VASJUKOV, S. V. SAKSONOV NOTE ON GENUS *TRIPOLIUM* (ASTERACEAE)

Summary

Genus *Tripolium* Nees includes 4 species: *T. linnaeanum* Vasjukov et Saksonov, *T. pannonicum* (Jacq.) Dobrocz., *T. albosetum* Vasjukov et Saksonov, *T. sorrentinoi* (Tod.) Raimondo et Greuter.

Поступила в редакцию 23.05.2019 г.

В.Н. ЛЕБЕДЬКО
**ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА
CALTHA L. (RANUNCULACEAE ADANS.) В БЕЛАРУСИ**

*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. В последних нескольких десятилетиях происходит активная разработка вопросов систематики высших растений и в том числе такого крупного семейства двудольных растений как *Ranunculaceae* Adans. Наряду с монотипными родами в нем представлены и полиморфные, которые сложны для систематической обработки и в такой связи, некоторые из них изучены недостаточно и требуют углубленного внимания. Это относится, в частности, к такому полиморфному таксону во флоре Беларуси как род *Caltha* L. (калужница). Для внетропических областей обоих полушарий, в составе данного рода приводится около 15 (по иным источникам свыше 25) видов [1, 10].

Для Восточной Европы [1] А.Н. Сенниковым указывается 5 видов в составе рода *Caltha* L. и предлагается деление этого рода на 2 секции: *Thalca* (Spach) Sennik. comb. nov. и *Caltha*.

В связи с проявлением полиморфизма вопрос объема рода *Caltha* и таксономического ранга некоторых его представителей до сих пор остается дискуссионным. Поскольку морфологические признаки калужниц часто и порой значительно варьируют, одни авторы возводят некоторые из них в ранг вида, тогда как другие рассматривают их в ранге подвида или даже разновидности. Вместе с тем отдельные авторы, такие прежде выделяемые виды как *Caltha palustris* L., *C. cornuta* Schott, *C. laeta* Schott объединяют в один вид с приоритетным названием *C. palustris*. Такое различие относительно рода *Caltha*, вероятно, связано еще и с недостаточным вниманием к экологической вариабельности его представителей, требующей большей достоверности исследуемого нативного материала.

Долгое время во флоре Беларуси род *Caltha* L. рассматривался как одновидовой (*Caltha palustris* L.). Однако уже в работе И.К. Пачоского [4] было указано на то, что среди *Caltha palustris* стали различать несколько подвидов (рас). В частности, упоминается о *Caltha cornuta* Schott приводимой для Литвы (Raciborski), а также о разновидности *C. palustris* var. *radicans* Fr., обнаруженной Твардовской в Пинском уезде (село Отоляны). Позже, при обработке В.П. Малеевым семейства *Ranunculaceae* для 2-го тома «Флора БССР» [3], автор отмечает полиморфизм *Caltha palustris*. В примечании Малеев приводит для него ряд форм: *f. natans* Schipcz., *f. procumbens* Beck., *f. tipica* Rgl., *f. integrifolia* Asch. et Gr. Было установлено, что приводимая форма *f. procumbens*, соответствует рассматриваемому в этой работе подвиду *C. palustris* subsp. *radicans*.

Материалы (объекты) и методы исследования. Основой для инвентаризации рода *Caltha* L. явились коллекции Гербариев лаборатории

флоры и систематики растений Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси (MSK), Белорусского государственного университета (MSKU), Витебского государственного университета им. П.М. Машерова (WTU), Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины (GMU), Гродненского государственного университета им. Я. Купалы (GSU), Государственного Национального парка «Беловежская пуща» (KMR), Национального парка «Припятский» (TWR), Березинского биосферного заповедника (DMR), Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (BCZR), Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE), Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова (WIR), Института ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины (KW), Института ботаники им. В. Шафера ПАН (KRAM), Московского государственного университета (MW), а также собственный материал, собранный в разных физико-географических районах страны за период 2009 – 2020 гг.

Всего для изучения морфологических признаков различных таксонов исследуемого рода было обработано около 1000 гербарных листов. В качестве характерных внешних параметров учтены, в первую очередь, расположение и форма листовок, форма носика и характер перехода листовки в носик, характер расположения стебля, форма прикорневых листьев.

Определение растений проведено с использованием определителей и флористических сводок [1–3, 5–10]. Названия таксонов даны на латинском, русском и белорусском языках. Числа хромосом приведены по литературным источникам [11, 12]. Хозяйственное значение для *Caltha palustris* s. l. также приводится по литературным источникам [13].

Список основных сокращений: аг. – агрогородок; г. – город; г. п. – городской поселок; д. – деревня; ж.-д. ст. – железнодорожная станция; л-во – лесничество; кв. – квартал; к. п. – курортный поселок; окр. – окрестности; о. п. – остановочный пункт; п. – поселок; ур. – урочище; х. – хутор.

Результаты и их обсуждение. Ниже приведены виды и подвиды рода *Caltha* L., встречающиеся на территории Беларуси, а также выявленные межвидовые гибриды. Для видов и подвидов исследуемого рода приводится морфологическое описание, сделанное по тем органам растений и их признакам, которые были использованы при идентификации образцов, а также эколого-фитоценотическая приуроченность и географическое распространение. Также нами составлен ключ для определения таксонов рассматриваемого рода.

Род 1. *Caltha* L. – Калужница – Лотаць
1753, Sp. Pl. : 558; id. 1754, Gen. Pl., ed. 5 : 244.

Многолетние растения 10–80 см выс. с прямостоячим или лежащим голым стеблем и мочковатыми корнями. Прикорневые листья с довольно длинными черешками и цельными, но б. м. зубчатыми сердцевидными или почковидными пластинками, стеблевые немногочисленные,

с короткими черешками и пластинками такой же формы. Цветки обоеполые, актиноморфные, 10–30 мм в диам., собраны в рыхлые плейохазии или расположены одиночно на верхушках стеблей. Околоцветник простой, венчиковидный, 5- (или более) листный, листочки околоцветника желтые, желтовато-зеленые, беловатые или красноватые. Тычинки многочисленные, с тонкими нитями, пыльники с надсвязником. Гинецей апокарпный, состоящий из 6–12 плодолистиков с многочисленными (7–40) семязачатками. Нектарники отсутствуют. Плоды состоят из 2 – 5 – 12 и более свободных, сидячих или расположенных на короткой ножке листочков, раскрывающихся вдоль внутреннего шва. Семена от продолговатых до почти шарообразных.

Тип: *C. palustris* L.

Около 15 (по другим данным, свыше 25) видов распространенных во внетропических областях обоих полушарий. В Беларуси, к настоящему времени, известны 2 вида, 2 подвида и 3 гибрида.

Примечание 1. Как уже отмечалось выше, представители рода *Caltha* обладают высокой степенью полиморфизма, что мы неоднократно наблюдали в местных популяциях. Довольно часто несколько таксонов встречаются в одном и том же экотопе, из-за чего отмечается целый ряд переходов, представляя, по-видимому, результат интрогрессивной гибридизации.

Примечание 2. Для надежной идентификации таксонов основополагающую роль играют плоды-листочки. При этом важно, чтобы они были довольно зрелыми, так как незрелые листочки (как и наоборот, вызревшие, а тем более растрескавшиеся) могут не представлять четких признаков.

1. Пластинки прикорневых листьев треугольно-почковидные, с широко расходящимися ((60)90–150°) лопастями. Стебли обычно лежащие, часто укореняющиеся в узлах, иногда плавающие. Цветки в числе 1–2(3). Листочки прямые, довольно плотно (иногда рыхло) прилегающие друг к другу, б. м. быстро сужены в носик; нередко листочки недоразвиты.....4. ***C. palustris* subsp. *radicans***

+ Пластинки прикорневых листьев округло-почковидные, с перекрывающимися либо не широко расходящимися (10 – 45°, реже 60°) лопастями. Стебли б. м. прямостоячие, обычно не укореняющиеся в узлах. Цветки чаще более многочисленные. Листочки хорошо развиты.....2

2. Листочки в зрелом состоянии довольно длинные (10–14 мм дл.), распростертые или вниз отогнутые, рыхло прилегающие друг к другу, дуговидно изогнутые, б. м. постепенно переходящие в носик.....1. ***C. cornuta***

+ Листочки более короткие (7–10 мм дл.), прямые или почти прямые, плотно прилегающие друг к другу, быстро суженные в носик.....3

3. Листочки слегка изогнутые, с отогнутым наружу носиком.....3. ***C. palustris* subsp. *palustris***

+ Листочки прямые, с б. м. прямым носиком.....2. ***C. laeta***

Секция **Caltha**. – *Caltha* sect. *Populago* DC. 1817, Reg. Veg. Syst. Nat. 1 : 308.

Тип: тип рода.

1. **C. cornuta** Schott, Nym. et Kotschy, 1854, *Analecta Bot.* : 31; Дубовик и др., 2011, Биол. разнообраз. Нац. парка «Браславские озера»: сосуд. раст. : 40; Дубовик и др., 2014, Биол. разнообраз. Нац. парка «Нарочанский»: сосуд. раст. : 44. – **К. рога́тая**. – **Л. рага́тая**.

Многолетнее травянистое растение высотой 25–35(50) см с коротким корневищем. Стебель голый, прямостоячий, реже от основания восходящий, в верхней части разветвленный, многоцветковый. Прикорневые листья на длинных черешках, пластинка их довольно тонкая, б. ч. широкоэллиптическая или яйцевидная, с глубоко сердцевидным основанием и широкими, на конце округлыми, сближенными или иногда заходящими друг за друга лопастями, по краю равномерно крупногородчатая, реже к основанию мелко-городчато-зубчатая, но никогда не цельнокрайняя, с верхней стороны светло-зеленая, почти матовая, с нижней стороны серовато-зеленая, голая; стеблевые листья, особенно верхние, на коротких черешках или почти сидячие, пластинка их треугольно-почковидная или почти треугольная. Цветки крупные (2–4,5 см в диам.); листочки околоцветника продолговато-обратнояйцевидные или эллиптические, с клиновидным основанием, светло-желтые, с темноватыми жилками; листочки немногочисленные, в числе 6–8, в зрелом состоянии длинные (10–14 мм дл.), распростерты или вниз отогнутые, рыхло прилегающие друг к другу, ланцетовидные, дуговидно изогнутые; листовка на верхушке постепенно переходит в довольно длинный (1,8–3 мм), почти от основания линейный, вверху несколько крючковидно изогнутый носик (Рис. 1). Цветет в конце апреля – середине июня. – $2n = 24 - 56$.

Тип : Трансильвания («in Transylvania»).

Преимущественно черноольшаники.

Распространение в Беларуси. По всей территории республики, редко.

Брестская обл. Барановичский р-н: окр. д. Тартаки (MSK); Пинский р-н: окр. д. Погост-Загорский (KRAM).

Витебская обл. Браславский р-н: окр. д. Буловишки (MSK); Докшицкий р-н: окр. д. Березино (MSK); окр. к. п. Нарочь (MSK).

Гомельская обл. Кормянский р-н: окр. д. Кляпин (MSK); Петриковский р-н: окр. г. Петриков (MSK); Светлогорский р-н: окр. п. Мольча (MSK).

Гродненская обл. Новогрудский р-н: окр. д. Голондерня (MSK).

Минская обл. Крупский р-н: д. Прудок (MSK); Мядельский р-н: окр. д. Кулики (MSK).

Общее распространение. Восточная, Средняя и Атлантическая Европа.

Хозяйственное значение. Лекарственное. Пищевое. Красильное. Декоративное.

2. *C. laeta* Schott, Nim. et Kotschy, 1854, *Analecta Bot.* : 32. – **К. яркая**, или **приятная** – **Л. яркая**, або **прыемная**.

Многолетнее травянистое растение высотой (15)20 – 60 см. Стебли голые восходящие, слабо-ветвистые, довольно многоцветковые. Листья блестящие; нижние – с длинными черешками, б. ч. округло-яйцевидные, глубоко сердцевидные при основании, часто с перекрывающимися лопастями, по краю городчатые или городчато-зубчатые; стеблевые листья сердцевидно-почковидные, как и сидячие прицветниковые листья, городчатые или зубчатые. Листочки околоцветника овальные или яйцевидные, золотисто-желтые, 14–24 мм дл. Листовки многочисленные, прямые, 7–9 мм дл., широкие, сближенные одна к другой, внезапно переходящие в довольно длинный (2–4 мм), б. м. прямой носик (Рис. 2). Цветет в конце апреля – начале июня. – $2n = 24 - 56$.

Тип: Трансильвания («in Transylvania»).

Сырые и заболоченные луговины среди зарослей кустарников.

Распространение в Беларуси. Известен из Минского и Новогрудского районов, очень редко.

Гродненская обл. *Новогрудский р-н:* окр. г. Новогрудок (KRAM).

Минская обл. *Минский р-н:* окр. аг. Острошицкий Городок (MSK).

Общее распространение. Средняя Европа, Запад (Карпаты).

Хозяйственное значение. *Лекарственное. Пищевое. Декоративное.*

Примечание 1. В результате изучения гербарной коллекции Института ботаники им. В. Шафера ПАН в Кракове, совсем недавно выяснилось, что на территории Беларуси этот таксон был собран В. Дубовским в 1896 году в окрестностях Новогрудка (гербарный образец № 236.3794 – KRAM), но определен им как *C. palustris*. Однако следует заметить, что на гербарном листе, представлена лишь верхняя часть побега с характерными для *C. laeta* довольно зрелыми листовками. На ряду с частью растения, находились еще 3 особи, габитуально напоминающие *C. palustris* subsp. *radicans*. Возможно, что эти таксоны совместно произрастали в одном экотопе.

Примечание 2. Распространение *C. laeta* на территории Беларуси практически не изучено и требует дальнейшего внимания.

3. *C. palustris* L. 1753, *Sp. Pl.* : 558; Пачоский, 1897, *Фл. Полесья* : 26; Шипч. 1937, *Фл. СССР*, 7 : 37; Малеев, 1949, *Фл. БССР*, 2 : 288; Михайловская, 1953, *Фл. Полесск. низм.* : 186; Вісюл. 1953, *Фл. УРСР*, 5 : 24; Tutin, 1964, *Fl. Europ.* 1 : 211; Михайловская, 1967, *Опред. раст. Белоруссии* : 86; Николаева, 1971, *Фл. Беловеж. Пущи* : 73; Толм. 1971, *Аркт. фл. СССР*, 6 : 128; Сауткина, 1980, *Фл. Налибок. Пущи* : 71; Парфенов, 1983, *Фл. Бел. Полесья* : 245; Tutin a. Akeroyd, 1993, *Fl. Europ.*, ed. 2, 1 : 61, p. p.; Швеиц, 1999, *Опред. высш. раст. Беларуси* : 47; Цвелев, 2000, *Опред. сосуд. раст. Сев.-Зап. Рос.* : 279; Цвелев, Гринталь, 2001, *Фл. Вост. Евр.*, 10 : 45; Парфенов и др., 2009, *Сосуд. раст. Нац. парка «Припятский»* : 46; Дубовик и др., 2011, *Биол. разнообраз. Нац. парка «Браславские озера»: сосуд. раст.* : 40; Парфенов и др., 2014, *Биораз. Берез. биосф. зап.: сосуд. раст.* : 74;

Дубовик и др., 2014, Биол. разнообр. Нац. парка «Нарочанский»: сосуд. раст. : 44. – **К. болотная**. – **Л. балотная**.

Тип : Европа («in humidiusculis Europae»).

a. Subsp. **palustris** L. 1753, Sp. Pl. ed. 11 : 558. – Многолетнее травянистое растение высотой (12)20 – 50 см. Корневище короткое, с утолщенными придаточными корнями. Стебель голый, б. ч. восходящий, иногда лежащий, часто ветвистый, многоцветковый. Прикорневые листья на длинных черешках, пластинка их яйцевидная или округло-почковидная с глубоко сердцевидным основанием, с суженными довольно широко расставленными или сближенными лопастями, по краю, особенно при основании, часто мелко-городчато-зубчатая или городчатая,верху едва надрезанно-городчатая или цельнокрайняя, с верхней стороны темно-зеленая, блестящая, с нижней стороны несколько более светлая, голая; стеблевые листья, особенно верхние, на коротких черешках или сидячие, пластинка их почковидная или почковидно-округлая. Цветки крупные (2–4,5 см, реже более, в диам.); листочки околоцветника широкие, обратнойцевидные или почти округлые, золотисто-желтые; цветоножки короткие, толстые, почти неудлиняющиеся при плодах. Листовки многочисленные, в числе (6)10–12(20), слегка изогнутые, в зрелом состоянии косо вверх направленные, 8–10 мм дл., довольно плотно прилегающие друг к другу, широкие, косозллиптические; листовка на верхушке резко переходит в мечевидный, короткий (0,8–2 мм дл.) носик (Рис. 3). Цветет в апреле – мае. – $2n = (28)32(56)$.

По берегам водоемов, болотистым лугам, болотам, сырым и заболоченным лесам.

Распространение в Беларуси. По всей территории республики, часто. Однако, за последнее десятилетие, наблюдается тенденция к сокращению численности этого таксона.

Брестская обл. *Барановичский р-н:* окр. д. Березовка (MSK); *Березовский р-н:* колхоз «Восход» (MSKU); *Дрогичинский р-н:* окр. д. Огдимер (MSK), окр. д. Радостов (MSK), окр. д. Толково (MSK); *Ивацевичский р-н:* д. Вулька Телеханская (MSK), окр. д. Выгонощи (MSK), окр. г. п. Телеханы (MSK); *Каменецкий р-н:* окр. аг. Каменюки (KMR), д. Плянта (KMR); *Кобринский р-н:* окр. п. Ореховский (MSK); *Лунинецкий р-н:* окр. д. Кожан-Городок (MSK), окр. д. Люща (MSK); *Ляховичский р-н:* окр. д. Ковали (MSK), окр. д. Кулики (MSK), окр. д. Миничи (MSK), окр. д. Стрельцы (MSK); *Малоритский р-н:* окр. д. Мокраны (MSK), окр. д. Хотислав (MSK); *Пинский р-н:* окр. г. Пинск (KW), окр. д. Паре (MSK); *Пружанский р-н:* окр. г. п. Ружаны (MSK), окр. д. Перерово (KMR); *Столинский р-н:* окр. д. Ласицк (MSK), окр. д. Малые Викоровичи (LE), окр. д. Семигостицы (MSK), окр. д. Старина (MSK).

Витебская обл. *Браславский р-н:* окр. д. Дергово (MSK), окр. д. Дрисвяты (MSK), окр. д. Дубровка (MSK), д. Замошье (WTU), окр. д. Яя (MSK); *Верхнедвинский р-н:* окр. г. п. Освея (MSK), окр. д. Мыленки (MSK); *Витебский р-н:* г. Витебск (WTU), окр. д. Бороники (WTU), окр.

п. Лучеса (MSK), окр. д. Малые Летцы (WTU); *Городокский р-н:* окр. д. Езерища (WTU), окр. д. Озерки (MSK), окр. д. Село (MSK); *Докишцкий р-н:* окр. д. Березино (MSK); *Лепельский р-н:* окр. д. Домжерицы (MSK, MSKU), окр. д. Крайцы (MSK), окр. д. Переходцы (MSK), окр. д. Рожно (MSK); *Миорский р-н:* окр. д. Перебродье (MSK); *Полоцкий р-н:* п. Дре-тунь (LE); *Россонский р-н:* окр. д. Горбачево (MSK), окр. д. Юховичи (MSK).

Гомельская обл. *Брагинский р-н:* г. Брагин (MSK), д. Гдень (LE); *Ветковский р-н:* окр. г. Ветка (GMU); *Гомельский р-н:* окр. г. Гомель (GMU), окр. д. Студеная Гута (MSK); *Ельский р-н:* окр. д. Сугаки (GMU); *Житковичский р-н:* окр. д. Бечи (MSK, GMU), окр. д. Переров (GMU), окр. д. Рычев (MSK), окр. г. Туров (MSK), окр. д. Хвойка (MSK), окр. д. Хлупин (MSK), окр. д. Хлупинская Буда (MSK), окр. д. Юркевичи (MSK); *Кормянский р-н:* г. п. Корма (MSK), окр. д. Кляпин (MSK), окр. д. Труд (MSK); *Лельчицкий р-н:* окр. г. Лельчицы (MSK), окр. д. Прибыловичи (MSK); *Лоевский р-н:* окр. г. Лоев (KW), окр. д. Абрамовка (MSK), окр. д. Бывальки (MSK); *Мозырский р-н:* окр. г. Мозырь (GMU, LE, KW), окр. д. Новики (MSK), окр. д. Провтюки (MSK), д. Рыдча (MSKU), окр. д. Телепуны (GMU); *Наровлянский р-н:* окр. д. Кирово (MSK); *Петриковский р-н:* окр. ст. Птичь (MSK), окр. д. Судибор (MSK); *Рогачевский р-н:* окр. г. Рогачев (GMU), окр. аг. Озераны (GMU), окр. д. Партизаны (MSK); *Светлогорский р-н:* окр. п. Мольча (MSK); *Хойникский р-н:* окр. д. Дроньки (BCZR), окр. д. Новый Покровск (BCZR).

Гродненская обл. *Берестовицкий р-н:* д. Грайно (GSU); *Гродненский р-н:* г. Гродно (GSU), окр. д. Новая Руда (MSK), окр. д. Озеры (MSK), окр. д. Салатье (MSK); *Зельвенский р-н:* окр. д. Ростевичи (MSK); *Ивьевский р-н:* окр. д. Морино (MSK, GSU); *Новогрудский р-н:* окр. г. Новогрудок (LE), окр. д. Гнесичи (MSK), окр. д. Голондерня (MSK); *Ошмянский р-н:* окр. д. Микулишки (MSK); *Слонимский р-н:* окр. д. Альбертин (MSK).

Минская обл. *Березинский р-н:* окр. д. Гута (MSK); *Борисовский р-н:* окр. д. Белино (MSK), окр. д. Палик (MSK), окр. д. Селец (MSK); *Вилейский р-н:* окр. г. Вилейка (MSK), окр. д. Глинное (MSK); *Воложинский р-н:* окр. д. Довбени (MSK), окр. д. Першаи (MSKU), окр. аг. Раков (MSK), близ шоссе Раков-Иванец (MSKU), окр. п. Романы (MSK); *Держинский р-н:* окр. д. Ляховичи (MSK), окр. ж.-д. ст. Негорелое (MSK); *Клецкий р-н:* окр. д. Ефимовичи (MSK), окр. д. Звонка (MSK), окр. п. Озеречье (MSK); *Копыльский р-н:* д. Боровня (MSK); *Логойский р-н:* г. Логойск (MSK), окр. д. Гайна (MSK), окр. д. Приселки (MSK); *Минский р-н:* окр. г. Минск (MSK, MSKU, WIR), г. Минск, ЦБС НАН Беларуси (MSK), г. Минск, мкрн. Лошица (MSK), окр. ж.-д. о. п. Веленский (MSK), д. Великая Слепянка (MSK), окр. д. Воловщина (MSK), окр. ж.-д. ст. Гонолес (MSK), окр. г. Заславль (MSK), окр. ж.-д. ст. Зеленое (MSK), п. Острошицкий Городок (MSK, LE), окр. д. Прилуки (MSK), окр. ж.-д. ст. Птичь (MSK), окр. д. Юхновка (MSK); *Молодечненский р-н:* окр. СОК «Бригантина» (MSKU), окр. ж.-д. ст. Романы (MSK); *Мядельский р-н:* окр. д. Оль-

шево (MSK), г. п. Свирь (MSKU), окр. д. Степенево (MSK); *Несвижский р-н*: окр. д. Красногорки (MSK); *Пуховичский р-н*: окр. г. Марьяна Горка (MSK), окр. аг. Шацк (MSK); *Смолевичский р-н*: г. п. Зеленый Бор (MSKU); *Солігорскі р-н*: д. Боровая (MSKU), окр. д. Ясковичи (MSK); *Столбцовский р-н*: окр. г. Столбцы (MSK), окр. оз. Кромань (MSKU), окр. д. Негорелое (MSK), окр. д. Новый Сержень (MSKU).

Могилевская обл. *Бобруйский р-н*: окр. д. Козаково (MSK), окр. д. Сычково (MSK); *Горецкий р-н*: окр. г. Горки (LE, MW), окр. д. Горы (MSK); *Климовичский р-н*: окр. д. Звенчатка (MSK); *Могилевский р-н*: окр. г. Могилев (LE); *Мстиславский р-н*: окр. д. Бельнец (MSK); *Осиповичский р-н*: окр. ж.-д. ст. Блужа (MSK), окр. д. Липень (MSK); *Чаусский р-н*: окр. д. Дедня (MSK); *Чериковский р-н*: окр. д. Лимень (MSK).

Общее распространение. Кавказ, Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток, Средняя Азия; Скандинавия, Средняя, Атлантическая и Восточная Европа, Средиземноморье, Малоазийский район (сев.), Иран (сев.), Монголия, Японо-Китайский район, Северная Америка.

Хозяйственное значение. *Декоративное.* Лекарственное. Применяется в гомеопатии – при кашле, бронхите, нарушении менструального цикла. Обладает антибактериальными свойствами. Корни использовали при нарушении обмена веществ, малокровии, простудных заболеваниях, онкологических заболеваниях желудка и матки. Сумма гликозидов оказывает гипохолестеринемическое и противовоспалительное действие. Надземная часть растения применяется при цинге, кашле, нервных и женских заболеваниях, как кожно-нарывное средство, при бородавках. Проявляет антиандрогенную активность. Оказывает бактериостатическое действие. Листья (или сок из них) применяют наружно при ожогах, ранах, ушибах, ревматизме. Бутоны (сок) – народное ранозаживляющее средство. Цветки – в тибетской медицине – при асците. Плоды – при нервных заболеваниях и асците. *Пищевое.* Бутоны в маринованном виде употребляют как пряность («немецкие каперсы»). Корни в голодные годы употребляли как примесь к муке. *Кормовое.* Для промысловых животных. *Красильное.* Цветки дают желтую краску. *Медоносное.* *Перганосное.* *Ядовитое.* Содержит алкалоиды, ядовито для скота.

Примечание 1. Возможно, данный таксон имеет гибридное происхождение.

Примечание 2. В культуре изредка выращивается в качестве декоративного растения разновидность *C. palustris* var. *plena* Huth с махровыми цветками.

Брестская обл. *Барановичский р-н*: г. Барановичи (MSK).

Гомельская обл. *Жлобинский р-н*: д. Солонное.

Гродненская обл. *Гродненский р-н*: г. Гродно, п. Барановичи (MSK).

Минская обл. *Минский р-н*: г. Минск.

b. Subsp. **radicans** (T. F. Forst.) Syme, 1863, Engl. Bot. 3 : 49. – *C. radicans* T. F. Forst. 1807, Trans. Linn. Soc. (London), 8 : 324, tab.; Парфенов и др., 2009, Сосуд. раст. Нац. парка «Припятский» : 47; Дубовик и др., 2011, Биол. разнообр. Нац. парка «Браславские озера»: сосуд. раст. : 40; Пар-

фенов и др., 2014, Биораз. Берез. биосф. зап.: сосуд. раст. : 74; Дубовик и др., 2014, Биол. разнообраз. Нац. парка «Нарочанский»: сосуд. раст. : 44. – **К. укореняющаяся. – Л. укаранияльная.**

Многолетнее короткокорневищное растение, с несколько утолщенными придаточными корнями. Стебель голый, высотой (10)20 – 35 см, при основании восходящий, затем круто согнутый, обычно стелющийся, часто укореняющийся в узлах, простой или вверху разделенный надвое, малоцветковый. Прикорневые листья на длинных черешках, пластинка их тонкая, почковидная или треугольно-почковидная, как правило, с широко расставленными лопастями, по краю от городчато-зубчатой до мелковолнистой, часто в молодом состоянии с нижней стороны или только по краю фиолетово окрашенная; стеблевые листья, особенно верхние, на коротких черешках или сидячие, пластинка их треугольно-почковидная или треугольная. Цветки довольно крупные, 2–3 см в диам., обычно их 1–2, редко 3; листочки околоцветника продолговато-обратнояйцевидные или эллиптические, ярко-желтые, иногда с наружной стороны лиловатые; цветоножки к концу цветения сильно удлиняются. Листовки немногочисленные, в числе (4)6–8(10), в зрелом состоянии косо вверх направленные, 7–10 мм дл., довольно плотно (иногда рыхло) прилегающие друг к другу, нередко недоразвиты; листовка на верхушке б. м. резко переходит в мечевидный, довольно короткий носик (Рис. 4). Цветет в конце апреля – начале июня. – $2n = 48, 52, 56, 58, 60$.

Тип : Шотландия («in Scotiâ»).

По сырым и заболоченным лесам, берегам водоемов, нередко в воде.

Распространение в Беларуси. По всей территории республики, довольно часто.

Брестская обл. Барановичский р-н: окр. д. Березовка (MSK); Брестский р-н: окр. г. Брест (MSK); Ганцевичский р-н: окр. д. Раздяловичи (MSK); Ивацевичский р-н: окр. д. Юголин (MSK); Каменецкий р-н: окр. д. Вулька (MSK), окр. аг. Каменюки (KMR); Кобринский р-н: окр. д. Жуки (MSK); Малоритский р-н: окр. оз. Велихово (MSK), окр. д. Струга (MSK); Пинский р-н: окр. г. Пинск (LE, KRAM), окр. д. Дудой (Дубое) (MSK); Пружанский р-н: окр. д. Перерово (KMR); Столинский р-н: окр. д. Старица (MSK).

Витебская обл. Браславский р-н: окр. д. Дергово (MSK), окр. д. Почта Обабы (MSK); Городокский р-н: д. Сурмино (WTU); Лепельский р-н: окр. д. Домжерицы (MSK), окр. д. Зеленый Остров (MSK), окр. д. Стайск (MSK); Миорский р-н: окр. д. Катилово (MSK); Полоцкий р-н: окр. д. Углы (MSK); Россонский р-н: окр. д. Красный Бор (MSK), окр. д. Ножницы (MSK); Ушацкий р-н: окр. д. Волчо (MSK); Чашинский р-н: окр. д. Пасынки (MSK), окр. д. Полуозерье (MSK), окр. д. Стражевичи (MSK).

Гомельская обл. Буда-Кошелевский р-н: окр. г. Буда-Кошелево (MSK), окр. д. Потаповка (MSK); Житковичский р-н: д. Переров (TWR, GMU); Кормянский р-н: окр. д. Волынцы (MSK), окр. д. Кляпин (MSK), окр. д. Октябрево (MSK), окр. д. Труд (MSK); Мозырский р-н: окр. д. Дербинка (MSK), окр. д. Казимировская Буда (MSK); Петриковский р-н: окр.

д. Средняя Рудня (MSK); *Речицкий р-н*: окр. д. Узнаж (MSK); *Чечерский р-н*: окр. д. Рудня Бартоломеевская (MSK); *Рогачевский р-н*: окр. аг. Озераны (GMU), окр. д. Свержень (MSK), окр. д. Тихиничи (LE); *Светлогорский р-н*: окр. д. Круки (MSK); *Чечерский р-н*: окр. д. Рудня Бартоломеевская (MSK).

Гродненская обл. *Берестовицкий р-н*: д. Старый Дворец (MSK); *Гродненский р-н*: г. Гродно (GSU), окр. д. Привалка (MSK); *Дятловский р-н*: окр. д. Везновец (MSK), окр. д. Руда Яворская (MSK), окр. д. Сверплевицы (MSK); *Новогрудский р-н*: окр. г. Новогрудок (MSK, LE), окр. д. Вселюб (MSK); *Ошмянский р-н*: окр. д. Микулишки (MSK); *Свислочский р-н*: окр. д. Жарковщина (LE); *Слонимский р-н*: окр. г. Слоним (MSK), окр. д. Альбертин (MSK), окр. д. Особняки (MSK), окр. д. Ходевичи (MSK); *Сморгонский р-н*: окр. д. Новая Рудня (MSK); *Щучинский р-н*: окр. д. Лелюшевы (MSK).

Минская обл. *Борисовский р-н*: окр. д. Селец (MSK); *Воложинский р-н*: окр. д. Курдуны (MSK); *Минский р-н*: г. Минск (MSK, LE, MW), окр. г. п. Ждановичи (MSK), окр. д. Тресковщина (MSK); *Молодечненский р-н*: СОК "Бригантина" (MSKU), окр. д. Мякота (MSK); *Мядельский р-н*: окр. д. Боровые (MSK), Окр. д. Гатовичи (MSK), окр. г. п. Крупа (MSK), д. Малая Сырмеж (MSK), окр. д. Тюшки (MSK), окр. д. Черевки (MSK); *Пуховичский р-н*: окр. г. Марьяна Горка (MSK); *Слуцкий р-н*: д. Сливки (WIR); *Стародорожский р-н*: окр. д. Засторицы (MSK), окр. д. Новины (MSK), окр. д. Солон (MSK); *Столбцовский р-н*: окр. д. Рудевичи (MSK), окр. д. Хутор Борок (MSK); *Узденский р-н*: окр. д. Яловка (MSK); *Червенский р-н*: окр. г. п. Смиловичи (MSKU).

Могилевская обл. *Бобруйский р-н*: окр. д. Мирадино (MSK), окр. д. Побоквичи (MSK), окр. д. Римовцы (MSKU), окр. д. Слободка (MSK); *Кличевский р-н*: окр. д. Брусы (MSK); *Горецкий р-н*: окр. д. Машково (MSK), окр. д. Сахаровка (MSK); *Климовичский р-н*: окр. д. Иванова Слобода (MSK); *Могилевский р-н*: окр. д. Польшовичи 2-е (MSK); *Мстиславский р-н*: окр. д. Прибрежье (MSK).

Общее распространение. Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток; Скандинавия, Средняя, Атлантическая и Восточная Европа, Японо-Китайский район (Япония), Северная Америка.

Хозяйственное значение. *Декоративное. Лекарственное.*

Примечание. Некоторые особи совмещают признаки *C. palustris* subsp. *palustris*, представляя, по-видимому, результат интрогрессивной гибридизации этих таксонов: их побеги лежащие или ползучие, с 1–3, иногда 4–5 цветками, однако листовые пластинки от сердцевидно-почковидных до почти округлых. В различных экологических условиях эти вероятно гибридные формы по своему внешнему облику уклоняются то к одному таксону, то к другому. Так при развитии в более тенистых условиях они больше габитуально напоминают *C. palustris* subsp. *palustris*, а на открытых местообитаниях – наиболее сходны с *C. palustris* subsp. *radicans*. Однако нельзя исключать и изменчивость формы листовой пластинки у *C. palustris* subsp. *radicans*. В некоторых случаях, особи с более сближенными лопастями пластинки, следует все же относить к этому таксону.

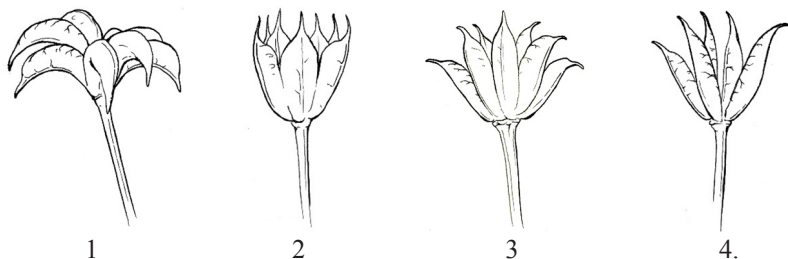


Рис. Форма плодов представителей рода *Caltha* L.: 1. – *C. cornuta*; 2. – *C. laeta*; 3. – *C. palustris* subsp. *palustris*; 4. – *C. palustris* subsp. *radicans* (рисунок автора)

Гибриды

a. *C. cornuta* × *C. palustris* subsp. *radicans*

Брестская обл. *Брестский р-н:* окр. д. Комаровка (MSK); *Каменецкий р-н:* окр. д. Тростеница (MSK).

Витебская обл. *Городокский р-н:* д. Сурмино (WTU); *Докишский р-н:* окр. д. Березино (MSK); *Полоцкий р-н:* окр. г. Новополоцк (MSK); *Мядельский р-н:* окр. к. п. Нарочь (MSK).

Гомельская обл. *Кормянский р-н:* окр. д. Кляпин (MSK).

Гродненская обл. *Вороновский р-н:* окр. д. Бемяки (MSK); *Зельвенский р-н:* окр. д. Лавриновичи (MSK).

Минская обл. *Пуховичский р-н:* окр. г. Марьино Горка (MSK).

Могилевская обл. *Бобруйский р-н:* окр. д. Козаково (MSK); *Кировский р-н:* окр. д. Скачек (MSK).

b. *C. cornuta* × *C. palustris* subsp. *palustris*

Брестская обл. *Пинский р-н:* окр. д. Папе (MSK).

c. *C. palustris* subsp. *radicans* × *C. palustris* subsp. *palustris*

Брестская обл. *Барановичский р-н:* окр. д. Ежона (MSK), окр. д. Подгорная (MSK); *Дрогичинский р-н:* окр. д. Радостов (MSK); *Ивацевичский р-н:* окр. д. Бобровичи (MSK), окр. д. Юголин (MSK); *Ляховичский р-н:* окр. д. Подлазье (MSK), окр. д. Стрельцы (MSK); *Малоритский р-н:* окр. х. Заричка (MSK).

Витебская обл. *Браславский р-н:* окр. д. Козики (MSK), окр. д. Коцгерги (MSK), окр. д. Шемели (MSK); *Городокский р-н:* окр. д. Езерище (WTU); *Докишский р-н:* окр. д. Березино (MSK); *Лепельский р-н:* окр. д. Домжерицы (MSK), окр. д. Стайск (MSK); *Полоцкий р-н:* окр. д. Сошница (MSK); *Россонский р-н:* Горбачевское л-во (MSK).

Гомельская обл. *Буда-Кошелёвский р-н:* окр. г. Буда-Кошелёво (MSK); *Гомельский р-н:* окр. г. Гомель (GMU); *Добрушский р-н:* окр.

д. Красная Буда (GMU); *Житковичский р-н*: п. Хвоенск (GMU); *Жлобинский р-н*: окр. д. Осиновица (MSK); *Калинковичский р-н*: окр. д. Великие Автюки (MSK); *Кормянский р-н*: окр. д. Труд (MSK); *Речицкий р-н*: д. Галали (GMU); *Рогачевский р-н*: окр. д. Зеленая Поляна (MSK); *Светлогорский р-н*: окр. д. Мольча (MSK).

Гродненская обл. *Берестовицкий р-н*: д. Старый Дворец (MSK); *Гродненский р-н*: окр. д. Кирпичная (MSK), окр. д. Лихачи (MSK), окр. д. Соничи (MSK); *Лидский р-н*: окр. д. Ваверка (MSK); *Новогрудский р-н*: окр. д. Большие Корныши (MSK); *Островецкий р-н*: окр. д. Буйки (MSK); *Ошмянский р-н*: окр. д. Микулишки (MSK); *Слонимский р-н*: окр. д. Альбертин (MSK).

Минская обл. *Борисовский р-н*: окр. д. Барань (MSK); *Вилейский р-н*: окр. д. Соколовка (MSK); *Воложинский р-н*: окр. п. Первомайский (MSK); *Крупский р-н*: окр. д. Старые Денисовичи (MSK); *Мядельский р-н*: окр. п. Свирь (MSK), окр. д. Тюкши (MSK), д. Урлики (MSKU); *Пуховичский р-н*: окр. д. Бытень (MSK); *Стародорожеский р-н*: окр. г. Старые дороги (MSK); *Узденский р-н*: окр. д. Дешенка (MSK), окр. д. Любяча (MSK); *Червенский р-н*: окр. г. Червень (MW).

Могилевская обл. *Бобруйский р-н*: окр. д. Козаково (MSK), окр. д. Мирадино (MSK), окр. д. Слободка (MSK), окр. д. Сычково (MSK); *Осиповичский р-н*: окр. ж.-д. ст. Блужа (MSK).

Закключение. В результате критической обработки доступных материалов Гербариев Беларуси и ближнего зарубежья, а также анализа собственных популяционных сборов (более 300 гербарных листов), для территории Беларуси приводятся 2 вида рода *Caltha* L., 2 внутривидовых таксона (подвида) и 3 гибрида. Наиболее сложным и мало изученным является такой таксон как *C. laeta*, что обусловлено недостатком данных. Что же касается *C. palustris* subsp. *palustris*, то этот таксон наиболее часто встречающийся и широко распространен в Беларуси. Однако, как отмечалось выше, численность *C. palustris* subsp. *palustris* за последние десятилетия заметно сократилась, на что повлияла, в первую очередь, осушительная мелиорация, а также зарастание и загрязнение водоемов и водотоков. В дальнейшем, требуется более детальное изучение представителей данного рода с применением генетических методов.

Литература

1. Сенников А.Н. // Флора Восточной Европы, том X; отв. ред. и ред. тома Н.Н. Цвелев. СПб.: Мир и семья, 2001. С 43–45.
2. Шипчинский Н.В. // Флора СССР: 7 т.; под ред. В.Л. Комарова, Б.К. Шишкина. – Москва; Ленинград: Изд-во АН СССР, 1937. С. 35–42.
3. Малеев В.П. // Флора БССР: 2 т.; под ред. Н.А. Дорожкина, М.П. Томина. Москва–Минск: Сельхозгиз; АН БССР, 1949. С. 288–290.
4. Пачоский И.К. // Труды Санкт-Петербург. о-ва естествоиспытателей. Санкт-Петербург, 1897. Т. 27. Вып. 2. С. 26 и 79.

5. Определитель растений Белоруссии / Д.К. Гесь [и др.]; под ред. Б.К. Шишкина, М.П. Томина, М.Н. Гончарика. Минск: Вышэйшая школа, 1967. 872 с.
6. Определитель высших растений Беларуси / Т.А. Сауткина [и др.]; под ред. В.И. Парфенова. Минск: Дизайн ПРО, 1999. 472 с.
7. Определитель высших растений Украины / Д.Н. Доброкаева [и др.]; под ред. Ю.Н. Прокудина [и др.]. Киев: Наукова думка, 1987. 548 с.
8. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) / Н.Н. Цвелев. СПб: Изд-во СПХФА., 2000. 781 с.
9. Барыкина Р.П., Чубатова Н.В. Биологическая флора Московской области. М.: Изд-во «Гриф и К». Вып.14. 2000. С. 87–100.
10. Cieślak E. // Acta Soc. Bot. Pol. 2004. Vol. 73, No. 3. P. 193–201.
11. Лавренко А.Н., Сердитов Н.П. // Бот. журн. 1986. – Т. 71. № 12. С. 1694–1695.
12. Лавренко А.Н., Сердитов Н.П. // Бот. журн. 1986. – Т. 71. № 8. С. 1143–1144.
13. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Magnoliaceae–Limoniaceae / отв. ред. – Ал.А. Федоров. Л: наука, 1984. 460 с.

В. Н. ЛЕБЕДЬКО
ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ ОБЗОР
РОДА *CALTHA* L. (RANUNCULACEAE ADANS.) В БЕЛАРУСИ

Резюме

В результате критической обработки материалов по роду *Caltha* L. на территории Беларуси уточнен его таксономический состав. Дана морфологическая характеристика представителей рода. Приведена основная синонимика и краткие комментарии по некоторым таксонам. Также представлен дихотомический ключ для определения видов и подвидов рассматриваемого рода.

V.N. LEBEDKO
TAXONOMICAL OBSERVATION OF GENUS *CALTHA* L.
(RANUNCULACEAE ADANS.) IN BELARUS

Summary

In result of investigation, materials on *Caltha* L. genus at the territory of Belarus taxonomic compound become more exactly. The morphological characteristic this genus was produced. The basic synonyms and shortly annotations on individual taxon were represented. The dichotomy key for identification of species and subspecies on genus *Caltha* was represented

Поступила в редакцию 03.12.2020 г.

А.Н. СКУРАТОВИЧ
ПРЕДСТАВИТЕЛИ РОДА МАК (*PAPAVER L.*)
ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Публикация многотомного издания «Флора Беларуси», которая начала выходить с 2009 года, отражает современное состояние и степень изученности как аборигенного компонента флоры, так и ее синантропного, а также культивируемого компонента. К 2017 году вышло 3 тома, в которых представлены результаты обработки сосудистых споровых, голосеменных растений и всего семейства однодольных. В настоящее время ведется активная работа над 4-м томом, в который войдут представители класса двудольных, от магнолиевых до гвоздичных включительно, в т.ч. и маковые. Публикуемые материалы также войдут в данный том. Возможно, читатели смогут дополнить приведенные в статье сведения как по охвату таксонов, так и по географии сведений, в т.ч. и гербарному материалу.

Научные достижения последних десятилетий очень сильно изменили представление как о семействе Маковых (*Papaveraceae*) в целом, так и составе отдельных таксонов, в том числе и роде Мак (*Papaver*). Так, по классификации APG IV семейство относится к порядку Лютикоцветные (*Ranunculales*). В традиционной классификации А. Кронквиста и А.Л. Тахтаджяна семейство выделялось в собственный порядок *Papaverales*. По современным представлениям делится на три подсемейства, которые ранее рассматривались как отдельные семейства (*Papaveraceae*, *Fumariaceae* и *Hypnocoaceae*). К маковым в настоящее время относят еще ряд таксонов, также ранее иногда выделявшихся в ранге семейств. Это *Chelidoniaceae*, *Eschscholziaceae*, *Platystemonaceae* и *Pteridophyllaceae*.

К роду Мак относят от 50-70, но обычно около 100 видов, распространенных в холодных, умеренных и субтропических областях Северного полушария, а также в Южной Африке (1 вид). Довольно значительное количество культивируется в качестве декоративных, или лекарственных почти по всему миру. Отдельные виды иногда являются заносными или дичают и натурализуются.

Борьба с наркоманией в мире, которая набирает обороты в последние десятилетия, породила запрет на выращивание как отдельных видов маков (Япония), так и представителей этого рода в целом (Россия). Согласно Постановлению СМ № 226 от 20.02.2008 г. запрещено выращивание всех видов мака, за исключением декоративного, и в Беларуси. Некая размытость определения понятия «декоративности» потребовала уточнений и дополнений, принятых и опубликованных в 2016 году.

Самые первые достоверные сведения о произрастании маков в Беларуси с прилагаемыми гербарными материалами можно найти у Ж.Э. Жи-

либера в работе *Flora Lithuanica incoata*, вышедшей в 1782 году и переизданной с правками и дополнениями, изменениями в 1785 и 1792 годах. В ряде своих работ, посвященных флоре города Гродно, его окрестностей и более отдаленных территорий, для г. Гродно и окрестностей указываются 4 вида из рода *Papaver*: ***P. argemone*** (*P. clavatum* Gilib., 1782, Fl. Lit. Inch. 2 : 215, nom. inval.), ***P. dubium*** (*P. breviflorum* Gilib., nom. inval.), ***P. rhoeas*** L. (*P. atropurpureum* Gilib., nom. inval.) и ***P. somniferum*** (*P. glabrum* Gilib., nom. inval.).

Свыше 150 лет, включая работы И. Пачоского (1897), так и указывались эти виды. Изменения касались лишь выявления хронологических особенностей отдельных таксонов в пределах республики или ее регионов, а также частоты встречаемости.

Во «Флоре БССР» (1949) А.Е. Спичевской к этому списку был добавлен культивируемый в садах и парках многолетник ***P. orientale*** L., который относится к сложной группе близкородственных видов из секции *Oxytona* Bernh. До этого культивируемыми считались лишь однолетние *P. rhoeas* и *P. somniferum*, в то время как *P. argemone* и *P. dubium* являлись исключительно сорняками в посевах зерновых. Последним, кстати, являлся часто (особенно в западных регионах) и *P. rhoeas*. В.М. Михайловская в «Определителе растений Белоруссии» (1967) практически повторила сведения, отраженные во «Флоре БССР».

В «Определителе высших растений Беларуси» (1999) И.В. Швец привела эти же виды, причем указав *P. rhoeas* как произрастающий в садах и на полях, но не культивируемый.

Таким образом, к настоящему времени для флоры Беларуси приводились 5 видов мака (см. выше), из которых 2 или 3 культивировались.

Материалы (объекты) и методы исследования. Поводом для написания данной публикации стал критический анализ всего гербарного материала, накопленного за весь период существования Гербария ИЭБ НАН Беларуси, который приурочен к предстоящему выходу из печати очередного тома «Флоры Беларуси». К сожалению, представители этого рода уничтожаются вредителями в фондах в первую очередь и поэтому довоенных сборов практически не сохранилось. До настоящего времени сохранились лишь единичные сборы 50-х годов.

Всего просмотрено 443 гербарных листа, часть из которых являются дублетными (см. таблицу).

Необходимо указать, что по опыту работы с предыдущими томами, фонды Гербария ИЭБ НАН Беларуси заключают в себе свыше 70% всех сборов по отдельным таксонам, т. е. являются вполне презентабельными и достоверными для установления списочного и таксономического показателя флоры, а также географического распределения видов в пределах республики за редким исключением.

Результаты и их обсуждение. Ниже приводятся сведения о распространении отдельных представителей рода *Papaver* в пределах республики на основании сборов гербария MSK с некоторыми дополнениями по широко известным и проверенным литературным данным.

Таблица. Количественная характеристика исследованных гербарных листов с видами рода *Rapayer* L. из коллекции Гербария Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Год			
Кол-во листов	1	1	1
Год	1948	1998	1998
Кол-во листов	11	1	4
	1953	2000	4
	1955	2001	4
	1974	2002	6
	1975	2003	12
	1976	2004	10
	1977	2005	7
	1980	2006	2
	1982	2007	6
	1983	2008	19
	1984	2009	25
	1985	2010	10
	1986	2011	16
	1987	2012	20
	1988	2013	4
	1989	2014	16
	1990	2015	5
	1991	2016	11
	1992	2017	26
	1993	2018	17
	1994	2019	17
	1995	2020	20
	1996	Всего	443
	1997		

***P. argemone* L.** В Беларуси на восточной границе ареала. Встречается в западных и юго-западных регионах республики, редко или очень редко. В Беларусь попал скорее всего с человеком в эпоху неолита с зерном. Указания Э. Линдеманны (1850) «в посевах, обычно» по всему региону (Минская, Могилевская, Гродненская губернии) скорее всего ошибочны, и основаны на его наблюдениях в более южных регионах, поскольку гербарный материал пока не обнаружен. Указания Чоловского (1882), и на этом основании позже И. Пачоского (1897) о произрастании мака аргемона в б. Могилевской губернии скорее всего ошибочны, к тому же гербарный материал отсутствует. В последнее время становится все более редким вследствие применения гербицидов и новых методов обработки почвы. В пределах Беларуси иногда отмечается форма с голыми в нижней части коробочками (*P. argemone* var. *glabratum* Rouy & Foucaud.) и *P. argemone* var. *cinerea-setulosa* Fedde et Bornm., отличающаяся явно сероватым обликом и более обильным опушением листьев.

Брестская обл.: *Берестовицкий р-н:* г.п. Большая Берестовица (Горский по Пачоскому). *Брестский р-н:* г. Брест (MSK) окр. о.п. Люта (MSK); окр. д. Селяхи (MSK); д. Томашевка (MSK), окр. д. Харсы (MSK). *Дрогичинский р-н:* окр. д. Радостово (MSK), окр. д. Рожное (MSK). *Ивацевичский р-н:* г. Ивацевичи (MSK, MW). *Каменецкий р-н:* окр. д. Дмитриовичи (LE); б. д. Королев Мост (Пачоский, 1897, Полянская, 1953), д. Оберовщина (MSK), окр. д. Тростяница. *Кобринский р-н:* г. Кобрин (MW), ж.д.ст. Городец (MSK); окр. д. Козище (MW). *Малоритский р-н:* г. Малорита (MSK). *Пинский р-н:* д. Велесница (Твардовская по Пачоскому, Полянская, 1953), окр. д. Тырвовичи (MSK). *Пружанский р-н:* окр. д. Белый Лесок (MSK).

Гродненская обл.: *Волковысский р-н:* окр. д. Войтковичи (Замковый Лес) (MSK); окр. г. и г. Волковыск (MSK); г.п. Россь (MSK). *Гродненский р-н:* г. Гродно (MSK); окр. д. Доргунь (MSK); ж.д.ст. Лососно (MSK), окр. п. Поречье (MSK), окр. д. Соничи (MSK); окр. г.п. Сопоткин (MSK). *Зельвенский р-н:* окр. д. Лавриновичи (MSK). *Лидский р-н:* Лидский уезд (Лапчинский). *Свислочский р-н:* окр. д. Рудня (хут. Крушина) (MSK). *Слонимский р-н:* Слонимский уезд (Пачоский, 1897).

Минская обл.: *Воложинский р-н:* окр. д. Калдыки (Фл. Налиб Пущи); окр. д. Филиппенята (Фл. Налиб Пущи).

***P. bracteatum* Lindl.** Один из трех близкородственных, внешне очень схожих и сложно различимых таксонов (sect. *Oxytona*), входящий в группу крупноцветковых многолетних маков. В некоторых странах, запрещено выращивание и даже хранение семян, например, в Японии с 1990 года в то время, как культивирование *P. orientale* и *P. pseudoorientale* разрешено. В пределах республики отмечается впервые. Выращивается в культуре, очень редко по всей территории. Пока достоверно известен лишь из Логойского (д. Сукневичи) и Минского (п. Крыжовка) районов Минской области.

***P. dubium* L.** В Беларуси на восточной границе ареала. Встречается изредка или довольно часто в западных и юго-западных регионах респу-

блики как сорное по полям, на остальной территории как заносное, очень редко или единично.

Витебская обл.: *Браславский р-н:* окр. д. Карасино (MSK); окр. д. Нуряны (MSK).

Брестская обл.: *Барановичский р-н:* окр. д. Ежоны (iNaturalist); окр. д. Колбовичи (MSK); окр. д. Подгорная (MSK). *Березовский р-н:* окр. д. Бронная Гора (MSK); окр. д. Спорово (MSK). *Брестский р-н:* окр. д. Галачево (MSK); окр. д. Домачево (MSK); окр. д. Рогозна (MSK); окр. д. Скоки (MSK); окр. д. и д. Томашевка (MSK). *Дрогичинский р-н:* окр. д. Радостов (MSK). *Жабинковский р-н:* окр. д. Бульково (MSK). *Ивановский р-н:* г. Иваново (MSK). *Ивацевичский р-н:* г.п. Телеханы (MSK). *Каменецкий р-н:* окр. г. Высокое (MSK); окр. д. Каменюки (MSK). *Кобринский р-н:* окр. д. Величковичи (MSK); окр. пос. Ореховский (MSK). *Малоритский р-н:* окр. д. Доброе (MSK); д. Ляховцы (MSK); г. Малорита (MSK); окр. д. Орехово (MSK); окр. д. Пожежин (MSK); окр. д. Толочно (MSK). *Пинский р-н:* окр. д. Гривковичи (MSK); окр. д. Молодельчицы (MSK); г. Пинск (MSK); окр. д. Тырвовичи (MSK); окр. д. Шоломи (MSK). *Пружанский р-н:* окр. д. Белый Лесок (MSK); окр. д. Хомно (MSK). *Столинский р-н:* окр. д. Рухча II (MSK).

Гомельская обл.: *Петриковский р-н:* окр. д. Муляровка (MSK).

Гродненская обл.: *Волковысский р-н:* окр. г. Волковыск (MSK); окр. д. Замковый Лес (Замковый) (MSK); окр. д. Карповцы (MSK); окр. д. Колядичи (MSK). *Вороновский р-н:* окр. д. Товзгиняны (MSK). *Гродненский р-н:* окр. д. Годуны (MSK); окр. г. и г. Гродно (MSK); окр. д. Дуброва (MSK); окр. д. и д. Калеты (MSK); окр. д. Ключки (MSK); окр. ж.д. ст. Лососно (MSK); окр. д. Михайловка (MSK); окр. д. Плебанишки (MSK); окр. п. Поречье (MSK); окр. д. Привалки (MSK); окр. д. Радзивилки (MSK); г. Скидель (MSK); окр. д. Соничи (MSK); окр. д. Юзефовка (MSK). *Зельвенский р-н:* окр. д. Лавриновичи (MSK). *Лидский р-н:* г. Лида (iNaturalist, MSK) и окр. г. Лида (м-р. Индустриальный) (MSK); окр. д. Цыборы (MSK). *Мостовский р-н:* окр. д. Дубно (iNaturalist); окр. д. Лунно (MSK); г. Мосты (iNaturalist); окр. д. Новоселки (MSK); окр. д. Стукалы (MSK); окр. д. Шестицы (MSK). *Новогрудский р-н:* окр. д. Мал. Изва (iNaturalist). *Свислочский р-н:* окр. д. Большие Михалки (MSK); окр. д. Мельново (MSK); окр. д. Тушемля (MSK). *Слонимский р-н:* окр. д. Великая Кракотка (MSK).

Минская обл.: *Березинский р-н:* д. Гута (MSK). *Копыльский р-н:* окр. д. Страхины (MSK). *Минский р-н:* г. Минск (MSK). *Молодечненский р-н:* окр. д. Мозоли (MSK). *Мядельский р-н:* д. Наносы (iNaturalist); к.п. Нарочь (MSK); д. Россохи (MSK).

Могилевская обл.: *Бобруйский р-н:* г. Бобруйск (MSK).

В окр. д. Томашевка Брестского района и в г. Гродно выявлен гибрид *P. rhoeas* x *P. dubium* (MSK), отличающийся неплотно прижатыми или вверх направленным опушением цветоноса и почти округлыми плодами.

***P. orientale* L.** В Беларуси выращивается изредка по всей территории. В пределах республики отмечается с 1949 г. (Флора БССР), как культиви-

румое и дичающее растение. Однако сборов того периода не сохранилось. Впервые в республике достоверно собран (во всяком случае из общедоступного гербарного материала) в 1997 году и правильно идентифицирован Д.В. Дубовиком. Все остальные сборы относятся к периоду после 2010 года и пока не отражают реальной картины распространения как этого вида, так и других таксонов этой секции, равно как и их гибридов. В послевоенное время маки этой группы были действительно редкими в культуре и наиболее широко культивировались в 70-80-ых годах минувшего столетия, особенно в связи с дачным строительством. После принятия ограничительных мер их культивирование стало заметно ниже и большинство ныне существующих посадок это по сути скромные отголоски бывшей широкой культуры. К настоящему времени существует большая группа гибридогенных форм между этими тремя видами, в т.ч. и формы с обратным скрещиванием, что очень затрудняет работу по их идентификации. Вероятно, некоторую помощь в этом могут сыграть определение числа хромосом (у типичного *P. bracteatum* $2n=14$; *P. orientale* $2n=28$; *P. setiferum* $2n=42$), а также набор и соотношение специфических алкалоидов в дополнение к морфологическим отличиям.

Брестская обл.: *Барановичский р-н:* д. Полонечка (MSK); окр. д. Тартаки (MSK). *Брестский р-н:* г. Брест (MSK). *Жабинковский р-н:* д. Мал. Сехновичи (MSK). *Ивацевичский р-н:* окр. д. Вулька Телеханская (MSK); окр. д. Гляденье (MSK); хут. Грудополь (MSK); г.п. Телеханы (MSK). *Кобринский р-н:* окр. д. Осса (MSK).

Витебская обл.: *Лепельский р-н:* д. Забоенье (MSK).

Гомельская обл.: *Октябрьский р-н:* д. Альбинск (MSK); д. Буда (MSK); г.п. Октябрьский (MSK).

Гродненская обл.: *Волковысский р-н:* окр. д. Краски (MSK). *Гродненский р-н:* окр. д. Загорники (хут. Перелом) (MSK). *Ивьевский р-н:* окр. д. Черневицы (MSK). *Новогрудский р-н:* д. Щорсы (MSK).

Минская обл.: *Борисовский р-н:* окр. д. Павловцы (MSK). *Крупский р-н:* д. Стар. Денисовичи (MSK); д. Ухвала (MSK). *Мядельский р-н:* к.п. Нарочь (MSK). *Столбцовский р-н:* д. Аталезь (MSK), д. Клетиче (MSK).

Могилевская обл.: *Глусский р-н:* д. Погорелое (MSK). *Шкловский р-н:* д. Дивново (MSK).

P. pseudo-orientale (Fedde) Medw. (*P. setiferum* Goldenblatt). Выращивается и иногда дичает изредка по всей территории.

Брестская обл.: *Брестский р-н:* г. Брест (MSK). *Ивацевичский р-н:* г.п. Телеханы (MSK). *Малоритский р-н:* д. Сушитница (MSK).

Гомельская обл.: *Ветковский р-н:* окр. д. Светиловичи (MSK). *Ельский р-н:* д. Александровка (MSK). *Октябрьский р-н:* г.п. Октябрьский (MSK).

Гродненская обл.: *Вороновский р-н:* окр. г.п. Вороново (MSK).

Минская обл.: *Воложинский р-н:* пос. Первомайский (MSK). *Несвижский р-н:* г. Несвиж (MSK).

P. rhoeas L. В Беларуси на восточной границе ареала. Встречается изредка в западных и юго-западных регионах республики, на остальной тер-

ритории – единичные заносы исключительно по рудеральным местообитаниям и вдоль дорог. В последнее время становится все более редким вследствие применения гербицидов и новых методов обработки почвы. Очень редко в республике произрастает и собран *P. strigosum* (Boenn.) Schur – вид из группы *P. rhoeas*, отличающийся прижатými волосками на цветоносе. Т.В. Егорова (2001) его рассматривает как *P. r. var. strigosum* Boenn. По мнению многих авторов он является гибридом между *P. rhoeas* и *P. dubium*. В Беларуси достоверно известен из г. Бреста (MSK), г. Вилейки (MSK), окр. г. Горки, БСХА (MSK из герб. БСХА); окр. г. Гродно (Лососно) (MSK), г. Минска (MSK), г.п. Телеханы (MSK) и д. Опечки Столбцовского района.

Брестская обл.: *Барановичский р-н:* д. Полонечка (MSK). *Березовский р-н:* окр. д. Бронная Гора (MSK). *Брестский р-н:* окр. г. Бреста (Пачоский, 1897), (iNaturalist) и г. Брест (MSK); д. Дубровка (MSK); окр. д. Клейники (MSK); окр. д. Кобелка (iNaturalist); окр. д. Комаровка (MSK); окр. д. Томашевка (MSK). *Ганцевичский р-н:* ж.д. о.п. Люсино (MSK), *Жабинковский р-н:* окр. д. Богданы (MSK); г. Жабинка (MSK), (iNaturalist); окр. д. Задерть (MSK), окр. д. Лиски (iNaturalist); окр. д. Ракитница (iNaturalist). *Ивацевичский р-н:* г. Ивацевичи (MSK); д. Нехачево (MSK); г.п. Телеханы (MSK). *Каменецкий р-н:* д. Оберовщина (MSK). *Кобринский р-н:* окр. д. Городец (MSK). *Лунинецкий р-н:* окр. г. Лунинец (MSK). *Пинский р-н:* г. Пинск (MSK). *Столинский р-н:* окр. г. Давид-Городок (MSK).

Витебская обл.: *Верхнедвинский р-н:* г. Верхнедвинск (MSK). *Полоцкий р-н:* окр. д. Рудня (р. Ушача) (MSK). *Миорский р-н:* окр. д. Голбея (MSK). *Ушачский р-н:* окр. д. Лаги (MSK).

Гомельская обл.: *Брагинский р-н:* д. Пучин (MSK). *Гомельский р-н:* г. Гомель (MSK). *Ельский р-н:* г. Ельск (MSK). *Житковичский р-н:* п. Хвоненск (MSK). *Жлобинский р-н:* окр. д. Луговая Вирня (MSK). *Лельчицкий р-н:* г. Лельчицы (MSK). *Мозырский р-н:* д. Скрыгалов (MSK). *Речицкий р-н:* г. Василевичи (MSK). *Рогачевский р-н:* г. Рогачев (MSK). *Хойникский р-н:* г. Хойники (MSK).

Гродненская обл.: *Берестовицкий р-н:* окр. д. Олекшицы (MSK); окр. д. Чапличи (MSK). *Волковысский р-н:* окр. д. Карповцы (MSK); окр. пос. и пос. Красносельский (MSK). *Вороновский р-н:* окр. д. Бастуны (MSK). *Гродненский р-н:* окр. г. и г. Гродно (MSK); г. Скидель (MSK). *Лидский р-н:* окр. г. Лида (м-р. Индустриальный), (MSK), (iNaturalist); г. Лида (MSK). *Мостовский р-н:* окр. хут. Княжеводцы (iNaturalist); окр. д. Лунно (MSK), (iNaturalist). *Новогрудский р-н:* окр. п. Березовка (iNaturalist); окр. г. Новогрудок (Дыбовский по Пачоский); д. Щорсы (MSK). *Ошмянский р-н:* окр. д. Бербенцы (MSK). *Слонимский р-н:* окр. д. Новая Стража (MSK); окр. г. Слоним (MSK). *Шучинский р-н:* д. Новый Двор (MSK).

Минская обл.: *Борисовский р-н:* Борисовский уезд (Пашкевич по Пачоскому). *Вилейский р-н:* г. Вилейка (MSK). *Дзержинский р-н:* д. Волма (MSK). *Минский р-н:* окр. д. Боровляны 2-е (MSK); д. Мал. Дубровка (iNaturalist); г. Минск (ж.д. ст. Восточный) (MSK); г. Минск (ж.д. ст. Минск-сортировочный) (MSK); окр. г. Минск (MSK) (iNaturalist); окр. д. Петришки (MSK); окр. д. Тростенец (MSK). *Молодечненский р-н:* г. Мо-

лодечно (ж.д. ст. Каледино) (MSK), г. Молодечно (iNaturalist). *Мядельский р-н*: окр. д. Антонисберг (iNaturalist); окр. д. Володьки (MSK); окр. д. Гатовичи (MSK); окр. д. Кочерги (MSK); окр. д. Кулики (MSK); г. Мядель (MSK); окр. г.п. Свирь (MSK); окр. д. Симоны (iNaturalist); окр. хут. Юстыново (MSK). *Пуховичский р-н*: г. Пуховичи (MSK). *Солігорскі р-н*: окр. д. Ясковичи (MSK). *Столбцовский р-н*: д. Опечки (iNaturalist).

Могилевская обл.: *Бобруйский р-н*: г. Бобруйск (MSK). *Горецкий р-н*: Горецкий район (Васильков); г. Горки (перечень колл. фондов); окр. г. Горки (MW). *Климовичский р-н*: д. Селище (MSK). *Осіповічскі р-н*: окр. ж.д. ст. Елизово (MSK); окр. г. Осиповичи (MSK). *Чериковский р-н*: д. Веприн (MSK), пос. Майский (УС Дубовик).

***P. somniferum* L.** В Беларуси раньше широко культивировался по всей республике, но в последние десятилетия, когда его культивирование было запрещено, встречается очень редко, единично. Для флоры республики часто указывался *P. setigerum* DC., однако все экземпляры, ранее так определенные, оказались *P. somniferum* L., у которого очень часто наблюдаются щетинки в верхней части стебля ближе к цветку. Их количество и густота зависит от сорта и генетической удаленности от родительской линии (их вероятным предком является типичный *P. setigerum*, распространенный в западной и юго-западной Европе). У современных сортов опушение стебля часто практически полностью отсутствует, в то время как у встречающихся в качестве сорняка экземпляров оно практически обязательно. Колеблется лишь их густота. Типичный *P. setigerum* обязательно кроме опушенного в верхней части стебля должен иметь в различной степени щетинистое опушение листовой пластинки (хотя бы с нижней стороны) и бутонов в нижней части, а также хорошо выраженные и более крупные щетинки на верхушках листьев и их долей.

Брестская обл.: *Ивацевичский р-н*: окр. д. Вулька Телеханская (MSK) (iNaturalist); г.п. Телеханы (MSK). *Каменецкий р-н*: окр. г. Высокое (MSK). *Столінскі р-н*: окр. г. Микашевичи (MSK). *Малорытскі р-н*: д. Хотислав (MSK). *Пружанский р-н*: д. Залесье (MSK).

Витебская обл.: Бешенковичский р-н: окр. д. Дубище (MSK). *Браславский р-н*: окр. д. Милашки (Бобыли, Бабули) (MSK). *Лельскі р-н*: окр. д. Домжерицы (MSK). *Миорский р-н*: г. Миоры (iNaturalist). *Чашніцкі р-н*: окр. г. Чашники (MSK).

Гомельская обл.: *Жлобинский р-н*: д. Сельное (MSK); д. Солоное (MSK). *Мозырский р-н*: г. Мозырь (MSK).

Гродненская обл.: *Гродненский р-н*: окр. г. Скидель (MSK). *Ошмянский р-н*: д. Заречье (MSK). *Новогрудский р-н*: окр. д. Раховец (iNaturalist).

Минская обл.: *Вилейский р-н*: окр. г. Вилейка (MSK). *Логойский р-н*: окр. д. Литвинково (MSK). *Мінскі р-н*: окр. д. Боровляны 2-е (MSK); ж.д. о.п. Крыжовка; Минск (MSK) (iNaturalist); окр. д. Подгорье (MSK). *Смолевичский р-н*: окр. д. Быкачино (MSK); д. Слобода Озерицкая (iNaturalist). *Стародорожский р-н*: г. Старые Дороги (MSK) (iNaturalist). *Червенский р-н*: окр. д. Куколевка (MSK).

Могилевская обл.: Климовичский р-н: г. Климовичи (MSK). Краснопольский р-н: д. Росомаха 1-я (MSK). Осиповичский р-н: г. Осиповичи (MSK).

В коллекции ЦБС и Горецкой сельхозакадемии отмечались многолетние *Papaver atlanticum* (Ball) Coss., хорошо отличающийся длинным, до 0,5 см жестко-щетинистым опушением всего растения и многочисленными кирпично-красными цветками диаметром до 5 см, собранными метелку и *Papaver croceum* Ledeb., который является многолетником с разнообразно окрашенными лепестками, но чаще желтой или белой цветовой гаммы, но на приусадебных и дачных участках нами пока не отмечается.

Закключение. Таким образом, нами уточнен видовой состав рода *Papaver* для флоры Беларуси. Установлено, что в качестве сорняков отмечаются 4 вида (*P. argemone*, *P. dubium*, *P. rhoeas*, *P. somniferum*), 3 вида культивируются и дичают (*P. bracteatum*, *P. pseudoorientale*, *P. orientale*), 2 вида культивируются в единичных местах произрастания (*P. atlanticum*, *P. croceum*). Выявлено 3 внутривидовых таксона (*P. rhoeas* L., var. *strigosum* Boenn., *P. argemone* var. *glabratum* Rouy & Foucaud.) и *P. argemone* var. *cinerea-setulosa* Fedde et Bornm.), 1 гибрид *P. rhoeas* x *P. dubium* (MSK), и один таксон внутривидового уровня (*P. setigerum*) ранее приводился ошибочно.

А.Н. СКУРАТОВИЧ
ПРЕДСТАВИТЕЛИ РОДА МАК (*PAPAVER* L.) ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

Резюме

Уточнен видовой состав рода *Papaver* – Мак во флоре Беларуси, где встречается в диком виде и в культуре 7 видов и 3 разновидности этого рода, приведены места произрастания каждого таксона. Указано, что 1 вид приводился ошибочно.

A.N. SKURATOVICH
THE GENUS POPPY (*PAPAVER* L.) IN THE FLORA OF BELARUS

Summary

The species composition of the *Papaver* – Poppy genus in the flora of Belarus has been clarified, where 7 species and 3 varieties of this genus are found in the wild and in culture, the places of growth of each taxon are given. It is indicated that 1 species was given in error.

Поступила в редакцию 06.12.2020 г.

**Д. Г. ГРУММО, Н. А. ЗЕЛЕНКЕВИЧ, С. Г. РУСЕЦКИЙ
К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ КАРТЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
ТОРФЯНЫХ БОЛОТ И ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ**

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. К настоящему времени в естественном или слабонарушенном состоянии сохранилось 863 тыс. га болот (29,3% от первоначальной площади болот) [1]. Действующее законодательство Республики Беларусь определяет болота «как природный комплекс, характеризующийся постоянным переувлажнением земель и произрастающей болотной растительностью, при отмирании которой происходят процессы торфообразования и торфонакопления» [2]. Однако на практике они продолжают относиться к разным категориям земель [3,4]. Большая часть болот относится к государственному лесному фонду. Часть болот расположена также на землях сельскохозяйственного использования, запаса и других категорий [3]. Исходя из этого различаются и принципы их учета. При этом для лесного и сельского хозяйства болота и заболоченные местообитания – наименее ценные земли, что, естественно, отражается на качестве и детальности их учета [4]. Сложность инвентаризации торфяных болот – одна из основных проблем организации их рационального использования и охраны не только в нашей стране [5], но и за рубежом [4, 6, 7].

В связи с этим нами была предпринята попытка, направленная на интеграцию существующих данных, развитие информационной базы для получения ряда общих характеристик торфяных болот, в том числе с привлечением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

В настоящей статье приводятся сведения о результатах тематического картографирования растительности торфяных болот. При составлении геоботанической карты авторами были поставлены следующие задачи: отразить ценотическое разнообразие растительности; установить основные типологические категории сообществ и группировок (синтаксоны); дать оценку современного состояния растительного покрова; выявить наиболее ценные с природоохранной точки зрения растительные сообщества; разработать предложения по корректировке границы и площадей объектов торфяного фонда Беларуси.

Объекты и методы исследований. При выборе объектов исследований мы руководствовались критериями, отображенными на рисунке 1. При этом по аналогии с англоязычными « *mire*» и «*peatland*», использовались термины естественное «торфяное болото», где есть условия, и происходит накопление торфа, и «торфяник», атрибутом которого является только наличие торфяной залежи, и относящийся как к естественным, так и в большей степени антропогенно нарушенным объектам [4].

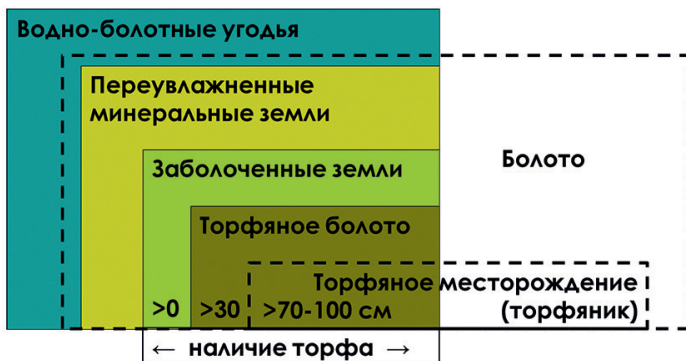


Рис. 1. Структура объектов исследования

Границы объектов исследований (естественные и нарушенные болота, выработанные торфяные месторождения), где осуществлялось тематическое картографирование растительности определялись на основе данных онлайн-ресурса «База данных торфяники Беларуси» (<http://peatlands.by>).

Дополнительной информацией о торфяных болотах и заболоченных землях являлись материалы космической и топографической съемки, лесо- и землеустроительные данные, на основе которых корректировались границы существующих объектов исследований, а также выделялись новые. Минимальная площадь объекта исследования составляла 50 га.

В перечень объектов исследований, также включены мелкоотформованные (мощность торфа $<0,3$ м) заболоченные земли. Это было связано, с тем, что эти земли экологически и пространственно часто трудноотделимы от торфяных болот, а также включены в национальную базу данных торфяников.

Геоботаническая карта составлена в масштабе 1: 100 000 и относится к типу обобщенных крупномасштабных [8].

Работа по ее составлению включала следующие этапы.

1. Подбор материалов космической съемки. С учетом имеющихся материальных возможностей был осуществлен поиск и подбор материалов ДЗЗ коллекций Landsat 8 SR и Sentinel-2 TOA. Из коллекций отбирались сцены за 2016–2018 гг., сгруппированные по 3 периодам, отражающим сезонную динамику развития растительности: 16 апреля – 15 июня, 16 июня – 15 августа, 16 августа – 15 октября.

2. Обработка космических снимков. Для каждой сцены рассчитывались: нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI), преобразование Tasseled Cap (разработано для анализа изменений растительного покрова, определяемых различными системами спутниковых сенсоров), RGB-синтез и др. Сцены каждого сезонного периода были

объединены в одну, где результирующее значение является медианой входных значений и объединены в единое многоканальное растровое изображение.

3. Создание базы геоботанических описаний. База геоботанических описаний содержит 3,8 тысяч геоботанических описаний, выполненных в 2004–2018 гг.

4. Разработка легенды карты. Легенда построена на основе эколого-фитоценотического (доминантного) подхода. На карте показан современный растительный покров, который включает как коренные, так и производные растительные сообщества, находящиеся на разных стадиях восстановления или деградации.

В легенде выделено 2 блока: 1) естественная и слабонарушенная растительность торфяных болот и заболоченных территорий; 2) антропогенно-производная растительность нарушенных торфяников.

В первом блоке высшие подразделения легенды соответствуют типам растительности. Лесной тип растительности подразделяется на 2 таксона высшего порядка: хвойные и лиственные коренные леса на болотах. Подзаголовками следующего ранга для лесной растительности являются формации, выделенные по преобладанию древесных пород (сосновые, пушистоберезовые, черноольховые и т.д.). Оценивая ценоценотическое разнообразие лесов, можно отметить, что на тематической карте нашло отражение распространение 12 типов лесных растительных сообществ (с учетом зональных вариантов).

Фитоценоценотическое разнообразие болотной растительности отображено в легенде геоботанической карты 14 единицами (таблица 1). Болотная растительность разделена по типу питания на эвтрофные (низинные), мезотрофные (переходные) и олиготрофные (верховые). Основными картируемыми единицами являются группы ассоциаций (кустарничково-сфагновые, осоково-сфагновые, злаково-осоковые, травяно-осоково-гипновые и др.). Кроме этого, на карте отображены сообщества на ранних стадиях формирования лесной структуры, что позволяет оценить масштаб процессов зарастания открытых (нелесных) торфяных болот. Луговая растительность с участками травяных болот представлена 3 таксонами, кустарниковая – 1 (см. таблицу 1).

Самостоятельными разделами представлены антропогенно-производная растительность торфяников (№ 22–31).

5. Создание обучающих выборок эталонов и выполнение предварительной классификации. На основании результатов 15-летнего цикла наземных исследований был составлен каталог эталонов (6,7 тыс. единиц, общей площадью 115,4 тыс. га (или 10,4% от общей площади торфяных болот и заболоченных территорий).

Для каждого класса эталонов случайным образом были сформированы тренировочная (70%), тестовая выборки (30%) и выполнена предварительная классификация методом Random Forest с различными параметрами.

Таблица 1. Легенда карты и структура растительного покрова болот и заболоченных земель Беларуси

Категория легенды		Площадь	
тыс. га		%	
1		2	3
I. ЕСТЕСТВЕННАЯ И СЛАБОНАРУШЕННАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БОЛОТ И ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ		779,5	70,7
ЛЕСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ		397,7	36,1
Хвойные леса		191,0	17,4
Сосновые (<i>Pinus sylvestris</i>) и пушистоберезово-сосновые (<i>Betula pubescens</i> , <i>Pinus sylvestris</i>) болотные леса		190,6	17,4
1	Сосновые кустарничково-сфагновые (<i>Pinus sylvestris</i> f. <i>uliginosa</i> + обычная форма, <i>Ledum palustre</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. magellanicum</i> , <i>Dicranum polysetum</i> , <i>Pleurozium schreberi</i>)		
1а	южнотаежные с <i>Chamaedaphne calyculata</i>	34,0	3,1
1б	подтаежные с <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Sphagnum fallax</i>	44,7	4,1
2	Сосновые пушицево-кустарничково-сфагновые (<i>Pinus sylvestris</i> f. <i>litwinowii</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Oxycoccus palustris</i> , <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Drosera rotundifolia</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. magellanicum</i> , <i>Polytrichum strictum</i>)	21,1	1,9
2а	южнотаежные с <i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Oxycoccus microcarpus</i> , <i>Sphagnum fuscum</i>	14,1	1,3
2б	подтаежные с <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Sphagnum fallax</i>	57,3	5,2
3	Сосновые и пушистоберезово-сосновые с неоднородным покровом: кустарничково-сфагновые кочки (<i>Ledum palustre</i> , <i>Oxycoccus palustris</i> , <i>Sphagnum magellanicum</i>) и осоково-пушицево-сфагновые межкочья (<i>Carex lasiocarpa</i> , <i>C. nigra</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. fallax</i> , <i>Sph. magellanicum</i>)	8,5	0,8
4	Пушистоберезово-сосновые с ольхой черной осоково-гигрофитно-травяно-гипново-сфагновые на болотах богатого минерального питания (<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Carex appropinquata</i> , <i>C. chondorrhiza</i> , <i>C. dioica</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. nigra</i> , <i>Comarum palustre</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Thelypteris palustris</i> , <i>Calliergonella cuspidata</i> , <i>Sphagnum centrale</i> , <i>Sph. squarrosum</i> , <i>Sph. teres</i> , <i>Sph. warnstorffii</i>)	10,9	1,0
4а	южнотаежные с участием <i>Picea abies</i> в древостое и <i>Juniperus communis</i> , <i>Betula humilis</i> в подлеске	0,4	<0,1
Еловые (<i>Picea abies</i>) леса			
5	Еловые осоковые в сочетании с приручейно-травяными с неоднородным покровом (на кочках – <i>Luzula pilosa</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Dryopteris carthusiana</i> , <i>D. expansa</i> , <i>Trientalis europaea</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> ; в понижениях – <i>Carex elongata</i> , <i>Crepis paludosa</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Thelypteris palustris</i> , <i>Naumburgia thyrsiflora</i> , <i>Caltha palustris</i>)	0,4	<0,1

1	2	3
Лиственные болотные леса	206,7	18,7
Пушистоберезовые (<i>Betula pubescens</i>) леса	132,7	12,0
6 Пушистоберезовые с сосной осоково-травяно-сфагновые (<i>Callamagrostis canescens</i> , <i>Carex lasiocarpa</i> , <i>C. nigra</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>Comarum palustre</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Peucedanum palustre</i> , <i>Calliergonella cuspidata</i> , <i>Calliergon giganteum</i> , <i>Sphagnum centrale</i> , <i>Sph. fallax</i>)	17,8	1,6
7 Пушистоберезовые и черноольхово-пушистоберезовые гидрофитнотравяно-осоковые (<i>Calla palustris</i> , <i>Carex acutiformis</i> , <i>C. appropinquata</i> , <i>C. cinerea</i> , <i>C. elongata</i> , <i>Comarum palustre</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Lycopus europaeus</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Naumburgia thyrsoflora</i> , <i>Peucedanum palustre</i> , <i>Thelypteris palustris</i>)	114,9	10,4
Черноольховые (<i>Alnus glutinosa</i>) леса	74,0	6,7
8 Черноольховые с березой пушистой, ясенем крапивно-кочедыжниковые (<i>Athyrium filix-femina</i> , <i>Caltha palustris</i> , <i>Carex elongata</i> , <i>Chrysosplenium alternifolium</i> , <i>Cirsium oleraceum</i> , <i>Dryopteris filix-mas</i> , <i>Impatiens noli-tangere</i> , <i>Mercurialis perennis</i> , <i>Ranunculus repens</i> , <i>Stellaria nemorum</i> , <i>Urtica dioica</i>) в сочетании с черноольховыми высокотравными в поймах рек (<i>Calystegia sepium</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Impatiens noli-tangere</i> , <i>Lysimachia nummularia</i> , <i>L. vulgaris</i> , <i>Lythrum salicaria</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>U. galeopsifolia</i>) с <i>Euonymus europaea</i> , <i>Humulus lupulus</i> , <i>Padus avium</i> , <i>Rubus caesius</i> в подлеске	23,6	2,1
9 Черноольховые и пушистоберезово-черноольховые гидрофитно-травяно-осоковые (<i>Calla palustris</i> , <i>Carex acutiformis</i> , <i>C. elongata</i> , <i>C. pseudocyperus</i> , <i>C. vesicaria</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Lycopus europaeus</i> , <i>Naumburgia thyrsoflora</i> , <i>Peucedanum palustre</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Ranunculus lingua</i> , <i>Thelypteris palustris</i>) нередко с густым кустарниковым ярусом (<i>Frangula alnus</i> , <i>Salix cinerea</i>)	50,4	4,6
БОЛОТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ	330,3	29,9
Верховые (олиготрофные) болота	102,2	9,3
10 Кустарничково-сфагновые (<i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Oxycoccus microcarpus</i> , <i>Sphagnum fuscum</i>) с редкой <i>Pinus sylvestris</i> f. <i>litwinowii</i>	6,5	0,6
11 Пушицево-кустарничково-сфагновые (<i>Andromeda polifolia</i> , <i>Oxycoccus palustris</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Sphagnum magellanicum</i> , <i>Sph. angustifolium</i>)		
11a южнотаежные с <i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Sphagnum fuscum</i>	4,5	0,4
116 подтаежные с <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Sphagnum fallax</i>	9,1	0,8

	1	2	3
12	Зарастающие верховые болота: сосново-пушицево-сфагновые редколесья (<i>Pinus sylvestris</i> f. <i>litwinowii</i> [h=2–3 м, сомкнутость 0,2–0,3], <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Oxycoccus palustris</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. magellanicum</i>)	39,3	3,6
	Комплексная растительность		
13а	Грядово-озерково-мочажинный комплекс: гряды: кустарничково-сфагновые гряды (<i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Sphagnum fuscum</i>) с редкой <i>Pinus sylvestris</i> f. <i>litwinowii</i> [h=2–3 м, сомкнутость 0,1–0,3] мочажины: очеретниково-, шейхцерицево- и топяноосоково-сфагновые мочажины (<i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Carex limosa</i> , <i>Rhynchospora alba</i> , <i>Sphagnum cuspidatum</i> , <i>Sph. majus</i>), нередко с признаками регрессии (<i>Rhynchospora alba</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Cladopodiella fluitans</i> , <i>Cephalozia fluitans</i> , <i>Mylia anomala</i> , <i>Sphagnum cuspidatum</i> , <i>Sph. balticum</i>) озерки с открытой водной поверхностью или затягивающимися сфагновыми мхами (<i>Sphagnum cuspidatum</i> , <i>Sph. majus</i>)	17,7	1,6
13б	Грядово-мочажинный комплекс: гряды (кочки): кустарничково-сфагновые (<i>Calluna vulgaris</i> , <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Sphagnum magellanicum</i>) с редкой <i>Pinus sylvestris</i> f. <i>litwinowii</i> [h=2–3 м, сомкнутость 0,1–0,3] мочажины: очеретниково- и шейхцерицево-топяноосоково-сфагновые (<i>Rhynchospora alba</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Carex limosa</i> , <i>Sphagnum balticum</i> , <i>Sph. cuspidatum</i>)	14,4	1,3
13в	Грядово-мочажинный комплекс гряды: сосново-пушицево-сфагновые (<i>Pinus sylvestris</i> f. <i>litwinowii</i> , f. <i>willkommii</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. magellanicum</i>); мочажины: пушицево-очеретниково-сфагновые (<i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Rhynchospora alba</i> , <i>Sphagnum cuspidatum</i> , <i>Sph. angustifolium</i> , <i>Sph. fallax</i>), в наиболее обводненных очеретниково- и шейхцерицево-топяноосоково-сфагновые (<i>Rhynchospora alba</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Carex limosa</i> , <i>Sphagnum cuspidatum</i>)	4,3	0,4
13г	Шейхцерицево-осоково-сфагновые топи на верховых (<i>Carex lasiocarpa</i> , <i>C. limosa</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Sphagnum cuspidatum</i>) и переходных (<i>Carex lasiocarpa</i> , <i>C. limosa</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>Eriophorum polystachyon</i> , <i>E. vaginatum</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Sphagnum cuspidatum</i> , <i>Sph. fallax</i>) болотах изредка в сочетании с озерками с открытой водной поверхностью	6,4	0,6
Переходные	(мезоолиготрофные и мезотрофные) болота	53,1	4,8
14	Осоково-пушицево-травяно-сфагновые (<i>Carex lasiocarpa</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>Comarum palustre</i> , <i>Eriophorum polystachyon</i> , <i>E. vaginatum</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. fallax</i> , <i>Sph. obtusum</i> , <i>Sph. papillosum</i>) с редкими кустарничково-сфагновыми (<i>Andromeda polifolia</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Oxycoccus palustris</i> , <i>Sphagnum magellanicum</i>)	27,8	2,5

1	2	3
14а Зарастающие переходные болота: осоково-пушицево-травяно-сфагновые с разреженным древесно-кустарниковым ярусом (<i>Betula pubescens</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Salix aurita</i> , <i>S. cinerea</i>)	25,3	2,3
Низинные (эвтрофные) болота	175,0	15,8
15 Травяно-осоковые (<i>Carex dioica</i> , <i>C. flava</i> , <i>C. appropinquata</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>C. chordorrhiza</i> , <i>Epipactis palustris</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i>) с разреженным моховым покровом (<i>Palludella squarrosa</i> , <i>Sphagnum obtusum</i> , <i>Sph. teres</i> , <i>Sph. warnstorffii</i> , <i>Tomentypnum nitens</i>) зарастающие <i>Betula humilis</i> , <i>B. pubescens</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Salix cinerea</i> , <i>S. lapponum</i> , <i>S. rosmarinifolia</i>	5,8	0,5
16 Злаково-осоковые (<i>Calamagrostis canescens</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Carex elata</i> , <i>C. appropinquata</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. diandra</i>), травяно-осоково-гипновые (<i>Carex elata</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>Comarum palustre</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Peucedanum palustre</i> , <i>Thelypteris palustris</i> , <i>Aulacomium palustre</i> , <i>Calliergonella cuspidata</i> , виды рода <i>Drepanocladus</i>) с мозаичным комплексом <i>Equisetum fluviatilis</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Typha latifolia</i>	60,2	5,4
16а Зарастающие низинные болота: травяно-осоково-гипновые с разреженным (до 20–30%) древесно-кустарниковым ярусом (<i>Betula pubescens</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Salix aurita</i> , <i>S. cinerea</i> , <i>S. pentandra</i> , <i>S. triandra</i>) и мозаичным комплексом <i>Equisetum fluviatilis</i> , <i>Phragmites australis</i>	47,2	4,3
17 Комплекс гидрофитных и гидрофитных сообществ монодоминантных высоких трав (<i>Equisetum fluviatilis</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Typha latifolia</i>) в сочетании с травяно-осоковыми (<i>Carex pseudocyperus</i> , <i>Carex acuta</i> , <i>Cicuta virosa</i> , <i>Galium palustre</i> , <i>Lycopus europaeus</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Thelypteris palustris</i>)	61,8	5,6
ЛУГОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ		
Луга пойменные (заливные) с участками травяных болот, кустарников (<i>Frangula alnus</i> , <i>Salix cinerea</i> , <i>S. fragilis</i> , <i>S. pentandra</i> , <i>S. myrsinifolia</i> , <i>S. triandra</i>)	51,9	4,7
	34,2	3,1
18 Сырые луга (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Poa palustris</i> , <i>Poa trivialis</i> , <i>Beckmannia eruciformis</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i>) с участками болотистых лугов и травяных болот	33,6	3,0
19 Болотистые луга (<i>Phalaroides arundinacea</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Glyceria maxima</i> , <i>Carex acuta</i> , <i>C. acutiformis</i> , <i>Scirpus sylvaticus</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Typha angustifolia</i> , <i>T. latifolia</i> , <i>Acorus calamus</i>) с участками травяных болот, закустаренные	0,6	0,1
Луга внепойменные (материковые) с участками травяных болот, кустарников (<i>Salix cinerea</i> , <i>S. caprea</i> , <i>S. triandra</i> , <i>S. myrsinifolia</i> , <i>S. rosmarinifolia</i> , <i>S. pentandra</i> , <i>S. aurita</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Viburnum opulus</i>)	9,3	0,8
20 Сырые луга (<i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Fillipendula ulmaria</i> , <i>Bistorta major</i> , <i>Juncus effusus</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Carex flava</i> , <i>C. panicea</i>) с участками торфянистых лугов (<i>Carex vesicaria</i> , <i>C. dioica</i> , <i>C. appropinquata</i>) и травяных болот	9,3	0,8

1	2	3
КУСТАРНИКОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ		
21 Ивняки пойменные (<i>Salix alba</i> , <i>S. fragilis</i> , <i>Humulus lupulus</i> , <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Lythrum salicaria</i> , <i>Rubus caesius</i> , <i>Phalaroides arundinacea</i> , <i>Veronica longifolia</i> , <i>Urtica galeopsifolia</i>)	8,4	0,8
II. АНТРОПОГЕННО-ПРОИЗВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ НАРУШЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ	323,7	29,3
АНТРОПОГЕННО-ПРОИЗВОДНЫЕ ЛЕСА		
22 Сосновые, березово-сосновые кустарничково-сфагново-зеленомошные на торфах верхового типа осушенные (<i>Pinus sylvestris</i> f. <i>uliginosa</i> + обычная форма, <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>V. uliginosum</i> , <i>Dicranum polysetum</i> , <i>Pleurozium schreberi</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. magellanicum</i>)	29,1	2,6
23 Лиственные (<i>Betula pendula</i>) кустарничковые на торфах верхового типа осушенные (<i>Calluna vulgaris</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>V. uliginosum</i> , <i>Polytrichum strictum</i>)	5,7	0,5
23а Лиственные (<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>B. pendula</i>) высококотравные на торфах низинного типа осушенные (<i>Athyrium filix-femina</i> , <i>Dryopteris filix-mas</i> , <i>Chrysosplenium alternifolium</i> , <i>Crepis paludosa</i> , <i>Geranium robertianum</i> , <i>Geum urbanum</i> , <i>Impatiens noli-tangere</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Poa palustris</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Viola epipsila</i>) с <i>Frangula alnus</i> , <i>Padus avium</i> , <i>Rubus idaeus</i> в подлеске в сочетании со злаково-разнотравными редколесьями (<i>Anthriscus sylvestris</i> , <i>Bromus inermis</i> , <i>Calamagrostis canescens</i> , <i>Cirsium arvense</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Juncus effusus</i> , <i>Filipendula ulmaria</i>)	3,0	0,3
МЕЛКОЛЕСЬЯ, КУСТАРНИКОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ		
24 Ивняки (<i>Salix aurita</i> , <i>S. cinerea</i> , <i>S. rosmarinifolia</i> , <i>S. pentandra</i>) гигрофитно-высокотравные (<i>Calamagrostis canescens</i> , <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Iris pseudacorus</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Scirpus sylvaticus</i> , <i>Peucedanum palustre</i>)	14,5	1,3
25 Ивняки (<i>Salix cinerea</i> , <i>S. rosmarinifolia</i> , <i>S. triandra</i>) с березой пушистой (<i>Betula pubescens</i>) и ольхой черной (<i>Alnus glutinosa</i>) вейниково-осоковые (<i>Calamagrostis canescens</i> , <i>Carex acuta</i> , <i>C. vesicaria</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Lythrum salicaria</i> , <i>Galium palustre</i> , <i>Thelypteris palustris</i>) и тростниковые (<i>Phragmites australis</i>)	141,2	12,8
ПРОЧАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ		
26 Злаково-разнотравные ксеромезофитные (<i>Poa angustifolia</i> , <i>Trifolium montanum</i>), психромезофитные (<i>Agrostis tenuis</i> , <i>Anthoxanthum odoratum</i> , <i>Briza media</i> , <i>Festuca rubra</i>) и эумезофитные (<i>Festuca pratensis</i> , <i>Poa pratensis</i>) часто с участием сорно-полевых видов (<i>Urtica dioica</i> , <i>Anthriscus sylvestris</i> , <i>Galium mollugo</i> , <i>Linaria vulgaris</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Potentilla anserina</i> , <i>Carduus crispus</i> и др.)	16,1	1,5

	1	2	3
27	Комплекс мезофитных сообществ (<i>Arrhenatherum elatius</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca pratensis</i> , <i>F. rubra</i> , <i>Phleum pratensis</i>)	23,5	2,1
28	Вересковые (<i>Calluna vulgaris</i>), вересково-политриховые-сфагновые (<i>Calluna vulgaris</i> , <i>Polytrichum strictum</i>) с участками хвойно-лиственные (<i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i> , <i>Pinus sylvestris</i>) кустарничково-политрихово-сфагновые (<i>Calluna vulgaris</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Polytrichum strictum</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. magellanicum</i>) производных сообществ	16,7	1,5
29	Многолетние и двулетние высокотравные нитрофильные сообщества влажных местообитаний (<i>Anthriscus sylvestris</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Eupatorium cannabinum</i> , <i>Agrostis gigantea</i> , <i>Artemisia vulgaris</i> , <i>Phalaroides arundinacea</i> , <i>Poa pratensis</i> , <i>Rubus idaeus</i> , <i>Urtica dioica</i>)	54,6	4,9
30	Пионерная растительность (<i>Tussilago farfara</i> , <i>Equisetum arvense</i> , <i>Cardaminopsis arenosa</i> , <i>Conyza canadensis</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Agrostis stolonifera</i> , <i>Carduus crispus</i> , <i>Chamaenerion angustifolium</i> , <i>Rumex acetosella</i> , <i>Sonchus arvensis</i>)	0,2	<0,1
31	Гольый торф, ранние стадии формирования растительности на бывших участках торфодобычи (<i>Tussilago farfara</i> , <i>Equisetum arvense</i> , <i>Cardaminopsis arenosa</i> , <i>Juncus conglomeratus</i> , <i>Phragmites australis</i>) иногда с ивами (<i>Salix cinerea</i> , <i>S. purpurea</i>)	19,1	1,7

Для классификации использовался алгоритм контролируемой классификации изображения с предварительной сегментацией.

Для анализа и построения карты использовались не все синтаксоны, выделенные при классификации растительности. В эту выборку были отобраны только те синтаксономические единицы, которые достоверно (точность выделения >60%) распознавались в ходе предварительного анализа.

Качество классификации оценивалось с использованием полной матрицы ошибок, в которой используется кросс-табуляция для установления соответствия между полученными разными способами значениями идентичных классов. Классы, качество выделения которых было <60%, объединялись с близкими классами.

6. Проведение итоговой контролируемой классификации (аналогично п. 8).

7. Оценка достоверности результатов итоговой классификации (аналогично п. 8). Достоверность классификации в наших исследованиях составила в среднем 75,7%.

8. Выделение зональных вариантов с учетом разнообразия географии растительного покрова торфяных болот. Для этих целей проводились анализ геоботанического районирования, составлялись карты-схемы распространения диагностических видов, выполнялась оценка сходства флористического состава и синтаксономического разнообразия.

9. Генерализация (геометрическая и географическая), создание единого векторного слоя, расчет площадей картируемых единиц.

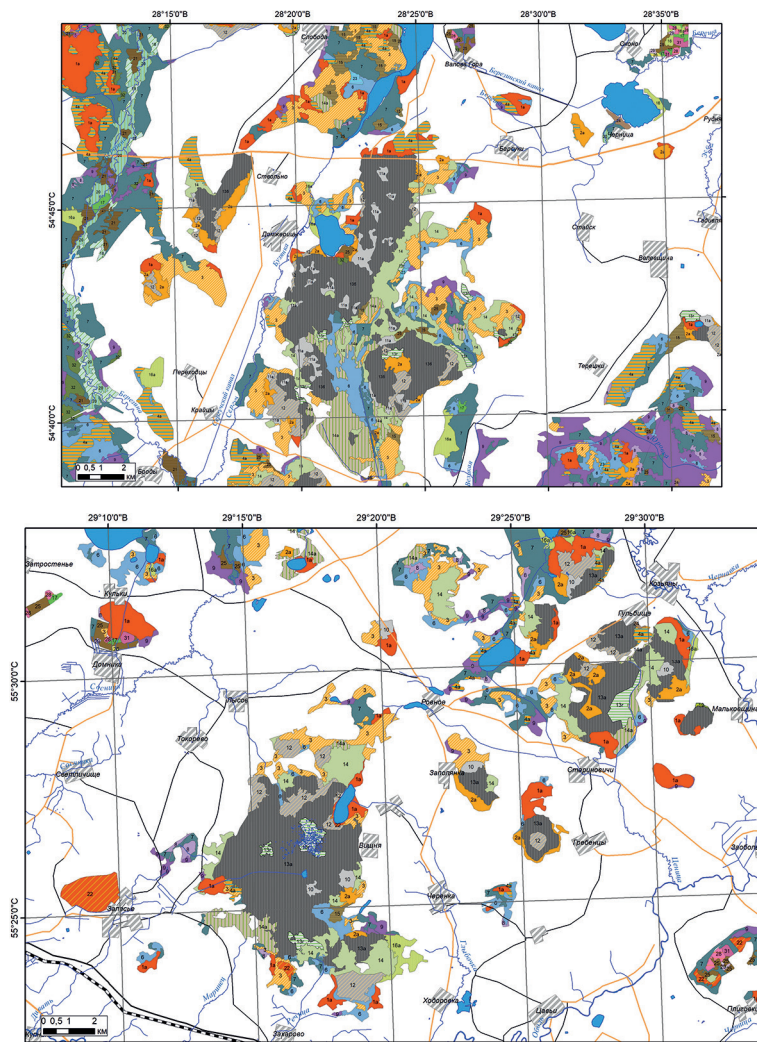


Рис. 2. Фрагменты карты растительности торфяных болот и заболоченных земель Беларуси (М 1: 100 000; уменьшенная копия).

10. Создание составительского оригинала карты. На каждом выделе растительности в центре проставлялся номерной индекс, отвечающий его содержанию по рабочей легенде карты, а окраска выдела соответ-

ствует принятому цвету шкалы (рис. 1). В системе красочно-штриховых обозначений использовалась цветовая гамма, принятая в отечественной картографии [9] и лесоустроительной практике [10].

11. Полевая и камеральная проверка карты. В полевых условиях (2019–2020 гг.) проводилась итоговая проверка карты растительности торфяных болот и заболоченных территорий с составлением протокола достоверности. Кроме этого, дополнительно выдела геоботанической карты сверялись с материалами актуального лесоустройства.

Все операции с пространственными данными выполнены в специализированных программных пакетах (ENVI, ArcGIS, QGIS), а также с использованием платформы облачных вычислений Google Earth Engine.

Результаты и обсуждение. В результате проведенной работы (табл. 1, рис. 2,) была закартирована растительность 3521 торфяных болот и торфяников, общей площадью 1103,2 тыс. га.

На основе анализа геоботанической карты установлено, что площадь естественных и слаборазрушенных болот и заболоченных земель, включенных в торфяной фонд Беларуси, в настоящее время составляет 779,5 тыс. га (70,7% от общей площади исследованной территории). Фитоценоотическое разнообразие естественных болот и заболоченных земель характеризуется 30 таксонами. Преобладают лесные болота, занимающие 397,7 тыс. га (36,1%), в т.ч. сосновые – 190,6 тыс. га (17,4%), пушистоберезовые – 132,7 (12,0%), чернольховые леса – 74,0 тыс. га (6,7%).

Площадь нелесных болот составляет 330,3 тыс. га (29,9%), в т.ч. верховые 102,2 тыс. га (9,3%), переходные – 53,1 тыс. га (4,8%), низинные – 175,0 тыс. га (15,8%). В пределах этой площади доля зарастающих болот (редколесий) составляет 33,8%, стабильные открытые болота с естественной и слаборазрушенной структурой и видовым составом занимают площадь 218,5 тыс. га. В целом древесная растительность присутствует на 66,4% площади естественных болот и заболоченных земель.

На площади 229,4 тыс. га выявлены наиболее ценные с природоохранной точки зрения растительные сообщества, в т.ч. пушистоберезово-сосновые с ольхой черной осоково-гигрофитно-травяно-гипново-сфагновые на болотах богатого минерального питания (№ 4) – 10,9 тыс. га (1,0%); открытые (нелесные) болота (№ 10, 11, 13, 14, 15, 16) (табл. 1) – 218,5 тыс. га (19,7%).

Площадь нарушенных торфяников в границах объектов исследований составляет 323,7 тыс. га (29,3%). Вместе с тем, в ходе исследований выявлены земли, общей площадью 100 тыс. га (9,1%), которые необходимо дополнительно обследовать на предмет исключения из базы торфяного фонда (№ 18–21, 26, 27) (табл. 1). Это связано с тем, что при разработке базы данных недостаток сведений торфоразведки по наличию и мощности торфяной залежи компенсировался применением данных ДЗЗ. Вследствие возможного перекрытия спектральных характеристик болот с характеристиками других угодий (прежде всего с культурными сенокосами и пастбищами, пойменными лугами) не исключено возникновение неизбежных ошибок.

Литература

1. Козулин А.В., Тановицкая Н.И. Современное состояние торфяников // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны: мат-лы III Междунар. науч. семинара (26–28 сентября 2018 г., Минск–Гродно, Беларусь). – Минск, 2018. С. 65–71.
2. Об охране и использовании торфяников. Закон Республики Беларусь № 272-З от 18 декабря 2019 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 2/2710 от 27.12.2019. 25 с.
3. Бамбалов Н.Н., Тановицкая Н.И. Современное использование болот и торфяных месторождений Беларуси // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны. Материалы международного научно-практического семинара. Минск, 30 сентября – 1 октября 2009 г. – Минск: Право и экономика, 2009. С. 17–24.
4. Сирин А.А., Маслов А.А., Валяева Н.А., Цыганова О.П., Глухова Т.В. Картографирование торфяных болот Московской области по данным космической съемки высокого разрешения // Лесоведение. 2014. № 5. С. 65–71.
5. Основные направления действий по сохранению и рациональному использованию торфяных болот России. Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: Российская программа Международного бюро по сохранению водно-болотных угодий, 2003. 24 с.
6. Углеродные кредиты и заболачивание деградированных торфяников. Климат – Биоразнообразие – Землепользование: теория и практика - уроки реализации пилотного проекта в Беларуси: [пер. с нем.] / ред.: Ф. Таннеберг, В. Вихтманн. – Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers, 2011. XII, 221 с.
7. Assessment on peatlands, biodiversity and climate change. Main report / F. Parish [etc.] (eds.) // Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International/ – Wageningen, 2008. 179 p.
8. Емельянов Л.Г., Огуреева Г.Н. Биогеографическое картографирование. Учебное пособие. – М.: Географический факультет МГУ, 2006. 132 с.
9. Юркевич И.Д., Голод Д.С., Адерихо В.С. Растительность Белоруссии, ее картографирование, охрана и использование. – Минск, 1979. 248 с.
10. Рабочие правила по оформлению планово-картографических материалов лесоустройства (технология Formod). Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, 2010. 54 с. (рукопись).

Д. Г. ГРУММО, Н. А. ЗЕЛЕНКЕВИЧ, С. Г. РУСЕЦКИЙ К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ КАРТЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ И ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ

Резюме

В настоящей статье приводятся сведения о результатах тематического картографирования растительности торфяных болот и заболоченных земель Беларуси. Предложена и апробирована методика использования космической съемки для картирования торфяных болот разных типов и состояний. Решены следующие задачи: отражено ценоотическое разноо-

бразие; дана оценку современного состояния растительного покрова; выявлены наиболее ценные с природоохранной точки зрения фитоценозы; скорректированы границы и площади объектов торфяного фонда Беларуси. Геоботаническая карта содержит сведения о растительности 3521 торфяных болот и торфяников, общей площадью 1103,2 тыс. га.

**D. G. GRUMMO, N. A. ZELIANKEVICH, S. G. RUSETSKY
TO THE ISSUE OF CREATING A MAP OF VEGETATION
OF PEAT BOGS AND WETLANDS OF BELARUS**

Summary

This article provides information on the results of thematic mapping of the vegetation of peat bogs and wetlands of Belarus. A method of using space imagery for mapping peat bogs of different types and conditions was proposed and tested. The following tasks were solved: coenotic diversity is shown; an assessment of the current state of the vegetation cover is given; the most valuable phytocenoses from an environmental point of view have been identified; the borders and areas of the peat fund facilities in Belarus have been adjusted. The geobotanical map contains information on the vegetation of 3521 mires and peatlands with a total area of 1103.2 thousand hectares.

Поступила в редакцию 07.12.2020 г.

Д. К. ГАРБАРУК, А. В. УГЛЯНЕЦ, С. В. ШУМАК
ОСОБЕННОСТИ ЛЕСООБРАЗОВАНИЯ
НА БЫВШИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ
В ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

*Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение
«Полесский государственный радиационно-экологический заповедник»,
г. Хойники Гомельской области, Беларусь*

Введение. Особенностью Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (заповедник), образованного в пределах белорусского сектора зоны отчуждения Чернобыльской АЭС (ЧАЭС), является включение в состав его территории отселенных после аварии населенных пунктов (ОНП), в основном деревень, и выведенных из пользования сельскохозяйственных земель. Последние при лесоустройстве заповедника учитывались как прогалины.

До отчуждения на полях были распространены агроценозы, на мелиорированных землях – преимущественно сенокосы, вблизи деревень – пастбища, личные земельные наделы, плодовые сады сельскохозяйственных предприятий, вдоль дорог – озеленительные и защитные насаждения. В деревнях (на приусадебных участках, в скверах, парках, аллеях) сформировалась комплексная дендрофлора, представленная своеобразным для каждого о.н.п. видовым составом плодово-ягодных, декоративных и лесных (аборигенных и интродуцированных) древесных и кустарниковых видов.

Эти земли на протяжении веков были трансформированы человеком из естественных лесных, луговых и болотных экосистем. На выведенных после аварии на ЧАЭС из сельскохозяйственного оборота землях на протяжении последних 30 лет идут процессы восстановления естественных экосистем: заболачивание, зарастание травяной и древесно-кустарниковой растительностью [1–6].

Естественное лесовозобновление на лесных прогалинах, представленных различными видами земель в прошлом (пашнями, лугами, сенокосами, пастбищами) протекает довольно успешно в лесной зоне южной тайги и хвойно-широколиственных лесов России [7, 8], в Белорусском Полесье [9]. На сильно загрязненных радионуклидами землях Беларуси и Украины оно затруднено [3, 5, 10]. На всем этом пространстве, независимо от географического положения, успешность лесовосстановления на заброшенных сельскохозяйственных землях определяется их удаленностью от стен леса, то есть наличием источников семян, видом предыдущего сельскохозяйственного пользования, условиями произрастания, степенью развития травяного покрова и задернения почвы и рядом других факторов [3, 5, 7–10].

Прогалины в зоне отчуждения ЧАЭС характеризуются в основном крупными размерами и часто значительно удалены от стен леса. Часть их примыкает или находится вблизи ОНП. Лесообразование в отселенных

деревнях протекает с преобладанием культурных плодово-ягодных и декоративных, преимущественно интродуцированных, деревьев и кустарников [11]. Ход зарастания древесно-кустарниковыми видами прогалин и влияние на этот процесс видового состава дендрофлоры ОНП представляет несомненный научный интерес.

Цель исследований – выявить особенности лесообразования на бывших сельскохозяйственных землях зоны отчуждения ЧАЭС, расположенных вблизи отселенных деревень.

Материалы (объекты) и методы исследования. Предмет исследования – процесс возобновления древесно-кустарниковых пород на залежных землях зоны отчуждения вблизи ОНП.

Объектами исследования являлись семь прогалин (объектов) в границах таксационных выделов площадью от 3,9 до 38,6 га в окрестностях ОНП Глуховичи, Острогляды, Верховая Слобода Брагинского района, Радин и Слободка Хойникского района (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика объектов исследований

Шифры объектов	Лесничество	Квартал/выдел	Площадь выдела, га	Тип условий местопроизрастания	Количество ВПП
Бг42-6	Богущевское	42/6	8,6	B ₃	2
Бг30-5	Богущевское	30/5	38,6	B ₂ , C ₂	3
Бг71-8	Богущевское	71/8	14,2	B ₂ , C ₂	3
Бг11-7	Богущевское	11/7	7,5	B ₂	2
Рд63-12	Радинское	63/12	19,1	C ₂ , C ₃	3
Ор32-1	Оревичское	32/1	15,0	A ₂ , B _{2,3}	3
Вс7-53	Верхнеслободское	7/53	3,9	B ₂ , B ₃ , A ₂	2
Итого			106,9		18

На прогалинах в соответствии с [12–14] закладывали временные пробные площадки (ВПП) площадью не менее 0,5 га. Их количество при площади выдела 3–10 га составляло 2 шт., свыше 10 га – 3 шт. Всего заложено 18 ВПП общей площадью – 9,08 га, что составляет 8,5% от площади исследуемых объектов (106,9 га).

На прогалинах устанавливали тип (или типы) условий местопроизрастания (ТУМ) по [15]. В связи с мозаичностью лесорастительных условий очередность ТУМ на ВПП в таблицах приводятся в порядке уменьшения степени их распространенности.

На ВПП производили пересчет деревьев (диаметр на высоте 1,3 м не менее 8 см) по двухсантиметровым ступеням толщины с определением высоты каждого дерева. В соответствии с [12, 14] на ВПП осуществляли сплошной учет молодняка (высота более 2,5 м) и подростов древесных видов высотой более 0,1 м, в том числе хвойных и твердолиственных древесных – старше двух лет, мягколиственных и плодовых – старше од-

ного года с распределением по категориям крупности (мелкий – высота до 0,5 м, средний – 0,5–1,5 м и крупный – более 1,5 м). Молодняк учитывали вместе с крупным подростом. Для каждого растения определяли вид, высоту (до 3 м с точностью до одного сантиметра, более 3 м – до 10 см), возраст (по годичным кольцам или мутовкам у пяти растений каждого вида и категории крупности подроста).

Исследования естественного возобновления кустарниковых (подлесочных) видов проводили на тех же ВПП и по той же методике что и подроста, но без разделения по категориям крупности.

Повреждаемость возобновления древесных и кустарниковых растений пород устанавливали по [16, 17].

Глазомерно в процентах определяли общее проективное покрытие почвы живым напочвенным покровом, особенности его развития, отдельно – видами семейства злаковые.

Для каждого вида естественного возобновления деревьев и кустарников рассчитывали средние возраст, высоту, густоту (общую и по категориям крупности) на 1 га, долю участия в составе. Успешность возобновления древесных видов определяли в соответствии с [12, 18].

Результаты и их обсуждение. Через 32 года после аварии на ЧАЭС густота подроста древесных пород на всех исследованных прогалинах вблизи ОНП находилась в пределах 0,1–1,4 тыс. шт./га (табл. 2).

На прогалинах расположенных вдали от стен леса и вблизи ОНП естественное возобновление древесных видов редкое. Прогалина в пойме спрямленной речки вблизи ОНП Глуховичи (объект Бг42-6) характеризуется пониженным местоположением, влажными почвами (B_3), сплошным плотным покровом из высоких трав с доминированием крапивы и значительным (проективное покрытие 25–50%) присутствием злаков и видов семейства зонтичные. Это сдерживало появление молодого поколения древесных пород, кроме чужеродного агрессивного вида – клена ясенелистного, в подросте которого преобладали растения средней категории крупности.

На свежих почвах в условиях B_2 , C_2 в 1,5 и 2 км от о.н.п. Глуховичи встречался очень редкий (0,2 тыс. шт./га) подрост с преобладанием крупных растений яблони домашней и груши обыкновенной (объекты Бг30-5 и Бг71-8). Значительная их часть находилась в стадии плодоношения. Отметим, что по материалам лесоустройства [6], яблоневые насаждения в зоне отчуждения занимают 398 га, или 0,32% лесопокрытой площади.

Доля плодовых пород в составе подроста находилась в пределах 49,2–75,6%. Помимо них из ОНП распространились ильм шершавый (12,7%), вяз полевой (10,3%), ясень обыкновенный (1,1%), клен ясенелистный (0,4–20,4%). Последний активно захватывает бывшие сельскохозяйственные земли. Его сомкнутые плодоносящие насаждения распространились до 0,5 км от ОНП. Количество возобновления клена ясенелистного уменьшается с удалением от источника семян. В 0,1–0,5 км от плодоносящего насаждения густота подроста этого вида составляла 1366 шт./га (объект Бг42-6), в 1,6–1,8 км – 37 шт./га (объект Бг30-5), в 2,5–3 км – 1 шт./га (объект Бг71-8).

Таблица 2. Возобновление древесных пород на залежных землях вблизи ОНП

Шифр объекта ТУМ	Порода	Средние		Густота, шт./га				Доля участия в составе, %
		возраст, лет	общая высота, см	по группам высот			крупный	
				общая	мелкий	средний		
Бг42-6/В ₃	клен ясенелистный	5	98	1366	277	868	221	100,0
Бг30-5 В ₂ , С ₂	яблоня домашняя	8	233	47	1	17	29	26,0
	груша обыкновенная	10	263	42	2	9	31	23,2
	клен ясенелистный	7	145	37	2	21	14	20,4
	сосна обыкновенная	8	255	28	1	6	21	15,5
	ильм шершавый	8	131	23	4	13	6	12,7
	ясень обыкновенный	7	61	2	—	2	—	1,1
	осина	8	120	1	—	1	—	0,6
	береза повислая	8	103	1	—	2	—	0,6
	итого, средневзвешенное	8	209	181	10	71	101	100,0
Бг71-8 В ₂ , С ₂	яблоня домашняя	8	293	131	6	12	113	56,0
	груша обыкновенная	8	260	75	3	23	49	32,1
	вяз полевой	7	77	24	11	11	2	10,3
	сосна обыкновенная	14	239	3	—	1	2	1,3
	клен ясенелистный	5	109	1	—	1	—	0,4
	итого, средневзвешенное	8	259	234	20	48	166	100,0
Бг11-7 В ₂ , С ₂	яблоня домашняя	11	108	122	29	73	20	55,4
	груша обыкновенная	11	275	44	5	14	25	20,0
	сосна обыкновенная	11	322	27	1	4	22	12,2
	береза повислая	6	250	20	—	8	12	9,1
	ильм шершавый	8	55	5	2	3	—	2,3
	дуб черешчатый	3	24	1	1	—	—	0,5
	клен ясенелистный	5	101	1	—	1	—	0,5
	итого, средневзвешенное	10	179	220	38	103	79	100,0
Ор32- 1 А ₂ , В _{2,3}	дуб черешчатый	8	96	150	16	116	18	56,4
	сосна обыкновенная	7	155	77	11	40	26	28,9
	груша обыкновенная	11	220	35	4	13	18	13,2
	береза повислая	10	161	3	—	1	2	1,1
	ольха черная	34	885	1	—	—	1	0,4
	итого, средневзвешенное	8	133	266	31	170	65	100,0

Шифр объекта ТУМ	Порода	Средние		Густота, шт./га				Доля участия в составе, %
		возраст, лет	общая высота, см	общая	по группам высот			
					мелкий	средний	крупный	
Рд63-12 С ₂ , С ₃	груша обыкновенная	8	152	166	8	98	60	42,2
	яблоня домашняя	11	133	71	3	51	17	18,1
	дуб черешчатый	5	158	53	5	33	15	13,5
	осина	7	175	35	1	18	16	8,9
	ольха черная	21	604	26	–	1	25	6,6
	береза повислая	11	400	21	–	1	20	5,3
	клен ясенелистный	7	271	17	–	4	13	4,3
	сосна обыкновенная	15	110	3	–	3	–	0,8
	ива белая	4	119	1	–	1	–	0,3
	итого, средневзвешенное	9	199	393	17	210	166	100,0
Вс7-53 В ₂ , В ₃ , А ₂	груша обыкновенная	7	80	79	21	54	4	44,2
	береза повислая	9	361	50	1	5	44	27,9
	ольха черная	7	398	37	1	7	29	20,7
	яблоня домашняя	5	63	11	3	8	–	6,1
	дуб черешчатый	3	262	2	1	–	1	1,1
	итого, средневзвешенное	7	225	179	27	74	78	100,0

Далекое (3,5–5 км) расположение этих прогалин от стен леса обусловило незначительное присутствие на них подроста лесных пород.

На прогалинах, расположенных между стеной леса и ОНП густота возобновления крайне низкая (0,1–0,2 тыс. шт./га). В условиях В₂, С₂ (объект Бг11-7 возле о.н.п. Острогляды,) в его составе преобладали яблоня домашняя (55,4%) и груша обыкновенная (20,0%). Из ОНП расселились ильм шершавый, клен ясенелистный, от стены леса – сосна обыкновенная, береза повислая, дуб черешчатый. Возобновление древесных пород там тормозит сплошной травяной покров с преобладанием (проективное покрытие 75%) злаков.

В более бедных условиях с преобладанием ТУМ А₂ (объект Ор32-1 возле ОНП Слободка) единичный подрост мелколиственных пород локализован в основном у стены леса, сосны обыкновенной – на повышенных участках со слабо развитым (проективное покрытие 60–80%) живым напочвенным покровом. Возобновление дуба черешчатого сосредоточено вблизи плодоносящих деревьев. Редкий, преимущественно крупный

подрост груши обыкновенной распределен по всей прогалине. Возобновление леса здесь сдерживается несоответствием условий местопрорастания экологическим требованиям ольхи черной [19], развитием сплошного плотного травяного покрова с преобладанием (проективное покрытие 80%) осок и злаков в условиях В₂₋₃, периодической сухостью бедных почв на участках с несплошным травяным покровом и, в определенной мере, недостатком семенного материала, так как в прилегающем черноольшянике мало плодоносящих деревьев других пород.

На лесных прогалинах вблизи ОНП густота подроста также мизерная (0,2 тыс. шт./га). На богатых свежих и влажных почвах (С₂, С₃) в 0,7 км от ОНП Радин (объект Рд63-12) в подросте преобладали груша обыкновенная (42,2%) и яблоня домашняя (18,1%), присутствовал клен ясенелистный (4,3%). Из лесных видов благодаря наличию единичных плодоносящих деревьев наиболее распространен дуб черешчатый (13,5%). На долю мелколиственных видов приходилось 21,1% общего количества подроста. Низкая густота лесовозобновления на этой прогалине обусловлена мощным травостоем, в котором доминируют злаки (проективное покрытие 90%).

В более бедных эдафических условиях (В₂, В₃, А₂) в 2 км от ОНП Верховая Слобода (объект Вс7-53) в составе естественного возобновления древесных видов преобладала груша обыкновенная (44,2%). Существенна доля мелколиственных пород (48,6%), незначительна – яблоня домашней (6,1%) и дуба черешчатого (1,1%). Сплошной, с доминированием злаков (проективное покрытие 90%) травяной покров являлся основной причиной слабого распространения подроста лесных пород.

Таким образом, на всех прогалинах, расположенных на расстоянии 0,5–3 км от ОНП, включая удаленные от стен леса на 3,5–5 км, примыкающие к лесу и расположенные внутри его, естественное возобновление древесных пород протекает неудовлетворительно.

Близость ОНП обеспечило распространение на примыкающих к ним прогалинах возобновление груши обыкновенной и яблони домашней, расселяемых дикими животными, главным образом диким кабаном, и клена ясенелистного. Эти виды, как правило, преобладают в составе подроста.

Источником расселения клена ясенелистного являлись его деревья и возникшие за последние десятилетия насаждения в ОНП и вблизи них, а также в придорожных посадках и вблизи них.

Возобновление прочих немногочисленных древесных видов характерных для населенных пунктов, расселяемых преимущественно ветром, единичное. Подрост сосны обыкновенной и мелколиственных лесных пород независимо от расстояния до стен леса также немногочисленный. Возобновление дуба черешчатого на прогалинах появляется в основном вблизи плодоносящих деревьев.

Возобновление кустарниковых видов на залежных землях вблизи о.н.п. единичное и только на лесных прогалинах (объекты Рд63-12 и Ор32-1) оно повышается до 200–300 шт./га за счет лесных видов, но до-

вольно богатое в видовом отношении (табл. 3). На большинстве прогалин преобладали лесные кустарники, представленные 13 видами. Наиболее часто встречались крушина ломкая и виды рода ива, преимущественно ива серая. На прогалинах встречались пять плодово-ягодных видов кустарников (слива домашняя, ирга колосистая, крыжовник обыкновенный, айва японская, боярышник однопестичный) и дичающие виды рода роза. На бывшем сенокосе с мощным травяным покровом (объект Бг42-6) и на лесной прогалине, удаленной от о.н.п. на 2 км (объект Вс7-53) они отсутствовали.

Таблица 3. Возобновление кустарниковых пород
на залежных землях вблизи ОНП

Шифр объекта ТУМ	Порода	Густота, шт./га	Средние		Доля участия в составе, %
			возраст, лет	высота, см	
<u>Бг42-6</u> В ₃	ива чернеющая	2	4	110	40,0
	ива серая	1	10	184	20,0
	ива ушастая	1	6	113	20,0
	крушина ломкая	1	7	163	20,0
	итого, средневзвешенное	5	6	136	100,0
<u>Бг30-5</u> В ₂ , С ₂	калина обыкновенная	5	6	122	35,7
	роза ср.	3	10	246	21,4
	крушина ломкая	2	9	157	14,3
	слива домашняя	2	9	124	7,1
	боярышник однопестичный	1	6	126	7,1
	ирга колосистая	1	8	148	7,1
	ива серая	1	11	250	7,1
	итого, средневзвешенное	15	8	162	100,0
<u>Бг71-8</u> В ₂ , С ₂	свидина кроваво-красная	55	5	71	73,4
	слива домашняя	17	6	97	22,7
	боярышник однопестичный	1	26	265	1,3
	крушина ломкая	1	17	160	1,3
	бересклет европейский	1	14	160	1,3
	итого, средневзвешенное	75	6	82	100,0
<u>Бг11-7</u> В ₂	боярышник однопестичный	8	6	207	47,1
	роза ср.	5	3	143	29,3
	крушина ломкая	2	9	92	11,8
	ива серая	2	8	232	11,8
	итого, средневзвешенное	17	6	178	100,0
<u>Ор32-1</u> А ₂ , В ₂₋₃	крушина ломкая	15	5	95	71,4
	бересклет бородавчатый	4	5	80	19,0
	ива серая	1	6	119	4,8
	ирга колосистая	1	6	112	4,8
	итого, средневзвешенное	21	5	94	100,0

Шифр объекта ТУМ	Порода	Густота, шт./га	Средние		Доля участия в со- ставе, %
			возраст, лет	высота, см	
Рд63-12 С ₂ , С ₃	ива серая	88	6	131	39,7
	жостер слабительный	54	4	119	24,4
	крушина ломкая	46	8	132	20,8
	роза ср.	15	3	130	6,8
	ива козья	14	6	160	6,3
	ива чернеющая	1	8	133	0,5
	ива пятитычинковая	1	3	83	0,5
	крыжовник обыкновенный	1	3	81	0,5
	айва японская	1	2	55	0,5
	итого, средневзвешенное	221	6	129,2	100,0
Вс7-53 В ₂ , В ₃ , А ₂	крушина ломкая	291	6	111	95,1
	свидина кроваво-красная	9	4	61	2,9
	рябина обыкновенная	6	14	188	2,0
	итого, средневзвешенное	306	6	111	100,0

Факторы, влияющие на лесовозобновление на залежных землях вблизи ОНП. Установлено, что основным фактором, препятствующим естественному возобновлению древесных пород, кроме клена ясенелистного, на залежных землях на открытых и лесных прогалинах вблизи о.н.п., является сплошной устойчивый травяной покров с преобладанием злаков. На бедных песчаных почвах (А₂) со слабо развитым или несплошным живым напочвенным покровом появление молодого поколения древесно-кустарниковых пород сдерживается периодическим высыханием верхних слоев почв, усугубляемое периодическими мощными засухами [20]. Отсутствие молодого поколения деревьев (кроме клена ясенелистного) и наличие единичных кустарников на объекте Бг42-6 (бывший сенокос) и на части объекта Ор32-1 в условиях В2-3 (пастбище) говорит о влиянии вида пользования на процесс возобновления леса. Возобновление лесных древесных видов на прогалинах зависит от наличия источников семенного материала и расстояния до них. Данные выводы согласуются с результатами, полученными другими авторами [3, 5, 7–10].

Распространение ранее культивировавшихся в деревнях видов, а также лесных кустарников (кроме ив) обеспечено жизнедеятельностью диких животных. Широкое распространение клена ясенелистного в зоне отчуждения обусловлено его эколого-биологическими особенностями. Он обладает ранним (с 6–7 лет) семяношением, быстрым ростом и нетребователен к почвенным условиям [21].

Сплошные плотные травостой, например на объекте Бг42-6, не являются сдерживающим фактором для распространения клена ясенелистного. С удалением от ОНП густота его возобновления снижается. Однако, нахождение его растений в заповеднике за десятки километров от о.н.п. говорит о том, что в расселении этого вида принимали участие и дикие животные.

Для зоны отчуждения ЧАЭС характерно влияние диких копытных на формируемое возобновление древесно-кустарниковых пород, обусловленное высокой их численностью. За 2012–2016 гг. плотность лося в заповеднике составляла 9–11 особей/1000 га, оленя благородного 4–6 особей/1000 га, косули – 2 особи/1000 га.

Вследствие их пищевого пресса на прогалинах вблизи о.н.п. в зависимости от вида повреждено от 18 до 90% древесных растений и 52–93% кустарниковых, в том числе 80–90% осины, дуба черешчатого, жостера слабительного, ивы серой и козьей, свидины кроваво-красной, 60–70% яблони домашней, клена ясенелистного, груши обыкновенной, сосны обыкновенной, сливы домашней, 50–60% березы повислой, крушины ломкой, видов рода роза (табл. 4).

Таблица 4. Поврежденность естественного возобновления наиболее распространенных древесно-кустарниковых видов дикими копытными, %

Породы	Не по- вреждено	Повреждено				Погибло
		всего, в т. ч.	до 10%	11–50%	51–90%	
Древесные виды						
осина	10,9	89,1	1,8	38,2	49,1	–
дуб черешатый	12,3	85,2	7,8	29,0	48,4	2,6
яблоня домашняя	29,5	69,7	26,8	18,0	25,0	0,8
клен ясенелистный	30,2	67,9	34,1	19,4	14,4	1,9
груша обыкновенная	31,2	67,3	25,8	24,8	16,7	1,5
сосна обыкновенная	30,8	64,1	3,6	21,0	39,5	5,1
береза повислая	40,7	58,4	27,8	9,3	21,3	0,9
ольха черная	81,5	18,5	8,6	7,4	2,5	–
Кустарниковые виды						
жостер слабительный	6,0	92,9	2,4	6,0	84,5	1,2
ива серая	7,0	90,2	9,9	50,7	29,6	2,8
ива козья	4,6	90,9	4,6	13,6	72,7	4,5
свидина кроваво-красная	16,0	84,0	0,0	48,9	35,1	–
крушина ломкая	44,9	51,7	15,8	17,1	18,5	3,7
роза sp.	45,4	54,6	15,2	21,2	18,2	–
слива домашняя	33,4	66,6	0,0	33,3	33,3	–

Наименее страдает от диких копытных ольха черная. Наиболее часто (50–85% учтенных деревьев) повреждения сильной степени получают жостер слабительный, ива козья, 30–40% – сосна обыкновенная, свидина кроваво-красная, слива домашняя, ива сера, прочие виды – 15–25%. От повреждений погибает 5,1% подроста сосны обыкновенной, 4,5% – осины, 3,7% – крушины ломкой, 2–3% – ивы серой, дуба черешчатого и клена ясенелистного.

Заключение. На отчужденных после аварии на Чернобыльской АЭС сельскохозяйственных землях при отсутствии антропогенного влияния происходит восстановление естественных, преимущественно лесных, экосистем. В настоящее время естественное лесовозобновление на них на удалении до 3 км от отселенных деревень протекает неудовлетворительно.

В составе редкого подроста встречаются местные лесные, одичавшие плодовые (груша обыкновенная и яблоня домашняя) и чужеродный агрессивный (клен ясенелистный) древесные виды. Кустарники представлены аборигенными лесными (преобладают) и одичавшими культивировавшимися ранее в о.н.п. видами. Густота их очень низкая.

Негативное влияние на лесозарастивание оказывают развитый сплошной травяной покров с преобладанием злаков, периодическое высыхание верхних слоев бедных песчаных почв, погодно-климатические особенности в районе расположения зоны отчуждения, влияние диких копытных. Ход естественного возобновления леса зависит от вида прежнего сельскохозяйственного использования (пашня, сенокос), от наличия источников семенного материала и расстояния до них, от способа распространения семян на сопредельные территории. Расселение культивируемых видов и лесных кустарников (кроме ив) на залежные земли обеспечивают дикие животные.

Высокая скорость расселения клена ясенелистного обусловлена биологическими особенностями этого вида, включая способность быстро внедряться в устойчивые травяные сообщества на залежных землях, и нетребовательностью к почвенным условиям, наличием многочисленных плодоносящих деревьев и насаждений в отселенных деревнях, в придорожных посадках и вблизи них. На данный момент распространение клена ясенелистного на залежных землях зоны отчуждения приобретает угрожающие масштабы. В условиях высокого загрязнения местности радионуклидами необходима разработка специальных мер борьбы с ним.

Литература

1. Кудин М.В. Современное состояние сосновых лесов белорусского сектора зоны отчуждения Чернобыльской АЭС // Сб. науч. тр. Института леса. Вып. 75: Проблемы лесоведения и лесоводства. Гомель, 2015. С. 468–479.
2. Маврищев В.В. Трансформация естественных фитоценозов в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС и процессы становления лесной растительности // Сб. науч. тр. Института леса. Вып. 46: Лесная наука на рубеже XXI века. Гомель, 1997. С. 403–405.
3. Волович П.И., Исаячиков М.Ф., Козлов А.К. Возобновление древесно-кустарниковых пород на загрязненных радионуклидами землях бывших агроценозов // Сб. науч. тр. Института леса. Вып. 55 : Проблемы лесоведения и лесоводства. Гомель, 2002. С. 5–16.
4. Петров М.Ф. Особенности лесовозобновления на залежах и лугах Чернобыльской зоны отчуждения // Сб. науч. тр. Института леса. Вып. 63: Проблемы лесоведения и лесоводства (Институту леса НАН Беларуси – 75 лет). Гомель, 2005. С. 230–232.

5. Матусов Г.Д., Сечко А.В. Оценка естественного возобновления лесной растительности на территориях зоны отчуждения, вышедших из хозяйственного пользования // Сб. науч. тр. Полесского государственного радиационно-экологического заповедника: 20 лет после чернобыльской катастрофы. Гомель, 2006. С. 146–150.

6. Проект организации и ведения лесного хозяйства Учреждения «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник» МЧС РБ на 2013–2022 гг. Т. 1. Пояснительная записка. Гомель, 2012. 259 с.

7. Новоселова Н.Н. Формирование лесных насаждений на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования в таежной зоне Пермского края : автореф. дис.... канд. сельскохозяйств. наук. Екатеринбург, 2007. 22 с.

8. Залесов С.В., Магасумова А.Г., Юровских Е.В. // Леса России и хозяйство в них. 2010. № 1 (35). С. 14–23.

9. Потапенко А.М., Федоренко О.Н., Серенкова В.А. // Труды БГТУ. Сер. I. Лесное хоз-во. 2014. № 1. С. 85–87.

10. Петров М.Ф. Особенности лесовозобновления на залежах и лугах Чернобыльской зоны отчуждения // Сб. науч. тр. Института леса. Вып. 63: Проблемы лесоведения и лесоводства (Институту леса НАН Беларуси – 75 лет). Гомель, 2005. С. 230–232.

11. Кудин М.В. Особенности лесообразовательных процессов в белорусском секторе зоны эвакуации (отчуждения) Чернобыльской АЭС : дис.... канд. сельхоз. наук. Гомель, 2011. 173 с.

12. Устойчивое лесопользование и лесопользование. Наставление по лесовосстановлению и лесоразведению в Республике Беларусь: ТКП 047-2009 (02080). Введ. 15.08.09. Минск: М-во лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 2009. 105 с.

13. Об утверждении Инструкции о порядке организации и содержании лесоустроительных работ, составе лесоустроительной документации и авторском надзоре за реализацией лесоустроительных проектов [Электронный ресурс]: постановление Министерства лесного хозяйства Респ. Беларусь, 30 июня 2017 г., № 13 // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. URL: <http://www.zakon.by/document/?guid=12551&p0=W21832881&p1=1> (дата обращения: 24.09.2018).

14. Технические требования при лесоустройстве. Отвод и таксация лесосек в лесах Республики Беларусь: ТКП 622-2018 (33090). Введ. 12.07.2018. Минск: М-во лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 2018. 96 с.

15. Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР / Под общ. ред. В.Ф. Багинского. Москва: ЦБНТИ, 1984. 308 с.

16. Дунин В.Ф., Янушко А.Д. Оценка кормовой базы лося в лесных угодьях. Минск: Ураджай, 1979 95 с.

17. Романов В.С., Козло П.Г., Падайга В.И. Охотоведение: учебник. Минск: Тесей, 2005. 448 с.

18. О некоторых вопросах воспроизводства лесов в области лесовосстановления и лесоразведения [Электронный ресурс]: постановление Министерства лесного хозяйства Респ. Беларусь, 19 дек. 2016 г., № 80 // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. URL: <http://www.pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21631578&p1=1> (дата обращения: 24.09.2018).

19. Юркевич И.Д., Гельтман В.С., Ловчий Н.Ф. Типы и ассоциации черноо-льховых лесов (По исследованиям в БССР). Минск: Наука и техника, 1968. 376 с.
20. Марченко Ю.Д. Погодно-климатические условия в ближней зоне Черно-быльской АЭС // Сб. науч. тр. Полесского государственного радиационно-эколо-гического заповедника: Экосистемы и радиация: аспекты существования и разви-тия. Минск: Институт радиологии, 2013. С. 32–45.
21. Опасное дерево, сильнейший аллерген. И он повсюду! Встречайте – клен ясенелистный (американский) [Электронный ресурс]. URL: <https://gorpark.livejournal.com/4819.html> (дата обращения: 21.01.2019).

Д. К. ГАРБАРУК, А. В. УГЛЯНЕЦ, С. В. ШУМАК
**ОСОБЕННОСТИ ЛЕСООБРАЗОВАНИЯ НА БЫВШИХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ В ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ
ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

Резюме

На бывших сельскохозяйственных землях вблизи отселенных деревень в зоне отчуж-дения Чернобыльской АЭС естественное возобновление древесных и кустарниковых пород идет неудовлетворительно. Показаны его особенности. Выявлены определяющие этот про-цесс факторы. Отмечено широкое распространение чужеродного агрессивного вида – клена ясенелистного. Рекомендовано разработать специальные меры борьбы с ним на радиоак-тивно загрязненных территориях.

D. K. GARBARUK, A. V. UHLIANETS, S.V. SHUMAK
**SPECIFIC FEATURE OF FORESTS REGENERATION ON
FORMER AGRICULTURAL LANDS OF THE CHERNOBYL NPP
EXCLUSION ZONE**

Summary

In the former agricultural lands near the resettled villages of the Chernobyl NPP exclusion zone, the natural regeneration of trees and shrubs is unsatisfactory. Its features are shown. The factors determining this process are revealed. Is noted the wide spread of alien aggressive species – ash-leaved maple. It is recommended to develop special measures to combat it in radioactive contaminated areas.

Поступила в редакцию 23.11.2019 г.

М. В. ЕРМОХИН, Т. Л. БАРСУКОВА, Н. А. КОРОТКЕВИЧ,
В. В. ЛУКИН, А. М. КУРПАТОВ
**ЭКСПАНСИЯ ДУБА КРАСНОГО (*QUERCUS ROBUR* L.)
В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕЛАРУСИ**

*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. В последнее время по мере нарастания антропогенной нагрузки на природу и устойчивым изменением климата актуальной проблемой становится активное проникновение чужеродных видов растений в лесные экосистемы. В связи с этим в ближайшее десятилетие возможно возрастание их негативного влияния и на лесное хозяйство, включая замедление прироста древесины и снижение площади ягодных и грибных угодий. Распространяются устойчивые к антропогенному влиянию древесные виды, такие как *Robinia pseudacacia*, *Acer negundo*, *Populus canadensis*, *Quercus rubra* и др. Ряд признаков помогают им успешно приживаться в новых районах (типы плодов, способы распространения семян, опылители и т.д.). В разных случаях у заносных деревьев срабатывают разные системы признаков, которые помогают им захватывать новые районы. Поэтому прогноз их распространения затруднителен. Тем не менее, именно внедрение древесных экзотов оказывает наиболее сильное влияние на экосистемы. Успеху инвазии древесных видов способствует высокая скорость роста, наличие вегетативного отрастания (корневая и/или пнёвая поросль), продуцирование большого количества семян, распространение их ветром, животными или человеком, отсутствие естественных врагов-фитофагов и т.д.

Одним из явно недооцененных, с точки зрения опасности естественным лесам Беларуси, является североамериканский вид – дуб красный (*Quercus rubra* L.), который в середине-конце XX века активно вводился в лесные экосистемы с целью получения высококачественной древесины в более короткие сроки, чем у дуба черешчатого. С другой стороны, поскольку дуб красный отличается высокими эстетическими свойствами, то он востребован и в озеленении. Именно поэтому из этой породы часто создавали аллеи и высаживали вокруг контор лесничеств еще в XIX веке.

До настоящего времени нет однозначной оценки инвазивного потенциала дуба красного на территории Беларуси, поэтому основной целью наших исследований была оценка состояния подроста дуба красного и его распространения в насаждения аборигенных древесных пород в разных геоботанических подзонах Беларуси.

Материалы (объекты) и методы исследований. Объектами наших исследований являлись насаждения искусственного и естественного происхождения с участием дуба красного разного возраста. Оценка состояния насаждений выполнялась на временных пробных площадях, заложенных в соответствии с общепринятыми методиками [1, 2] на терри-

тории лесохозяйственных учреждений: ГСЛХУ «Боровлянский спецлесхоз», ГОЛХУ «Глубокский опытный лесхоз», ГЛХУ «Полоцкий лесхоз», ГЛХУ «Дрогичинский лесхоз», ГЛХУ «Волковысский лесхоз». На пробных площадях выполнялся следующий комплекс работ:

- сплошной перечет деревьев с разбивкой по ярусам и категориям состояния;

- сплошной перечет на двух трансектах шириной 2 м (заложенных вдоль длинной стороны пробной площади) подлеска и подроста с оценкой их состояния по 4 – балльной шкале: 1 – отличное, 2 – хорошее, 3 – удовлетворительное, 4 – неудовлетворительное;

- сплошной перечет подроста дуба красного на трансектах шириной 2 м, заложенных перпендикулярно границам выдела в нескольких направлениях;

- в местах проведения рубки дуба красного закладывались трансекты для оценки порослевой способности дуба после удаления стволов. На трансектах выполнялся сплошной учет пней с определением диаметра пня, количества, высоты, возраста и состояния порослевых побегов;

Определение категории состояния деревьев выполнено в соответствии со шкалой категорий состояния деревьев [3]: 1 – без признаков ослабления, 2 – ослабленные, 3 – сильно ослабленные, 4 – усыхающие, 5 – сухой текущий год, 6 – сухой прошлых лет;

Категория жизненного состояния насаждений определена на основании расчета индекса состояния древостоя и модифицированной шкалы В.А. Алексеева [4].

Видовой состав и проективное покрытие живого напочвенного покрова (травяно-кустарничковый и мохово-лишайниковый яруса) определено на трансектах площадками (1 х 1 м) через каждые 10 м и между ними.

Результаты и их обсуждение. В настоящее время в Беларуси дуб красный встречается во всех административных областях. Очень часто его можно встретить возле контор лесничеств, в ряде ботанических садов (Центральный ботанический сад НАН Беларуси) и парков, а также в лесных культурах. Одни из самых старых деревьев сохранились в Беловежской пушке, где он появился, судя по возрасту самых старых естественных насаждений, как минимум, еще в самом начале XX в. Он использовался как декоративная порода и высаживался возле усадеб, а после второй мировой войны стали активно создаваться лесные культуры как чистые, так и с различной долей его примеси в составе. Сегодня подрост и второй ярус дуба красного естественного происхождения в Беловежской пушке встречаются на площади не менее 1000 га и она продолжает расширяться.

Поскольку особо охраняемые природные территории (ООПТ) в Беларуси создаются для охраны уникальных природно-территориальных комплексов преимущественно с аборигенной флорой и фауной, то присутствие инвазионных древесных видов создает серьезную угрозу естественным экосистемам.

По материалам Лесного кадастра и материалам, предоставленных лесохозяйственными учреждениями на 1.01.2019 г дуб красный отмечен на территории 62 лесохозяйственных предприятий нашей республики, что составляет 63 % от предприятий Министерства лесного хозяйства и 52 % от всех юридических лиц, ведущих лесное хозяйство. Общая площадь древостоев с участием дуба красного превышает 3100 га. Среди них древостои искусственного происхождения занимают 2860 га. Средний возраст насаждений 24 года, т. е. большинство лесных культур с участием дуба красного были созданы в 1980–1990-х годах.

Наиболее часто насаждения дуба красного встречаются в юго-западной части республики (рис. 1, 2). Такое распространение объясняется созданием значительных площадей лесных культур этой породы на территории лесохозяйственных предприятий Брестского и Гродненского ПЛХО, а также бывших земель лесного фонда Волковысского и Пружанского лесхозов, переданных в состав НП «Беловежская пушта».

При анализе состояния и распространения популяций дуба красного в различных геоботанических зонах Беларуси использованы как материалы предыдущих исследований (для территории НП «Беловежская пушта»), так и заложен ряд модельных объектов во всех геоботанических подзонах Беларуси.

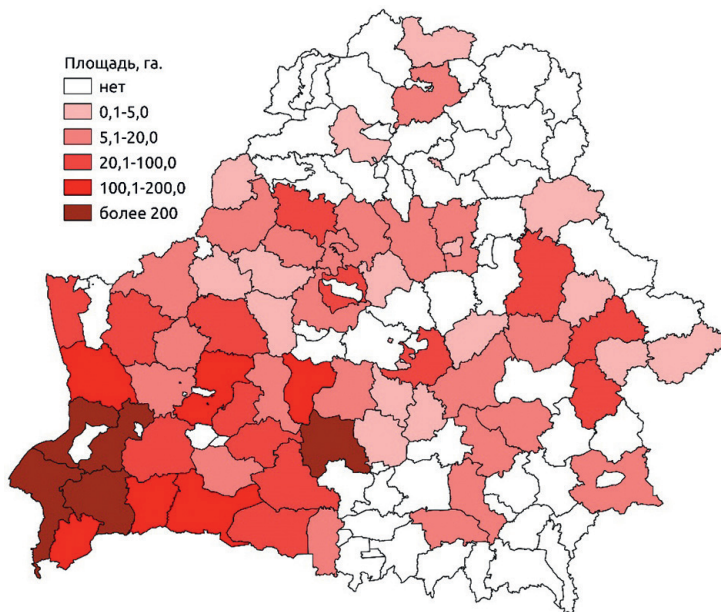


Рис. 1. Распространение дуба красного на землях лесного фонда.

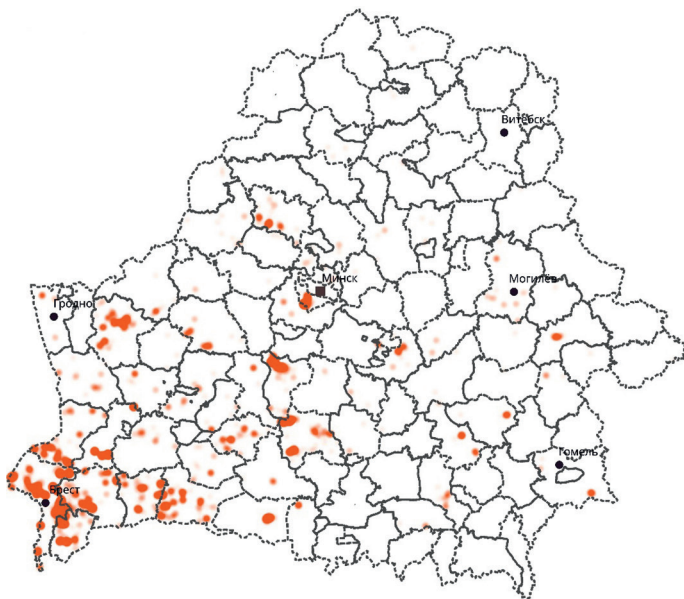


Рис. 2. Плотность распространения популяций дуба красного.

Только на территории Национального парка «Беловежская пуца» дуб красный встречается на площади 1470,0 га, в том числе на 294,9 га – в составе верхних ярусов древостоев [5]. В составе древостоев его участие обычно не превышает 30 %. Естественное возобновление дуба красного приурочено в первую очередь к участкам леса, расположенным вблизи населенных пунктов, контор лесничеств, ранее посаженных лесных культур с участием красного дуба. В то же время, в составе лесов заповедной зоны уже отмечено наличие красного дуба на площади около 115 га, при том, что древостой с его участием в составе верхних ярусов здесь практически отсутствуют. Анализ возрастной структуры популяций дуба красного в составе древостоев подтверждает тот факт, что целенаправленное введение в лесные комплексы началось здесь только с 50-х годов прошлого века и закончилось главным образом в 1980-х. Естественное возобновление дуба красного отмечено главным образом в молодых, средневозрастных и припевающих древостоях. Однако в ряде случаев он успешно внедряется и в состав высоковозрастных древостоев. Очевидно, для внедрения вида под полог насаждений требуется наличие определенных факторов, среди которых одним из главных является низкая полнота древостоя.

Основное внедрение в экосистемы идет на относительно небогатых – олиго- и мезо-трофных, свежих и влажных почвах, поскольку вид доста-

точно пластичен с точки зрения почвенно-гидрологических условий, однако избегает откровенно сухих или переувлажненных мест.

Естественное возобновление дуба красного отмечено на расстоянии до 1,5 км от семенных деревьев. В редких случаях может доходить до 3 км, что вероятно связано с более активными перемещениями птиц – разносчиков желудей вдоль дорог. Плодоношение дуба красного в лесных экосистемах Беларуси отмечено в древостоях с возраста 15–18 лет.

Исследования дуба красного на территории Беловежской пуши и г. Минска показывают, что он отличается более высокой скоростью роста на протяжении всей своей жизни (до 70 лет) по сравнению с аборигенным видом – дубом черешчатым. Одновременно отмечена меньшая амплитуда колебаний прироста, что говорит о лучшей приспособленности к условиям среды. Для обоих видов дуба отмечены схожие реакции на температурный режим в течение зимы и ранней весны, однако для дуба черешчатого выявлена положительная корреляция с температурами мая, что может быть связано с его меньшей устойчивостью к поздним заморозкам. В то же время деревья дуба красного менее устойчивы к засушливым периодам [6] – для него отмечена положительная корреляция с осадками не только июня, но и июля.

Для территории Беловежской пуши, где дуб красный появился как в результате создания лесных культур, так и за счет проникновения из соседних насаждений, установлено [7]:

- наиболее успешное возобновление и внедрение дуба красного происходит в сосняках мшистом и орляковом, где создается благоприятный режим освещения и низкая конкуренция со стороны нижних ярусов; в результате он доминирует в подросте и отличается хорошим состоянием;

- в кисличной серии типов леса дуб красный начинает испытывать конкуренцию со стороны подроста и второго яруса граба, который при его густом пологе вероятнее всего может ограничивать рост и развитие дуба красного;

- при совместном произрастании дуба красного и дуба черешчатого второй не выдерживает конкуренции и постепенно выпадает из состава древостоя; к этому добавляется и отсутствие подроста дуба черешчатого. Таким образом, при непринятии мер по ограничению распространения дуба красного в далеком будущем возможно то, что он будет замещать дуб черешчатый [7, 8].

Исследование распространения дуба красного в целом для территории Беларуси показал схожие тенденции. Однако количество, состояние и распространение его подроста в лесные экосистемы различается по геоботаническим подзонам (рис. 3, табл. 1)

Подзона дубово-темнохвойных лесов (Западно-Двинский геоботанический округ). Подрост дуба красного распространяется в соседние выдела незначительно. Так, на расстоянии более 20 м от края выдела он не встречается. Наилучшее распространение наблюдается в березняке орляковом, а во влажных условиях и ельниках подрост дуба красного практически нет.

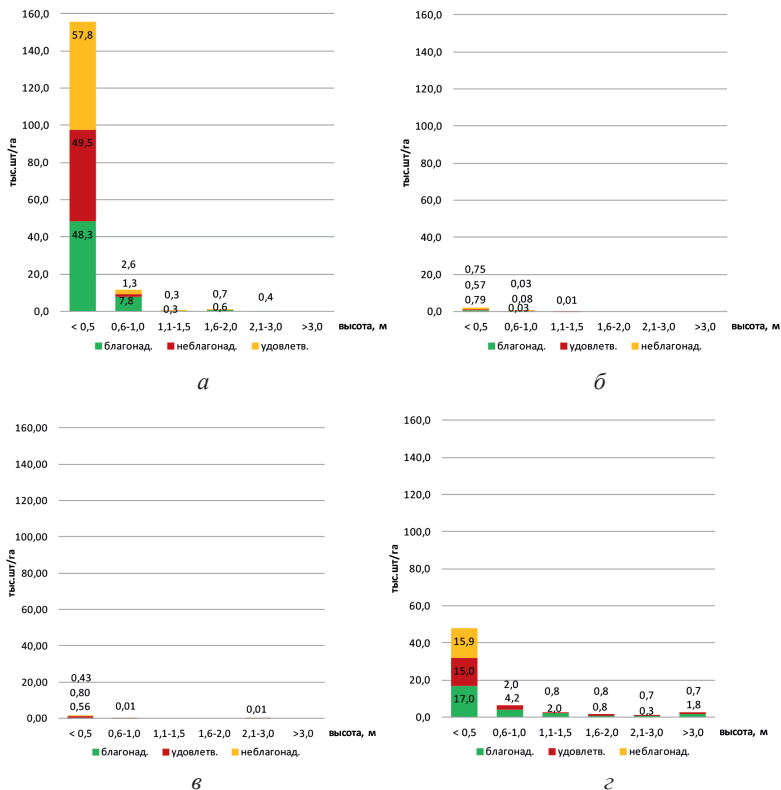


Рис. 3. Состояние подроста дуба красного по геоботаническим округам:
 а – Ошмянско-Минский геоботанический округ, б – Западно-Двинский геоботанический округ, в – Неманско-Предполесский геоботанический округ, г – Бугско-Полесский геоботанический округ.

В лесных экосистемах Полоцкого района отмечены единичные экземпляры возобновления дуба красного при отсутствии близлежащих плодоносящих деревьев этой породы. Вероятно, это связано с переносом желудей птицами на значительное расстояние из близлежащих населенных пунктов.

Подзона дубово-темнохвойных лесов (Ошмянско-Минский геоботанический округ). В насаждениях дуба красного в богатых условиях произрастания (кисличная и сытевая серии типов леса) отмечено значительное количество подроста до 0,5 м (более 150 тыс.шт/га), но выше 1,0 м подрост встречается единично, что свидетельствует о его неспособности к формированию будущих насаждений. Дуб красный не распространя-

ется на расстояние более 50 м от основного насаждения, основная масса всходов находится в пределах проекции кроны, а на расстоянии до 50 м появляется не более 200 шт./га, причем большинство неблагонадежного состояния. Необходимо отметить, что и в пределах проекции кроны только единичные растения по опушкам превышают высоту 1,0 м. В густых, сомкнутых насаждениях, таких как ельники, кленовики, липняки, создаются неблагоприятные условия для возобновления дуба красного (высокая конкуренция и слабое освещение).

Таблица 1. Распространение дуба красного
в соседние с материнским насаждения

Расположение	Тип леса	Кол-во растений в соседнем насаждении на расстоянии от границы выдела, тыс. т/га*			
		0–10 м	10–20 м	20–50 м	более 50 м
Подзона дубово-темнохвойных лесов, Западно-Двинский геоботанический округ	Б пап	1,5	—	—	—
	Б ор	2,5	1,5	0,5	—
	Е мш	1,5	0,5	—	—
Подзона дубово-темнохвойных лесов, Ошмянско-Минский геоботанический округ	Я сн	—	0,5	—	—
	Е сн	1,5±0,96	0,6±0,37	0,2±0,12	—
	Д сн	0,5	—	—	—
	Е кис	3,2±0,75	0,5±0,21	0,08±0,06	—
	Кл сн	0,5	—	—	—
	ОРМ. сн., н/к	2,0	—	—	—
	Лп сн	—	—	—	—
Подзона грабово-дубово-темнохвойных лесов, Неманско-Предполесский геоботанический округ	Б кис	10,5	2,0	—	—
	Е кис	1,0	0,5	—	—
	Г кис	0,5	—	—	—
	Б ор	1,5	0,5	0,1	0,1
	Ос кис	2,8	1,0	0,5	0,1
	Б кис	1,0	0,5	—	—
Подзона широколиственно-сосновых лесов, Бугско-Полесский геоботанический округ	Лп сн	0,5	—	—	—
	С кис	8,7±1,25	3,7±1,25	0,8	0,8
	С мш, н/к	5,0	5,0	1,2	0,8
	С мш, вы-рубка	7,5	5,0	0,8	0,8
	С ор	5,0	2,5	0,8	0,8
	Ив ос	0,5	—	—	—
	С мш	4,5±1,50	3,7±1,17	0,9±0,30	0,9±0,31
	Ос кис	5,0	3,0	1,3	1,2

Примечание. * ошибка среднего дана для более, чем двух насаждений.

Подзона грабово-дубово-темнохвойных лесов (Неманско-Предполесский геоботанический округ) подрост дуба красного не превышает 0,5 м, причем доля благонадежного подраста составляет всего от 5,4 до 31,4%. Подрост других пород, таких как ель и осина наблюдается в единичном состоянии. При оценке распространения дуба красного в соседние выдела на территории Волковысского лесхоза, отмечено, что оно зависит от типа леса прилегающих насаждений. Так в березняке орляковом (40 лет) и осиннике кисличном (60 лет) возобновление дуба красного наблюдается на расстоянии более 50 м от края выдела, но на расстоянии более 100–150 м возобновление отсутствует. В насаждениях липы и граба (50–60 лет) возобновление дуба красного наблюдается лишь на опушках. Такое распространение возобновления соответствует биологической характеристике дуба красного – слабой конкурентоспособности под густым пологом других насаждений.

Подзона широколиственно-сосновых лесов (Бугско-Полесский геоботанический округ). Подрост более равномерно распределен по высоте и количество благонадежного и удовлетворительного подраста в два раза больше, чем неблагонадежного. В этой подзоне наблюдается совершенно противоположная ситуация: дуб красный широко распространяется в различных типах леса и особенно широко по вырубкам и соседним лесным культурам. Также в этой подзоне редко встречаются еловые насаждения, а светлые сосняки орляковые благоприятны по освещенности для подраста дуба красного. Более теплый и мягкий климат также благоприятно влияет на возобновление этой породы.

Распространение дуба красного в прилегающие к лесным культурам фитоценозы в целом по республике в зависимости от типа леса приведено на рисунке 2.

В грабниках, дубравах, липняках и кленовниках снытевых дуб красный не распространяется на расстояние более 10 м от выдела. В ельниках кисличных, мшистых и снытевых подрост дуба красного также не встречается на расстоянии более 20 м от выдела. В сосняках мшистых, кисличных, а также в несомкнувшихся культурах и на вырубках дуб красный встречается на расстоянии более 50 м от границы выдела, а на отдельных участках (вырубки) и на расстоянии 200–300 м от материнского насаждения.

Одной из особенностей роста дуба красного является обильная пнёвая поросль после рубки деревьев, что создаёт проблемы при регулировании его численности и вызывает необходимость проведения истребительных мероприятий в течение нескольких лет. Исследования показали низкую эффективность кошения пнёвой поросли, в том числе многократной, как метода борьбы. Дуб красный обладает практически 100% порослевой способностью, причем пнёвая поросль сохраняется на протяжении нескольких лет кошения [7].

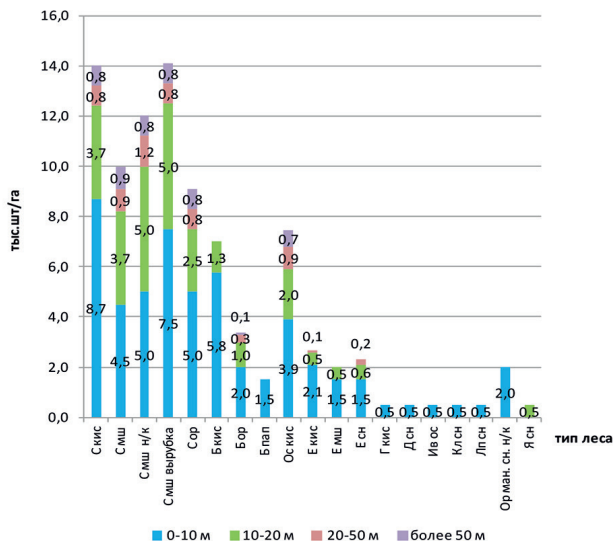


Рис. 2. Распространение дуба красного в соседние выделы в зависимости от типа леса.

Закключение. Таким образом, для произрастания в лесах республики дуба красного необходимы определенные условия, такие как наличие достаточного освещения, теплые и мягкие зимы и довольно широкий спектр почвенных условий. Именно таким требованиям удовлетворяет климат южных областей республики, где дуб красный и получил наиболее широкое распространение.

Неконтролируемое распространение дуба красного представляет угрозу местным видам, которая заключается в уменьшении биологического разнообразия, вытеснении дубом красным аборигенных видов. Плотный плохо разлагаемый опад препятствует формированию живого напочвенного покрова. Основная угроза со стороны дуба красного в Беларуси проявляется на олиго- и мезо-трофных, свежих и влажных почвах, где снижена конкуренция со стороны аборигенных видов.

Особенно неблагоприятная ситуация складывается на особо охраняемых природных территориях, поскольку их основная задача (в соответствии с Законом Республики Беларусь об особо охраняемых территориях) – сохранение и восстановление ценных природных комплексов и объектов. Наличие чужеродных древесных видов на их территории полностью противоречит этой задаче. В первую очередь на ООПТ необходимо проводить меры борьбы с распространением дуба красного и не допуская вступления деревьев в пору плодоношения (15–20 лет).

В то же время анализ нормативных правовых актов показал, что меры по борьбе с инвазивными видами древесно-кустарниковых растений прописаны недостаточно или упоминание о таких видах отсутствует вообще. Положительным моментом является разработка ТКП «Требования к проведению работ по ограничению распространения и численности инвазивных растений». Но в Постановлении Совета Министров Республики Беларусь от 7 декабря 2016 г. № 1002 «О некоторых вопросах регулирования распространения и численности видов растений» дуб красный не внесен в перечень видов растений, распространение и численность которых подлежат регулированию. Наши исследования подтвердили тезис о том, что дуб красный не зря признан и в настоящее время рассматривается белорусскими учеными как агрессивный чужеродный вид [9, 10, 11]. Но наиболее опасен он в южных регионах страны.

Литература

1. Справочник таксатора / В.С. Мирошников, О.А. Труль, В.Е. Ермаков и др. / Под общ. ред. В.С. Мирошникова. – 2-е изд., перераб. и доп. Минск: Ураджай, 1980. 360 с.
2. Методы изучения лесных сообществ. – СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.
3. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь (Технический кодекс ТКП 026-2006 (02080)). Мн., МЛХ РБ, 2006. – 32 с.
4. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / В.А. Алексеев, О.Г. Чертов, С.А. Сергейчик и др.; под ред. В.А. Алексеева; АН СССР, Ботанический ин-т им. В.Л. Комарова. Ленинград: Наука (Ленинградское отд.), 1990. 197 с.
5. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработать План действий по борьбе с инвазивным чужеродным видом – дубом красным (*Quercus rubra*) на территории Национального парка «Беловежская пуща» на период 2016–2020 гг.» (по договору №40 от 19.10.2015 г.), 2015 г. 40 с.
6. Ермохин М.В. Изменения климата и древесные породы за границей их естественных ареалов // Биологическое разнообразие лесных экосистем: состояние, сохранение и использование: Матер. междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 13–15 ноября 2018 г. / Ин-т леса НАН Беларуси; редкол. А.И.Ковалевич [и др.]. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2018. С. 201–202.
7. Ермохин М.В., Вершицкая И.Н., Бернацкий Д.И., Кравчук В.Г., Кныш Н.В., Мычко В.Е., Короткевич Н.А. Дуб красный в Беловежской пуще // Беловежская пуща. Исследования. Брест Альтернатива, 2017. Вып. 15. С. 34–54.
8. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка рекомендаций по борьбе с дубом красным на территории НП «Беловежская пуща» на период 27.03.2017 – 30.10.2017 гг. (по договору № 71 от 27.03.2017), 2017 г. 35 с.
9. Агрессивные чужеродные виды диких животных и дикорастущих растений на территории Республики Беларусь / В.Н. Варавко [и др.]. Минск, 2008. 40 с.
10. Дубовик Д.В. Растения-агрессоры. Инвазионные виды на территории Беларуси // Минск: Белорусская энциклопедия имени П. Бровки, 2017. 192 с.
11. Чёрная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д.В. Дубовик [и др.]; под общ. ред. В.И.Парфёнова, А.В.Пугачевского; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф.Купревича. Минск: Беларуская навука, 2020. 407 с.

М. В. ЕРМОХИН, Т. Л. БАРСУКОВА, Н. А. КОРОТКЕВИЧ,
В. В. ЛУКИН, А. М. КУРПАТОВ
**ЭКСПАНСИЯ ДУБА КРАСНОГО (*QUERCUS ROBUR* L.)
В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕЛАРУСИ**

Резюме

Приводятся результаты исследования распространения и состояния популяций дуба красного в различных геоботанических подзонах Беларуси. Установлено, что в северной Беларуси (подзона дубово-темнохвойных лесов) под пологом насаждений с участием дуба красного количество подроста достигает 160,0 тыс. шт/га, но его высота редко превышает 0,5 м, а выше 1,0 м подрост встречается единично, несмотря на высокий возраст насаждений. В подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов высота подроста дуба красного редко превышает 0,5 м (до 2,0 тыс.шт/га), причем доля благонадежного подроста составляет от 5,4 до 31,4%. Наиболее интенсивно он внедряется в лесные экосистемы в южной Беларуси (подзона сосново-широколиственных лесов). Подрост дуба красного более равномерно распределен по высоте и количество благонадежного и удовлетворительного подроста в два раза больше, чем неблагонадежного. Более интенсивному распространению дуба красного в южных регионах способствуют теплые и мягкие зимы, широкое распространение олиго- и мезотрофных, свежих и влажных почв, на которых преобладают светлые сосновые и мелколиственные леса.

М. V. YERMOKHIN, T. L. BARSUKOVA, N. A. KOROTKEVICH,
V. V. LUKIN, A. M. KURPATOV
**EXPANSION OF RED OAK (*QUERCUS ROBUR* L.)
IN FOREST ECOSYSTEMS OF BELARUS**

Summary

The results of the study for red oak (*Quercus rubra*) distribution and condition in different geobotanic subzones in Belarus are presented. It has been found that in the northern Belarus (oak-dark coniferous forest subzone) under the canopy of forest stands with red oak in composition the number of undergrowth is up to 160 thousand pcs/ha, but its height rarely overcomes 0,5 m, and there are a few individuals higher than 1 meter, though the age of the stands is high. In hornbeam-oak-dark coniferous forest subzone the height of oak undergrowth rarely overcomes 0,5 m (up to 2 thousand pcs/ha), and reliable undergrowth takes from 5,4 to 31,4%. It is most intensively spread in forest ecosystems of southern Belarus (pine-broadleaved forest subzone). Red oak undergrowth is evenly distributed by height and the number of reliable and satisfactory trees is two times more than the number of unreliable. More intensive distribution of red oak in southern regions is stimulated by warm and mild winters, widespread oligotrophic and mesotrophic, fresh and wet soils, where pine and small-leaved forests prevail.

Поступила в редакцию 24.11.2020 г.

Н. А. ЗЕЛЕЊКЕВИЧ, Д. Г. ГРУММО
**УРОЖАЙНОСТЬ И ЗАПАСЫ
 КЛЮКВЫ (*OXYCOCCUS PALUSTRIS* PERS.)
 НА ТЕРРИТОРИИ ОЛЬМАНСКИХ БОЛОТ**

*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича
 НАН Беларуси, г. Минск*

Ольманские болота – крупнейший в Европе лесоболотный комплекс. Водно-болотное угодье имеет как национальный (заказник республиканского значения «Ольманские болота», ядро европейского значения E13 национальной экологической сети), так и международный природоохранный статус (Рамсарская территория № 1091, Территория, важная для птиц ВУ018, Территория Изумрудной сети ВУ0000012). Дикорастущие ягодники занимают важное место в структуре биологических ресурсов территории Ольманских болот и играют значимую роль в повседневной жизни населения. Территория болот активно используется как местными жителями, а так и жителями прилегающих украинских регионов, в целях заготовки ягод клюквы.

Введение.

Общая характеристика болот региона. В пределах исследуемой территории выявлено 7 торфяников (табл.1). Преобладают болота с верховым типом залежи, средняя глубина 08–1,8 м, максимальная – 4,0 м.

Таблица 1. Характеристика болот
проектной территории «Ольманские болота»

Наименование месторождения	Административный район	Кадастровый номер	Преобладающий тип торфяной залежи	Площадь, га	Глубина, м		Средняя степень разложения, %
					средняя	максимальная	
Извилистое	Столинский	434	переходный	107	0,9	1,2	28
Березовское	—«—	435	низинный	319	1,1	2,0	25
Поддубиче	—«—	440	верховой	48292	1,4	4,0	28
Острова	—«—	441	—«—	796	0,9	1,2	35
Б/н	—«—	440N	—«—	343	н.с.	н.с.	н.с.
Вилья	—«—	444*	—«—	4741	1,8	3,3	30

Примечания. 1. б/н – без названия. 2. н.с. – нет сведений.

Общая характеристика современного растительного покрова болот региона. В современной структуре растительного покрова Ольманских болот леса занимают 39,7 тыс. га (42,2%), болота – 48,4 тыс. га (51,5%), мелколесья и кустарники – 4,4 тыс. га (4,5%), луга – 0,7 тыс. га (0,8%), антропогенно-производные растительные сообщества – 0,5 тыс. га (0,6%).

В структуре болотной растительности на долю верховых болот приходится 12,0 тыс. га (24,9% всех болот исследуемой территории), переходных – 13,8 тыс. га (28,4%), низинных – 22,6 тыс. га (46,7%).

Общая характеристика клюквы болотной как ресурсного вида. В современной классификации клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.) = четырехлепестная (*O. quadripetalus* Gilib.) отнесена к семейству вересковые (Ericaceae Juss.), подсемейству брусничные (Vacciniaceae Arn.), роду клюква (*Oxycoccus* Hill.). Представляет собой вечнозеленый кустарничек с приподнимающимися короткими и со стелющимися длинными побегами. Облигатный микотроф, медонос. Размножается семенами и вегетативно. Распространена циркумполярно по сфагновым болотам лесной зоны и южной части лесотундры Евразии и Северной Америки, в горах – до 1850 м над ур. м. Отмечается значительная вариабельность морфобиологических признаков клюквы болотной по длине (8–16 мм) и ширине (3–6 мм) листьев, окраске цветков, числу в соцветии (2–6 (7)), форме, размеру, цвету ягод и др. Диаметр типичных ягод не превышает 10 мм, масса составляет 0,6 г. Приплюснuto-шаровидная форма ягод отличается большей массой (в 1,5–3 раза). Клюкву болотную разделяют на два экотипа: 1) олиготрофная, с короткими побегами, мелкими листьями и ягодами, произрастает на верховых болотах; 2) мезотрофная, с длинными побегами, крупными листьями и ягодами, произрастает на переходных болотах [15]. Ценное пищевое и витаминное растительное сырье. Ягоды содержат от 1,6 до 76,8 мг витамина С, от 2,3 до 5% к сухому весу дубильных веществ, до 10% сахаров, пектиновые вещества, органические кислоты (до 4%), высшие жирные кислоты, флаваноиды, каротин, витамины В1, В2, Р, РР [1, 10]. Клюква болотная занимает как умеренно увлажненные болотные повышения, так и обводненные топи. Оптимальная влажность торфа – 60–80% полной влагоемкости, рН – 2,6–6,8 [15].

Урожайность клюквы болотной. Первые упоминания о ресурсах ягодных растений в нашей стране в 1935 г. приведены в брошюре А. Вечара и Ф. Захарича. По их данным, в 1931–1934 гг. ежегодный биологический запас плодов ягодников клюквы болотной составлял 5 тыс. т, а эксплуатационный запас (возможный сбор) – 2,9 тыс. т (на территорию до 1939 г.) [6]. Наиболее детальные исследования в 1960–1970-е гг. по определению ресурсов дикорастущих ягодников были проведены В.И. Саутиным, А.С. Паламарчук и П.Н. Райко, по данным которых среднемноголетние биологические запасы плодов клюквы составили 31,4 тыс. т [6]. Биологический среднегодовой запас ягод клюквы в 1970–1980 гг. оценивался в 31,3 тыс. т [12]. Исследованиями, проведенными в БелНИИЛХ в 1985 г., было установлено снижение общих биологических ресурсов плодов этих ягодников до 13,5 тыс. т [6]. Исследованиями, проведенными ИЛ НАН Беларуси в 2003–2004 гг. на всей территории лесного фонда Республики Беларусь с использованием многолетних данных полевых работ (1994–2004 гг.), общие среднемноголетние биологические запасы плодов ягодников клюквенников определены в 7,6 тыс. т, эксплуатационные – 3,8 тыс. т [6]. В высокоурожайные годы эти показатели следует увеличивать в 1,5–2 раза, а в низкоурожайные – снижать в 3–4 раза. За последние годы произошло снижение ресурсов ягодников клюквы [7, 8]. В современный период ИЛ НАН Беларуси проводит мониторинг ресурсообразующих видов пищевых ягодных растений в рамках Государственных программ и программы Государственного мониторинга растительного мира,

однако учеты урожайности проводятся в основном на облесенных болотах. По данным Государственного кадастра растительного мира биологические запасы плодов клюквенников в 2016 г. определены в 3,4 тыс. т, эксплуатационные – 1,7 тыс. т. Данные Минлесхоза свидетельствуют о среднегодовом биологическом запасе клюквы на уровне 11,2 тыс. т. [5].

Клюква болотная наиболее урожайна на верховых и переходных болотах в сосняках сфагновых (ТЛУ (тип лесорастительных условий) А5), осоково-сфагновых (В5), багульниковых (А5) и их производных при сомкнутости древесного полога 0,1-0,3, с господством в моховом покрове *Sphagnum angustifolium* и *Sph. fallax*, а также на открытых участках окраин верховых болот – мезотрофных и олиготрофных необлесенных растительных сообществ: кустарничково-пушицево-сфагновые и осоково-сфагновые (А6 и В6) с теми же эдификаторами в моховом ярусе [14]; по Е.А. Галкиной [3], это сообщества с доминированием *Sphagnum fuscum* и *Sph. magellanicum*. По нашим данным, в биотопах с доминированием *Sph. fuscum* чаще встречается клюква мелкоплодная [9].

Урожайность клюквы и вес ягод в зависимости от фитоценологических и погодных условий сильно колеблется. В Беларуси урожайность, в зависимости от сезона и типа болота, варьирует от 100 до 1000 и более кг/га [1, 14], в зависимости от ТЛУ колеблется в среднем от 105–150 кг/га в А6-В6 до 382–472 кг/га В4-В5 [12], что подтверждается и нашими данными – максимальная урожайность клюквы также отмечена на мезотрофных участках: 360–450 кг/га [14]. По данным научных сотрудников Института леса НАН Беларуси, показатели среднемноголетней биологической урожайности (кг/га) клюквы в Беларуси несколько иные (в скобках среднее проективное покрытие зарослей в биотопе, %): А4 – 85 (7), В4 – 83 (6), А5 – 294 (11), В5 – 188 (8), А5ос – 63 (8), В5ос – 57 (7) [6]. Максимальная урожайность в Беларуси для клюквы отмечена на болотах Березинского заповедника: до 1238–1680 кг/г [15], среднемноголетняя урожайность клюквы в Беларуси 260 кг/га [6]. В среднем урожайность клюквы на 1 га верхового болота в таёжной зоне Восточной Европы составляет около 200 кг/га [2]. По нашим данным, среднегодовая урожайность клюквы составила 215 кг/га [14].

Полученные нами данные по урожайности ягод болотной клюквы согласуются со среднемноголетними данными по Беларуси – 238 кг/га и 260 кг/га соответственно [6, 14]. Биотопическая характеристика урожайности достаточно сложна в связи с тем, что исследователи используют различные классификации биотопов, получали данные в различные сезоны и на различных территориях (табл. 2).

Методы исследования. Важную роль в определении продуктивности, степени плотности, особенностях пространственного размещения, доступности недревесной продукции для исследуемой территории дают материалы картирования запасов дикорастущих ягод клюквы. Картирование запасов растительного сырья является завершающим этапом при изучении растительных ресурсов (Карпенко, 1966; цит. по [4]). В ресурсоведческих картах растительность интерпретируется как участки с запасом того или иного вида сырья.

Таблица 2. Характеристика урожайности клюквы болотной (сырораствующий вес) в различных биотопах (кг/га, в свежесобранном состоянии)

Биотоп, ТЛУ	[7, 8]	[9]	[14]	[6]	[15]	[12]
Олиготрофный комплекс растительности, А5-6	–	90	92	–	73–296	–
Олиготрофное болото (необлесенное) А6	–	120–250	249	63 (А5ос)	41	105
Олиготрофное болото (облесенное): сосняк сфагновый А5	381	110–250	194	294	41–54, 143	277
Олиготрофное болото (облесенное): сосняк багульниковый А5	33–232	110–250	106	85	60–1055	214
Мезотрофный комплекс растительности В5	–	350	211	188	101	472
Мезотрофное болото (необлесенное) В6	–	350	364	57 (В5ос)	89, 105–164	150
Мезотрофное болото (облесенное) В4	243–666	<20	452	83	407–1085	382

Картирование запасов дикорастущих ягод дает представление не только о площадном размещении ресурсных участков, но и содержит обобщенные количественные показатели урожайности, по которым легко могут быть рассчитаны запасы растительного сырья [11].

Для составления ресурсоведческих карт необходим фактический материал по продуктивности и приуроченности ресурсных участков к определенным биотопам [4]. В наших исследованиях при создании подобной карты использована Карта растительности территории республиканского заказника «Ольманские болота». Фитоценоотическое разнообразие болотной растительности отображено на геоботанической карте 11 категории.

Учет массы ягод клюквы в зависимости от проективного покрытия растений производился на учетных площадках размером 1×1 м или 50×50 см в 5-кратной повторности. Площадки располагались на ПП конвертом (по углам и в середине). Собранный ягодная масса взвешивались в свежесобранном состоянии на электронных весах с точностью до 0,1 г. Запас ягод на заросли рассчитывали, как произведение средней урожайности на общую площадь заросли. Расчет биологического запаса сырья ведется по верхнему пределу урожайности, расчет величины эксплуатационного запаса – по нижнему пределу.

Для составления карты запасов ягод клюквы мы располагали данными по урожайности ягод клюквы в типичных растительных сообществах болот. Анализ ресурсоведческих, экологических и фитоценоотических параметров позволил объединить ягодоносные сообщества растительности в несколько групп, характеризующихся близкими показателями урожайности, трофности среды, уровня грунтовых вод и эколого-фитоценоотическими особенностями доминантов и эдификаторов [4].

Результаты и их обсуждение.

Определение урожайности и запасов клюквы на территории Ольманских болот. В результате анализа литературных данных, результатов многолетних полевых исследований и наблюдений (2004–2018 гг.), по нашей экспертной оценке на болотах изучаемой территории «Ольманские болота» выделено 15 категорий растительности, характеризующиеся различной урожайностью ягод клюквы. Классификационная схема растительности, урожайности и запаса ягод клюквы представлены в таблице 3.

В целом, согласно нашим данным, в общей структуре среднегодового биологического урожая ягод клюквы на долю облесенных групп сообществ приходится 22,0%, олиготрофных открытых – 32,3%, мезотрофных открытых – 45,7% (см. таблицу 3). Максимальной урожайностью ягод клюквы характеризуются мезотрофные простые облесенные группы сообществ, включающие сосново-осоково-кустарничково-сфагновые, березово-кустарничково-травяно-сфагновые и некоторые другие сообщества с господством в моховом покрове сфагновых мхов. Высокий урожай клюквы характерен также для группы мезотрофных и олиготрофных простых необлесенных сообществ, основными среди которых являются кустарничково-пушицево-сфагновые и осоково-сфагновые с теми же эдификаторами в моховом покрове.

По нашим данным общая ягодоносная площадь на территории Ольманских болот составляет 54,1 тыс. га, что составляет 57,4% от общей площади территории. Площадь участков, пригодных для заготовки клюквы составляет 31,0 тыс. га или 32,8% от общей площади территории.

Средний биологический запас плодов клюквы определен в 6,8 тыс. т, эксплуатационные – 2,2 тыс. т. Представленные данные являются усредненными, в годы с высокой или низкой урожайностью эти показатели будут различаться.

Площадь высокопродуктивных участков (со средней продуктивностью 215 кг/га) составляет 23,5 тыс. га (таблица 4), или 25,0% от общей площади Ольманских болот. Биологический запас ягод клюквы этих участков составляет 5,2 тыс. т (78,1% от общего), эксплуатационный – 1,9 тыс. т. Приурочены высокопродуктивные участки к переходным открытым болотам с осоково-пушицево-травяно-сфагновыми сообществами, зачастую с разреженным ярусом сосны и березы и к лесным сосновым пушицево-сфагновым сообществам.

Биологический запас низкопродуктивных участков составляет 0,3 тыс. т (5,5% от общего), эксплуатационный запас не рассчитывался. Они находятся в сосновых кустарничково-сфагновых сообществах и на переходных болотах в осоково-вахтово-гипново-сфагновых фитоценозах.

Практически безягодные участки (со средней продуктивностью 7 кг/га) занимают 14,2 тыс. га. Биологический запас составляет 0,1 тыс. т (1,7% от общего), эксплуатационный запас не рассчитывался (табл. 4). Они приурочены к сообществам на осушенных землях, послепожарных участках верховых болот, зарастающих мелколесьям и шейхцериево-осоково-сфагновым и осоковым топям.

Таблица 3. Средняя многолетняя урожайность и запас ягод клюквы болотной (сырораствующий вес) современного растительного покрова Ольманских болот

Тип растительных сообществ	Пло- щадь, га	Ягоды клюквы болотной		
		Урожай- ность, кг/га	Запас, т	
			биологи- ческий	эксплуата- ционный*
ЛЕСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ				
ХВОЙНЫЕ ЛЕСА				
Сосновые (<i>Pinus sylvestris</i>) леса				
Сосновые кустарничково-сфагново-долгомошные	3148,7	1	3	–
Сосновые кустарничково-сфагновые	2095,1	30	63	–
Сосновые пушицево-кустарничково-сфагновые на верховых болотах	2076,2	140	291	102
Сосновые и пушистоберезово-сосновые с неоднородным покровом: кустарничково-сфагновые кочки и осоково-пушицево-сфагновые межкочья	3102,1	190	589	206
Сосновые и пушистоберезово-сосновые гидрофитнотравяно-осоковые	834,2	140	117	41
ЛИСТВЕННЫЕ БОЛОТНЫЕ ЛЕСА				
Пушистоберезовые (<i>Betula pubescens</i>) леса				
Пушистоберезовые с сосной осоково-гигрофитно-травяно-сфагновые	689,1	100	69	24
БОЛОТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ				
ВЕРХОВЫЕ (ОЛИГОТРОФНЫЕ) БОЛОТА				
Сосново-пушицево-сфагновые редколесья	3002,8	150	450	158
Кустарничково-сфагновые с редкой сосной	4163,2	190	791	277
Кустарничково-сфагновые с редкой сосной, иногда с очеретниково- и шейхцеригово-топяноосоково-сфагновыми мочажинами	804,3	90	72	25
Шейхцеригово-осоково-сфагновые и осоковые топи на верховых и переходных болотах в сочетании с озерами с открытой водной поверхностью	3128,1	10	31	–
Послепожарные пушицево-политрихово-сфагновые с обильным подростом лиственных пород	4482,8	50	224	–
Послепожарные хвойно-лиственные кустарничково-политрихово-сфагновые мелколесья	1891,3	40	76	–

Тип растительных сообществ	Пло- щадь, га	Ягоды клюквы болотной		
		Урожай- ность, кг/га	Запас, т	
			биологи- ческий	эксплуата- ционный*
<i>ПЕРЕХОДНЫЕ (МЕЗООЛИГОТРОФНЫЕ И МЕЗОТРОФНЫЕ) БОЛОТА</i>				
Осоково-пушицево-травяно-сфагновые с редкими кустарничково-сфагновыми	8392,7	260	2182	764
Осоково-пушицево-травяно-сфагновые с разреженным ярусом сосны и березы	7882,6	220	1734	607
Осоково-вахтово-гипново-сфагновые, за-растающие древесной растительностью	478,3	20	10	–
<i>НИЗИННЫЕ (МЕЗОЭВТРОФНЫЕ И ЭВТРОФНЫЕ) БОЛОТА**</i>				
Злаково-осоковые, травяно-осоково-гип-новые с участками переходных болот	7940,4	10	79	–
Общий запас ягод клюквы болотной по территории	54111,9	ср. 103	6781	2204

Примечания. *Эксплуатационный запас рассчитывался только для высоко- и среднепродуктивных участков. **Данный таксон включен поскольку здесь встречаются мелкоконтурные участки переходных болот (с урожаем клюквы).

Таблица 4. Продуктивность ягод клюквы
на территории Ольманских болот по ягодоносным участкам

Ягодоносные участки	Ягоды клюквы			Занимаемая площадь	
	средняя продуктив- ность, кг/га	биологи- ческий запас, т	эксплуата- ционный запас, т	га	% от общей площади территории
Высокопродуктивные	215	5296	1854	23540,6	25,0
Среднепродуктивные	124	999	350	7406,6	7,9
Низкопродуктивные	35	373	–	8947,5	9,5
Практически безягодные	7	113	–	14217,2	15,1
Для всей территории	103	6781	2204	54111,9	57,5

Размещение урожайных участков клюквы и запасов ягодного сырья на территории Ольманских болот. На основании созданной предвари-тельно карте растительности исследуемой территории и распределения ягодоносных участков по степени продуктивности была создана карта урожайности ягод клюквы (рис. 1), где урожайность изображена распределенной непосредственно на контурах растительности. Основные ягодоносные участки расположены в центральной, западной, северо-запад-ной и южной частях территории Ольманских болот.

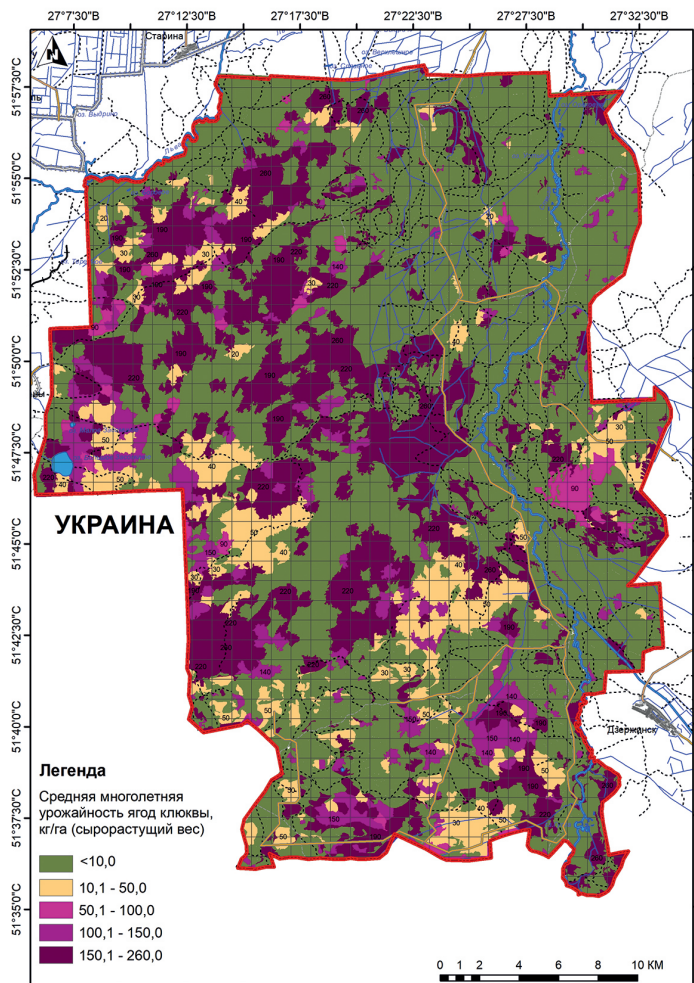


Рис. 1. Карта-схема урожайности ягод клюквы на территории Ольманских болот.

На основе карты урожайности клюквы была построена карта запасов ягод клюквы на территории Ольманских болот (рис.2), где запас ягод изображен распределенным на регулярной сети (1х1 км) с расчетом средневзвешенных значений на ячейку сети. Основные запасы ягод сосредоточены в центральной, западной, северо-западной частях.

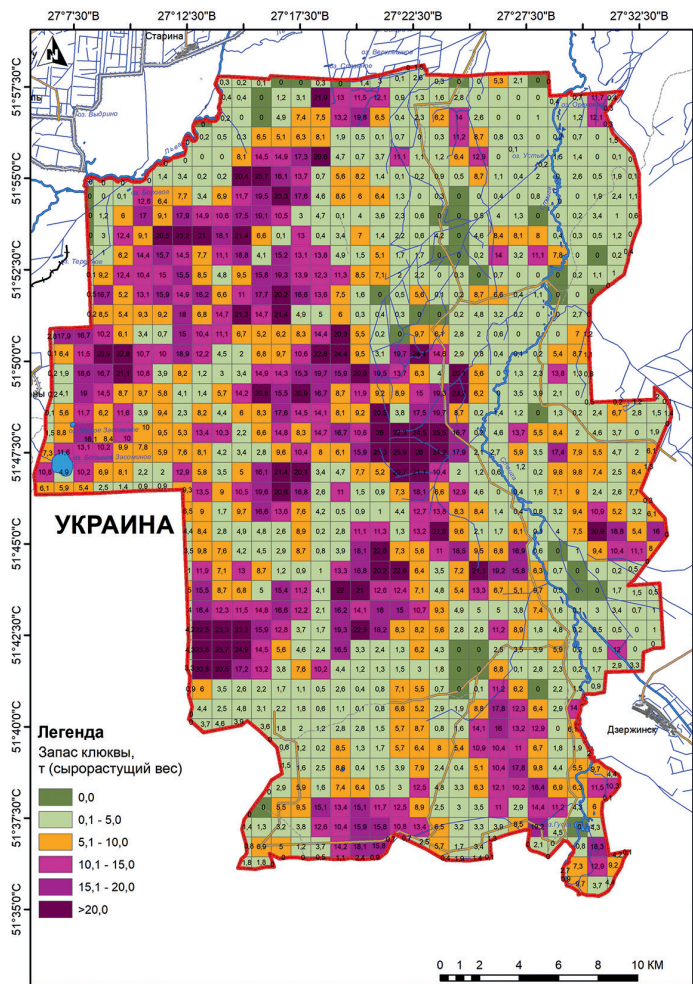


Рис. 2. Карта-схема запасов ягод клюквы на территории Ольянских болот.

Существующие формы охраны. Охрана урожая клюквы состоит в основном в соблюдении сроков сбора ягод. Установлено, что при сборе незрелых ягод (не достигших полного развития или размеров) продуктивность зарослей клюквы снижается на 15–30%, причем значительная часть сырья начинает гнить, а сохранившиеся ягоды существенно уступают

спелым по химическому составу [15]. Охрана ресурсов клюквы включает и охрану зарослей. *Охрана зарослей клюквы* подразумевает сохранение естественных экологических условий произрастания. Болота с ценными участками клюквы должны быть исключены из мелиоративного фонда.

В Беларуси эти условия соблюдаются. На исследуемой территории в 1998 г. с целью сохранения уникальных нетрансформированных ландшафтов Припятского Полесья, ценных сообществ и редких, исчезающих и хозяйственно-полезных видов растений и животных был создан Республиканский ландшафтный заказник «Ольманские болота». Режим использования территории в установленном порядке обеспечивает охрану этого заказника.

Положение о заказнике запрещает повреждение и уничтожение древесно-кустарниковой растительности, нарушение естественного почвенного покрова, разбивку туристических лагерей, разведение костров и т.д., что влечет за собой ответственность в соответствии с законодательством Республики Беларусь и возмещение ущерба, хотя на практике эти запреты ежегодно нарушаются.

В целях охраны и рационального использования ресурсов ягод в Беларуси ежегодно определяются и устанавливаются сроки сбора ягод. Согласно статье 85 Лесного Кодекса Республики Беларусь сроки начала сбора клюквы ежегодно устанавливаются решениями областных исполнительных комитетов, информация о которых доводится до всеобщего сведения путем ее размещения на их официальных сайтах в сети Интернет, в средствах массовой информации или иным общедоступным способом. Для территории Ольманских болот это решения Брестского областного исполнительного комитета (таблица 5).

Таблица 5. Сроки начала разрешенного сбора ягод клюквы в Брестской области по годам

Год	Срок начала сбора	Год	Срок начала сбора	Год	Срок начала сбора
2020	30 августа	2016	3 сентября	2012	1 сентября
2019	25 августа	2015	5 сентября	2011	5 сентября
2018	24 августа	2014	5 сентября	2010	5 сентября
2017	1 сентября	2013	20 августа	2009	5 сентября

Также, согласно статье 85 Лесного Кодекса Республики Беларусь сбор дикорастущих ягод должен осуществляться не наносящими вред ягодникам и не приводящими к их уничтожению способами, приспособлениями, соответствующими обязательным для соблюдения требованиям, установленным техническими нормативными правовыми актами в области технического нормирования и стандартизации.

В то же время объемы заготовок ягод в т. ч. клюквы болотной в некоторых лесхозах страны в естественных угодьях составляют от 80 до 92% биологических ресурсов [15]. Хотя с целью сохранения их семенного

фонда рекомендуемый объем ежегодного использования принимается равным 75% от эксплуатационного запаса [13]. Территория Ольманских болот как раз и отличается возросшими в последние годы, массовыми, часто бесконтрольными заготовками ягод клюквы.

С 1995 г. по 2004 г. Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь осуществлялось лицензирование заготовок дикорастущих ягод и грибов всеми субъектами хозяйствования. Всем заготовителям, независимо от форм собственности, разрешалось заготавливать дикорастущую пищевую продукцию в объемах, не превышающих расчетных допустимых квот на конкретной территории. [6].

Предложения по охране. Возврат к практике расчета допустимых квот заготовки клюквы для каждой конкретной территории мог бы принести свои положительные результаты. Введение такой практики потребует определенных законодательных решений и ежегодных трудозатрат для объективного определения допустимых объемов заготовок в зависимости от погодных условий, либо ежегодную корректировку рассчитанных заранее среднесрочных эксплуатационных запасов ягод на основе краткосрочного прогноза. Проводимый в настоящее время в рамках Государственного мониторинга растительного мира учет урожайности ягодных растений, на наш взгляд, позволит не только корректировать среднесрочные допустимые объемы заготовок, но и следить за состоянием угодий и принимать конкретные управленческие решения по рациональному их использованию.

Целесообразно, наряду с лицензированием заготовок на основе ежегодной корректировки запасов, сдавать угодья в аренду или же закреплять за заготовителями.

Необходимо усилить контроль за правилами заготовки (закупки) ягод всеми субъектами хозяйствования со стороны лесной охраны, работников природоохранных и местных государственных органов.

Целесообразно как можно скорее регламентировать порядок нахождения сборщиков клюквы на территории стихийных стоянок. Необходимо оборудовать уже сложившиеся стихийные стоянки, как места отдыха, снабдив их беседками, туалетами, стационарно оборудованными кострищами, местами сбора отходов, возможно колодцем. Периодически проводить контроль состояния стоянок и их текущий ремонт, в период сбора организовать своевременный вывоз мусора и подвоз дров.

Также эффективный способ борьбы с деградацией болот и, следовательно, сохранением стабильных урожаев клюквы – поддержание достаточно высокого уровня болотных вод.

Заключение.

По нашей экспертной оценке, общая ягодоносная площадь на территории Ольманских болот составляет 54,1 тыс. га, что составляет 57,4% от общей площади территории. Площадь участков, пригодных для заготовки клюквы, составляет 31,0 тыс. га или 32,8% от общей площади территории. Основные ягодоносные участки расположены в центральной, западной, северо-западной и южной частях территории.

Средний биологический запас плодов клюквы на территории Ольманских болот определен в 6,8 тыс. т, эксплуатационный – 2,2 тыс. т (усредненные данные).

Площадь высокопродуктивных участков (215 кг/га) составляет 23,5 тыс. га, или 25,0% от общей площади Ольманских болот. Биологический запас ягод клюквы этих участков – 5,2 тыс. т (78,1% от общего), эксплуатационный – 1,9 тыс. т. Площадь среднепродуктивных участков (124 кг/га) составляет 7,4 тыс. га (7,9%). Биологический запас – 0,9 тыс. т (14,7%), эксплуатационный – 0,3 тыс. т.

Низкопродуктивные (со средней продуктивностью 35 кг/га) участки занимают площадь 9,0 тыс. га. Биологический запас составляет 0,3 тыс. т (5,5% от общего).

Литература

1. Баландина Т.П. Клюква четырехлепестная // Биол. флора Моск. обл. М.: Изд-во МГУ, 1993. Вып. 9. Ч. 2. С. 78–87.
2. Боч М.С., Мазинг В.В. Экосистемы болот СССР. Л., 1979. 188 с.
3. Галкина Е.А. Сфагновые болота // Растительный покров СССР. Пояснительный текст к «Геоботанической карте СССР». М., Л., 1956. Ч. 2. С. 533–560.
4. Елина Г.А. О принципах крупно- и среднемасштабного картирования запасов болотных ягод // Экология, продуктивность и биохимический состав лекарственных и ягодных растений лесов и болот Карелии. Петрозаводск, 1979. С. 19–27.
5. Использование второстепенных ресурсов леса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mlh.by/our-main-activities/forest/ispolzovanie-vtorostepennykh-resursov-lesa/>. – Дата доступа: 17.01.2019.
6. Комплексная продуктивность земель лесного фонда / под общей редакцией В.Ф. Багинского. Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2007. 295 с.
7. Проведение наблюдений за пищевыми видами растений и грибов на землях лесного фонда: отчёт о НИР (промежут.) / Институт леса НАН Беларуси; рук. И.В. Бордок. Гомель, 2016. 43 с. № ГР 20163812.
8. Проведение наблюдений за пищевыми видами растений и грибов на землях лесного фонда: отчёт о НИР (промежут.) / Институт леса НАН Беларуси; рук. И.В. Бордок. Гомель, 2017. 90 с. № ГР 20163812.
9. Разработка технологии количественной оценки растительных ресурсов с использованием спутниковой информации (на примере болотных угодий): отчёт о НИР (заключ.) / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси; рук. Д.Г. Груммо. Минск, 2016. 119 с. № ГР 20131132.
10. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 2. Семейства Actinidiaceae–Malvaceae, Euphorbiaceae–Naloragaceae. 2009. 513 с.
11. Справочник работника лесного хозяйства / под ред. И.Д. Юркевича, В.П. Романовского, Д.С. Голода. Минск: Наука и техника, 1986. 624 с.
12. Справочник таксатора / под общ. ред. В.С. Мирошникова. 2-е изд., перераб. и доп. Минск: Ураджай, 1980. 360 с.

13. ТКП 17.12-09-2015 (33140) Порядок проведения планового обследования территории Республики Беларусь для кадастрового учета // Охрана окружающей среды и природопользование территории. Минск, Минприроды. 36 с.

14. Флора и растительность ландшафтного заказника «Ельня» / Д.Г. Груммо, О.В. Созинов, Н.А. Зеленкевич и др.; под ред. академика Н.Н. Бамбалова, Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экспериментальной ботаники. – Минск: Минсктиппро-ект, 2010. 200 с.

15. Черкасов А.Ф., Буткус В.Ф., Горбунов А.Б. Клюква / А.Ф. Черкасов, В.Ф. Буткус, А.Б. Горбунов. – Москва: Лесная промышленность, 1981. 214 с.

Н.А. ЗЕЛЕНКЕВИЧ, Д.Г. ГРУММО
**УРОЖАЙНОСТЬ И ЗАПАСЫ КЛЮКВЫ (*OXYCOCCUS PALUSTRIS* PERS.)
НА ТЕРРИТОРИИ ОЛЬМАНСКИХ БОЛОТ**

В статье дана характеристика клюквы болотной как ресурсного вида, проанализированы литературные данные по ее урожайности. Определена урожайность и запас клюквы на территории Ольманских болот, выделены категории растительности, характеризующиеся различной урожайностью ягод клюквы. Приводится карта размещения урожайных участков клюквы и карта-схема запасов ягодного сырья. Рассмотрены существующие формы охраны, внесены предложения по охране урожая клюквы на территории Ольманских болот.

N.A. ZELIANKEVICH, D.G. GRUMMO
**CRANBERRIES (*OXYCOCCUS PALUSTRIS* PERS) YIELD&STOCK
DEFINITION IN THE OLMANY MIRES AREA**

The article describes the characteristic of cranberry as a resource species, analyzes the literature data on its yield. The definition of the yield and stocks of cranberries in the Olmany mires, identifies the categories of vegetation with different yields of cranberries are discussed. A map of the cranberries yield areas and a schematic map of stocks of berry raw materials are presented. The existing protection are considered, proposals for the protection of the cranberry harvest on the territory of the Olmany mires were made.

Поступила в редакцию 17.12.2020 г.

А. В. ЛЕВКОВИЧ, О. М. МАСЛОВСКИЙ
**МЕТОДОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА ЭПИФИТНЫХ
МОХООБРАЗНЫХ НА ПРИМЕРЕ *NECKERA PENNATA* HEDW.**

*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф.Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. В настоящее время, когда наблюдается очень быстрое сокращение биоразнообразия, остро стоит проблема мониторинга и составления прогноза развития популяций живых организмов. И если подходы к изучению популяций сосудистых растений более известны [1–4], то мохообразные с этой точки зрения представляют собой менее изученную группу. Совершенствование подходов и методологии оценки состояния и прогнозирования развития популяций мохообразных является очень актуальным как в Беларуси, так и в странах Европейского Союза.

В Беларуси с 2007 по 2020 гг. проводились исследования популяций эпифитных мохообразных на примере *Neckera pennata* [5, 6]. На основе европейских методик [7–14] была разработана оригинальная методология оценки состояния и составления прогноза развития эпифитных мохообразных, которая может служить основой для мониторинговых исследований.

Объекты и методы исследования. В качестве объекта исследования рассматривался мох *Neckera pennata* Hedw. (Неккера перистая) – представитель облигатных эпифитных мохообразных – неморальный вид, приуроченный в основном к подзоне широколиственных лесов. Встречается в Европе, Азии, Северной и Южной Америке, Австралии и Африке. Несмотря на широкое распространение на многих континентах, вид находится под угрозой исчезновения, так как отмечается спорадически, и его численность резко сокращается. *Neckera pennata* находится под угрозой исчезновения в Европе и подлежит охране согласно Приложению I к Бернской конвенции [15], а также Красной книге мохообразных Европы (категория *vulnerable* – для Европейского Союза) [16, 17]. В Беларуси этот вид включен в Красную книгу и имеет IV категорию охраны (потенциально уязвимый вид) [18].

Для изучения состояния и мониторинга развития популяций *Neckera pennata* нами в качестве методологического использовался метапопуляционный подход, предложенный в Европе в конце XX в. [7] и активно применяемый в настоящее время [5, 6, 19]. Данный подход учитывает особую структуру популяций эпифитных организмов и позволяет проследить их динамику и делать прогноз развития.

При общем подходе метапопуляция – это совокупность дискретных (или относительно дискретных) в пространстве локальных популяций, взаимодействующих друг с другом путем расселения диаспор или генетического потока [20]. Обычно в качестве метапопуляции выступает комплекс локальных популяций того или иного вида в пределах ландшафта, крупного лесного массива и т. п. [6].

При этом для эпифитных мхов в качестве локальной популяции нами принималась группа непосредственно взаимодействующих особей, поселявшихся на одном дереве, тогда как в качестве метапопуляции рассматривался комплекс локальных популяций эпифитов в пределах фитоценоза [6]. Сходного подхода придерживаются Tord Snäll, Johan Ehrlén и Nâkan Rydin [21].

Исследования метапопуляций эпифитных мохообразных включают несколько этапов:

- 1) подготовительный, включающий сбор информации о местах произрастания видов (инвентаризацию существующих популяций), изучение эколого-ценотических характеристик каждого вида, условий произрастания, особенностей биологии, сбор картографического материала, подборку перспективных ландшафтов, сообществ и экотопов, подготовку маршрутов экспедиций;

- 2) полевой – измерение необходимых параметров на местности;

- 3) камеральный, включающий анализ собранной информации и составление прогноза развития.

В данной статье мы более подробно остановимся на втором и третьем этапах.

При полевом исследовании метапопуляций эпифитных мохообразных составляется картосхема расположения деревьев-хозяев, занятых мхом, и потенциальных деревьев-хозяев (рис. 1). Измеряется расстояние между всеми деревьями-хозяевами. В качестве потенциальных рассматриваются деревья, диаметр ствола которых на уровне груди составляет не менее 10 см. Расстояние между деревьями считается расстоянием между локальными популяциями в пределах метапопуляции [6].

Для каждого дерева-хозяина определяются следующие параметры:

- вид дерева;

- диаметр ствола (на высоте 1,3 м), см;

- глубина трещин коры (на высоте 50 см над уровнем земли), мм;

- угол наклона ствола дерева, град.;

- относительное покрытие мхом на участке ствола площадью 35×35 см (при этом выбирается участок с максимальным покрытием), см².

Каждая пробная площадка (35 × 35 см) фотографируется для точного определения локального обилия при последующей компьютерной обработке фотографий. На рис. 2 показаны фотографии одной из пробных площадок *Neckera pennata*, заложенной в 2007 г. в окрестностях д. Дуброва (0,9 км к северо-востоку) на территории Жорновской экспериментальной лесной базы (Могилевская область, Осиповичский район).

В ходе камерального этапа в результате анализа пространственной структуры метапопуляций для каждого дерева-хозяина (форофита) вычисляется коэффициент связанности D [22] – отношение среднего расстояния между данным и остальными форофитами к среднему расстоянию между всеми форофитами в метапопуляции. Коэффициент отражает степень дистанционной близости между изучаемым и остальными форофитами.

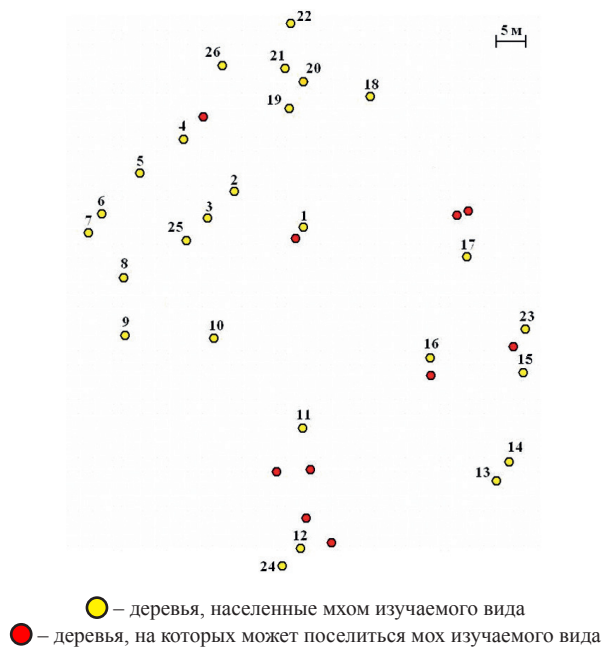


Рис. 1. Пространственная структура метопуляции эпифитных мохообразных изучаемого вида.



2007



2015

Рис. 2. Пробная площадка *Neckera pennata* в 2007 и 2015 гг.

В соответствии с величиной коэффициента связанности D в метапопуляции выделяются центральное ядро ($D < 0,8$), узловые точки ($0,8 < D < 1$), слабо связанные ($1 < D < 1,3$) и периферийные (наиболее изолированные) популяции ($D > 1,3$) [22].

По результатам анализа динамики 96 локальных популяций в составе 6 метапопуляций эпифитного мха *Neckera pennata* в Могилевской, Брестской и Витебской областях Республики Беларусь с 2007 по 2015 гг. нами была выявлена зависимость среднего проективного покрытия и среднего относительного годового прироста дерновинки *Neckera pennata* от характеристик деревьев-хозяев [6].

Показано, что максимальное покрытие мха характерно для граба, осины, клена в тех метапопуляциях, где большинство деревьев имеет диаметр стволов 31–50 см, глубину трещин коры 1–10 мм, угол наклона стволов 5–20°, т. е. в достаточно старовозрастных лесах, но не самых старых. Максимальный прирост дерновинки мха отмечен на деревьях граба, осины, ясеня, дуба, вяза в более молодых насаждениях, где диаметр стволов составляет в среднем 10–30 см, глубина трещин коры – 1–5 мм, угол наклона стволов – до 4° [6].

Таким образом, в ходе камерального этапа на основании выявленных зависимостей могут быть сделаны экспресс-оценки состояния и прогноз развития каждой метапопуляции. В основе экспресс-оценки находится определение среднего значения отношения количества деревьев-хозяев с оптимальными характеристиками к общему количеству деревьев-хозяев, которое может быть выражено через коэффициент оптимальности (табл. 1). Более высокое значение коэффициента оптимальности для роста (более 0,4) свидетельствует о вероятном увеличении площади локальных популяций и метапопуляций в целом. Высокий коэффициент оптимальности для проективного покрытия (более 0,5) говорит о наличии достаточного количества подходящих мест, но при этом метапопуляция с высокой вероятностью уже достигла максимума своего развития и может либо оставаться в стабильном состоянии, либо сокращаться [6].

Оптимальные характеристики деревьев-хозяев определены в настоящее время только для одного вида – *Neckera pennata*, и их значения для других эпифитных видов мохообразных могут немного отличаться.

В то же время на динамику и устойчивость локальных популяций оказывают влияние не только параметры деревьев-хозяев, но и исходное значение проективного покрытия, а также мера связанности данной популяции с соседними в пределах метапопуляции. Наличие связей повышает устойчивость как отдельной популяции, так и метапопуляции в целом [6].

В связи с этим для определения меры связанности используется формула [21, с изменениями]:

$$C_{Bi} = \sum_{i \neq j} \exp \left\{ -\alpha \left[\ln(d_{Bij}) \right]^2 \right\} \cdot Ab_{Bj}, \quad (1)$$

где C_{Bi} – мера связанности для i -го дерева; d_{Bij} – расстояние между деревьями i и j , м; Ab_{Bj} – проективное покрытие мха на j -м дереве на площадке 35×35 см, %; α – параметр, отражающий скорость разрушения участка, принимаемый за 0,1.

Таблица 1. Коэффициенты оптимальности метапопуляций
на примере *Neckera pennata*

Метапопуляция	Коэффициент оптимальности для проективного покрытия	Коэффициент оптимальности для роста	Изменение проективного покрытия с первого по последний годы, %	Прогноз
№ 4	0,50	0,25	–11,8	Сокращение
№ 1	0,51	0,36	+13,9 (но –5,1 в 2015 г. по сравнению с 2011 г.)	Сокращение
№ 6	0,75	0,38	–10	Сокращение
№ 3	0,66	0,41	+3,4	Флуктуации (более-менее стабильно)
№ 5	0,27	0,45	+49,8	Рост
№ 2	0,31	0,69	+32,7	Рост

Для оценки устойчивости популяций и их динамики с целью учета влияния всех вышеперечисленных параметров в комплексе используется значение натурального логарифма их произведения – показатель зависимости среднего годового прироста от параметров деревьев-хозяев, обилия и меры связанности [6, 19]:

$$R_{Bi} = \ln\left(\prod x_{im} \cdot Ab_{Bi} \cdot C_{Bi}\right), \quad (2)$$

где R_{Bi} – показатель зависимости прироста от параметров деревьев-хозяев, обилия и меры связанности для мха на i -м дереве; x_{im} – значение m -й локальной переменной, которая, как предполагается, влияет на R_{Bi} ; Ab_{Bi} – проективное покрытие мха на i -м дереве на площадке 35×35 см, %; C_{Bi} – мера связанности для i -го дерева.

Для *Neckera pennata* выявлена нелинейная зависимость среднего относительного годового прироста от R_{Bi} по отдельным видам деревьев, при этом в соответствии со значением R_{Bi} каждой локальной популяции в составе метапопуляций присваивается балл состояния (табл. 2) [6, 19].

При значениях среднего балла состояния метапопуляции менее 2,1 наблюдается сокращение метапопуляции, при значениях 2,1–2,3 – флуктуации (метапопуляция как система находится в состоянии устойчивого равновесия), при значениях более 2,3 – рост. На основании значения среднего балла состояния метапопуляции делается прогноз ее развития [6, 19].

Таблица 2. Шкала оценки устойчивости локальных популяций *Neckera pennata*

Вид дерева	Значение R_{Vi}	Балл состояния локальной популяции	Тенденция динамики
Граб, дуб	Менее 11	1	Сокращение
	11–14	3	Рост
	Более 14	2	Флуктуации
Осина	Менее 7	1	Сокращение
	7–16	3	Рост
	Более 16	2	Флуктуации
Вяз, клен, ясень	Менее 6	1	Сокращение
	6–10	3	Рост
	Более 10	2	Флуктуации

Результаты и их обсуждение. Нами более подробно рассмотрено применение данного подхода на примере метапопуляции *Neckera pennata*, выявленной в 2012 г. в Минском районе Минской области на территории спорткомплекса Раубичи в ельнике снытевом с осиною (на стволах осин). Исследования проводились в 2012 и 2015 гг.

Изучение метапопуляции в полевых условиях и на камеральном этапе включает 6 пунктов.

1) *Составление картосхемы расположения деревьев-хозяев, занятых мхом, и потенциальных деревьев-хозяев (при наличии).*

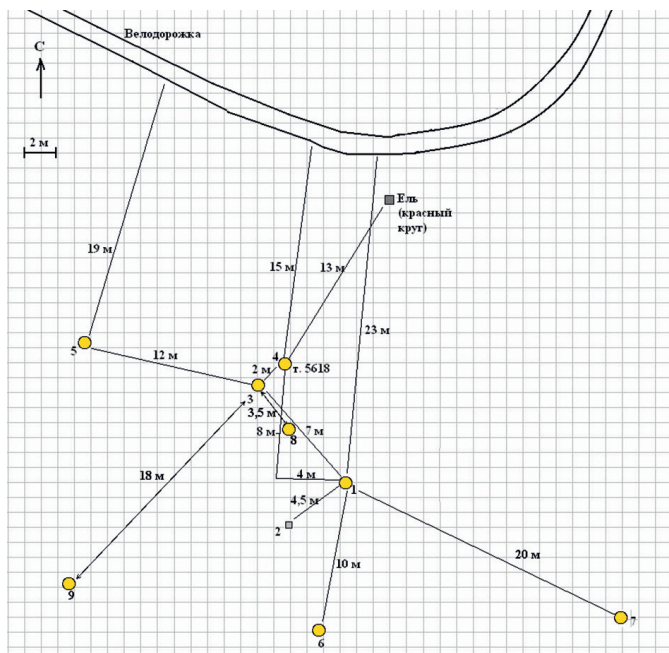
В первую очередь, составлена картосхема расположения деревьев-хозяев, занятых мхом (рис. 3).

2) *Измерение параметров деревьев-хозяев и проективного покрытия дерновинки *Neckera pennata* на пробных площадках (с использованием фотосъемки).*

Характеристики локальных популяций *Neckera pennata* в метапопуляции на территории спорткомплекса Раубичи представлены в таблице 3.

3) *Определение структуры метапопуляции на основе анализа расстояний между деревьями-хозяевами.*

Измерено расстояние между всеми деревьями-хозяевами (табл. 4). Определено среднее расстояние между ними – 16,7 м. Вычислена величина коэффициента связанности D (среднее значение отношения расстояния между данным и остальными деревьями-хозяевами к среднему расстоянию (16,7 м) между всеми деревьями-хозяевами в метапопуляции).



● – деревья, занятые мхом
Рис. 3. Пространственная структура метапопуляции *Neckera pennata* на территории спорткомплекса Раубичи.

Таблица 3. Характеристика локальных популяций *Neckera pennata* в метапопуляции на территории спорткомплекса Раубичи

№ дерева	Вид дерева-хозяина	Коэффициент связанности D	Диаметр ствола, см	Глубина трещин коры, мм (средняя)	Угол наклона ствола дерева (градусы)	Проективное покрытие дерновинок <i>Neckera pennata</i> на площадке 35 x 35 см, %
1	Осина	0,753	25,5	8	5	56,2
3	Осина	0,740	27,5	7	5	49,8
4	Осина	0,787	29,3	8	5	68,6
5	Осина	1,180	26,1	6	1	77,6
6	Осина	0,984	28,0	5	7	71,2
7	Осина	1,677	28,0	6	10	63,7
8	Осина	0,689	29,0	7	0	2,6
9	Осина	1,206	33,4	6	3	1,2

Таблица 4. Расстояние между деревьями (м), занятыми *Neckera pennata*, в метапопуляции на территории спорткомплекса Раубичи

Номер дерева	1	3	4	5	6	7	8	9
1	–	7	8	20	10	20	4	19
3	7	–	2	12	16	28	3.5	18
4	8	2	–	13	17	28	4	20
5	20	12	13	–	24	40	14	15
6	10	16	17	24	–	19	13	16
7	20	28	28	40	19	–	25	36
8	4	3.5	4	14	13	25	–	17
9	19	18	20	15	16	36	17	–

Таким образом, в состав метапопуляции входит 8 локальных популяций. Среднее расстояние между ними – 16,7 м. В соответствии с величиной коэффициента связанности D определено, что в состав ядра входит 4 популяции: 1, 3, 4 и 8. Популяция 6 – узловая, 5 и 9 – слабо связанные, 7 – периферийная.

4) *Вычисление коэффициентов оптимальности на основании характеристик деревьев-хозяев.*

В таблице 5 представлены результаты выявления деревьев-хозяев *Neckera pennata* с оптимальными характеристиками в метапопуляции на территории спорткомплекса Раубичи.

Таблица 5. Результаты выявления деревьев-хозяев *Neckera pennata* с оптимальными характеристиками в метапопуляции на территории спорткомплекса Раубичи

№ дерева	Вид дерева-хозяина (оптимально для максимального покрытия / оптимально для максимального роста)	Диаметр ствола, см (оптимально для максимального покрытия / оптимально для максимального роста)	Глубина трещин коры, мм (средняя) (оптимально для максимального покрытия / оптимально для максимального роста)	Угол наклона ствола дерева (градусы) (оптимально для максимального покрытия / оптимально для максимального роста)
1	Осина (да / да)	25,5 (нет / да)	8 (да / нет)	5 (да / нет)
3	Осина (да / да)	27,5 (нет / да)	7 (да / нет)	5 (да / нет)
4	Осина (да / да)	29,3 (нет / да)	8 (да / нет)	5 (да / нет)
5	Осина (да / да)	26,1 (нет / да)	6 (да / нет)	1 (нет / да)
6	Осина (да / да)	28,0 (нет / да)	5 (да / да)	7 (да / нет)
7	Осина (да / да)	28,0 (нет / да)	6 (да / нет)	10 (да / нет)
8	Осина (да / да)	29,0 (нет / да)	7 (да / нет)	0 (нет / да)
9	Осина (да / да)	33,4 (да / нет)	6 (да / нет)	3 (нет / да)

Оптимальными характеристиками для максимального проективного покрытия обладают: в отношении вида дерева-хозяева – 100 % деревьев, в отношении диаметра ствола – 10 %, в отношении глубины трещин коры – 100 %, в отношении угла наклона ствола дерева – 63% деревьев. Таким образом, коэффициент оптимальности для максимального проективного покрытия в данной метапопуляции составляет 0,7 (среднее от 1,0, 0,1, 1,0, 0,6) – более 0,5.

Аналогично коэффициент оптимальности для максимального роста равен 0,6 (среднее от 1,0, 0,9, 0,1, 0,4) – более 0,4.

5) *Составление прогноза развития метапопуляции на основании полученных коэффициентов оптимальности (экспресс-оценка).*

Таким образом, по результатам мониторинга прогноз развития данной метапопуляции благоприятный. Вид деревьев-хозяев оптимален и для максимального проективного покрытия, и для максимального роста локальных популяций. По диаметру стволов определяется, что насаждение не очень старое, дерновинки мха еще не достигли максимальных размеров, хотя рост этот будет не очень интенсивным, так как по остальным характеристикам деревьев можно судить о том, что в большинстве случаев сформировались условия, когда рост локальных популяций замедляется. В целом будет наблюдаться увеличение проективного покрытия мха.

6) *Определение балла состояния и уточнение прогноза развития метапопуляции на основании вычисления показателя R_{Bi} .*

Для учета исходного проективного покрытия и меры связанности между локальными популяциями для уточнения прогноза развития используем формулы (1) и (2).

Для этого сначала по формуле (1) рассчитываем меру связанности между деревьями-хозяевами. Она зависит от параметра расстояния между рассматриваемым и соседними деревьями и обилия мха на соседних деревьях.

В таблице 6 показаны результаты вычисления параметра расстояния между рассматриваемым и соседними деревьями.

Пример вычисления параметра расстояния для деревьев №№ 1 и 3:

$$= \text{EXP}(-0.1 * (\text{LN}(7))^2) = 0,68.$$

Затем умножаем параметр расстояния на обилие мха (в % на площадке 35 x 35 см).

В таблице 7 показаны результаты вычисления меры связанности.

Пример вычисления меры связанности для дерева № 1:

$$= (0,68 * 49,8) + (0,65 * 68,60) + (0,41 * 77,60) + (0,59 * 71,20) + (0,41 * 63,70) + (0,83 * 2,60) + (0,42 * 1,20) = 180,70.$$

Далее для каждого дерева по формуле (2) вычисляем R_{Bi} – показатель зависимости прироста от параметров деревьев-хозяев, обилия и меры связанности для мха (табл. 8).

Пример вычисления показателя R_{Bi} для дерева № 1:

$$= \text{LN}(25,50 * 8,00 * 5,00 * 56,20 * 180,70) = 16,15.$$

Таблица 6. Результаты вычисления параметра расстояния
в метапопуляции *Neckera pennata* на территории спорткомплекса Раубичи

Номер дерева	1	3	4	5	6	7	8	9
1	-	0,68	0,65	0,41	0,59	0,41	0,83	0,42
3	0,68	-	0,95	0,54	0,46	0,33	0,85	0,43
4	0,65	0,95	-	0,52	0,45	0,33	0,83	0,41
5	0,41	0,54	0,52	-	0,36	0,26	0,50	0,48
6	0,59	0,46	0,45	0,36	-	0,42	0,52	0,46
7	0,41	0,33	0,33	0,26	0,42	-	0,35	0,28
8	0,83	0,85	0,83	0,50	0,52	0,35	-	0,45
9	0,42	0,43	0,41	0,48	0,46	0,28	0,45	-

Таблица 7. Результаты вычисления меры связанности
в метапопуляции *Neckera pennata* на территории спорткомплекса Раубичи

Номер дерева	1	3	4	5	6	7	8	9
1	—	38,52	36,50	22,93	33,10	22,93	46,41	23,64
3	34,07	—	47,42	26,83	23,07	16,39	42,53	21,58
4	44,50	65,35	—	35,52	30,73	22,59	56,58	27,95
5	31,61	41,82	40,17	—	28,25	19,89	38,65	37,25
6	41,89	33,00	31,90	25,93	—	29,91	36,87	33,00
7	25,95	20,98	20,98	16,33	26,76	—	22,59	17,63
8	2,16	2,23	2,16	1,30	1,35	0,93	—	1,17
9	0,51	0,53	0,50	0,59	0,57	0,34	0,55	—
Мера связанности (сумма по каждому дереву)	180,70	202,44	179,62	129,42	143,82	112,98	244,18	162,21

Затем по шкале оценки устойчивости локальных популяций *Neckera pennata* (табл. 2) вычисляется балл состояния локальных популяций (табл. 9). В данной метапопуляции деревьями-хозяевами являются только осины.

Средний балл состояния метапопуляции – 2,4 (более 2,3), что также свидетельствует о том, что в будущем будет наблюдаться ее рост.

Таблица 8. Характеристика деревьев-хозяев *Neckera pennata* и значения показателя R_{Bi} в метапопуляции на территории спорткомплекса Раубичи

№ дерева	Диаметр ствола, см	Глубина трещин коры, мм (средняя)	Угол наклона ствола дерева (градусы)	Проективное покрытие дерновинок <i>Neckera pennata</i> на площадке 35 x 35 см, %	Мера связанности	Показатель R_{Bi}
1	25,5	8	5	56,2	180,70	16,15
3	27,5	7	5	49,8	202,44	16,09
4	29,3	8	5	68,6	179,62	16,49
5	26,1	6	1	77,6	129,42	14,27
6	28,0	5	7	71,2	143,82	16,12
7	28,0	6	10	63,7	112,98	16,31
8	29,0	7	0	2,6	244,18	7,16
9	33,4	6	3	1,2	162,21	11,67

Таблица 9. Баллы состояния и тенденция динамики локальных популяций *Neckera pennata* в метапопуляции на территории спорткомплекса Раубичи

№ дерева	Показатель R_{Bi}	Сравнение значения R_{Bi} с табличной величиной	Балл состояния локальной популяции	Тенденция динамики
1	16,15	Более 16	2	Флуктуации
3	16,09	Более 16	2	Флуктуации
4	16,49	Более 16	2	Флуктуации
5	14,27	7–16	3	Рост
6	16,12	Более 16	2	Флуктуации
7	16,31	Более 16	2	Флуктуации
8	7,16	7–16	3	Рост
9	11,67	7–16	3	Рост

Закключение. Таким образом, проводя периодические мониторинговые исследования, можно будет сделать заключение о состоянии и тенденциях развития не только конкретной популяции, но и вида в целом в том или ином регионе.

Данный подход может быть применен не только в отношении *Neckera pennata*, но и для ряда других редких и исчезающих эпифитных видов бриофитов. На территории Беларуси это прежде всего охраняемые в Европе и республике виды: *Pelekium minutulum* (Hedw.) Touw (Endangered в Европе, Endangered в Беларуси); *Porella platyphylla* (L.) Pfeiff. (Vulnerable в Беларуси); *Paraleucobryum longifolium* (Hedw.) Loeske (Vulnerable в Беларуси); *Orthotrichum lyellii* Hook. & Taylor (Endangered в Беларуси); а также виды из списка профилактической охраны Красной книги Республики Беларусь: *Orthotrichum gymnostomum* Bruch ex Bridel, *O. tenellum* Bruch ex Brid., *O. patens* Bruch ex Brid., *Ulota coarctata* (P. Beauv.) Hammar, *Dicranoweisia crispula* (Hedw.) Milde и ряд других. Необходимо отметить, что в отношении первых двух видов такие исследования в Беларуси уже начаты в 2020 году.

Также данная методика может быть использована (при соответствующей адаптации по свойствам субстрата) для мониторинга метапопуляций редких и исчезающих эпиксильных и эпилитных мохообразных, таких как *Cephalozia lacimulata* Jack ex Spruce (Critically endangered в Европе),

Haplocladium microphyllum (Hedw.) Broth. (Critically endangered в Европе, Vulnerable в Беларуси); *Hynum fertile* Sendtn. (Critically endangered в Европе), *Hynum imponens* Hedw. (Near threatened в Беларуси) и некоторых других.

Для эпигейдных мохообразных, метапопуляции которых, в основном, не имеют дискретной структуры, необходимо проведение исследований или разработка отдельной методики.

В процессе развития мониторинговых исследований охраняемых видов мохообразных Европы предполагается создание специализированного сайта под эгидой Европейского комитета по сохранению мохообразных на основе ГИС-технологий, где могла бы аккумулироваться информация о состоянии и динамике конкретных популяций бриофитов из разных стран на единой методической основе. Реализация такого подхода позволила бы значительно повысить качество оценки состояния редких и исчезающих видов мохообразных при разработке новой редакции Красной книги Европы.

Литература

1. Заугольнова Л.Б., Денисова Л.В., Никитина С.В. // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 1993. Т. 98, вып. 5. С. 100–108.
2. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений: учеб.-метод. пособие. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1989. 147 с.
3. Заугольнова Л.Б. [и др.] // Успехи совр. биол. 1993. Т. 113, № 4. С. 402–414.
4. Жукова Л.А. [и др.] // Биол. науки. 1989. № 12. С. 65–75.
5. Шевкунова А.В., Масловский О.М. // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси. Минск, 2009. Вып. 37. С. 293–308.
6. Левкович А.В., Масловский // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. біял. навук. 2017. № 2. С. 14–26.
7. Snäll T. Distribution patterns and metapopulation dynamics of epiphytic mosses and lichens. Uppsala, 2003. 36 pp.
8. Freckleton R.P., and Watkinson A.R. // Journal of Ecology. 2002. № 90. P. 419–434.
9. Hanski I., Moilanen A., Gyllenberg M. // The American naturalist. 1996. Vol. 147. № 4. P. 527–541.
10. Snäll T., Ehrlén J., and Rydin H. // Ecology. 2005. № 86. P. 106–115.
11. Snäll T., Hagström A. et al. // Ecography. 2004. № 27. P. 757–766.
12. Snäll T., Ribeiro P.J., and Rydin H. // Oikos. 2003. № 103. P. 566–578.
13. Swantje L., Snäll T., and Rydin H. // Journal of Ecology. 2006. № 94. P. 856–868.
14. Swantje L., Snäll T., and Rydin H. // Ecography. 2006. № 29. P. 169–182.
15. Ключевые ботанические территории Беларуси / под ред. Масловского О.М., Пронькиной Г.А. М.-Мн.: Аль-Пак, 2005. 80 с.
16. A miniature world in decline: European Red List of mosses, liverworts and hornworts. Brussels, Belgium: IUCN, 2019. 88 p.
17. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. Gland (Switzerland); Cambridge (U.K.), 2001. 30 p.
18. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / редкол.: И.М. Качановский (пред.) [и др.]. 4-е изд. Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. 445 с.
19. Левкович А.В. Состояние, устойчивость и прогноз развития популяций охраняемых видов высших растений Беларуси : автореф. дис.... канд. биол. наук : 03.02.01 / Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск, 2019. 28 с.

20. Hanski I, Gaggiotti O. Ecology, Genetics and Evolution of Metapopulations. London, 2004. 696 pp.

21. Snäll T., Ehrlén J., and Rydin H. // Ecology. 2005. № 86. P. 106–115.

22. Левкович А.В. // Современные проблемы экспериментальной ботаники: материалы I Междунар. науч. конф. молодых ученых, приуроченной Году науки в Республике Беларусь (Минск, 27–29 сент. 2017 г.). Минск, 2017. С. 185–188.

А. В. ЛЕВКОВИЧ, О. М. МАСЛОВСКИЙ
**МЕТОДОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА ЭПИФИТНЫХ МОХООБРАЗНЫХ
НА ПРИМЕРЕ *NECKERA PENNATA* HEDW.**

Резюме

На основе метапопуляционного подхода предложена методика мониторинга редких и исчезающих эпифитных мохообразных. Данная методика включает 3 этапа (подготовительный, полевой, камеральный) и дает возможность не только оценить состояние популяции, но и сделать прогноз ее развития. На конкретном примере метапопуляции охраняемого в Европе и Беларуси мха *Neckera pennata* Hedw. показано пошаговое применение данного метода. Данный подход может быть применен и для других редких и исчезающих эпифитных видов бриофитов в Беларуси: *Pelekium minutulum* (Hedw.) Touw, *Porella platyphylla* (L.) Pfeiff., *Paraleucobryum longifolium* (Hedw.) Loeske, *Orthotrichum lyellii* и других. Также данная методика может быть использована (при соответствующей адаптации по свойствам субстрата) для мониторинга метапопуляций редких и исчезающих эпиксильных и эпилитных мохообразных. В процессе развития мониторинговых исследований охраняемых видов мохообразных Европы предполагается создание специализированного сайта, где могла бы накапливаться информация о состоянии и динамике конкретных популяций бриофитов из разных стран на единой методической основе.

A.V. LEVKOVICH, O. M. MASLOVSKY
**METHODOLOGY FOR MONITORING OF EPIPHYTIC BRYOPHYTES
ON THE EXAMPLE OF *NECKERA PENNATA* HEDW.**

Summary

A method for monitoring rare and endangered epiphytic bryophytes on base of the metapopulation approach is proposed. This methodology includes 3 stages (preparatory, field, cameral) and makes it possible not only to assess the state of the population, but also to make a prognosis of its development. Using a specific example of a metapopulation of protected in Europe and Belarus moss *Neckera pennata* Hedw. shows a step-by-step application of this method. This approach can be applied to other rare and endangered epiphytic species of bryophytes in Belarus: *Pelekium minutulum* (Hedw.) Touw, *Porella platyphylla* (L.) Pfeiff., *Paraleucobryum longifolium* (Hedw.) Loeske, *Orthotrichum lyellii* and others. Also, this method can be used (with appropriate adaptation to the properties of the substrate) to monitoring metapopulations of rare and endangered epixil and epilithic bryophytes. In the process of developing monitoring studies of protected species of bryophytes in Europe, it is planned to create a specialized site where information on the state and dynamics of specific populations of bryophytes from different countries could be accumulated on a unified methodological basis.

Поступила в редакцию 17.11.2020 г.

О. М. МАСЛОВСКИЙ
**АЛЬПИЙСКИЙ (МОНТАННЫЙ) ГЕОЭЛЕМЕНТ БРИОФЛОРЫ
БЕЛАРУСИ**

*Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. Под географическим элементом флоры понимается группа видов со сходными ареалами [5]. Они отражают историю формирования флоры, ее структуру и дают возможность оценить ее состояние и составить прогноз развития. Определение и анализ географических элементов является одним из основных аспектов изучения флоры в любом регионе.

Система географических элементов восточноевропейской бриофлоры, которая используется в настоящее время, была предложена [2, 3] и основана на определении в качестве основных широтных элементов с дополнениями к принципу долготы.

В общей сложности более 20 географических элементов мохообразных выделяется бриологами в Восточной Европе. И их понимание и объем часто меняются, иногда они перекрывают друг друга.

Объекты и методы исследований. Для определения географических элементов мохообразных мы составили карты распространения всех видов бриофитов на территории Восточной Европы. Всего для оценки пространственного распределения мохообразных на территории Восточной Европы были проанализированы более 80 000 местонахождений 1296 видов по 397 квадратам размером 100 x 100 км (рис. 1), т. е. фактически оценивалась плотность распределения количества видов на единицу площади (10000 кв. км). Картирование мохообразных осуществлялось по результатам обработки литературных источников, гербарных материалов и полевых исследований и на основе базовой системы географических карт – Универсального поперечного Меркатора (UTM), который используется для издания Атласа *Florae Europaeae* для сосудистых растений [6]. Географические границы Европы мы определяем также по данному изданию, когда в состав Европы входит только северная часть Кавказа. Картирование арктических островов может быть отдельным исследованием и не включено в цели работы.

Полевые флористические исследования проводились автором на территории Беларуси и в ряде регионов Восточной Европы (Литва, Карпаты, Крым, Предуралье, Центрально-лесной заповедник, Апатиты и др.).

Особенности методики отражены в работах [4,8]. Информация заносилась в специальные базы данных. С помощью оригинальных компьютерных программ был создан атлас распространения мохообразных в восточной Европе, где наряду с генерируемой картой вычислялся % местонахождений каждого вида в конкретном географическом регионе. Такой подход дает возможность выделения географических элементов не только на основе экспертных оценок, но и на базе количественных данных, что значительно снижает субъективизм при выделении геоэлементов.

В настоящей работе рассматриваются только широтные элементы флоры. Система географических элементов отражает современное распространение видов на основе данных только по территории Восточной Европы. Дополнительные исследования на территории всей Европы и других континентов дадут возможности для коррекции этих элементов для конкретных видов.

Согласно биогеографическому районированию регионов Европы [15] мы выделили 5 базовых геоэлементов мохообразных в Восточной Европе (рис. 1): арктические, альпийские, бореальные, неморальные, аридные, а также группы космополитов. Также мы выделили некоторые дополнительные промежуточные элементы: аркто-альпийский, бореально-альпийский, бореально-арктический, бореально-неморальный, неморально-альпийский.

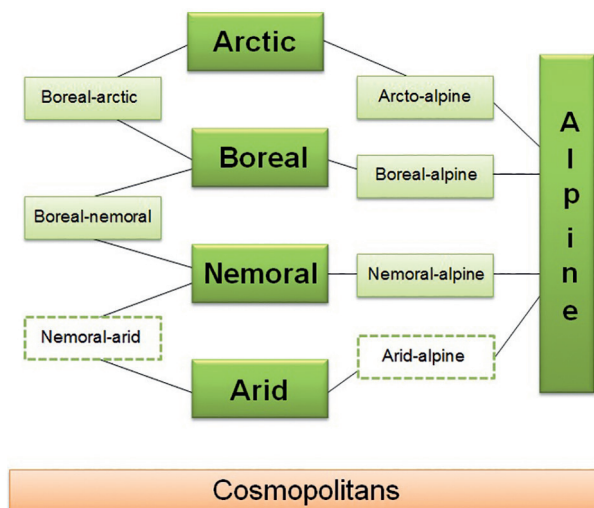


Рис. 1. Система географических элементов мохообразных Восточной Европы.

Два прогнозных промежуточных элемента (неморально-аридный и аридно-альпийский), а также субтропические бриофиты в этой работе не рассматриваются, поскольку они требуют дополнительных исследований за пределами Восточной Европы, особенно в Центральной Азии, на Кавказе и в Средиземноморье.

Результаты исследований и обсуждение. В целом структура географических элементов бриофлоры Восточной Европы представлена на рисунке 2. Доминирующее положение занимают бореальные виды (29%) и собственно альпийские бриофиты (22%). В целом, виды горной ориентации (альпийские, аркто-альпийские, бореально-альпийские и неморально-альпийские) составляют 39%.



Рис. 2. Структура географических элементов бриофлоры Восточной Европы



Рис. 3. Структура географических элементов бриофлоры Беларуси.

Несколько по-иному выглядит географическая структура бриофлоры Беларуси (рис. 3). Почти половину (46%) в ней составляют бореальные виды. Значительную долю (24%) занимают бореально-неморальные мохообразные. Неморальных бриофитов 15%. Эти 3 географических элемента вместе составляют 85%. Альпийские мохообразные в целом занимают лишь 10%, что существенно ниже, чем в бриофлоре Восточной Европы.

Пространственное распределение всех альпийских видов и их доля в % по квадратам на территории Восточной Европы показано на рисунке 4. Концентрация альпийских видов, естественно, наблюдается в горных районах: Кольском полуострове, Урале, Карпатах, в Крыму и на Кавказе.

Проникновение данных видов на территорию Беларуси осуществляется с Прибалтики через Латгальскую и Гродненскую возвышенности, Свентяньские Гряды. Карпатские мохообразные проникают на территорию страны с юга и юго-востока через Киевскую возвышенность и Мозырскую гряду. Определенная миграция альпийских видов также осуществляется

с северо-востока через Городокскую возвышенность. Обращает на себя внимание значительная доля альпийских видов на территории Гродненской возвышенности и прилегающих районов Польши и Литвы.

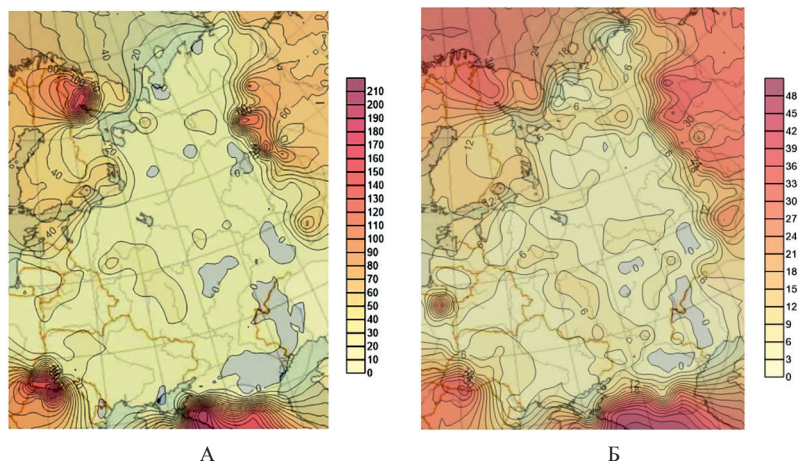


Рис. 4. Пространственное распределение всех альпийских видов (А) и их доля в % (В) по квадратам на территории Восточной Европы.

Ниже более подробно рассмотрены альпийские виды на территории Беларуси.

Собственно альпийский (горный, монтанный) элемент

Одним из самых сложных и противоречивых является альпийский, или монтанный, горный геоэлемент.

Некоторые авторы [1] считают, что «горные виды являются скорее экологической группой, чем зонально-географической». В тоже время, мы должны учитывать, что горы – это отдельный биогеографический регион Европы, и поэтому выделение отдельного географического элемента вполне логично. Отнесение мохообразных, встречающихся только в горах, к альпийскому элементу является отражением и характеристикой его географического распространения. Такое распределение обусловлено их биологией, эволюцией, историей формирования ареала распространения и результатом их адаптации к конкретным условиям окружающей среды этого специфического географического региона.

Экологические же предпочтения альпийских видов нашли отражение в выделении промежуточных аркто-альпийских, бореально-альпийских, неморально-альпийских и аридно-альпийских элементов, поскольку приуроченность произрастания ряда видов в горных регионах к определенным условиям, характерных для отдельных зон, создают возможности для их распространения в соответствующих зонах (арктической, бореальной и т.д.) и наоборот.



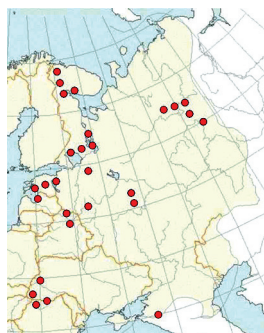
Tayloria serrata



Bryum schleicheri



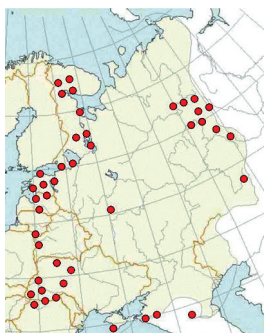
Frullania tamarisci



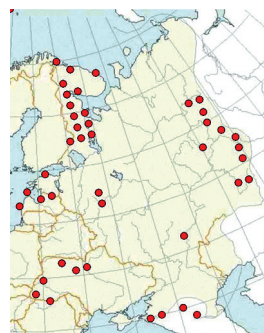
Scapania apiculata



Oxystegus tenuirostris



Bartramia pomiformis



Encalypta ciliata



Scapania nemorea



Hypnum imponens

Рис. 5. Распространение некоторых альпийских мохообразных в Восточной Европе.

Однако, ряд горных видов, если бы они являлись только экологической группой, имели бы возможность наряду с горными регионами широко произрастать и в соответствующей другой зоне, например, бореальной, неморальной и т.д., т. е. к той, экологические условия которой больше соответствовали их биологическим особенностям. И такие виды есть, и мы их отнесли к соответствующим промежуточным элементам (аркто-альпийскому, бореально-альпийскому, неморально-альпийскому и арид-но-альпийскому). Но у значительного числа видов (например, *Tayloria serrata*, ареал которой изображен на рис. 5) наблюдается произрастание только в горах, причем с совершенно различными климатическими, экологическими и ценоотическими условиями (Кольский полуостров, Северный Урал, Карпаты, Крым и Северный Кавказ). Это подтверждает необходимость и целесообразность выделения альпийского географического элемента.

В тоже время, ввиду экологической мозаичности слагающих данный элемент бриофитов, центральным вопросом в этом отношении является целостность альпийского элемента.

Типичные альпийские мохообразные (в строгом соответствии с предложенными ранее критериями) на территории Беларуси практически отсутствуют. С определенной долей вероятности к ним можно отнести такие виды: *Bryum schleicheri* Schwägr., *Dicranodontium denudatum* (Brid.) E. Britton, *Ditrichum heteromallum* (Hedw.) E. Britton, *Frullania tamarisci* (L.) Dumort., *Marsupella sparsifolia* (F. Weber & D. Mohr) Dumort., *Orthotrichum stramineum* Hornsch. ex Brid., *Plagiothecium undulatum* (Hedw.) Bruch et al., *Taxiphyllum wissgrillii* (Garov.) Wijk & Margad., *Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Gang., *Timmia bavarica* Hessel., *Tritomaria exsecta* (Schmidel) Loeske, *Weissia controversa* Hedw.

Основными центрами концентрации данных видов в Восточной Европе являются Карпаты и Кавказ, где их плотность может достигать 120 видов на 10000 км². На территорию Беларуси данные виды проникают с северо-запада, северо-востока, юго-запада и юго-востока.

Пространственное распределение количества собственно альпийских видов и их доля в % на по квадратам на прилегающей к Беларуси территории показаны на рисунке 6.

Аркто-альпийский элемент

Аркто-альпийский (аркто-монтанный) элемент образован видами, распространенными в Арктике и высокогорных районах Голарктики (Лазаренко, 1956). Такое распределение обусловлено четвертичным оледенением и сходством экологических условий в Арктике и в высокогорьях, что позволяет некоторым видам распространяться, с одной стороны, в Арктике, с другой – в высокогорьях более южных широт. Нами включены в этот элемент мохообразные, распространение которых не ограничено только арктической зоной, но немного шире, включая горные районы (в основном северные). Совместное распространение видов в этих двух зонах, как правило, составляет более 70%, однако ярко выраженного преобладания распределения бриофитов в одной из зон не наблюдается.

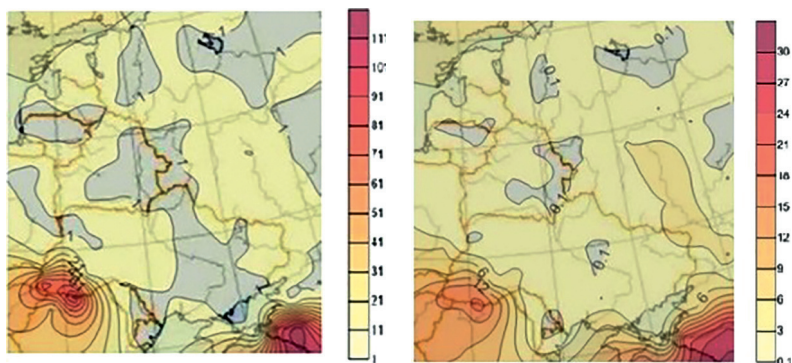


Рис. 6. Пространственное распределение количества собственно альпийских видов и их доля в % на по квадратам на прилегающей к Беларуси территории.

Типичные аркто-альпийские мохообразные в бриофлоре Беларуси отсутствуют.

Бореально-альпийский элемент

Бриофиты этого элемента распространены как в бореальной зоне, так и в горах (всего, как правило, в обеих более 70-75%, при распространении в одной из зон чаще всего не менее 30%). Но при этом анализ их распространения не выявил значительного доминирования одной из зон, и они занимают промежуточное положение между бореальными и альпийскими элементами.

Бореально-альпийскими мохообразными (полностью или почти полностью распространенных в бореальных и альпийских регионах, где их доля приблизительно одинакова) на территории Беларуси являются: *Scapania apiculata* Spruce (ALP=32%+BOR=91%), *Oxystegus tenuirostris* (Hook. & Taylor) A.J.E.Sm. (ALP=42%+BOR=84%), *Bartramia pomiformis* Hedw. (ALP=37%+BOR=81%), *Encalypta ciliata* Hedw. (ALP=37%+BOR=79%), *Hymenoloma crispulum* (Hedw.) Ochyra (ALP=38%+BOR=79%), *Palustriella decipiens* (De Not.) Ochyra (ALP=46%+BOR=79%), *Mnium lycopodioides* Schwägr. (ALP=39%+BOR=78%), *Amblyodon dealbatus* (Hedw.) P.Beauv. (ALP=35%+BOR=76%), *Andreaea rupestris* Hedw. (ALP=26%+BOR=75%), *Paraleucobryum longifolium* (Hedw.) Loeske (ALP=27%+BOR=75%), *Mesoptychia collaris* (Nees) L.Söderstr. & Vána (ALP=37%+BOR=74%), *Distichium capillaceum* (Hedw.) Bruch et al. (ALP=31%+BOR=72%), *Meesia uliginosa* Hedw. (ALP=33%+BOR=72%), *Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp. (ALP=29%+BOR=71%), *Sciuro-hypnum plumosum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen (ALP=37%+BOR=70%).

С определенной долей вероятности к бореально-альпийским мохообразным можно также отнести: *Dicranodontium asperulum* (Mitt.) Broth.,

Tortella tortuosa (Hedw.) Limpr., *Atrichum flavisetum* Mitt., *Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt., *Encalypta streptocarpa* Hedw., *Pogonatum aloides* (Hedw.) P.Beauv., *Pohlia filum* (Schimp.) Mårtensson, *Rhynchostegium confertum* (Dicks.) Bruch et al.

Пространственное распределение количества собственно бореально-альпийских видов и их доля в % на по квадратам на прилегающей к Беларуси территории показано на рисунке 7.

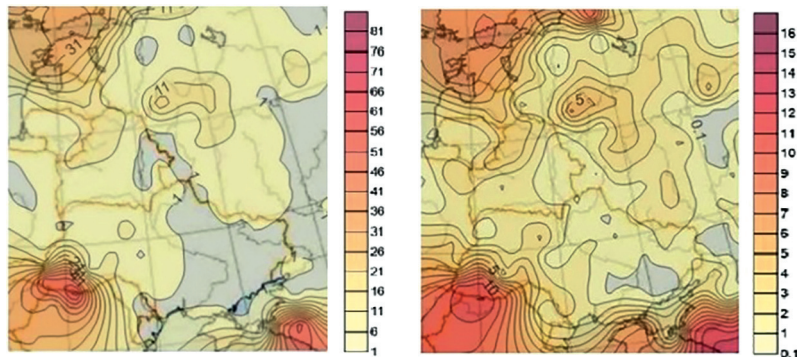


Рис. 7. Пространственное распределение количества бореально-альпийских видов и их доля в % на по квадратам на прилегающей к Беларуси территории.

Основным центром их концентрации являются, естественно, горные регионы, где их плотность может достигать 85 видов на 10000 км². Обращает на себя внимание достаточно высокая плотность бриофитов бореально-альпийского элемента в Эстонии, с территории которой данные виды проникают на северо-запад Беларуси, внося значительный вклад в видовое богатство этого региона. На равнинной территории Восточной Европы количество бореально-альпийских видов обычно не более 25. Максимальная доля данных видов в географической структуре бриофлористических комплексов достигает 18 %.

Неморально-альпийский элемент

Бриологи не часто выделяют этот элемент, но его присутствие логично вместе с аркто-альпийскими, бореально-альпийскими элементами. Неморально-альпийский элемент объединяет виды, которые преимущественно (более 60%) распространены в зоне широколиственных лесов и в горах и нет явного преобладания распространения в одной из зон. В целом эти виды более характерны для Центральной Европы и сосредоточены в основном в западной части исследуемого региона.

Типичных неморально-альпийских мохообразных в Беларуси немного: *Hypnum andoi* A.J.E.Sm. (ALP=33%+NEM=100%), *Entosthodon fascicularis*

(Hedw.) Muell. (ALP=27%+NEM=82%), *Scapania nemorea* (L.) Grolle (ALP=43%+NEM=72%), *Hypnum imponens* Hedw. (ALP=25%+NEM=67%), *Serpoleskea confervoides* (Brid.) Loeske (ALP=37%+NEM=67%), *Didymodon ferrugineus* (Schimp. ex Besch.) M.O.Hill (ALP=38%+NEM=66%), *Alleniella complanata* (Hedw.) S. Olsson, Enroth & D. Quandt, (ALP=32%+NEM=65%), *Cephalozia catenulata* (Huebener) Lindb. (ALP=28%+NEM=61%). К неморально-альпийским видам можно отнести также *Exsertotheca crispa* (Hedw.) S.Olsson, Enroth & D.Quandt.

Необходимо отметить, что для мохообразных этого элемента необходимы дополнительные исследования, так как большая часть их ареала расположена за пределами Восточной Европы.

Пространственное распределение количества неморально-альпийских видов и их доля в % по квадратам на территории Восточной Европы показаны на рис. 8. Можно выделить 3 основных центра их концентрации: Карпаты, Крымские горы и предгорья Кавказа, где их плотность может достигать 20 видов на 10000 км². На равнинной части и на востоке части исследуемой территории плотность неморально-альпийских видов невелика (менее 6).

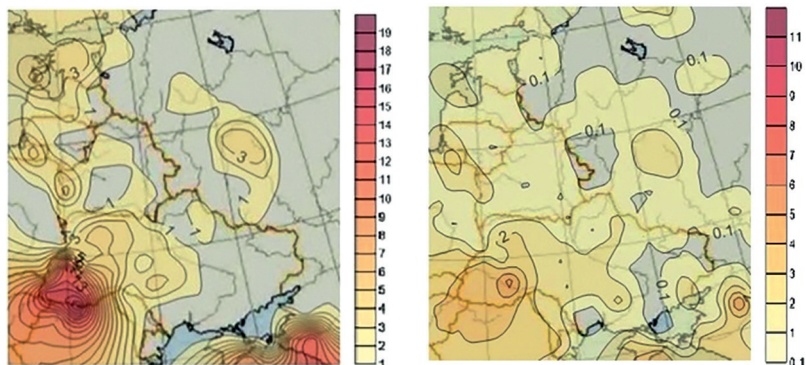


Рис. 8. Пространственное распределение количества неморально-альпийских видов и их доля в % на по квадратам на прилегающей к Беларуси территории.

В Беларусь данные виды проникают с юго-запада (с Карпатских гор), а также с северо-запада (через Гродненскую возвышенность).

Заключение. Альпийские мохообразные в бриофлоре Беларуси представляют собой особую группу, отражающую специфические географические условия региона и историю формирования ее бриофлоры. Особенно это интересно в связи с тем, что типично горные условия на территории Беларуси отсутствуют.

Мохообразные, благодаря своим биологическим особенностям, формируют более обширные ареалы по сравнению с цветковыми растениями и способны распространяться на большие расстояния. Таким образом, в результате анализа более рельефно можно выделить основные каналы миграции данных видов как в Беларуси, так и на окружающих территориях.

Наибольшее значение для поддержания биоразнообразия и распространения видов этой группы имеет Прибалтийский регион, непосредственно примыкающий к территории Беларуси, через который проникают альпийские и бореально-альпийские мохообразные.

С другой стороны, Карпатские горы непосредственно не примыкают к территории республики, их разделяет Полесская равнина. В связи с этим особое значение приобретают возвышенные участки Мозырской гряды, обеспечивающие возможность расселения видов горной экологии (особенно неморально-альпийских) на территории Беларуси.

В дальнейшем планируется расширить территорию исследований с тем, чтобы охватить и такую специфическую группу как аридно-альпийские мохообразные, большая часть ареала которых расположена вне пределов Восточной Европы.

Литература

1. Бардунов Л.В. Листостебельные мхи Алтая и Саян. – Новосибирск, Наука, 1974. 168 с.
2. Лазаренко А.С. Неморальный элемент бриофлоры Дальнего Востока // Советская ботаника, 1944. (6): с.43–55
3. Лазаренко А.С. Основные принципы классификации ареалов мхов Советского Дальнего Востока // Укр. бот. ж., 1956. 13(1), с. 96–117.
4. Масловский О.М. Эколого-географические особенности бриофлоры Беларуси в системе бриофлор Восточной Европы и вопросы охраны мохообразных – В кн. Проблемы бриологии на рубеже веков. Мат. конф. С.-Петербург, Ноябрь 4–6, 2002. С. 43–45.
5. Словарь ботанических терминов / Под ред. И.А. Дудки. – Киев, Наукова думка Naukova Dumka, Kiev: 1984. – 308 с.
6. Atlas Florae Europaeae (1972) Vol. 1.. Cambridge University Press.
7. Biogeographic map of Europe: Rivas-Martínez S., Penas A. & Díaz T.E. 2004, March, 4), Cartographic Service. University of León, Spain.
8. Maslovsky O. 2017. Atlas of rare and threatened bryophytes of Eastern Europe as candidates to new European Red List. Minsk: Nauka: 100 p.

О. М. МАСЛОВСКИЙ АЛЬПИЙСКИЙ (МОНТАННЫЙ) ГЕОЭЛЕМЕНТ БРИОФЛОРЫ БЕЛАРУСИ

Резюме

Для определения географических элементов мохообразных были составлены карты распространения всех видов бриофитов на территории Восточной Европы по 397 квадратам

около 100 x 100 км. Вычислены доли местонахождений этих видов в каждом географическом регионе, что позволило получить количественные данные для выделения геоэлементов. Всего было проанализировано более 80 000 местонахождений 1296 видов. В составе бриофлоры Восточной Европы выделены виды горной ориентации (альпийские, аркто-альпийские, бореально-альпийские и неморально-альпийские) и определена их доля в географической структуре. Дана характеристика и сравнительный анализ альпийских видов мохообразных на территории Беларуси. Приведены карты распространения данных элементов в регионе и выделены основные каналы их миграции на территорию Беларуси.

O. M. MASLOVSKY
ALPINE (MONTANE) GEOELEMENT OF BRYOFLORE OF BELARUS

Summary

To determine the geographical elements of bryophytes, maps of the distribution of all species of bryophytes in Eastern Europe were compiled along 397 squares of about 100 x 100 km. The data on the location of these species in each geographic region are calculated, which makes it possible to obtain quantitative data for the identification of geoelements. In total, more than 80,000 localities of 1296 species were analyzed. The species of mountainous orientation (alpine, arcto-alpine, boreal-alpine, and nemoral-alpine) were identified in the bryoflora of Eastern Europe and their share in the geographical structure was determined. The characteristic and comparative analysis of alpine species of bryophytes on the territory of Belarus is given. The maps of the distribution of elements in the region and the main channels for their collection on the territory of Belarus are presented.

Поступила в редакцию 09.12.2020 г.

А. М. МЯЛІК¹, М. М. ДАШКЕВІЧ², В. А. ГАЛУЦ²
**НАЗАПАШВАННЕ ЦЯЖКІХ МЕТАЛАЎ
НЕКАТОРЫМІ ГАСПАДАРЧА КАРЫСНЫМІ
ДЗІКАРОСЛЫМІ РАСЛІНАМІ**

¹Цэнтральны батанічны сад НАН Беларусі, Мінск

²Палескі аграрна-экалагічны інстытут НАН Беларусі, Брэст

Уводзіны. Важнай асаблівасцю цяжкіх металаў як хімічных элементаў з’яўляецца іх высокая таксічнасць для ўсіх жывых істот і здольнасць па харчовым ланцугам паступаць у арганізм чалавека і жывёл, што ўяўляе сур’ёзную пагрозу для іх жыццядзейнасці [1]. Менавіта таму словазлучэнне «цяжкія металы» часта разглядаецца з прыродаахоўнага пункту гледжання, і тады пры ўключэнні элемента ў гэтую групу ўлічваюцца не столькі яго фізічныя і хімічныя ўласцівасці, колькі біялагічная актыўнасць, таксічнасць для жывых арганізмаў, распаўсюджанасць у прыродным асяроддзі, а таксама ступень уцягнутасці ў прыродныя і тэхнагенныя цыклы [2]. Разам з тым шматлікія даследаванні паказваюць, што на працягу апошніх дзесяцігоддзяў утрыманне цяжкіх металаў у навакольным асяроддзі няўхільна павышаецца. Гэта звязана з хуткім развіццём і актыўнай працай прамысловых прадпрыемстваў, рэзкім павелічэннем колькасці аўтатранспарту, штогадовым унёскам у глебу высокіх доз мінеральных угнаенняў, шырокім ужываннем пестыцыдаў і гербіцыдаў. Пры гэтым цяжкія металы маюць працяглы перыяд вывадзення з глебы з захаваннем сваіх таксічных уласцівасцяў, а таксама валодаюць кумулятыўным дзеяннем – назапашваюцца ў жывых арганізмах [3].

Паколькі цяжкія металы паступаюць у арганізм чалавека і жывёл менавіта з расліннай ежай, ствараючы тым самым сур’ёзную пагрозу іх здароўю, пытанні, звязаныя з паглынанням дадзеных элементаў раслінамі і іх транспартам у надземныя органы, уяўляюць не толькі чыста навуковы інтарэс, але і маюць вялікую практычную значнасць.

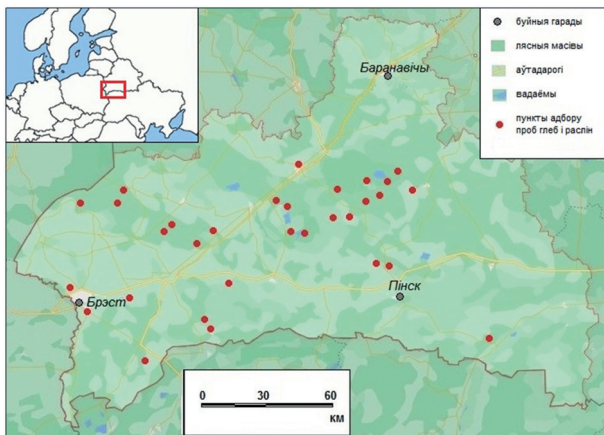
У сувязі з вышэй сказаным уплыў цяжкіх металаў на расліны вывучаецца даследчыкамі розных краін на працягу ўжо некалькіх дзесяцігоддзяў, пра што сведчыць значная колькасць навуковых публікацый [3–10]. Асабліва актуальнымі з’яўляюцца пытанні вывучэння асаблівасцяў назапашвання прыярытэтных забруджвальнікаў (свёнец, кадмій, цынк, медзь, нікель) дзікарослымі раслінамі ва ўмовах натуральных ландшафтаў, што дазваляе выкарыстоўваць атрыманыя звесткі ў якасці фонавых пры параўнальных аналізах і ацэнках, а таксама экалагічным маніторынгу.

З улікам таго, што тэрыторыя паўднёвага захаду Беларусі адносна забруджвання цяжкімі металамі знаходзіцца ў спрыяльным стане [11], а частка прыродных ландшафтаў усё яшчэ вылучаецца нізкай і мінімальнай антрапагенізацыяй [12], узроўні ўтрымання цяжкіх металаў у сабраных тут раслінах можна разглядаць як фонавыя.

У сувязі з гэтым вызначаецца актуальнасць і мэты дадзенай працы – вызначыць фонавыя ўзроўні назапашвання цяжкіх металаў некаторымі

абарыгенымі гаспадарча карыснымі раслінамі ва ўмовах натуральных ландшафтаў паўднёвага захаду Беларусі.

Матэрыялы і метады. Даследаванні праводзіліся на працягу 2016–2018 гг. ва ўмовах натуральных ландшафтаў паўднёвага захаду Беларусі пераважна ў межах фізіка-геаграфічных акруг Прыпяцкае Палессе і Брэсцкае Палессе (мал. 1). Пры выбары ключавых участкаў для адбору проб глеб і надземнай фітамасы раслін улічвалася ступень антрапагеннай нагрузкі на экасістэмы, а таксама багацце фітацэнозаў на наяўнасць гаспадарча-карысных відаў. Значная частка матэрыялаў была сабрана ў межах ахоўваемых прыродных тэрыторый (ландшафтнага заказніка «Выганашчанскае», біялагічнага заказніка «Спораўскі», Нацыянальнага парка «Белавежская пушча»), што дазваляе сцвярджаць пра блізка да натуральнага мікраэлементны склад даследуемых раслін.



Мал. 1. Месцы адбору проб глеб і раслін у межах паўднёвага-захаду Беларусі.

Адбор проб глеб і раслін, якія на іх вырастаюць, ажыццяўляўся згодна агульнапрынятым падыходам і метадыкам. З фітацэнозу адбіралася ўсярэдняная проба глебы да глыбіні 10 см ад паверхні. Узоры надземнай фітамасы раслін збіраліся на працягу чэрвеня-верасня ў залежнасці ад феналагічных фаз гаспадарча карысных відаў. Даследаваліся толькі тыя часткі раслін, выкарыстанне якіх магчыма ў якасці харчовай, лекавай ці кармавой сыравіны: пераважна плады (ягады, яблыкі) і трава (лісце, кветкі, часткі сцеблаў і суквеццяў).

Эксперыментальныя даследаванні адабраных проб выконваліся ў лабараторыях Палескага аграрна-экалагічнага інстытута НАН Беларусі па стандартных метадыках. Экстракцыя рухомых формаў цяжкіх металяў з глебы праводзілася з дапамогай 1 М HCl [13]. Пробападрахтоўка

раслінных узораў ажыццяўлялася метадам сухога аزالення. Утрымліванне элементаў у фільтратах глеб і зольных растворах раслін вызначалася на атамна-абсарбцыйным спектрометры з палымяным атамізатарам SOLAAR M6 MkII.

Вынікі і іх абмеркаванне. Пры правядзенні даследаванняў зроблены адбор і аналіз 117 глебавых і 301 расліннай пробы 98 гаспадарча карысных відаў раслін, якія з’яўляюцца даволі звычайнымі для тэрыторыі Брэсцкай вобласці. Важным паказчыкам таго, што мікраэлементны склад даследуемых відаў адпавядае эталону біёты натуральных ландшафтаў, можа з’яўляцца аграэкалагічны стан глеб, на якіх вырасталі дадзеныя расліны.

У выніку аналітычных даследаванняў глебавых проб з месцаў вырастання раслін устаноўлена ўтрыманне рухомах формаў наступных цяжкіх металаў і мікраэлементаў: свінца (Pb), кадмія (Cd), медзі (Cu), цынка (Zn), нікеля (Ni), марганца (Mn), а таксама жалеза (Fe). Атрыманыя звесткі дазваляюць вызначыць рэгіянальны фон утрымання цяжкіх металаў у глебах фонавых (натуральных) экасістэм паўднёва-заходняй часткі Беларусі, дзе праводзіліся даследаванні (табл. 1).

Табліца 1. Аграэкалагічны стан глеб у месцах адбору расліннай сыравіны

Паказчыкі для глеб	Утрыманне цяжкіх металаў, мг/кг сухой масы						
	Zn	Cu	Mn	Fe	Pb	Cd	Ni
Субрэгіянальны прыродны фон для паўночна-заходняй часткі Прыпяцкага Палесся [14]	6,18	0,79	60,04	1074,52	5,58	0,08	0,57
Рэгіянальны фон натуральных экасістэм паўднёва-заходняй часткі Беларусі	5,09	0,94	47,61	1084,12	7,92	0,07	0,38
Гранічна дапушчальныя канцэнтрацыі для Беларусі [15]	10	5	600	—	10	0,2	4,0

Ацэньваючы ўтрыманне рухомах формаў цяжкіх металаў у глебах натуральных экасістэм паўднёва-заходняй часткі Беларусі, можна адзначыць іх адносна спрыяльны аграэкалагічны стан, пацвярджэннем чаго з’яўляецца нізкі рэгіянальны фон такіх таксічных цяжкіх металаў як кадмій, нікель і цынк у дачыненні да значэнняў гранічна дапушчальных канцэнтрацый. Паколькі падчас росту і развіцця для раслін даступныя менавіта рухомыя формы цяжкіх металаў, можна дапусціць, што вызначаны мікраэлементны склад даследуемых відаў будзе бліжэй да фонавых (натуральных) значэнняў.

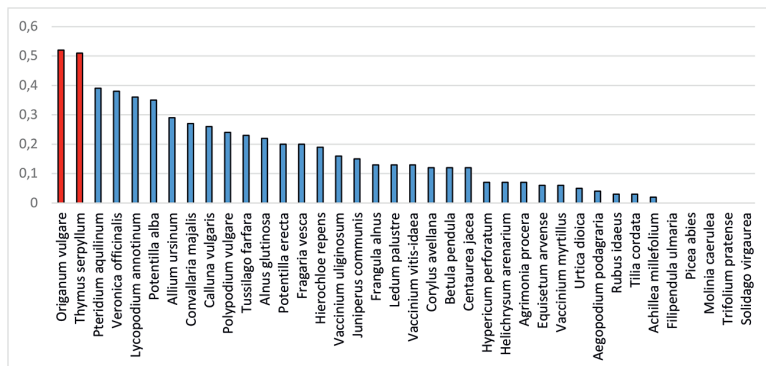
Найбольш дакладна мікраэлементны склад вывучаны для 38 гаспадарча карысных відаў сасудзістых раслін, якія аб’ядноўваюцца ў 36 родаў і 21 сямейства. У табліцы 2 прадстаўлены ўзроўні ўтрымання цяжкіх металаў у надземных органах і тканках дадзеных раслін.

Табліца 2. Фонавыя ўзроўні назапашвання цяжкіх металаў
гаспадарча карыснымі відамі раслін ва ўмовах паўднёвага захаду Беларусі

Назва расліны	Утрыманне цяжкіх металаў, мг/кг сухой масы						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Mn	Fe
<i>Achillea millefolium</i> L.	0,02	0,20	8,03	38,68	0,68	79,10	142,85
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	0,04	0,14	3,37	37,78	0,23	172,05	76,96
<i>Agrimonia procera</i> Wallr.	0,07	0,08	5,10	32,22	0,51	81,27	49,57
<i>Allium ursinum</i> L.	0,29	0,10	3,02	24,42	0,27	128,72	236,65
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn	0,22	0,04	10,33	67,22	0,62	140,27	167,98
<i>Betula pendula</i> Roth	0,12	0,11	3,20	133,68	0,59	243,53	57,97
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	0,26	0,04	4,28	27,61	1,81	373,19	119,31
<i>Centaurea jacea</i> L.	0,12	0,16	4,02	18,92	0,37	79,73	36,60
<i>Convallaria majalis</i> L.	0,27	0,51	3,44	29,21	0,56	250,70	71,90
<i>Corylus avellana</i> L.	0,12	0,03	4,54	19,00	1,15	327,42	70,75
<i>Equisetum arvense</i> L.	0,06	0,02	4,33	20,04	0,95	18,80	544,26
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	0,00	0,14	9,40	58,22	0,62	141,27	79,09
<i>Fragaria vesca</i> L.	0,20	0,13	4,94	25,02	0,30	363,34	127,15
<i>Frangula alnus</i> Mill.	0,13	0,00	3,71	21,71	1,49	727,69	66,18
<i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench	0,07	0,73	10,59	95,50	2,21	60,17	84,27
<i>Hierochloe repens</i> (Host) P.Beauv.	0,19	0,06	4,26	62,69	0,78	166,50	97,11
<i>Hypericum perforatum</i> L.	0,07	0,32	8,10	56,2	0,79	120,83	66,23
<i>Juniperus communis</i> L.	0,15	0,07	3,04	30,97	2,65	230,33	74,99
<i>Ledum palustre</i> L.	0,13	0,00	5,18	29,97	0,62	77,89	40,67
<i>Lycopodium annotinum</i> L.	0,36	0,94	3,87	21,02	0,18	63,95	69,55
<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	0,00	0,03	2,34	25,77	0,55	153,15	23,37
<i>Origanum vulgare</i> L.	0,52	0,08	7,27	81,85	0,59	84,04	182,71
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	0,00	0,02	2,08	15,83	0,94	91,63	29,51
<i>Polypodium vulgare</i> L.	0,24	0,04	3,16	25,36	0,46	152,02	69,54
<i>Potentilla alba</i> L.	0,35	0,06	4,59	38,75	0,94	206,67	153,17
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.	0,20	0,18	5,76	52,36	1,16	229,60	74,63
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.	0,39	0,04	2,85	18,39	1,28	68,05	58,37
<i>Rubus idaeus</i> L.	0,03	0,15	5,02	25,37	1,68	362,04	67,44
<i>Solidago virgaurea</i> L.	0,00	0,26	7,12	69,58	1,02	156,51	46,21
<i>Thymus serpyllum</i> L.	0,51	0,25	5,07	60,44	1,14	147,44	254,09
<i>Tilia cordata</i> Mill.	0,03	0,02	5,49	32,61	0,45	219,11	78,05
<i>Trifolium pratense</i> L.	0,00	0,03	7,19	28,89	0,26	30,75	57,13
<i>Tussilago farfara</i> L.	0,23	0,12	4,79	14,68	0,22	33,15	276,90
<i>Urtica dioica</i> L.	0,05	0,01	5,64	32,27	0,35	149,9	98,23
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	0,06	0,05	5,65	29,59	0,94	376,36	31,48
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	0,16	1,11	4,90	49,82	2,04	219,00	48,94
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	0,13	0,01	4,18	28,95	1,05	204,89	36,73
<i>Veronica officinalis</i> L.	0,38	0,49	6,21	55,55	0,51	60,11	90,32

Прадстаўленыя звесткі паказваюць, што ў найменшых колькасцях раслінамі назапашваецца кадмій – адзін з самых таксічных цяжкіх металаў, які ў глебах натуральных экасістэм паўднёвага захаду Беларусі таксама ўтрымліваецца ў нязначных велічынях (рэгіянальны фон складае 0,07 мг/кг). Свінец у тканках і органах разглядаемых відаў назапашваецца больш інтэнсіўна (да 0,52 мг/кг), а ўзроўні ўтрымання нікеля яшчэ больш высокія і дасягаюць 2,65 мг/кг. Элементы біяфільнай групы ўтрымлівацца ў значна больш высокіх колькасцях, паколькі з’яўляюцца жыццёва неабходнымі для нармальнага антагенезу раслін. На аснове атрыманых звестак можна скласці біягеахімічны шэраг утрымання цяжкіх металаў у надземнай фітамасе гаспадарча карысных раслін натуральных ландшафтаў паўднёвага захаду Беларусі: $Cd < Pb < Ni < Cu < Zn < Mn < Fe$. Такім чынам, павелічэнне колькасці ўтрымання цяжкіх металаў у накірунку ад больш таксічных элементаў (свінца і кадмія) да біяфільных (марганца і жалеза) сведчыць у цэлым аб спрыяльнай экалагічнай абстаноўцы ў рэгіёне, што амаль выключае магчымасть нарыхтоўкі тут забруджанай расліннай сыравіны. Аднак паколькі вядома, што міграцыя і перамеркаванне цяжкіх металаў у кампанентах экасістэм залежыць не толькі ад інтэнсіўнасці і характару тэхнагенезу, але і ад цэлага комплексу прыродных фактараў, у тым ліку экалага-біялагічных уласцівасцяў саміх раслін [9], неабходна вывучэнне індывідуальных асаблівасцей мікраэлементнага складу паасобных відаў.

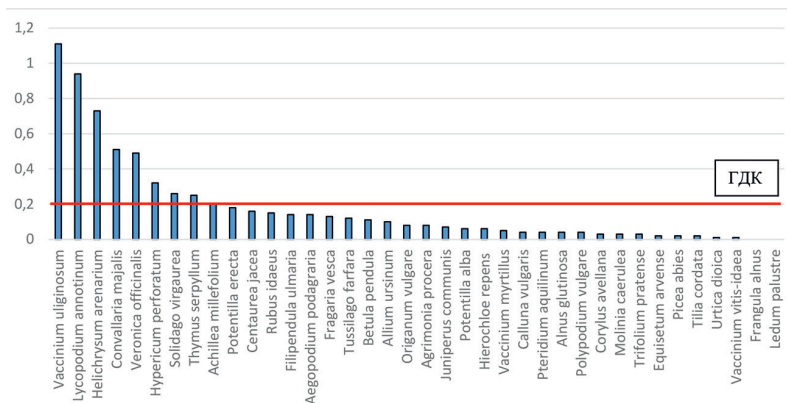
У сувязі з вышэй сказаным узроўні назапашвання цяжкіх металаў рознымі відамі раслін могуць значна адрознівацца, што набывае санітарна-гігіенічнае значэнне пры іх нарыхтоўцы і гаспадарчым выкарыстанні. Дадзеныя абставіны асабліва важныя для харчовых і лекавых раслін, якія непасрэдна ўжываюцца чалавекам і могуць уплываць на стан яго здароўя. На малюнку 2 прадстаўлены спектр раслін, якія з’яўляюцца прыярытэтнымі назапашвальнікамі свінца – цяжкага метала, які вылучаецца высокай таксічнасцю і канцэрагенымі ўласцівасцямі [7].



Мал. 2. Спектр відаў раслін, прыярытэтных назапашвальнікаў свінца (сярэдняе ўтрыманне, мг/кг).

Прадстаўлены малюнак паказвае, што назапашванне свінца змяняецца ў вельмі шырокіх межах: ад практычна поўнай адсутнасці (*Solidago virgaurea* L., *Picea abies* (L.) Karst. і інш.) да даволі высокіх паказчыкаў (*Organum vulgare* L., *Veronica officinalis* L. і інш.), якія пры гэтым значна ніжэйшыя за значэнні гранічна дапушчальных канцэнтрацый (ГДК складае 5,0 мг/кг) [16]. Устаноўлена, што больш за ўсё свінца змяшчаецца ў траве прадстаўнікоў сямейства *Lamiaceae* (*Organum vulgare* L., *Thymus serpyllum* L.) якія ў прадстаўленым спектры займаюць лідзіруючыя пазіцыі (пазначаны чырвоным колерам). Улічваючы адбор проб дадзеных раслін у розных месцах можна выказаць здагадку, што выяўленая асаблівасць сямейства *Lamiaceae* да больш высокага назапашвання свінца абумоўлена генетычна. У сувязі з гэтым, пры нарыхтоўцы лекавай расліннай сыравіны прадстаўнікоў дадзенай групы неабходна ўлічваць патэнцыйную магчымасць назапашвання свінца ў залішніх колькасцях. Важна дадаць, што шэраг папулярных харчовых раслін (*Corylus avellana* L., *Rubus idaeus* L., *Vaccinium myrtillus* L. і інш.) знаходзяцца ў сярэдняй і хваставой частках спектру, што, верагодна, выключае магчымасць назапашвання свінца ў высокіх колькасцях дадзенымі відамі нават на антрапагенна парушаных тэрыторыях з забруджанымі глебамі.

Вынікі праведзеных даследаванняў паказваюць, што хоць узроўні ўтрымання кадмія ў глебе адныя з самых нізкіх, гэты цяжкі метал адносіцца да ліку інтэнсіўна назапашваемых у тканках і органах раслін. Паколькі рэгіянальны фон утрымання дадзенага элемента ў глебах паўднёвага захаду Беларусі дастаткова нізкі (усяго 0,07 мг/кг), расліны назапашваюць дадзены элемент у значна больш высокіх колькасцях (да 1,11 мг/кг), якія нярэдка перавышаюць гранічна дапушчальныя канцэнтрацыі [16], устаноўленыя для расліннай сыравіны (мал. 3).



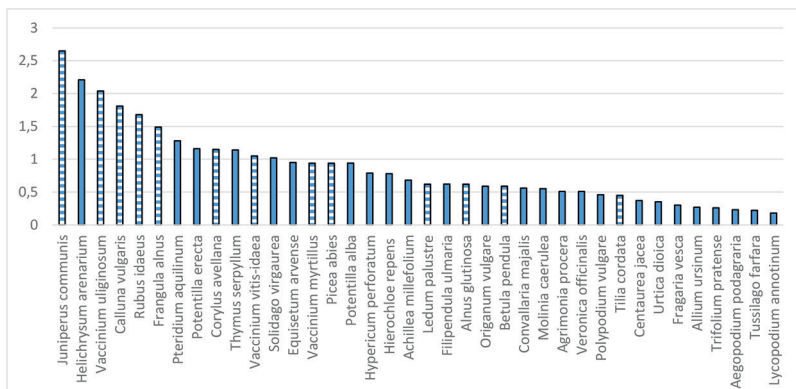
Мал. 3. Спектр відаў раслін, прыярытэтных назапашвальнікаў кадмія (сярэдняе ўтрыманне, мг/кг).

Утрыманне кадмія ў некаторых прааналізаваных відаў, вышэй дадзеных значэнняў (0,2 мг/кг). Найбольш высокія канцэнтрацыі элемента адзначаны ў лісцях *Vaccinium uliginosum* L. (перавышэнне ГДК у 6 разоў), траве *Lycopodium annotinum* L. і *Helichrysum arenarium* (L.) Moench (перавышэнне ГДК у 4 разы). Самыя нізкія ўзроўні назапашвання кадмія характэрны для *Ledum palustre* L., *Frangula alnus* Mill., *Vaccinium vitis-idaea* L. і некаторых іншых відаў. Здольнасць раслін да высокай канцэнтрацыі кадмія можа быць абумоўлена не толькі высокай рухомасцю дадзенага элемента ў сістэме «глеба-расліна», але і аэральным шляхам яго паступлення ў тканкі раслін, на што нярэдка звяртае ўвагу шэраг даследчыкаў [7, 8]. Аднак з улікам таго, што такія генетычна роднасныя віды як *Ledum palustre* L., *Vaccinium vitis-idaea* L. і *Vaccinium uliginosum* L. (пробы іх фітамасы былі адабраныя ў аднолькавых умовах), знаходзяцца ў розных частках прадстаўленага спектра, дадзеная здагадка не знаходзіць поўнага пацвярджэння.

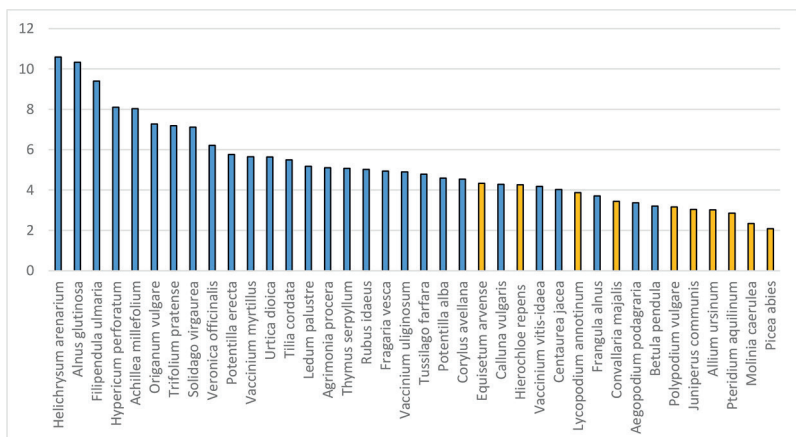
Назапашванне нікеля гаспадарча каштоўнымі раслінамі адбываецца ў больш высокіх колькасцях у параўнанні з прааналізаванымі раней цяжкімі металамі. У сярэднім для большасці відаў, сабраных ва ўмовах натуральных экасістэм паўднёвага захаду Беларусі, дадзеныя значэнні знаходзяцца на ўзроўні 0,5–1,5 мг/кг. З улікам таго, што рэгіянальны фон утрымання дадзенага элемента ў глебах складае 0,38 мг/кг, можна адзначыць, што ў цэлым сасудзістыя расліны з'яўляюцца назапашвальнікамі нікеля, які хоць і з'яўляецца біяфільным элементам, аднак пры значным утрыманні таксічны для жывых арганізмаў. У найбольш высокіх колькасцях (больш 2,0 мг/кг сухой масы) дадзены цяжкі метал назапашваюць такія віды як *Juniperus communis* L., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench і *Vaccinium uliginosum* L. Менш за ўсё нікеля змяшчаецца ў тканках і органах *Lycopodium annotinum* L., *Tussilago farfara* L., *Aegopodium podagraria* L., *Allium ursinum* L. і некаторых іншых відаў, дзе яго колькасць не перавышае 0,5 мг/кг (мал. 4).

У цэлым назіраецца заканамернасць, што для дрэвавых раслін (выдзелены штрыхоўкай) характэрны больш высокія ўзроўні назапашвання нікеля. Такім чынам, здольнасцю нікеля назапашвацца ў органах раслін у досыць высокіх колькасцях, абумоўлена рызыка забруджвання прадукцыі расліннага паходжання, нарыхтаванай ва ўмовах антрапагенна парушаных экасістэм (ваколіцы паселішчаў, узбочыны дарог, прамысловыя зоны і інш.).

Да ліку біяфільных элементаў, неабходных для нармальнага росту і развіцця раслін, адносіцца медзь, якая можа назапашвацца раслінамі ў значных колькасцях. Ва ўсіх прааналізаваных відаў гаспадарча карысных раслін (мал. 5) утрыманне медзі ў надземнай фітамасе знаходзіцца на ўзроўні 2–10 мг/кг. Паколькі рэгіянальны фон змяшчэння рухомай формаў дадзенага мікраэлемента ў глебах натуральных экасістэм паўднёва-заходняй часткі Беларусі складае 0,94 мг/кг, можна сцвярджаць аб макраканцэнтрацыі дадзенага цяжкага метала раслінамі.



Мал. 4. Спектр відаў раслін, прыярытэтных назапашвальнікаў нікеля (сярэдняе ўтрыманне, мг/кг).



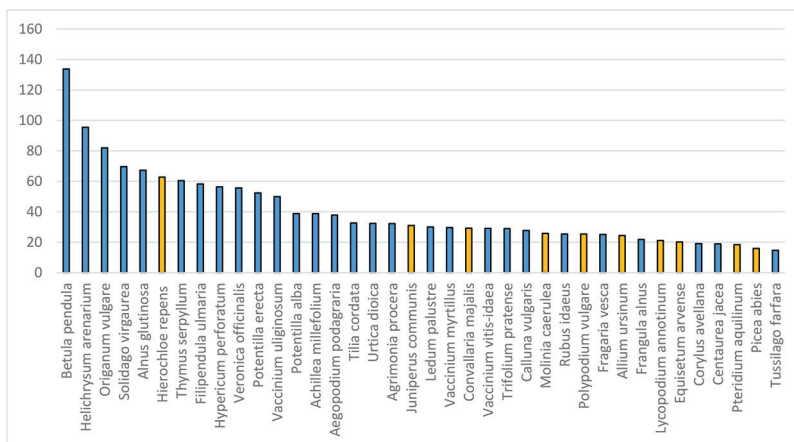
Мал. 5. Спектр відаў раслін, прыярытэтных назапашвальнікаў медзі (сярэдняе ўтрыманне, мг/кг).

Найбольшыя ўзроўні ўтрымання медзі (больш за 8,0 мг/кг сухой масы) адзначана ў тканках такіх шырока распаўсюджаных відаў раслін як *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn, *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Hypericum perforatum* L., *Achillea millefolium* L. Міні-мальнае колькасць медзі (крыху больш за 2 мг/кг) змяшчаецца ў надземнай фітамасе *Picea abies* (L.) Karst., *Molinia caerulea* (L.) Moench, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. і некаторых іншых відаў. У цэлым можна адзначыць, што пакрытанасенныя вызначаюцца больш высокімі ўзроў-

нямi ўтрымання медзі, чым прадстаўнікі папарацей, хвасчоў, голанасенных і аднадольных (выдзелены аранжавым колерам). Для большасці раслін паказчык назапашвання медзі ў надземнай фітамасе знаходзіцца на ўзроўні 4–6 мг/кг, што можна лічыць фонавым утрыманнем дадзенага элемента ў сасудзістых раслінах натуральнага экасістэм паўднёвага захаду Беларусі.

Цынк адносіцца да ліку мікраэлементаў, таксама неабходных для нармальнага росту і развіцця раслін, чым і тлумачыцца яго высокае ўтрыманне ў фітамасе прааналізаваных відаў (мал. 6).

У надземнай фітамасе раслін сярэдняе ўтрыманне дадзенага элемента змяняецца ў вельмі шырокіх межах – ад 14,68 мг/кг у *Tussilago farfara* L., да 133,68 у *Betula pendula* Roth. Гэтая асаблівасць можа быць растлумачана не толькі ўзроўнем утрымання цынку ў адпаведных глебах (рэгіянальны фон складае 5,09 мг/кг), але і шэрагам іншых фактараў, у тым ліку біямарфалагічнымі і генетычнымі асаблівасцямі саміх відаў.

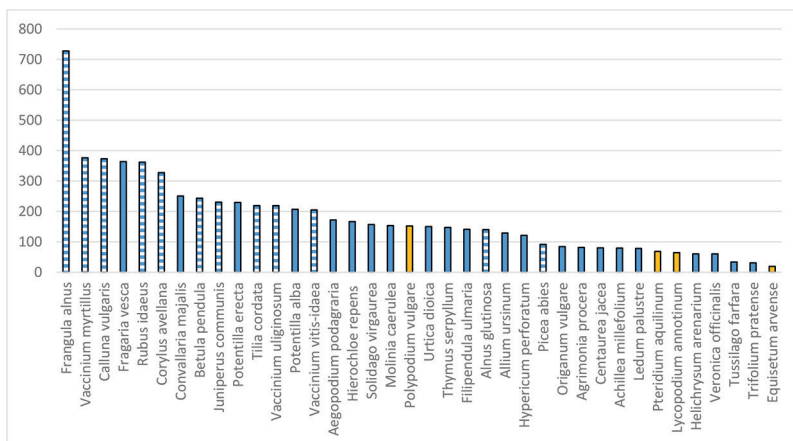


Мал. 6. Спектр відаў раслін, прыкрытэтных назапашвальнікаў цынка (сярэдняе ўтрыманне, мг/кг).

У цэлым якой-небудзь заканамернасці паміж сістэматычным становішчам асобных відаў гаспадарча карысных раслін і ўзроўнем утрымання ў іх цынку не ўстаноўлена. Прадстаўнікі такіх сямействаў як *Asteraceae*, *Ericaceae*, *Rosaceae*, *Betulaceae* характарызуюцца адрознымі ўзроўнямі ўтрымання цынку, ў сувязі з чым знаходзяцца ў розных частках прадстаўленага спектра. Можна толькі адзначыць, што больш нізкія ўзроўні назапашвання цынка характэрныя для прадстаўнікоў хвасчоў, дзерападобных, папарацей, голанасенных і аднадольных (частка гэтых таксонаў знаходзіцца на больш нізкім эвалюцыйным узроўні развіцця). Такія даследаваныя віды як *Picea abies* (L.) Karst., *Equisetum arvense* L.,

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn. і *Lycopodium annotinum* L. знаходзяцца ме-
навіта ў хваставой частцы спектра (на малюнку выдзелены аранжавым
колерам).

У вельмі шырокіх межах як у глебах, так і раслінах, якія на іх вы-
растаюць, змяняецца колькасць утрымання марганца. Гэты мікраэлемент
нават у розных пробах аднаго віду раслін можа назапашвацца ў вель-
мі шырокім дыяпазоне, а яго ўтрыманне нярэдка з'яўляецца адварот-
на-прапарцыйным колькасці марганца ў глебах (напрыклад у *Hypericum*
perforatum L.) [17]. У сувязі з гэтым, выявіць якую-небудзь сувязь паміж
сістэматычным становішчам раслін і асаблівасцямі назапашвання мар-
ганца даволі складана. На малюнку 7 прадстаўлены спектр відаў раслін,
які адлюстроўвае сярэднія ўзроўні ўтрымання ў іх органах і тканках мар-
ганца.

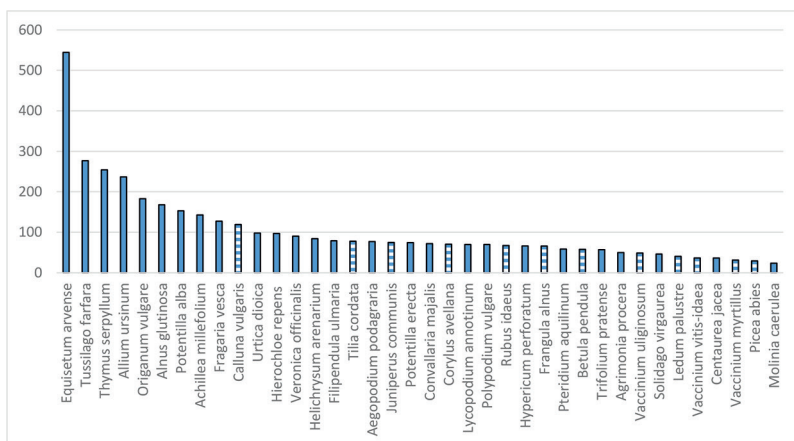


Мал. 7. Спектр відаў раслін, прыярытэтных назапашвальнікаў марганца
(сярэднія ўтрыманне, мг/кг).

Разглядаемы мікраэлемент у надземнай фітамасе гаспадарча карыс-
ных відаў раслін змяшчаецца ў вельмі шырокім дыяпазоне: ад 18,80 мг/кг
у *Equisetum arvense* L. да 727,69 мг/кг у *Frangula alnus* Mill. Аднак ва ўсіх
выпадках утрыманне марганца ў органах і тканках з'яўляецца больш вы-
сокім, чым у глебах, у сувязі з гэтым сасудзістыя расліны з'яўляюцца на-
запашвальнікамі дадзенага элемента. Некалькі больш нізкія ўзроўні ўтры-
мання марганца адзначаны для відаў, менш развітых у эвалюцыйным плане
(*Equisetum arvense* L., *Lycopodium annotinum* L., *Pteridium aquilinum* (L.)
Kuhn.), што безумоўна абумоўлена іх сістэматычным становішчам (на ма-
люнку выдзелены аранжавым колерам). Больш высокім утрыманнем мар-
ганца ў тканках характарызуюцца прадстаўнікі дэндрافلоры. Так, у лісцях
Calluna vulgaris (L.) Hull, *Corylus avellana* L., *Frangula alnus* Mill. і некато-

рых іншых дрэвавых відаў (пазначаны на малюнку штрыхоўкай) утрыманне марганца вышэйшае, чым у травяністых раслін, пробы якіх адабраны ў адпаведных глебавых і геахімічных умовах.

Ўзроўні назапашвання жалеза ў органах і тканках сасудзістых відаў раслін яшчэ больш высокія ў параўнанні з іншымі мікраэлементамі. Так, мінімальнае ўтрыманне жалеза выяўлена ў траве *Molinia caerulea* (L.) Moench і складае 23,37 мг/кг, найбольш высокі паказчык (544,26 мг/кг) адзначаны для *Equisetum arvense* L. (малюнак 8). Аднак, нягледзячы на досыць высокія ўзроўні назапашвання жалеза ў надземнай фітамасе раслін, з улікам высокага ўтрымання гэтага элемента ў глебах (рэгіянальны фон рухомах формаў для паўднёвага захаду Беларусі складае 1084,12 мг/кг), разглядаемы мікраэлемент расліны назапашваюць у адносна нязначных колькасцях. Тым самым можна адзначыць, што ўсе віды сасудзістых раслін з'яўляюцца дэканцэнтратарамі жалеза.



Мал. 8. Спектр відаў раслін, прыярытэтных назапашвальнікаў жалеза (сярэдняе ўтрыманне, мг/кг).

У цэлым можна адзначыць, што найбольш высокія ўзроўні ўтрымання жалеза адзначаны для травяністых раслін (*Tussilago farfara* L., *Thymus serpyllum* L., *Veronica officinalis* L. і шэрагу іншых). Прадстаўнікі дэндрафлоры (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Picea abies* (L.) Karst., *Betula pendula* Roth, *Ledum palustre* L.) наадварот знаходзяцца ў хваставой частцы спектра (на малюнку яны пазначаны штрыхоўкай). Такім чынам, здольнасць раслін да назапашвання жалеза верагодна абумоўлена ў тым ліку і біямарфалагічнымі ўласцівасцямі відаў (працягласцю іх жыццёвага цыклу).

Абагульненне атрыманых вынікаў паказвае, што большасць прааналізаваных відаў маюць спецыфічныя асаблівасці ў назапашванні асобных цяжкіх металаў, якія могуць быць абумоўленыя як глебава-геахімічнымі

фактарамі месцаў вырасцання саміх раслін, так і іх экалага-біямарфалагічнымі асаблівасцямі і сістэматычным становішчам таксонаў.

Устаноўлена, што асобныя віды раслін маюць некаторую схільнасць да назапашвання асобных элементаў. Напрыклад, прадстаўнікі сямейства *Lamiaceae* больш за ўсіх астатніх здольныя да назапашвання свінца, а некаторыя віды з сямействаў *Vacciniaceae* і *Ericaceae* – кадмія. У цэлым прасочваецца заканамернасць, што назапашванне цяжкіх металаў у таксонаў, якія знаходзяцца на больш нізкім узроўні эвалюцыйнага развіцця (дзеравападобныя, хващпадобныя, папараці, голанасенныя), некалькі ніжэйшае, чым у больш высокаарганізаваных раслінных арганізмаў (пакрытанасенных). Вынікі даследаванняў таксама паказваюць, што непасрэдны ўплыў на назапашванне асобнымі відамі раслін цяжкіх металаў могуць аказваць і іх біямарфалагічныя асаблівасці. У прыватнасці, у відаў раслін, жыццёвы цыкл якіх больш працяглы (дрэвы, хмызнякі, хмызнячкі, травяністыя мнагалетнікі з запасальнымі органамі) назапашванне цяжкіх металаў адбываецца больш інтэнсіўна.

Заклучэнне. Праведзеныя даследаванні паказалі, што ў цяперашні час глебы натуральных экасістэм паўднёва-заходняй часткі Беларусі ў дачыненні да цяжкіх металаў знаходзяцца ў спрыяльным аграэкалагічным стане. Аднак, у межах дадзенай тэрыторыі магчымы збор экалагічна чыстай дзікарослай прадукцыі расліннага паходжання (харчовых, лекавых, кармавых раслін). У сувязі з гэтым вызначаны ўзроўні ўтрымання цяжкіх металаў у тканках і органах асобных відаў раслін могуць быць выкарыстаны як фонавыя паказчыкі пры параўнальных ацэнках. Атрыманыя дадзеныя таксама могуць быць выкарыстаны ў будучым для выканання маніторынгавых даследаванняў і высвятлення тэхнагеннага складніка ў змене мікраэлементага складу аб'ектаў расліннага свету.

Абагульненне атрыманых вынікаў паказвае, што далейшае вывучэнне асаблівасцяў назапашвання цяжкіх металаў рознымі відамі гаспадарча карысных раслін, а таксама пытанні, якія тычацца вывучэння паводзін цяжкіх металаў у сістэме «глеба-расліна» маюць велізарную як тэарэтычную, так і практычную цікавасць, а таксама высокую сацыяльную значнасць.

Падзякі. Работа выканана пры фінансавай падтрымцы Беларускага рэспубліканскага фонда фундаментальных даследаванняў, грант БРФФД Навука М Х16М-057.

Літаратура

1. Sharma R. K., Agrawal M. Biological effects of heavy metals: An overview // J. Environ. Biol. 2005. V. 26, N 3/4. P. 1–13.
2. Duffus, J. H. “Heavy metals” – a meaningless term? (IUPAC Technical Report) / J. H. Duffus // Pure Appl. Chem. 2002. V. 74, N 5. P. 793–807.
3. Титов А. Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжёлые металлы и растения. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2014. 194 с.
4. Antosiewicz D. M. // Acta Soc. Bot. Pol. 1992. V. 61. P. 281–299.
- 5, Алексеева-Попова Н. В., Дроздова И.В. // Экология. 2013. № 2. С. 90–97.

6. Ильин В. Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва–растение Новосибирск : СО РАН, 2012. 220 с.
7. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М. : Мир, 1989. 440 с.
8. Позняк С. С. // Экологический вестник. 2010. № 3 (13). С. 5–14.
9. Прохорова Н. В., Матвеев Н.М. // Вестник СамГУ. 1996. № 3. С. 125–148.
10. Williams L., Salt D.E. // Curr. Opin. Plant Biol. 2009. V. 12, N 3. P. 247–249.
11. Михальчук Н.В., Мялик А.Н. Фоновое содержание тяжелых металлов и микроэлементов в почвах и растительности юго-запада Беларуси как основа для сравнительных оценок при производстве органической продукции на основе принципов зелёной экономики // Эколого-географические проблемы перехода к зелёной экономике / редкол.: В. С. Хомич (гл. ред.). Минск: СтройМедиаПроект, 2019. С. 266–281.
12. Марцинкевич Г. И., Счастливая И. И., Усова И. П. // Земля Беларуси. 2010. № 3. С. 24–27.
13. Кузнецов А.В. Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. М. : ЦИНАО, 1992. 53 с.
14. Мялик А.Н., Дашкевич М.М. // Изв. Гомельск. гос. ун-та им. Ф. Скорины. Естеств. науки. 2017. № 6 (105). С. 37–43.
15. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. Минск : Беларус. наука, 2007. 390 с.
16. Санитарные нормы и правила «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам»: Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 21 июня 2013, № 52. Минск, 2013. 371 с.
17. Мялик А. Н., Дашкевич М.М. Содержание тяжёлых металлов и микроэлементов в траве зверобоя продырявленного в условиях юго-запада Беларуси // Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій: матеріали п'ятої Міжнародної науково–практичної інтернет–конференції. Полтава, 27–28 грудня 2016 р. Полтава : РВВ ПДАА, 2016. С. 234–236.

А. М. МЯЛІК, М. М. ДАШКЕВІЧ, В. А. ГАЛУЦ
НАЗАПАШВАННЕ ЦЯЖКІХ МЕТАЛАЎ НЕКАТОРЫМІ
ГАСПАДАРЧА КАРЫСНЫМІ ДЗІКАРОСЛЫМІ РАСЛІНАМІ

Рэзюмэ

У артыкуле прадстаўлены ўзоры і ўтрыманні цяжкіх металаў і мікраэлементаў (Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Mn, Fe) у надземнай фітамасе некаторых гаспадарча карысных раслін ва ўмовах паўднёва-заходняй часткі Беларусі. З улікам таго, што даследаваныя ўзоры раслін былі сабраныя ва ўмовах натуральных экасістэм на глебах са спрыяльным аграэкалагічным становішчам, атрыманыя значэнні можна разглядаць як фонавыя і выкарыстоўваць для параўнальных ацэнак і маніторынгавых назіранняў.

А. Н. МЯЛИК, М. М. ДАШКЕВИЧ, О. А. ГАЛУЦ
НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ НЕКОТОРЫМИ
ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫМИ ДИКОРАСТУЩИМИ РАСТЕНИЯМИ

Резюме

В статье представлены уровни содержания тяжёлых металлов и микроэлементов (Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Mn, Fe) в надземной фитомассе некоторых хозяйственно полезных растений в условиях юго-западной части Беларуси. С учетом того, что исследованные образцы растений были собраны в условиях естественных экосистем на почвах с благоприятной агроэкологической обстановкой, полученные значения можно рассматривать как фоновые и использовать для сравнительных оценок и мониторинговых наблюдений.

A. M. MIALIK, M. M. DASHKEVICH, V. A. GALUC
ACCUMULATION OF HEAVY METALS BY SOME ECONOMICALLY
USEFUL NATIVE PLANT SPECIES

Summary

The article presents the levels of heavy metals and trace elements (Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Mn, Fe) in the aboveground phytomass of some economically useful plants in the South-Western part of Belarus. The studied plant samples were collected in natural ecosystems on soils with favorable agroecological conditions. In this regard, the obtained values can be considered as background values and used for comparative estimates and monitoring observations.

Поступила в редакцию 16.10.2020 г.

С. Г. РУСЕЦКИЙ, Д. Ю. ЖИЛИНСКИЙ, Д. Г. ГРУММО
**РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА
ПИРОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ
НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕСОБОЛОТНОГО КОМПЛЕКСА
«ОЛЬМАНСКИЕ БОЛОТА» НА ОСНОВЕ ДЗЗ**

*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Ольманские болота – один из крупнейших в Европе природный комплекс (ЛБК), представляющий собой уникальную мозаику лесных и болотных экосистем. После ликвидации на территории ЛБК Мерлинского военного авиационного полигона на белорусской части ЛБК в 1998 году был создан одноименный республиканский ландшафтный заказник (РЛЗ).

Несмотря на особый природоохранный статус, территория ЛБК подвергается разнообразным неблагоприятным антропогенным воздействиям. В их числе одним из ведущих факторов являются лесные и торфяные пожары. Неконтролируемое посещение человеком, в совокупности с экстремальными погодно-климатическими условиями последних лет привели к опустошительным пожарам, уничтожившим биоразнообразие на значительной части особо охраняемой природной территории (ООПТ).

В связи с этим изучение истории прохождения пожаров и анализ текущей пирологической ситуации на территории ЛБК является актуальной и своевременной задачей.

Объект и методы исследований. Исследования проводились с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), собранных для территории тестового полигона за период 1985–2018 гг. Анализ послепожарных изменений проводился с использованием платформы облачных вычислений Google Earth Engine (GEE).

Для реконструкции истории пожаров нами были использованы архивные данные из коллекций Landsat 5 SR, Landsat 7 SR и Landsat 8 SR, имеющих высокое пространственное разрешение – 30 м, и включающих помимо видимых (red, green, blue), так же ближний и средний инфракрасные каналы (NIR, SWIR), необходимые для расчета вегетационных индексов.

Исходный набор данных состоял из 827 сцен за период апрель–ноябрь 1984–2018 гг. Для каждой сцены, помимо спектральных характеристик, был рассчитан индексы: NDVI, NBR, BAI (табл. 1) и сформирована маска облачности.

Общая идея алгоритма выявления гарей заключалась в создании теоретической модели сезонной динамики спектральных индексов и сравнении теоретических и фактических значений. Моделью служила гармоническая функция вида

$$Ind = a_1 + a_2 \cdot \cos(year \cdot 2\pi) + a_3 \cdot \sin(year \cdot 2\pi)$$

где a_1 , a_2 , a_3 – коэффициенты модели
 $year$ – текущая дата, десятичный год

Таблица 1. Характеристика расчетных спектральных индексов

Спектральный индекс	Описание	Формула
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	Показатель количества фотосинтетически активной биомассы	$(\text{NIR}-\text{Red})/(\text{NIR}+\text{Red})$
NBR (Normalized Burn Ratio)	Выделяет выгоревшую землю, усиливает “угольный” сигнал на интервале NIR-SWIR	$(\text{NIR}-\text{SWIR})/(\text{NIR}+\text{SWIR})$
BAI (Burn Area Index)	Выделяет выгоревшую землю, усиливает “угольный” сигнал на интервале Red-NIR	$((0.1-\text{Red})^2 + (0.06-\text{NIR})^2) - 1$

Данные для корректировки модели предварительно фильтровались – исключалось 10% экстремальных значений (фильтрация выбросов) и нормировались на 95 и 5 перцентиль для NBR и BAI соответственно (фильтрация тренда).

В результате для каждого пикселя был получен массив коэффициентов, описывающих сезонную динамику индексов (рис. 1).

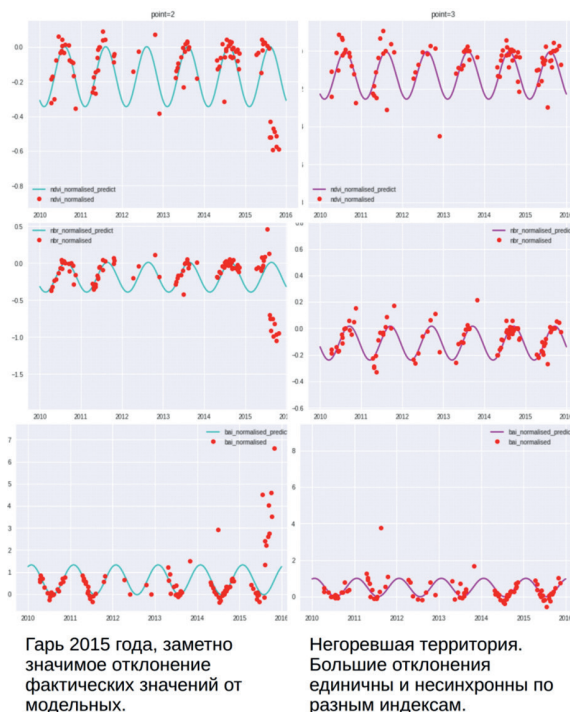


Рис 1. Верификация модели сезонной динамики спектральных индексов и сравнение теоретических и фактических значений.

Так же была построена сезонная модель динамики стандартных отклонений (того же вида) для каждого индекса и эмпирически подобраны пороги отсеечения экстремальных значений для каждого индекса, равные трем стандартным отклонениям.

Для каждой сцены, в пределах маски валидных значений, рассчитывалась теоретическая сцена, которая сравнивалась с фактической. На следующем этапе создавалась маска гарей, при условии синхронной динамики индексов BAI и NBR пиксель устанавливался в значение 1 – «гарь», или 0 – «не гарь» (отсутствие повреждения пожарами).

Далее создавались погодичные композиты, включающие 2 канала: «score» – количество зафиксированных регистраций гари, и «day» – наиболее ранний день регистрации гари в пределах года. После этого выполнялась пространственная фильтрация шумов в 2 этапа: а) сглаживание маски видимости медианным фильтром, для устранения случайного шума; б) интерактивное редактирование, позволяющее оператору, на основании визуального анализа исходных космоснимков редактировать погодичные композиты (рис. 2).

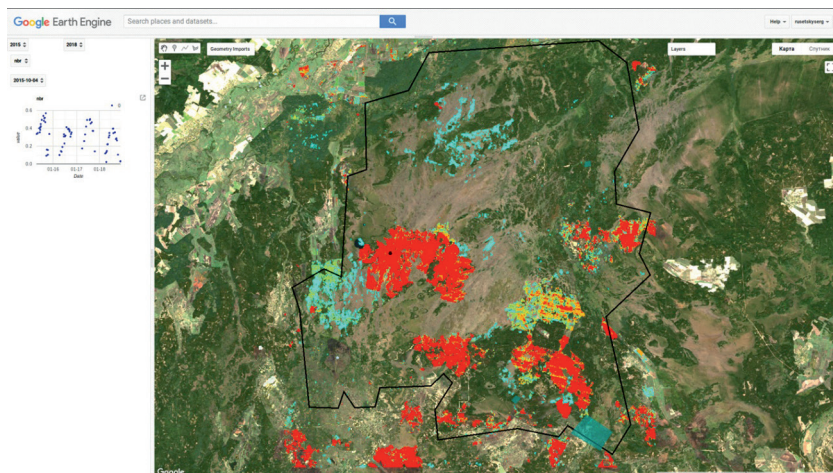


Рис. 2. Интерактивное редактирование погодичных композитов с выявленными гарями с использованием платформы Google Earth Engine.

Финальная стадия обработки заключалась в исключении следов прошлогодних пожаров, для чего от каждой годичной сцены была вычтена сцена прошлого года. На основании итоговой коллекции формировались результирующие изображения (погодичный каталог пожаров (рис. 3–6), частота пожаров, давность пожара) и статистики (общая площадь, распределения классов природной пожарной устойчивости растительности, показателей дорожной сети, соотношения пожаров и другие).

В основу составления тематической карты пожарной устойчивости (рис. 7, табл. 2) исследуемой территории (в границах РЛЗ «Ольманские болота») положено представление о том, что пирологическая устойчивость растительности прежде всего, зависит от морфологических и физиологических особенностей растений-доминантов фитоценозов.

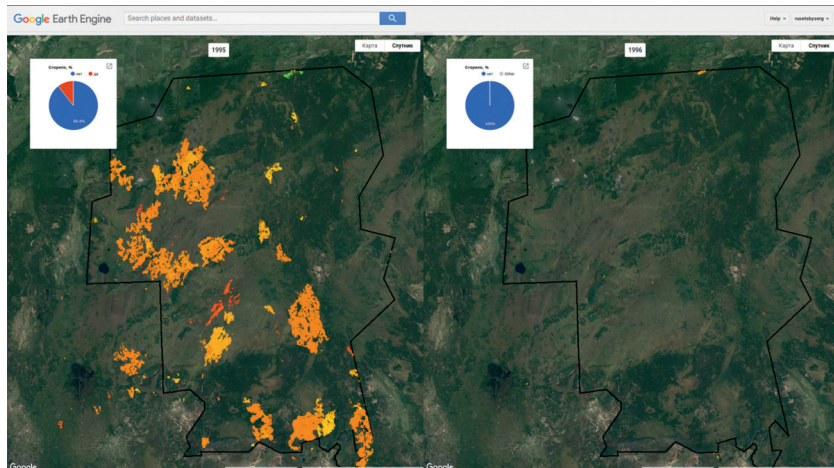


Рис. 3. Пожары на территории ЛБК «Ольманские болота» в 1995 г. (10969,1 га) и 1996 г. (46,9 га).

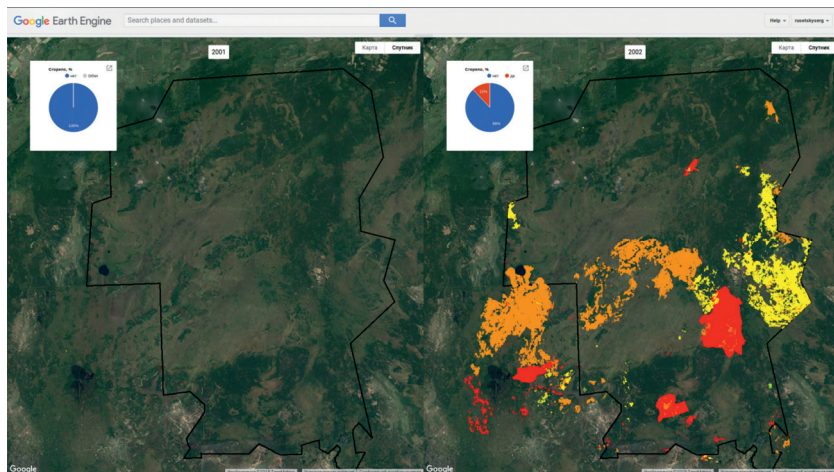


Рис. 4. Пожары на территории ЛБК «Ольманские болота» в 2001 г. (4,2 га) и 2002 г. (12425,6га).

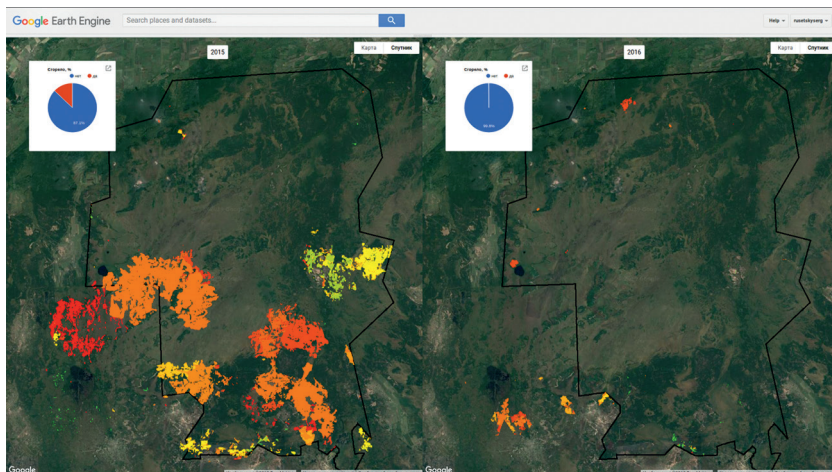


Рис. 5. Пройденная пожарами площадь ЛБК «Ольманские болота» в 2015 г. (13360,2 га) и 2016 г. (236,6 га).

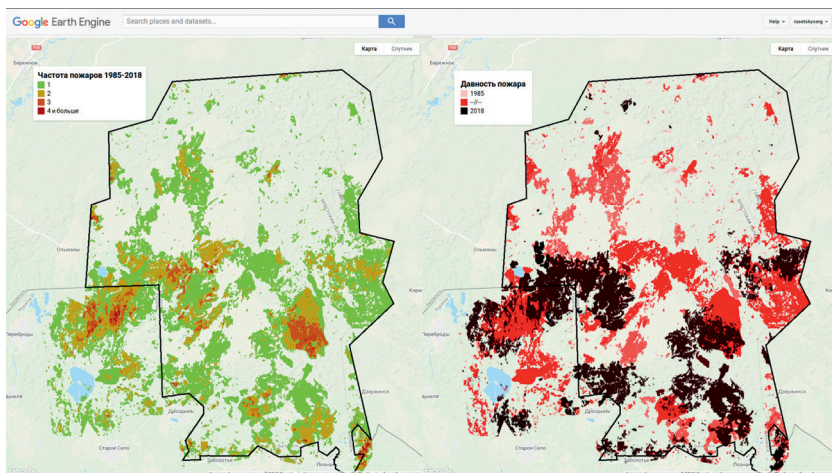


Рис. 6. История пожаров (за период 1985-2018 гг.) на территории ЛБК «Ольманские болота».

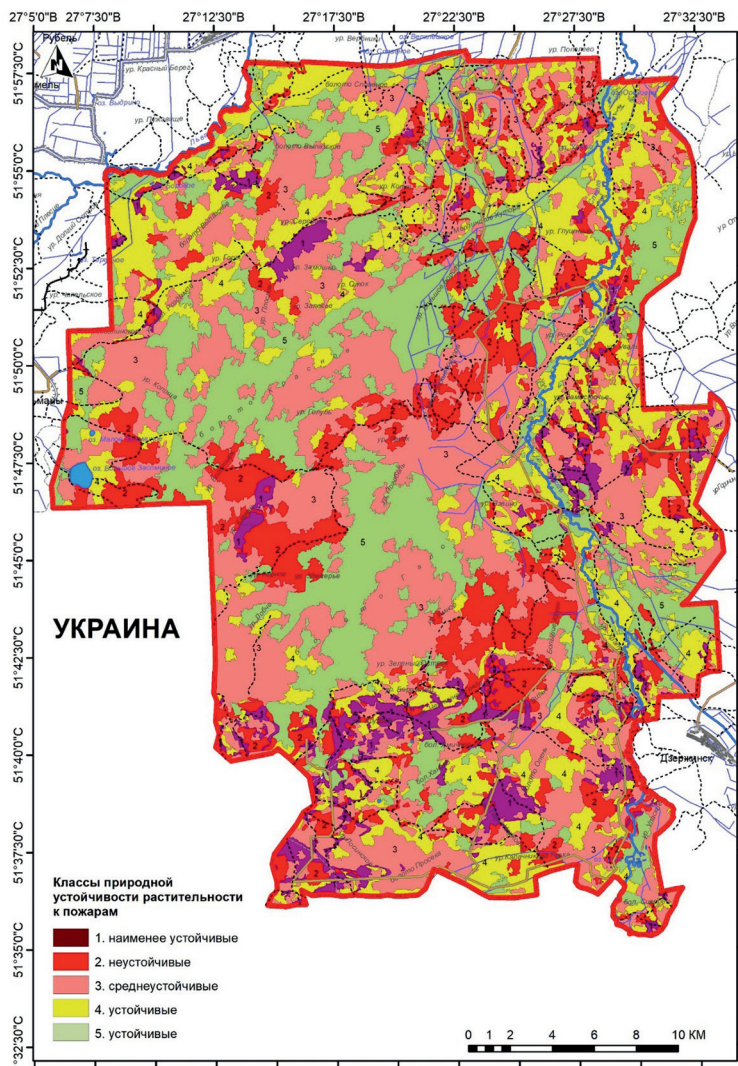


Рис. 7. Карта устойчивости к пожарам территории республиканского ландшафтного заказника «Ольманские болота».

Таблица 2. Распределение площадей республиканского ландшафтного заказчика «Ольманские болота» по классам пирологической устойчивости растительного покрова

Типы растительных сообществ	Наиболее вероятные виды пожаров, условия и продолжительность их возможного возникновения и распространения	Площадь	
		га	%
I (наименее устойчивая растительность)			
Хвойные молодняки всех типов. Сосняки лишайниковые, вересковые. Сплошные вырубki на месте сосняков лишайниковых, вересковых, брусничных, мшистых, черничных, кисличных. Сильно повреждения лесные насаждения (участки интенсивных выборочных рубок, захламленных гарей) всех типов леса с обильным сухостоем; свежие гари	В течение всего пожароопасного сезона возможны низовые пожары, а на участках с наличием древостоя – верховые. На вейниковых и других травяных типах вырубok по суходолу особенно значительна пожарная опасность весной, а в некоторых районах и осенью.	4863,7	5,2
II (неустойчивая растительность)			
Сосняки брусничные и мшистые с наличием густого соснового подроста или подлеска из можжевельника, мелколесья сухие; несомкнутые посадки сосны; мелиорированные сосняки багульниковые, сфагновые и осоково-сфагновые; кустарничковые и травяные сообщества на нарушенных болотах; мелколесья и кустарники на мелиорированных торфяно-болотных почвах	Низовые пожары возможны в течение всего пожароопасного сезона; верховые в периоды пожарных максимумов	13908,6	14,8
III (среднеустойчивая растительность)			
Сосняки травяные; дубово-сосновые кустарничково-зеленомошные леса; хвойно-мелколиственные и мелколиственные травяные заболоченные леса. Верховые болота	Низовые и верховые пожары возможны в период летнего пожарного максимума	33217,0	35,2
IV (устойчивая растительность)			
Сосняки заболоченные (долгомошные) и болотные (осоково-сфагновые, осоковые, сфагновые, багульниковые). Пушистоберезовые осоково-сфагновые леса на переходных болотах. Дубравы всех типов леса. Сплошные вырубki (закустаренные) по сырым и мокрым местам. Переходные болота.	Возникновение пожаров (в первую очередь низовых) возможно в периоды весеннего и осеннего пожарных максимумов	21169,7	22,5
V (наиболее устойчивая растительность)			
Лиственные (пушистоберезовые, черноольховые) леса на низинных болотах. Низинные болота, топи на болотах всех типов (верховых, переходных, низинных).	Возникновение пожара возможно только при особо неблагоприятных условиях (длительная засуха)	21060,0	22,3

Для растительности потенциал пожарной опасности определяется по действующим в лесном хозяйстве нормативным документам по 5-балльной шкале оценки опасности возникновения пожаров.

Базовой основой для исследований являлась крупномасштабная цифровая карта растительности РЛЗ «Ольманские болота» (М 1:100 000); главный объект характеристики – природный биогеоценоз, границы которого условно совпадают с границами выдела геоботанической карты. Выделяли 5 категорий устойчивости; при определении класса пожароустойчивости учитывались следующие характеристики: видовой и возрастной состав древостоя, характер кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, санитарное состояние (присутствие сухостоя, ветровала), наличие подроста хвойных пород, наличие торфяного почвенного горизонта, условия увлажнения, выполненные лесохозяйственные мероприятия. Места и возраст вырубок и гарей определяли на основе анализа актуальной и архивной спутниковой информации, уточняли по лесохозяйственным планам и таксационным описаниям.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований обобщим в виде следующих выводов.

1. На территории ЛБК «Ольманские болота» наиболее интенсивные пожары проходили в 1995 г. (10,7 тыс. га), 2002 г. (12,4 тыс. га), 2015 г. (13,4 тыс. га) (рисунк 8).

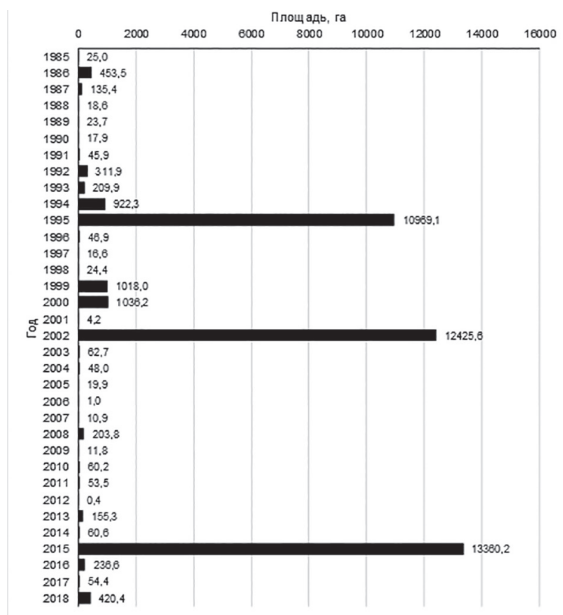


Рис. 8. Динамика площадей пожаров в пределах лесоболотного комплекса «Ольманские болота».

2. Основные участки локализации гарей размещены в южном, западном и восточном секторах лесоболотного комплекса «Ольманские болота», где концентрируются участки низкой (1-2 классы) и средней (3 класс) природной устойчивости растительности к пожарам. Природные барьеры (растительности 4 и 5 классов пожарной устойчивости) ограничивает распространение пожаров в северной и центральной частях ЛБК.

3. В годовом цикле пожары наблюдаются в период, начиная с третьей декады марта и до конца первой декады декабря, с пиком площадного развития в первой половине сентября (рисунок 9). По-видимому, это связано, во-первых, с наиболее низкими уровнями стояния болотных вод (меженный период: август–октябрь), а во-вторых, с массовым посещением болот людьми в период сбора клюквы (конец августа – октябрь).

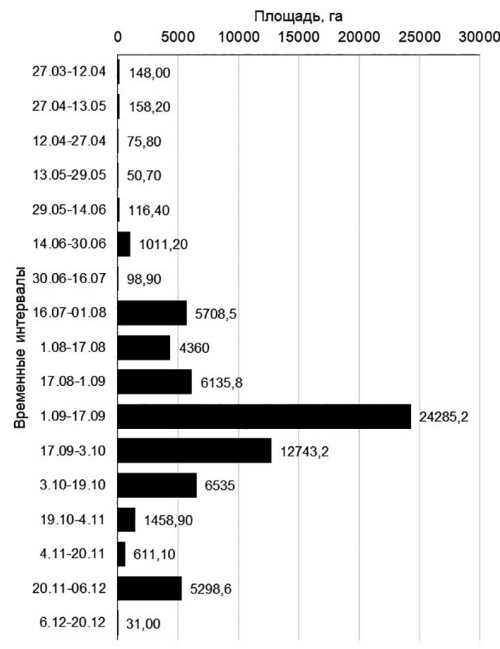


Рис. 9. Распределение площадей, поврежденных пожарами по временным периодам (суммарно за 1985-2018 гг.).

4. Результаты анализа карты пожароустойчивости растительного покрова (в границах РЛЗ «Ольманские болота») показали, что к 1 классу (наименее устойчивая растительность) относится 5,2 % территории; ко 2 (неустойчивая) – 14,8%; 3 (среднеустойчивая) – 35,2%; 4 (устойчивая) – 22,5% и к 5 (наиболее устойчивая) – 22,3 %.

Растительные сообщества с высоким потенциалом природной пожарной опасности (1,2 класс устойчивости) распространены относительно равномерно по всей территории тестового полигона. На основе зонирования территории по классам пожарной устойчивости разработан комплекс мер по снижению риска возникновения внештатных ситуаций на территории лесоболотного комплекса «Ольманские болота».

С. Г. РУСЕЦКИЙ, Д. Ю. ЖИЛИНСКИЙ, Д. Г. ГРУММО
**РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ПИРОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ
НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕСОБОЛОТНОГО КОМПЛЕКСА
«ОЛЬМАНСКИЕ БОЛОТА» НА ОСНОВЕ ДЗЗ**

На основе архива программы Landsat выполнена реконструкция истории пожаров на территории лесоболотного комплекса «Ольманские болота» за период 1985-2018 гг. Наиболее интенсивные пожары проходили в 1995 г. (10,7 тыс. га), 2002 г. (12,4 тыс. га) и 2015 г. (13,4 тыс. га). Основные участки локализации гарей размещены в южном, западном и восточном секторах лесоболотного комплекса. Пик площадного развития гарей приходится на первую половину сентября. Результаты анализа карты пожароустойчивости растительного покрова показали, что к 1 классу (наименее устойчивая растительность) относится 5,2% территории, ко 2 (неустойчивая) – 14,8%, 3 (среднеустойчивая) – 35,2%, 4 (устойчивая) – 22,5% и к 5 (наиболее устойчивая) – 22,3%.

S. G. RUSETSKY, D. YU. ZHILINSKY, D. G. GRUMMO
**THE RETROSPECTIVE ASSESSMENT OF THE PYROLOGICAL
SITUATION ON THE TERRITORY OF THE FOREST&WETLAND SYSTEM
“OLMANY MIRES” ON THE RV BASIS**

Based on the Landsat program archive, the fire history on the territory of the forest&wetland system “Olmany Mires” 1985-2018 was reconstructed. The most intense fires occurred in 1995 (10.7 thousand ha), 2002 (12.4 thousand ha) and 2015 (13.4 thousand ha). The biggest areas of fire are located in the southern, western and eastern parts of the forest&wetland system. The maximum of fire formation occurs in the first half of September. The results of the analysis of the fire resistance map showed 5.2% of the territory belongs to the 1st class (the least stable vegetation), 14.8% to the 2nd (unstable), 35.2% to the 3rd (medium stable), 22.5% to the 4th (stable) and to 5th (the most stable) – 22.3%.

Поступила в редакцию 07.12.2020 г.

А. В. СУДНИК, И. П. ВОЗНЯЧУК, Р. М. ГОЛУШКО, О. Е. ЕФИМОВА
**СОСТОЯНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ
ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ЛЭП И ПРОДУКТОПРОВОДОВ**

*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. Выгодное географическое положение Республики Беларусь в Европе, наличие современных мультимодальных транспортных коридоров, развитие экспорта транспортных услуг является одной из основных составляющих стабильного развития экономики республики. Линейная инфраструктура включает такие объекты, как автомобильные и железные дороги, линии электропередач, продуктопроводы, а также линии инженерно-технических сооружений на государственной границе. Этот тип инфраструктуры приводит к созданию линейных сооружений и препятствий в среде обитания. В течение следующего столетия предусматривается существенное увеличение строительства объектов линейной инфраструктуры.

Строительство, содержание и эксплуатация линейных коммуникаций порождают ряд экологических проблем на прилегающих к ним территориях, оказывают разноплановое влияние на растения и их сообщества. Интенсивность и экологические последствия техногенного воздействия линейных коммуникаций различны на стадиях их строительства и эксплуатации. Сравнимый ущерб близлежащим лесным экосистемам наносится при их строительстве. Главным фактором воздействия на первом этапе является вырубка насаждений в коридоре трасс. На этапе эксплуатации (в аварийном режиме) основным видом воздействия на лесные биогеоценозы считается химическое загрязнение почв и растительности. Использование продуктопроводов связано с химическим и тепловым загрязнением прилегающих территорий. В процессе работы ЛЭП постоянно генерируются электромагнитные поля, относящиеся к физическим факторам воздействия. Их влияние на растительность в настоящее время оценивается как слабое и обратимое, однако требует дальнейшего изучения [1].

В нашей стране и за рубежом до настоящего времени оценка экологических последствий и ущерба окружающей среде производилась только в случаях аварий на нефте-, газо- и продуктопроводах. Экологические риски, связанные с функционированием продуктопроводов, оценивались исходя из возможности возникновения аварийных ситуаций и загрязнения окружающей среды транспортируемыми по трубам продуктами. Оценка текущего состояния прилегающих насаждений под воздействием строительства и содержания транспортных коммуникаций (ЛЭП и продуктопроводов) не проводилась.

На стадии строительства ЛЭП высокого напряжения и магистральных трубопроводов образуются зоны механического нарушения природных экосистем. В предлагаемой А.В. Неверовым и коллективом авторов [2]

концептуальной модели воздействия магистральных трубопроводов на состояние природных экосистем рассматриваются три основные зоны.

1. Зона полного механического разрушения поверхности. Зона характеризуется сведением и практически необратимым изменением растительного покрова (на период эксплуатации), нарушением микрорельефа, механическим разрушением почвенных горизонтов – непосредственно зона проведения строительных работ.

2. Зона частичного механического разрушения поверхности. Для зоны характерно полное и частичное разрушение растительного покрова и части почвенных горизонтов. В данной зоне могут происходить как демутационные, так и деградационные процессы – как правило, выделяется в фитоценозах, непосредственно примыкающих к транспортным коммуникациям (например, опушки лесных фитоценозов шириной от 20 до 50 м).

3. Буферная зона, характеризующаяся незначительной трансформацией растительного покрова. Она представляет собой переход от нарушенной части экосистемы к ее ненарушенной части и прослеживается по изменениям в растительном покрове. Как правило, протяженность буферной зоны варьирует от 50 до 200 м.

Объекты и методы исследования. В Республике Беларусь ведущая роль в системе транспортных коммуникаций наравне с железнодорожным и автомобильным принадлежит трубопроводному транспорту. Общая протяженность магистральных нефтепроводов – 3615 км, продуктопроводов – 2385 км, в то время как общая протяженность магистральных газопроводов равна 7950 км [3]. В Концепции национальной безопасности Республики Беларусь констатируется, что в числе основных факторов, создающих угрозу безопасности Республики Беларусь в экологической среде, входит функционирование на территории республики объектов повышенного риска (в том числе нефтепроводов, газопроводов, продуктопроводов). На законодательном уровне вопросы обеспечения экологической безопасности трубопроводного транспорта регулируются Законом Республики Беларусь «О магистральном трубопроводном транспорте» [4].

Общая протяженность линий электропередач на территории Беларуси равна 279,278 тыс. км, в том числе: ВЛ напряжением 35–750 кВ – 36,846 тыс. км; ВЛ напряжением 0,4–10 кВ – 202,632 тыс. км; кабельных ЛЭП – 39,923 тыс. км.

Проведены исследования особенностей формирования и текущего состояния лесных фитоценозов под воздействием транспортных коммуникаций – линий электропередач напряжением 110 кВ и выше (далее – ЛЭП) и продуктопроводов (нефте-, газо- и нефтепродуктопроводов). Выполнено более 100 комплексных описаний (лесоводственно-таксационная характеристика, оценка санитарного и лесопатологического состояния древостоев, характеристика нижних ярусов растительности) участков лесного фонда в 200-метровой зоне вдоль ЛЭП и продуктопроводов. По результатам анализа описаний показателей лесных экосистем, выполненных на учетных пунктах, расположенных на расстоянии 20 и 100 м

от ЛЭП и продуктопроводов, установлено статистически значимое влияние данных объектов на жизненное и лесопатологическое состояние насаждений, проективное покрытие эпигейных мохообразных, синантропных и инвазивных видов растений. Для оценки состояния насаждений вдоль трассы ЛЭП выбран 21 участок в Пружанском и Ивацевичском лесхозах на территории Брестской области; в Мозырском лесхозе и Кореневской ЭЛБ на территории Гомельской области; в Волковысском, Лидском и Островецком лесхозах на территории Гродненской области; в Полоцком лесхозе на территории Витебской области; в Воложинском, Пуховичском, Вилейском и Столбцовском лесхозах, НП «Нарочанский» на территории Минской области; в Чауском и Круглянском лесхозах на территории Могилевской области, на которых заложены ленточные пробные площади шириной 10–20 метров и длиной до 200 метров (далее – ЛПП) от опушки вглубь лесного массива и оценено в совокупности 5127 деревьев.

Для оценки состояния насаждений вдоль трассы нефтепроводов и газопроводов выбрано 24 участка в Дрогичинском лесхозе на территории Брестской области; в Мозырском лесхозе, НП «Припятский» и Кореневской ЭЛБ на территории Гомельской области; в Лидском лесхозе на территории Гродненской области; в Дисненском, Полоцком лесхозах, Национальном парке «Браславские озера» на территории Витебской области; в Боровлянском спецлесхозе, Вилейском, Воложинском, Червенском и Пуховичском лесхозах на территории Минской области; Крупском и Могилевском лесхозах на территории Могилевской области, на которых заложены ЛПП и оценено в совокупности 4986 деревьев.

В основу положены адаптированные для целей исследований методики мониторинга защитных древесных насаждений [5]. Оценка состояния деревьев и древостоев проводилась на основе общеевропейской методики экологического лесного мониторинга, изложенной в Руководстве по методам ICP Forests [6]. Оценка жизненного состояния деревьев проводилась на основе «Санитарных правил в лесах Республики Беларусь» [7]. Отнесение насаждений к категориям жизненного состояния осуществляется на основе модифицированной шкалы В.А. Алексеева [8].

Известно, что возникновение и изменение мозаичности в лесных фитоденозах быстрее происходит на уровне нижних ярусов. Интенсивное антропогенное воздействие приводит к коренной перестройке в первую очередь структуры напочвенного покрова лесов. Поэтому детальный анализ современного состояния и реакции нижних ярусов растительности на изменение антропогенной нагрузки со стороны ЛЭП и продуктопроводов оценивалось на уровне реорганизации живого напочвенного покрова. На уровне напочвенного покрова в зависимости от степени участия видов коренной или сукцессионной групп описывались микрогруппировки [9].

Результаты и их обсуждение.

Состояние древостоев.

На всех выбранных участках вдоль ЛЭП и продуктопроводов наиболее поврежденной оказывается опушечная зона (на глубину 1-2 деревьев) и полоса (0–20 м) (рис. 1 и 2, табл. 1).

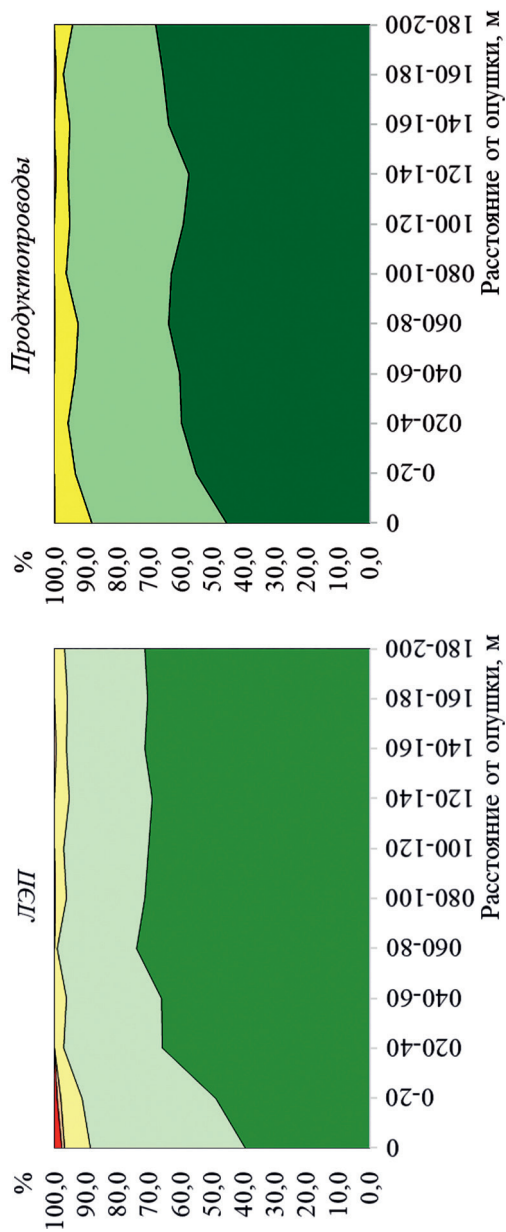


Рис. 1. Распределение деревьев на ЛПП по категориям жизненного состояния на разном расстоянии от трассы ЛЭП и продуктопровода.

- без признаков ослабления;
- ослабленные;
- сильно ослабленные;
- усыхающие;
- сухостойные;

Таблица 1. Распределение обследованных деревьев на ЛПП вдоль ЛЭП
и продуктопроводов по категориям жизненного состояния на различном расстоянии
от опушки, шт/%

Расстояние от опушки, м	Количество обследованных деревьев различных категорий состояния вдоль ЛЭП					Индекс состояния, %	Средняя дефолиация, %
	без признаков ослабления	ослабленные	сильно ослабленные	усыхающие	сухостой		
Вдоль ЛЭП							
1-2 дерева от опушки	<u>152</u>	<u>189</u>	<u>32</u>	<u>3</u>	<u>9</u>	77,2	17,3
	39,5	49,1	8,3	0,8	2,3		
0–20	<u>188</u>	<u>162</u>	<u>26</u>	<u>5</u>	<u>3</u>	81,3	14,7
	49,0	42,2	6,8	1,3	0,8		
20–40	<u>253</u>	<u>121</u>	<u>11</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	88,9	10,1
	65,7	31,4	2,9	0,0	0,0		
40–60	<u>254</u>	<u>115</u>	<u>15</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	88,7	10,3
	66,1	29,9	3,9	0,0	0,0		
60–80	<u>284</u>	<u>97</u>	<u>3</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	92,0	8,5
	74,0	25,3	0,8	0,0	0,0		
80–100	<u>275</u>	<u>95</u>	<u>14</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	90,2	9,8
	71,4	24,7	3,6	0,0	0,3		
100–120	<u>269</u>	<u>103</u>	<u>11</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	90,2	9,5
	70,2	26,9	2,9	0,0	0,0		
120–140	<u>265</u>	<u>101</u>	<u>18</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	89,3	10,2
	69,0	26,3	4,7	0,0	0,0		
140–160	<u>275</u>	<u>95</u>	<u>13</u>	<u>2</u>	<u>0</u>	90,1	9,8
	71,4	24,7	3,4	0,5	0,0		
160–180	<u>269</u>	<u>98</u>	<u>15</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	89,9	9,8
	70,4	25,7	3,9	0,0	0,0		
180–200	<u>275</u>	<u>98</u>	<u>12</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	90,5	9,4
	71,4	25,5	3,1	0,0	0,0		
Вдоль продуктопроводов							
1-2 дерева от опушки	<u>201</u>	<u>190</u>	<u>52</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	79,9	15,2
	45,3	42,8	11,7	0,0	0,2		
0–20	<u>244</u>	<u>170</u>	<u>29</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	84,6	12,4
	55,1	38,4	6,5	0,0	0,0		
20–40	<u>264</u>	<u>160</u>	<u>19</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	86,6	11,2
	59,6	36,1	4,3	0,0	0,0		
40–60	<u>267</u>	<u>147</u>	<u>29</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	86,1	11,8
	60,3	33,2	6,5	0,0	0,0		
60–80	<u>283</u>	<u>127</u>	<u>32</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	86,9	11,6
	63,9	28,7	7,2	0,2	0,0		
80–100	<u>280</u>	<u>148</u>	<u>16</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	87,8	10,6
	63,1	33,3	3,6	0,0	0,0		
100–120	<u>238</u>	<u>145</u>	<u>20</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	86,2	11,5
	59,1	36,0	5,0	0,0	0,0		

Расстояние от опушки, м	Количество обследованных деревьев различных категорий состояния вдоль ЛЭП					Индекс состояния, %	Средняя дефолиация, %
	без признаков ослабления	ослабленные	сильно ослабленные	усыхающие	сухостой		
120–140	<u>231</u>	<u>154</u>	<u>15</u>	<u>2</u>	<u>0</u>	85,8	11,7
	57,5	38,3	3,7	0,5	0,0		
140–160	<u>256</u>	<u>126</u>	<u>20</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	87,6	10,9
	63,7	31,3	5,0	0,0	0,0		
160–180	<u>264</u>	<u>127</u>	<u>9</u>	<u>2</u>	<u>0</u>	88,7	10,2
	65,7	31,6	2,2	0,5	0,0		
180–200	<u>274</u>	<u>106</u>	<u>23</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	88,7	10,6
	68,0	26,3	5,7	0,0	0,0		

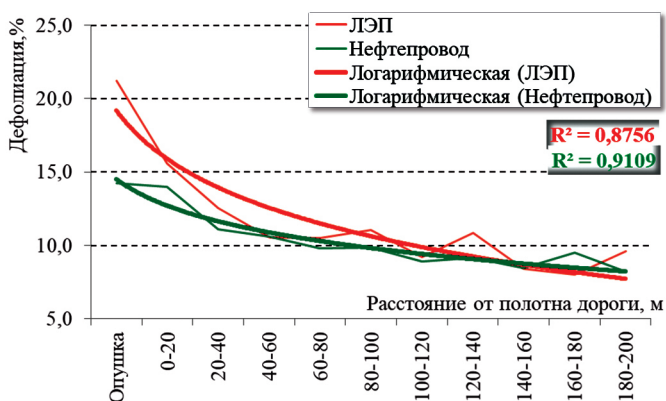


Рис. 2. Средняя степень дефолиации деревьев на ЛЭП на разном расстоянии от опушки вдоль трасс ЛЭП и продуктопроводов.

На опушках вдоль ЛЭП количество деревьев без признаков ослабления варьирует от 10,0 до 50,0%; в глубине лесного массива – от 66,5 до 85,0%. В среднем по всем обследованным объектам – 39,5%. На опушках встречаются усыхающие и сухостойные деревья (в совокупности 3,1%), а на расстоянии 200 метров от опушки количество таких деревьев приближается к нулю (встречаются только единично). Индекс жизненного состояния варьирует от 65,2% до 93,2% (древостои «поврежденные», «ослабленные», «здоровые с признаками ослабления» и «здоровые»), а на расстоянии более 200 метров – от 88,0% до 98,5% (древостои «здоровые» или «здоровые с признаками ослабления»). В среднем по всем обследованным пробам индекс жизненного состояния на опушках составляет 77,2% (древостой «ослабленный»); в глубине лесного массива – 90,5% (древостой «здоровый»).

На опушках вдоль продуктопроводов количество деревьев без признаков ослабления варьирует по ЛПП от 42,9% до 61,9%; в глубине лесного массива – от 71,4% до 85,0%. Индекс жизненного состояния варьирует от 77,1% до 87,1% (древостои «ослабленные» и «здоровые с признаками ослабления»), а на расстоянии более 200 метров – от 83,3% до 94,0% (древостои «здоровые с признаками ослабления» и «здоровые»). В среднем по всем обследованным объектам индекс жизненного состояния древостоев на опушках – 79,9%; в глубине лесного массива (на расстоянии более 200 метров) – 88,7%.

Общее состояние древостоев на выбранных участках вдоль различных транспортных коммуникаций (ЛЭП и продуктопроводов) можно считать удовлетворительным. На всех обследованных участках особую тревогу вызывают лесные насаждения на опушках. Четко выражена тенденция на улучшение состояния древостоев и уменьшение степени дефолиации крон деревьев с удалением от опушки при распределении всей совокупности обследованных деревьев по степени дефолиации и категориям жизненного состояния (рисунок 2, таблица 1). По мере удаления от опушки, обращенной к трассе транспортной коммуникации, увеличивалась доля деревьев без признаков ослабления; при этом уменьшалось количество ослабленных и сильно ослабленных деревьев. Количество усыхающих деревьев наибольшее в опушечной зоне (до 5,0%), а по остальным зонам приблизительно одинаково и составляет 0,1–0,5%. Эта тенденция наблюдалась на всех ЛПП вне зависимости от положения трассы ЛЭП и нефтепровода относительно прилегающих насаждений.

Сравнивая состояние насаждений в 200-метровой зоне вдоль ЛЭП и продуктопроводов видно, что наихудшее состояние у прилегающих к трассе насаждений отмечалось вдоль ЛЭП. С нашей точки зрения ухудшения состояния древостоев на участках вдоль ЛЭП вызвано воздействием электромагнитного излучения.

Следует отметить, что различные типы экосистем в зонах влияния ЛЭП и трубопроводов по-разному реагируют на такое воздействие, что определяется их экологической чувствительностью и способностью к самовосстановлению. В первую очередь, проявляется воздействие экотонного эффекта, при котором увеличивается освещенность, изменяются режимы температуры, увлажнения и ветра, которые быстро снижаются от опушки в глубину массива. В отдельных случаях состояние насаждений внутри лесных массивов оказывалось даже хуже, чем в опушечной зоне, что связано с естественными процессами, наблюдающимися в лесах: в сосняках – корневая губка, пожары.

Состояние нижних ярусов лесной растительности

Оценка фитоценотической структуры лесов вдоль ЛЭП и нефтепровода показала, что растительный покров представляет собой мозаику растительных сообществ различного динамического статуса и генезиса. Среди представленных микрогруппировок выделяются категории коренных, мертвопокровных, производных демутуирующих, производных ди-

грессивных, синантропных. Соотношение различных категорий в сложении фитоценозов и их пространственное распределение на различном расстоянии от источника антропогенной нагрузки может отличаться на участках с различными условиями произрастания, исходной структурой сообществ, характером и интенсивностью воздействия. Поэтому детальный анализ современного состояния и реакции нижних ярусов растительности на изменение антропогенной нагрузки со стороны различных транспортных коммуникаций провели на уровне реорганизации живого напочвенного покрова с позиции расстояния, различий условий произрастания и положения насаждений относительно прилегающих трасс с различным характером воздействия.

Индикатором интенсивности воздействия на лесные экосистемы является увеличение доли растений, относящихся к сорной и луговой группе (сукцессионные категории). При участии коренных микрогруппировок в сложении фитоценозов менее 50% можно говорить о том, что лесные участки испытывают неблагоприятное внешнее воздействие такой интенсивности, которое может привести к распаду естественных фитоценологических связей и замене одних растительных сообществ другими.

На рисунке 3 отражено участие динамических категорий микрогруппировок в окрестности ЛЭП и газопровода. Микрогруппировки, по видовому составу доминантов соответствующих экологическим характеристикам данного типа леса, составляют 53% от общей площади в окрестности ЛЭП и 68,5% в окрестности газопровода. ЛПП, заложенная в сосняке орляковом в окрестности газопровода, характеризуется практически нарушенной структурой нижних ярусов лесного фитоценоза.

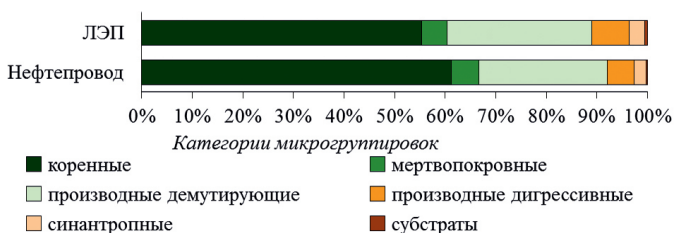


Рис. 3. Вклад (%) динамических категорий микрогруппировок в сложении лесных фитоценозов в окрестности ЛЭП и нефтепровода (среднее, в полосе 200 м).

Для оценки степени устойчивости лесных экосистем в зависимости от исходной структуры сообществ данные были сгруппированы по участкам различных типов леса и в зависимости от ширины безлесной полосы. Заметно, что наиболее трансформирована структура нижних ярусов ЛПП, заложенных вблизи ЛЭП в хвойных (сосновых и еловых) лесах, тогда как в лиственных доля коренных микрогруппировок составляет более 50%. Менее заметна разница в структуре растительности в зависимости от ширины безлесной полосы – при ширине безлесной полосы 50 м соотноше-

ние основных типов микрогруппировок следующее: доля коренных составляет 25%, производных демутирующих – 63%, дигрессивных – 10%, синантропных – 1%. При ширине безлесной полосы 100 м наблюдается следующее соотношение: доля коренных составляет 38%, производных демутирующих – 50%, дигрессивных – 8%, синантропных – 3%.

Результаты анализа соотношения микрогруппировок в лесном массиве при удалении от безлесной полосы ЛЭП показал, что здесь на всем протяжении преобладают производные демутирующие микрогруппировки, немногим меньше доля коренных. Дигрессивные процессы протекают повсеместно и связаны преимущественно с лесными опушками и лесными дорогами/тропами. Доля синантропной растительности приурочена в первую очередь к неблагоустроенным пикниковым полянам, расположенным в глубине лесных массивов, доступ к которым для местного населения облегчается по линии ЛЭП. Таким образом, можно констатировать, что имеет место как прямое, так и опосредованное воздействие ЛЭП на окружающую природную среду, выражающееся в трансформации нижних ярусов лесной растительности. Направленность процессов трансформации растительности не совсем благоприятна для лесных экосистем, при этом пока еще существует возможность восстановления коренной растительности при условии ослабления антропогенной нагрузки. Воздействие на лесные биогеоценозы в окрестности ЛЭП привело к началу перестройки фитоценотической организации структуры и пространственного распределения растительных сообществ.

Закключение. После строительства трасс коммуникаций (ЛЭП и продуктопроводов) через лесные массивы проявляется воздействие опушечного эффекта, при котором увеличивается освещенность, изменяются режимы температуры, увлажнения, ветровой режим, и которое быстро снижается от опушки в глубину массива. Воздействие на лесные биогеоценозы в окрестности ЛЭП и нефтепровода не вызывает четко выраженную перестройку фитоценотической организации структуры и пространственного распределения растительных сообществ. Степень трансформированности зависят от видовой и возрастной структуры сообществ, различий условий их произрастания и локальных факторов окружающей среды, а также от интенсивности других форм антропогенного и природного воздействия, которое зачастую косвенно связано с наличием электромагнитного излучения от ЛЭП.

В примыкающих к линейным коммуникациям лесах в связи с изменением режима освещенности наиболее существенно перестраиваются нижние ярусы лесных сообществ. Видимое воздействие строительства и эксплуатации ЛЭП и продуктопроводов на лесные массивы, распространяется до 50 м при удалении от опушки леса, то есть воздействие собственно транспортных коммуникаций на изменение фитоценотической структуры лесной растительности отмечено в рамках эффектов опушечных зон. В сочетании с серьезными техногенными нагрузками в результате эксплуатации объектов линейной инфраструктуры это спо-

способствует снижению устойчивости популяций отдельных видов растений и их сообществ, а в конечном итоге приводит к утрате стабильности экосистем.

Литература

1. Судник А.В., Вознячук И.П., Ефимова О.Е., Голушко Р.М. // Лесные ресурсы – Белорусское Полесье: Материалы Международной конференции молодых учёных, посвященной 90-летию Национальной академии наук Беларуси и Году малой родины (Гомель, 24–29 сентября 2018 г.) / НАН Беларуси, ГНПО НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, Ин-т леса НАН Беларуси. Гомель : ООО «Типография «Белдрук», 2018. С.121–124.
2. Неверов А.В., Варапаева О.А., Голденков А.А., Залыгина И.А. // Труды БГТУ. 2011. № 7, 2011. С. 96–101.
3. Экологическая безопасность магистральных трубопроводов в Беларуси. Обзор. Полоцк, Республика Беларусь, 2015 / Электронный ресурс. Дата доступа: 13.11.2020. Режим доступа: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2015/TEIA/Workshops/_RUS_ENVSEC_EE_pipelines_project_Assessment.pdf
- 4 Закон Республики Беларусь «О магистральном трубопроводном транспорте» № 87-З от 9.01.2002 г.
5. Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / под ред. А.В. Пугачевского. – И-т эксперим. ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси. Минск : Право и экономика, 2011. 165 с.
6. ICP Forests Manual URL: <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual> (дата обращения : 13.04.2020).
7. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь (утв. Постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь 19.12.2016 № 79). Мн., 2016. 21 с.
8. Алексеев В.А., Чертов О.Г., Сергейчик С.А. и др. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение (под ред. В. А. Алексеева; АН СССР, Ботанический ин-т им. В. Л. Комарова. Л. : Наука (Ленинградское отд.), 1990. 197 с.
9. Вознячук И.П., Пугачевский А.В. Диагностика состояния лесных сообществ в условиях антропогенного воздействия по структуре нижних ярусов растительности и ее динамике // Ботаника (исследования): сб.науч. трудов / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. Мн.: Право и экономика, 2006. Вып. 33. С. 60–69.

А. В. СУДНИК, И. П. ВОЗНЯЧУК, Р. М. ГОЛУШКО, О. Е. ЕФИМОВА СОСТОЯНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЭП И ПРОДУКТОПРОВОДОВ

Резюме

Дана оценки состояния лесной растительности вдоль трасс продуктопроводов и ЛЭП. В первую очередь, проявляется воздействие экотонного эффекта, при котором увеличивается освещенность, изменяются режим температуры, увлажнения и ветровой от опушки в глубину массива. Установлена тенденция на улучшение состояния древостоев с удалени-

ем от опушки. Количество усыхающих деревьев наибольшее в опушечной зоне (до 5,0%), а по остальным зонам приблизительно одинаково и составляет 0,1–0,5%. В среднем индекс жизненного состояния на опушках составляет 77,2–77,9%; в глубине лесного массива – 89,8–90,5%. Воздействие ЛЭП и продуктопроводов не вызывает четко выраженную перестройку фитоценотической организации структуры и пространственного распределения растительных сообществ. Видимое воздействие распространяется до 50 м при удалении от опушки леса, то есть воздействие отмечено в рамках эффектов опушечных зон. При сравнении состояния насаждений в 200-метровой зоне вдоль ЛЭП и продуктопроводов видно, что наихудшее состояние отмечалось в древостоях вдоль ЛЭП, что вызвано воздействием электромагнитного излучения.

A. V. SUDNIK, I. P. VOZNYACHUK, R. M. GOLUSHKO, O. E. EFIMOVA
STATE AND TRANSFORMATION OF FOREST VEGETATION IN AREA OF
IMPACT OF POWER LINE AND PRODUCT PIPELINES

Summary

An assessment of the state of forest vegetation along the routes of power line and product pipelines was carried out. The influence of the ecoton effect is manifested, in which the illumination increases, the temperature, moisture and wind regime changes from the edge in depth of the forest massif. A tendency of improve the condition of forest stands with distance from the forest edge was established. Quantity of dying trees is greatest in the edge zone (up to 5.0%), and in other zones amounts to 0.1–0.5%. On average, the vitality state index on edges is 77.2–77.9%; in the depths of the forest – 89.8–90.5%. The impact of power lines and product pipelines does not cause a clearly expressed restructuring of the phytocenotic organization of structure and spatial distribution of plant communities. The visible impact extends up to 50 m from the forest edge, that is, the impact is noted within the framework of edge zone effects. Comparing the state of plantings in a 200-meter zone along the power transmission line and product pipelines, it can be seen that the worst state was observed in the stands along the power line, which was caused by the effect of electromagnetic.

Поступила в редакцию 30.11.2020 г.

А. В. СУДНИК¹, А. П. ЯКОВЛЕВ², И. П. ВОЗНЯЧУК¹, А. Г. РЫБИНСКИЙ³
**РИСКИ СОЗДАНИЯ И ПОДХОДЫ К СОДЕРЖАНИЮ ЗЕЛЕННЫХ
НАСАЖДЕНИЙ ВДОЛЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

¹*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

²*Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск*

³*Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ»,
г. Минск*

Введение. Выгодное географическое положение Республики Беларусь, наличие современных мультимодальных транспортных коридоров, развитие экспорта транспортных услуг являются одними из основных составляющих стабильного развития экономики республики. На современном этапе особенно заметно проявляются развитие транспортной инфраструктуры республики и связанные с нею проблемы. Например, проблема последствий воздействия автомагистралей на придорожные экосистемы приобретает все большую актуальность в связи с бурным ростом парка автотранспорта, развитием инфраструктуры дорог, изменением технологий их содержания. Эксплуатация автодорог имеет различные последствия, в том числе, влияющие на состояние придорожных природно-растительных комплексов [1].

В условиях возрастающего антропогенного воздействия на окружающую среду, роста транспортных коммуникаций остро встала проблема устойчивости природных экосистем, проблема поддержания их структуры, функций, продукционного процесса и сохранения их биологического разнообразия. Негативные изменения экологической обстановки требуют разработки методов прогнозирования последствий неблагоприятных воздействий на природные экосистемы и комплекса адекватных управленческих решений, направленных на преодоление или минимизацию таких воздействий.

**Риски создания и подходы к содержанию зеленых насаждений
вдоль автомобильных дорог**

Основные риски создания и содержания зеленых насаждений вдоль автомобильных дорог обусловлены, в первую очередь, недостатком информации, которая должна быть учтена в проектной документации; организацией и качеством проведения работ по благоустройству и озеленению придорожных полос; отсутствием ухода за созданными насаждениями. При этом должны быть в обязательном порядке учтены: категория дороги; положение дороги в рельефе; расстояние от полотна дороги; крутизну и экспозицию склонов; различия почвенно-грунтовых условий; степень загрязнение почв; фитоценоотические особенности прилегающих биотопов; соблюдения требований озеленения; качественное содержание и уход; экстремальные проявления погодно-климатических факторов.

Данные положения определяют объем подготовительных работ, подбор ассортимента посадочного материала и комплекс агротехнических мероприятий посадки и ухода за озелененной территорией.

В качестве основных рисков создания и содержания зеленых насаждений вдоль автомобильных дорог могут быть обозначены:

1. Отсутствие учета категории и положения дороги в рельефе

Обязательно должны учитываться:

– *Категория дороги.*

Состояние древостоев вдоль автомобильных дорог зависит от нагрузки на дорогу, и в первую очередь, определяются ее пропускной способностью, интенсивностью движения транспортных средств и содержанием в зимний период. Как следствие, хуже всего состояние насаждений вдоль магистральных автодорог (наихудшее состояние древостоев вдоль самой нагруженной автодороги Беларуси – М9 (МКАД), существенно лучше состояние насаждений у дорог республиканского и местного значения [2,3].

– *Положение полотна дороги в рельефе.*

Степень повреждения насаждений зависит от их положения относительно полотна дороги: установлено, что лучше состояние у насаждений, расположенных выше полотна дороги (при прохождении дороги в выемке). Когда уровень почвы насаждений, прилегающих к дороге, находится на уровне ее полотна (дорога в нуле), состояние древостоев в опушечной зоне ухудшается. Но наиболее повреждены древостои на участках, где полотно дороги проходит выше поверхности почвы прилегающих к нему насаждений (при положении дороги в насыпи). Описанная зависимость объясняется высотой поднятия загрязняющих веществ (выбросов автотранспорта, содержащих ПГР взвесей) турбулентными потоками воздуха, создаваемыми движущимся транспортом [2,3]. Зависимость состояния насаждений на опушках лесных и защитных насаждений от положения дороги в рельефе характерна для дорог любого уровня. Кроме того, положение дороги влияет на водный режим и физико-химические характеристики почв, что определяет эколого-фитоценоотические особенности придорожной растительности.

– *Расстояние от полотна дороги до опушки насаждений.*

Проведенный множественный корреляционный анализ зависимости состояния древостоев от положения дороги относительно прилегающих территорий, удаления от полотна дороги и интенсивности движения транспортных средств показал наличие линейной связи между этими показателями (коэффициент множественной корреляции равен 0,85) [4]. В большей степени повреждены деревья, подрост и подлесок в непосредственной близости (3–20 м) от автодорог.

– *Крутизна и экспозиция склонов.*

Видовой состав и состояние насаждений определяются экспозицией склона относительно сторон горизонта и углом наклона склона относительно дороги. Состояние насаждений на стороне склона экспонируемого солнцу (восточная и северная стороны склонов) по сравнению

с неэкспонированной солнцу (южная и западная стороны склонов), как правило, хуже [5]. Чем круче склон – тем хуже приживаемость, определяемой недостатком влаги в поверхностном слое почвы и ухудшением почвенных характеристик.

2. Отсутствие предварительного обследования территорий, на которых будут создаваться насаждения

Обязательно должно быть проведено обследование:

– *Почвенно-грунтовых условий.*

Перед проведением посадки растений в обязательном порядке должны быть определены физические свойства почв, мощность плодородного слоя, характер увлажнения и т.д. Плодородие почв должно соответствовать следующим показателям [7]:

а) плотность не более 20 кг/см^2 ;

б) по структуре размеры комков не менее 0,5–1,0 мм;

в) наличие элементов питания (гумуса – не менее 2,5%, азота – не менее 60 мг/100 г сухой почвы, подвижных форм фосфора в пересчете на P_2O_5 , и обменного калия в пересчете на K_2O – не менее 100 мг/100 воздушно сухой почвы соответственно;

г) кислотность почв (pH) от 5,5 до 6,2 (для хвойных 4,5–5,0).

– *На загрязнение почвогрунта тяжелыми металлами и компонентами противогололедных реагентов (далее – ПГР).*

При эксплуатации автомобильной дороги придорожные территории подвергаются влиянию загрязнения, связанного с работой двигателей внутреннего сгорания транспортных средств и содержанием дорог [8]. Транспортное загрязнение характеризуется следующими комплексами поллютантов: 1) компоненты ПГР; 2) выбросы автотранспорта; 3) продукты выветривания дорожных материалов, маркировочных красящих веществ, частиц металлов, красок, перевозимых сыпучих грузов, горюче-смазочных материалов и пр. В последние годы отмечается особенно интенсивный рост загрязнений из-за увеличения интенсивности движения автотранспорта и объемов применения ПГР.

В Республике Беларусь в качестве ПГР используется соль техническая галит, на 96–98% состоящая из хлорида натрия (NaCl). При этом на отдельных участках автомобильных дорог нормы внесения ПГР превышены в 2 и более раз. Использование поваренной соли в качестве ПГР, в особенности с превышением предельных норм и в сочетании с другими негативными факторами, как связанными, так и не связанными с эксплуатацией дорог, неизбежно ведет к ослаблению и деградации придорожных экосистем.

Загрязнение растительности вблизи автомагистралей происходит преимущественно аэральным путем [9, 10]. Растительный покров, в первую очередь поверхность листьев и хвои, является начальным акцептором аэрального потока элементов. Воздушные потоки при обтекании растений и их органов разделяются, а содержащиеся в них твердые частицы, в силу инерции продолжая прямолинейное движение, ударяются о поверхность

растений. Происходит импакция (влипание) частиц в растение. Таким образом, хвоя и листья служат фильтром аэрозольных частиц.

Солевые компоненты ПГР (ионы натрия и хлора) в больших концентрациях токсичны для всех компонентов биогеоценозов. Внедрение их в биоцикл придорожных насаждений происходит при попадании в виде аэрозолей при движении транспорта и непосредственно при уборке снега. На поверхность деревьев соль попадает в результате разбрызгивания автомобилями талых вод и мокрого снега, насыщенных растворами и кристаллами солей. Турбулентные потоки воздуха, создаваемые при движении транспорта, способствуют распространению водно-солевых аэрозолей вверх, и их оседанию на хвое и побегах деревьев (высота повреждения кроны деревьев в среднем достигает 15–17 м над уровнем полотна дороги). Большая часть их смывается и попадает в почву, вызывая ее засоление [8–10].

Осевшая на хвое и побегах соль вызывает их обезвоживание, а при проникновении в ткани – повреждение. Отличительной особенностью отрицательного воздействия ПГР на состояние лиственных деревьев и кустарников, произрастающих вдоль автодорог, состоит в повреждении вегетативных почек, а не листьев. Это приводит к образованию «розоватости» вегетативных побегов [11]. Воздействие хлоридов проявляется также в биохимических нарушениях процессов ассимиляции и метаболизма в клетках растений, отмирании ткани и блокировке проводящих путей, что ведет к ослаблению и гибели растения.

Борьба с наледью на автомагистралях также является источником загрязнения почв, изменяющим уровень кислотности, ионообменные свойства органогенных горизонтов, изменения характера естественных миграционных потоков элементов в системе «почва-растение», что в конечном итоге приводит к засолению почв [8, 11]. Хлориды, за счет повышения их концентрации в почвенно-поглощающем комплексе, приводят к увеличению осмотического давления и затрудняют поступление воды и питательных веществ в растения даже при наличии доступной влаги. Увеличение содержания хлоридов оказывает отрицательное действие на активность почвенной микрофлоры и вызывает ее частичную гибель, с чем связано уменьшение ферментативной активности лесной подстилки и дернины. Засоление почв особенно опасно в понижениях, где скапливаются большие объемы засоленных вод. Изменение концентрации в почве отдельных ионов способствует их поступлению по стволам деревьев и накоплению в листьях.

Внесение ПГР – причина не только засоления почв, но и формирования их солонцеватости – нового процесса для почвообразования в посадках вдоль дорог. Подсолонцовывание почв происходит в результате периодической смены процессов засоления (весной) и рассоления (летом). Сезонная динамика накопления остаточных количеств ПГР в почве имеет 2 выраженных пика: в апреле и июле [2, 11]. Вследствие этого, содержание обменного натрия в почвах растет.

В случае высоких показателей загрязненности почвы остаточными количествами противогололедных материалов обязательна замена почвогрунта или обильная его промывка.

– На загрязнение почвогрунта семенами инвазивных видов растений и степени задернения почвы.

Дороги способствуют распространению и натурализации инвазивной и сорной флоры, располагая ее переходу из нарушенных мест в культурные сообщества и дестабилизации естественного растительного покрова, создаются условия для проникновения в естественные фитоценозы инвазивных видов растений. При наличии инвазионных видов в составе придорожных растительных сообществ озеленение проводят только после проведения мероприятий по их уничтожению. При этом следует [6, 7]:

- обязательно проверять почвогрунт на наличие семян инвазивных видов растений;

- запрещается использовать при озеленении почвогрунт при наличии в нем семян борщевика Сосновского;

- высаживать заселенные видами-агрессорами площади в период цветения растений (конец июня-июль) и вторично в период массового цветения до момента образования плодов, при необходимости корчевание, вырубка;

- обрабатывать гербицидами участки, где инвазивный вид получил массовое распространение и где сложно проводить кошение.

- подсевать злаковые культуры (щучка дернистая, мятлик луговой), с которыми вид относительно слабо конкурирует.

- *Фитоценоотические особенности прилегающих биотопов.*

Проектирование мероприятий по озеленению следует проводить после инвентаризации территорий озеленения, с учетом существующей растительности. Особенную ценность представляют отдельно стоящие крупные деревья или их группы, а также виды травянистой растительности, отличающиеся декоративными характеристиками, относящиеся к редким и охраняемым. При отсутствии инвентаризации существующей растительности и тотальном озеленении могут быть безвозвратно потеряны популяции редких и охраняемых видов. Экономически выгоднее сохранять и поддерживать существующие качественные естественные растительные сообщества.

3. Несоблюдение сроков посадки.

Сроки проведения посадочных работ зависят от климатических и погодных условий, возраста, состояния посадочного материала и наличия/отсутствия кома земли на корневых системах (закрытая или открытая корневая системы). При посадке с открытой корневой системой во избежание повреждения свежевывсаженных растений компонентами ПГР рекомендуется практиковать исключительно **весеннюю посадку деревьев и кустарников** [6, 7, 12]. Оптимальные сроки посадок весной, сразу же после оттаивания почвы, когда возможна ее обработка, и в максимально сжатые сроки – 15–20 дней, до распускания листьев. При посадке растений с закрытой корневой системой допускается посадка в осенний период.

4. Несоблюдение агротехнических требований к подготовке почвы.

Подготовку почвы на участке озеленения следует проводить на основе анализа агрохимических характеристик верхнего корнеобитаемого слоя почвогрунта (0–25 см) и завозимой растительной земли:

– на чисто песчаных участках посадочные ямы под деревья заполнять растительным грунтом полностью. На старопахотных и луговых участках проводить лишь рыхление верхнего слоя почвы. На засоренных почвах необходимо заблаговременно провести в качестве мероприятия по борьбе с сорняками многократную культивацию, внесение гербицидов и др.;

– для нейтрализации избыточной кислотности в почву вносить известь, доломитовую муку, мел, древесную золу и другие материалы в количествах в зависимости от степени кислотности почв;

– избыточно-щелочные почвы промывать водой в количестве 100–150 л/м² и вносить кислые удобрения: сернокислый аммоний, сернокислый магний или гипс (при pH > 8) из расчета 0,3 кг/м² с обязательной заделкой в почву;

– проводить гипсование зеленых насаждений вдоль автодорог с целью предотвращения выщелачивания почв и повышения устойчивости насаждений к неблагоприятному влиянию соляного загрязнения;

– в случае высоких показателей загрязненности почвы остаточными количествами противоголодных материалов обязательна замена почвогрунта или обильная его промывка.

5. Несоблюдение агротехнических требований к посадке.

Для повышения приживаемости посаженных деревьев и кустарников должны выполняться следующие требования [6, 7]:

– производить тщательный отбор здорового посадочного материала;

– проводить проверку посадочного материала (саженцев деревьев и кустарников и др.) на соответствие требованиям по качеству и параметрам, установленным государственными стандартами. В зависимости от значений указанных характеристик для саженцев деревьев и кустарников (открытая или закрытая корневая система) выкапываются разные по размеру посадочные места (ямы, котлованы, траншеи и др.).

– технология посадок должна включать как обязательный элемент заполнение посадочной ямы водой;

– при посадке деревьев и кустарников на глинистых и суглинистых почвах в ямы следует добавлять песок, что способствует большей водопроницаемости, а, следовательно, лучшей вымываемости солей;

– при посадке саженцев с комом земли ширина посадочной ямы должна быть больше кома земли саженца на 60–80 см, глубина – на 30–40 см для заполнения пространства между стенками, дном ямы и комом. При посадке деревьев с оголенной корневой системой необходимо следить, чтобы корни растений были расправлены, грунт вокруг саженца должен быть уплотнен, а корневая шейка после посадки дерева должна быть на 2–3 см выше уровня ямы. После посадки обязательны полив растений. Примерная норма полива – 25 л воды на дерево и 12 л – на куст;

– при подготовке посадочного места его дно следует разрыхлить на глубину 10–15 см, а затем уложить на него слой из крупнозернистого песка или щебня толщиной 15–25 см с целью обеспечения дренажа

почвогрунта, прерывания капиллярного подъема минерализованных растворов к корням растений и поверхности почвы, а также с целью изоляции корней высаживаемых растений от контакта с неблагоприятными грунтами и водами. При рытье ям или траншей верхний слой почвы складывают отдельно для приготовления растительного грунта путем смешивания его с торфом и удобрениями, а нижние слои, бедные питательными веществами, вывозятся с участка. При проведении посадок на магистралях с интенсивным движением замена грунтов должна производиться полностью;

- при посадке саженцев с открытой корневой системой корни должны быть упакованы, находиться во влажном состоянии до момента посадки. Поврежденную часть корневой системы необходимо срезать до здоровой ткани. Корни саженцев при посадке обмакивать в глиняную болтушку на основе водных растворов стимуляторов роста. При посадке саженцев с упакованным комом упаковку следует удалять только после окончательной установки саженцев в посадочное место. При малосвязанном грунте земляного кома мягкая упаковка не извлекается. При посадке деревьев с комом земли на месте выкопки растений корни подрезают и смачивают сметанообразной «болтушкой» из земли и глины с добавлением водного раствора стимулятора роста (гетероауксин – 0,001 %);

- после посадки почву вокруг растений в пределах посадочного места необходимо полить раствором стимулятора роста. Полив после внесения стимуляторов осуществляют не ранее чем через 4–5 дней. Эффективными средствами при посадках в неблагоприятных условиях среды должны явиться также препараты – активаторы роста корневых систем растений – гербамин, гумат натрия, гумат калия, гетероауксин;

- во время посадки необходимо следить за заполнением грунтом пустот между комом земли или корнями высаживаемых растений. Высота установки саженцев в яму или траншею должна обеспечить положение корневой шейки на уровне поверхности земли после осадки грунта;

- по окончании засыпки земли устраивается лунка площадью, равной площади сечения посадочной ямы и земляного валика, с целью устранения растекания воды при поливе;

- после устройства лунки с валиком проводится полив растений до насыщения посадочного места влагой, устраняются «промоины», подсыпается недостающая земля, чтобы рыхлая почва осела и хорошо прилипла к корням. Поэтому деревья после посадки поливают даже в дождливую погоду. Когда вода впитается в землю, производится мульчирование поверхности лунки торфокрошкой слоем до 4 см или древесной щепой слоем до 10 см для удержания влаги в корнеобитаемом слое и предупреждения образования корки на поверхности почвы. В качестве «мульчирующего материала» можно использовать также земельную смесь с крупнозернистым песком, дробленую кору и др.

- в придорожных посадках необходимо добавление 10–12 кг навоза или компоста и 180–220 г комплексных минеральных удобрений из расчета на 1 м³ объема ямы;

– для приведения в соответствие с объемом корневой системой производить обрезку части кроны: верхние боковые сильно развитые побеги подрезать на 1/2 длины, а нижние и более слабые ветви – на 1/3;

– для предохранения дерева от вредного расшатывания ветром в процессе приживаемости его после посадки закрепляют растяжками. При этом ствол должен быть обернут мешковиной. Одно дерево укреплять при помощи трех-четырех проволочных или других растяжек. Саженьцы кустарников, за исключением штамбовых форм, не привязываются и не укрепляются.

– создание устойчивого травяного покрова достигается посевом многолетних трав или дерновкой. Применяют корневищные, корневищно-рыхлокустовые и рыхлокустовые многолетние злаковые травы, образующие прочную дернину. К числу наиболее эффективных относятся травы: овсяница луговая и красная, райграс пастбищный и многоукосный, мятлик луговой и обыкновенный, полевица белая, обыкновенная и побегоносная, донник белый и желтый, костер безостый и др. Наиболее устойчивый газон дает смесь из 3–4 трав. Площади, подлежащие задержению, должны быть выровнены, вспаханы на глубину 25–27 см; внесены удобрения. Посев должен проводиться весной в безветренную погоду. Глубина заделки 0,5–2 см (в зависимости от крупности семян). Норма высева около 100 кг/га. При содержании газонов в зонах наибольшего попадания солей необходимо 2–3 раза в месяц проводить полив (20–30 л/м²);

– в местах интенсивного вытаптывания газонной растительности необходимо проводить посев видов, устойчивых к вытаптыванию (овсяница овечья, луговик дернистый, белоус и др.).

6. Использование ассортимента, неустойчивого к загрязнению компонентами противогололедных реагентов.

При создании зеленых насаждений вдоль автомобильных дорог следует отдавать предпочтение тем породам, которые соответствуют условиям климата и почвенной среды конкретного местоположения и устойчивых к техногенным выбросам и засолению почв [6, 7]:

– на придорожных территориях следует перейти к возделыванию газо- и солеустойчивых древесно-кустарниковых насаждений;

– подбор древесных пород проводить в зависимости от условий произрастания;

– липа мелколистная является породой, неустойчивой к воздействию солевого загрязнения, связанного с противогололедными реагентами. Рекомендуется защищать стволы в зимнее время от попадания солей и постепенно выводить липу мелколистную из состава зеленых насаждений вдоль автомобильных дорог;

– одним из рациональных путей решения проблемы засоления прилегающих к автодорогам зеленых насаждений является подбор ассортимента представителей дикорастущих и культивируемых видов деревьев и кустарников флоры Беларуси, используемых при озеленении дорог и населенных пунктов, способных выдерживать усиливающуюся негативную антропогенную нагрузку, в том числе соляное загрязнение. В ни-

жеприведенном списке приведены дикорастущие и культивируемые виды деревьев и кустарников, которые можно использовать при озеленении дорог. Виды расположены в систематическом порядке с указанием их солеустойчивости [13]. Солеустойчивость означает степень устойчивости к повышенному содержанию солей в почве и попаданию их на растения. По этому признаку выделены следующие категории:

– сильноустойчивые к соляному загрязнению: аморфа кустарниковая; боярышники колючий и кроваво-красный; вяз малый; гледичия трехколючковая; ива вавилонская; клен Гиннала; лох узколистный; свидина кроваво-красная; тамариксы изящный, мелкоцветковый, развесистый, Хохенакера; тополя бальзамический, Болле, Жака, черный (особенно пирамидальная форма); шелковица белая; шиповник морщинистый; в том числе виды, проявляющие склонность к инвазиям, использование которых ограничено: арония черноплодная, дуб красный, карагана древовидная (акация желтая), облепиха обыкновенная, пузыреплодник калинолистный, робиния ложноакациевая (акация белая), свидина побегообразующая, тополь белый.

– среднеустойчивые к соляному загрязнению: бересклет бородавчатый; барбарис Тунберга; береза маньчжурская; бук лесной; вяза гладкий, равнинный, шершавый; дуб черешчатый; жимолость татарская; ивы ломкая и белая; кизил обыкновенный; кизильник блестящий; клены полевой, татарский, серебристый, остролистный; крушина слабительная; лох смешиваемый; миндаль низкий; осина; рябина обыкновенная; скумпия обыкновенная; сирень обыкновенная; слива приземистая; смородина золотистая; смородина черная; сосна обыкновенная; сосна черная альпийская; сумах уксусный; тополя гибридный, дельтовидный, канадский, Симона; шиповники коричноморщинистый, майский (коричный), сизый, Шерарда; форзиция европейская, ясень пенсильванский.

7. Отсутствие поливов.

Одной из основных причин гибели свежевывсаженных растений является отсутствие полива. В обязательном порядке для повышения приживаемости растений, особенно в первые 1–2 года жизни должны выполняться следующие требования [6, 7, 12]:

– контроль за выпадением осадков, при отсутствии осадков проводить ранневесенние поливы обочин дорог и насаждений сразу после схода снега, чтобы ускорить промывку корнеобитаемого слоя почвы и самих деревьев от солей;

– полив деревьев производить из расчета 30 л на 1 м² на почвах легкого механического состава и до 50 л – на почвах тяжелого механического состава, при этом кратность поливов на песчаных и супесчаных почвах должна быть выше, чем на глинистых и суглинистых, но не менее 2–3 раз за период вегетации;

– деревья возрастом менее 15 лет в сухую и жаркую погоду следует поливать до 5 раз в вегетационный сезон;

– полив кустарников проводить не менее 3–4 раз за сезон с нормой полива 20–25 л/м²;

– для смыва осевшей на листьях и хвое грязи и пыли необходимо проводить дождевание и обмыв крон деревьев и кустарников, особенно в жаркие дни, из расчета 2–3 л воды на 1 м² поверхности кроны растения. Обмыв крон производится с применением 0,1–0,2%-ных растворов различных моющих средств в воде (зеленое мыло или любые стиральные порошки, не содержащие отбеливающих компонентов);

– дождевание и обмыв крон следует проводить в ранние утренние часы (не позднее 8–9 ч) или вечером (после 18–19 ч). Кратность обработок зависит от категории зеленых насаждений, содержания пыли и грязи на листьях, хвое и побегах, но не менее 2–4 раз за сезон.

8. Отсутствие подкормок растений.

Для повышения приживаемости и ускорения роста растений должна проводиться их подкормка [11, 12]:

– подкормку деревьев и кустарников осуществлять путем внесения в почву минеральных удобрений из расчета г действующего вещества на 1 м² площади питания:

а) лиственные – по 30 г N и P₂O₅, 40 г K₂O

б) хвойные – 12,5 г N, по 10 г P₂O₅ и K₂O

в) кустарники – по 5–7 г N и P₂O₅, 6–8 г K₂O;

– минеральные удобрения при корневых подкормках вносить одним из четырех способов: равномерное разбрасывание удобрений с последующей заделкой в почву; заделывание удобрений в канаву глубиной 20–30 см, вырытую по периферии кроны или по краю лунки; внесение удобрений в шурфы или скважины, расположенные на всей площади проекции кроны, на глубину 30–40 см на расстоянии 100 см от ствола и 50–70 см друг от друга; полив растворами минеральных удобрений (расход жидкости как при нормальном поливе), оптимальные концентрации для большинства древесных видов составляют: аммиачная селитра – 2, суперфосфат – 5, калий сернокислый – 2 г/л;

– для лучшего развития растений можно использовать органоминеральную смесь (%): компост – 65, аммиачная селитра – 10, суперфосфат – 20, сернокислый калий – 5; если компост отсутствует, то можно применить обычную растительную землю в смеси с торфом и минеральными удобрениями. Такая торфо-минеральная смесь будет стимулировать процесс корнеобразования после посадки;

– подкормку насаждений органическими удобрениями производить 1 раз в 2–3 года путем внесения до 4 кг/м компостов с заделкой их в почву на глубину до 10 см;

– повышение жизнедеятельности растений в неблагоприятных условиях вдоль автодорог возможно с помощью внесения стимуляторов роста в рекомендуемых концентрациях. Внесение стимуляторов производить одновременно с внесением минеральных удобрений;

– некорневую подкормку деревьев и кустарников, которая основана на поглощении листьями (хвоей) макро- и микроэлементов, целесообразно сочетать с обмывом крон. Раствор минеральных удобрений (из расчета

г/10 л воды): аммиачной селитры – 10–20, мочевины – 10–20, суперфосфата – 30–60 (двойной) и 50–100 (одинарный), калийных – 10–20. Кратность 1–2 раза за сезон в период интенсивного роста ассимиляционного аппарата;

– при некорневых обработках хвойных пород в растворы макроудобрений следует добавлять микроэлементы, содержание которых в растениях часто бывает недостаточным. Микроудобрения применять в следующих количествах (г/10 л воды): борная кислота – 1,5, сернокислый магний 10 и молибденовокислый аммоний – 6 по препарату;

9. Отсутствие ухода.

За созданными зелеными насаждениями в обязательном порядке должна быть организована система ухода [12]:

– уход проводят во всех насаждениях с целью повышения плотности, снегосборности и продления срока их службы за счет порослевого возобновления на основании проектов, разрабатываемых специалистами дорожных или лесоустроительных организаций. В исключительных случаях при наличии положительного опыта рубки ухода могут проводиться без разработки проектов;

– уход необходимо проводить одновременно по всей ширине насаждений. Рубка одного или двух рядов не допускается;

– при санитарной обрезке кроны производить удаление старых, больных, усыхающих и поврежденных ветвей, а также ветвей, направленных внутрь кроны или сближенных друг с другом. Обязательному удалению подлежат также побеги, отходящие от центрального ствола вверх под острым углом или вертикально (исключая пирамидальные формы), во избежание их обламывания и образования ран на стволе;

– обрезка больных и сухих сучьев проводится до здорового места, при этом ветви удаляются на кольцо у самого их основания, а побеги – над «наружной» почкой, не задевая ее;

– сразу после обрезки все раны диаметром более 3 см необходимо замазать садовым варом или закрасить масляной краской на натуральной олифе. У хвойных деревьев, обильно выделяющих смолу, раны не замазываются;

– проведение санитарно-оздоровительных мероприятий по мере возникновения необходимости в них по возможности должны осуществляться оперативно. Одним из наиболее важных мероприятий этого направления является очистка насаждений от мусора, а также предотвращение их засорения путем проведения профилактических мероприятий;

– по возможности предусмотреть защитные мероприятия в зимний период, в результате которых солевые компоненты противогололедных реагентов не попадут на растения и в почву (например, газоны застилать полиэтиленовой пленкой со слоем опилок, которые весной, после схода снега, удалять);

– для снижения развития фитоповреждений опрыскивание по спящим почкам железным или медным купоросом ранней весной;

– борьба с вредителями и болезнями осуществляется путем проведения систематического надзора, а также профилактического и истребительного опрыскивания. При этом главной задачей дорожной службы является содержание насаждений в хорошем санитарном состоянии, а также обеспечение профилактической обработки насаждений, которая должна выполняться станциями защиты растений;

– обработка в период вегетации системными фунгицидами (фундазол, вектра, картоцид, байлетон, топсин по вегетирующей массе в мае-июне с интервалом 10–14 дней; первое опрыскивание – профилактическое, осуществляется до появления первых признаков заражения. Следующая обработка производится через 10–14 дней, далее препараты применяются по мере необходимости в случае появления признаков болезни. Рекомендуемая норма расхода 0,4–0,6 л/га.) и биопрепаратами фунгицидного действия (фитоспорин (5 г/10 л воды), Агат, Алирин-Б, Гамаир; Эпин, Циркон, Экогель-Антистресс);

– с целью восстановления почвы от засоления можно использовать российский препарат «Восстановитель Почвы «Биофорт»;

– снос насаждений должен производиться при наличии разрешительных документов и проведении компенсационных мероприятий по воспроизводству объектов растительного мира в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь;

– при газонокосении тримерами часто повреждаются стволы деревьев и кустарников. Рекомендуется проводить работы более аккуратно и защищать стволы в первую очередь молодых саженцев.

10. Экстремальные проявления погодно-климатических факторов

Качество природных сред, степень последствий проявления воздействия дороги на растительность придорожных полос определяются, в основном, двумя группами факторов: комплексом антропогенного воздействия (масштаб, структура и режим загрязнения) и природными условиями, способными усилить или ослабить это воздействие.

К экстремальным погодным условиям относятся: продолжительные засухи в период вегетации, отсутствие снежного покрова, грозы, порывистые, шквалистые ветра. Примером может служить ранняя теплая весна и долгое отсутствие атмосферных осадков, что приводит к повреждению распускающихся почек, и сказывается на ухудшении состояния произрастающих на опушках насаждений. Утрата 25–70 % ассимиляционного аппарата, неизбежно ведет к общему ослаблению насаждений и снижению их устойчивости.

11. Применение типовой схемы создания насаждений на всех участках автодорог.

Недопустимо применение типовой схемы озеленения для всех дорог без учета всех вышеперечисленных положений. Игнорирование научно-обоснованных подходов к предварительному обследованию и анализу территории, регламенту озеленения, организации уходов повышает ри-

ски потерь посадочного материала, увеличивает затраты на содержание придорожных полос [7].

12. Отсутствие альтернативных подходов к озеленению

В настоящее время в мировой практике озеленения приоритеты сдвигаются в сторону сохранения естественных экосистем, а не создания искусственных. Зарубежный опыт и оригинальные исследования показали, что вдоль дорог сохраняется высокий, в т.ч. адаптационный потенциал природной флоры, способный при изменении режима кошения, сформировать устойчивые растительные сообщества и повысить эстетику и биоразнообразие придорожных территорий. Благодаря многообразию составляющих видов, адаптированных в ходе совместной эволюции, естественные экосистемы способны к саморегуляции, развитию и самовосстановлению.

Для внедрения данной стратегии необходимо адаптивное использование существующих технологий управления придорожными экосистемами, в основе которых акцент приоритетов будет направлен на сохранение, восстановление и формирование естественных травянистых сообществ из видов природной декоративной флоры.

Реализация стратегии способствует:

- выполнению международных обязательств Республики Беларусь по природоохранным Конвенциям,
- повышению эстетичности придорожных территорий,
- повышению биологического разнообразия и устойчивости придорожных экосистем, контроль эрозии склонов (генотипы природной флоры, используемые при озеленении, являются наиболее устойчивыми к условиям конкретной территории и болезням, естественные биоценозы и экосистемы способны к саморегуляции и самовосстановлению, не требуют значительных затрат по дополнительному уходу (полива, прополки, внесения удобрений и пр.);
- существенное снижение затрат человеческого и материального ресурсов на содержание придорожных полос (сокращение кошения с 3-х до 1 раза в год, площади кошения с 3 га до 0,3 га на 1 км), высвобождение/перераспределение средств как на природоохранные мероприятия, так и на восстановление/формирование растительных сообществ при необходимости (сохранение и поддержание естественных экотопов является существенно менее экономически затратным в сравнении с вкладом в их формирование);
- достижению экономического эффекта при сохранении и поддержании существующих качественных естественных растительных сообществ над восстановлением при их деградации и экологического эффекта при восстановлении редких природных экосистем.

Реализация концепции предусматривает разработку ассортимента аборигенных видов растений, которые могут быть внедрены при озеленении придорожных территорий (как существующих дорог, так и при прокладке новых магистралей) с учетом их локальных геоботанических и эдафических особенностей, создание банка семян травосмеси, формирование естественных генетических резерватов (полевых банков) луго-

вой флоры для каждого геоботанического округа для сохранения экосистемного и генетического соответствия.

Важно изучить возможность применения иных методов защиты древесных насаждений от воздействия агрессивных реагентов в осенне-зимний период, таких как [3, 6]:

- применение альтернативных, менее агрессивных в отношении природной растительности, ПГР (например, хлористого кальция);
- применение защитных составов для поздней осенней обработки крон деревьев и кустарников вдоль магистральных автодорог от воздействия агрессивных водно-солевых воздушных взвесей;
- использование в опушках на наиболее опасных участках автомагистралей защитных экранов;
- использование в опушках на наиболее опасных участках автомагистралей 1–2 рядов искусственных деревьев для защиты лесных массивов от воздействия соляных взвесей;
- развитие системы озеленения через формирование травянистых растительных сообществ высокой ботанической и эстетической ценности на основе использования методов сохранения, восстановления и «внедрения» декоративных видов природной флоры.

Заключение. Современное состояние создаваемых и существующих насаждений вдоль автомобильных дорог убеждает в необходимости использования научно-обоснованных подходов в системе озеленения. Проведен анализ основных рисков создания и подходов к содержанию искусственных насаждений, основанных на результатах многолетних исследований состояния и трансформации растительных сообществ вдоль автомобильных дорог. Отмечены ключевые положения, которые необходимо учитывать при разработке проектной документации при строительстве и реконструкции автомобильных дорог.

Литература

1. Судник А.В., Новицкий Р.В. Воздействие автомобильных дорог на природно-растительные комплексы и животный мир Беларуси: состояние, реальные и потенциальные угрозы, мониторинг // Материалы научно-технической конференции, посвященной 50-летию РУП «БелдорНИИ». Минск, 25–26 окт. 2012. С. 223–228.
2. Судник А.В., Голушко Р.В. Состояние лесных и защитных древесных насаждений вдоль автомобильных дорог в Беларуси (по данным мониторинговых наблюдений) // Маніторынг і ацэнка стану расліннага свету: Матэрыялы V Міжнароднай навуковай канферэнцыі. Мінск - Белавежская пушча, 8-12 кастрычніка 2018 г. Мн. : «Колорград», 2018. С.192–194.
3. Sudnik A.V., Vozniachuk I.P. State of forest ecosystems in the zone of influence of roads in Belarus // ENVIROAD 2009. II International Conference Environmentally Friendly Roads. October 15-16, 2009 / Road & Bridge Research Institute – Warsaw, 2009. 10 p.
4. Судник А.В. Анализ корреляционной зависимости состояния древостоев в опушечной полосе от нагрузки на автодорогах // Леса Евразии – Северный Кавказ:

Матер. VIII Междун. конф. молод. учёных, посвящ. 270-летию А.Т.Болотова: Т.1. – Сочи, Краснодарский край, 6-12 октября 2008 г. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. С. 84–88.

5. Судник А.В., Рыбинский А.Г. Критерии и шкала потенциального воздействия строительства и содержания автомобильных дорог на придорожные насаждения // Автомобильные дороги и мосты. 2020. №1 (25). С. 6–15.

6. Судник А.В. Разработка комплекса мер по минимизации воздействия строительства и содержания автодорог на растительность придорожных территорий // Сборник научных трудов «Природные ресурсы и окружающая среда». Мн. : «Беларуская навука», 2016. С. 113–117.

7. Судник А.В., Яковлев А.П. Типовая схема проектирования мероприятий по минимизации воздействия автомобильных дорог на растительность придорожных территорий // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов : Материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения академика Н.В.Смольского (7-9 октября 2015 г., Минск, Беларусь). В 2 ч. Ч.1 / Нац. акад. наук Беларусь [и др.]; редкол.: В.В.Титок [и др.]. Мн. : Конфидо, 2015. С. 203–208.

8. Судник А.В., Вознячук И.П. // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 6. С. 83–95.

9. Судник А.В., Ефимова О.Е. // Леса Евразии – Польские леса: Матер. IX Междун. конф. молод. учёных, Курник, Польша, 24–30 мая 2009 г. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. – С. 90–92.

10. Бельков М.В. Лазерный атомно-эмиссионный анализ аэрального загрязнения зеленых насаждений противогололедными реагентами / М.В. Бельков [и др.] // Прикладная спектроскопия. – 2010. – Т.77, № 2 – С. 292–298.

11. Яковлев А.П., Судник А.В. Влияние солевых реагентов на экологическое состояние почвы и растений в городской среде // Состояние и перспективы развития зеленого строительства в Республике Беларусь : тез. Респ. науч.-практ. семинара (г. Минск, 26–27 апреля 2018 г.) / НАН Беларуси; ЦБС НАН Б ; редкол.: В. В. Титок [и др.]. – Мн. : Медисонт, 2018. – С. 212–215.

12. ТКП 337-2017 (33200). Автомобильные дороги. Правила благоустройства и озеленения. – Мн. : М-во транспорта и коммуникаций РБ, 2017. – 60 с.

13. Судник А.В., Яковлев А.П., Скуратович А.Н. Ассортимент древесно-кустарниковых растений, устойчивых к загрязнению противогололедными // Актуальные проблемы развития лесного комплекса и ландшафтной архитектуры: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 6–7 апреля 2016 г.) / отв. ред. А.В. Скок; М-во образования Рос. Федерации, Брян. гос. инженер.-технол. ун-т. – Брянск, 2016. – С. 288–293.

А. В. СУДНИК, А. П. ЯКОВЛЕВ, И. П. ВОЗНЯЧУК, А. Г. РЫБИНСКИЙ РИСКИ СОЗДАНИЯ И ПОДХОДЫ К СОДЕРЖАНИЮ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ВДОЛЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Резюме

В статье обсуждаются основные риски создания и подходов к содержанию искусственных насаждений, основанные на результатах многолетних исследований состояния

и трансформации растительных сообществ вдоль автомобильных дорог. Отмечены ключевые положения, которые необходимо учитывать при разработке проектной документации. Подчеркнута необходимость в предварительной инвентаризации и анализе экологических характеристик территории озеленения для оптимизации подходов с учетом выявленных рисков. Представлен альтернативный подход в озеленении, направленный на формирование травянистых растительных сообществ на основе использования методов сохранения и внедрения природных декоративных видов растений. Наиболее приоритетными в озеленении травянистыми растениями выступают склоны при прохождении дороги в категории «выемка», т.к. характеризуются плохой приживаемостью древесно-кустарниковой растительностью, требуют дополнительных мероприятий по содержанию (удобрение, полив и др.), и являются проблемными для кошения.

A. V. SUDNIK, A. P. YAKOVLEV, I. P. VOZNYACHUK, A. G. RIBINSKY
**THE RISKS OF ESTABLISHMENT AND APPROACHES
TO MAINTENANCE OF GREEN PLANTS ALONG ROADS**

Summary

The article presents the main risks of creating and approaches to the maintenance of artificial plantations, based on the results of many years of research on the state and transformation of plant communities along roads. The key provisions that need to developing project documentation are noted. Necessity for a preliminary inventory and analysis of the ecological characteristics of the landscaping area to optimize approaches, taking into account the identified risks, is emphasized. An alternative approach to planting of greenery, aimed at the formation of herbaceous plant communities based on the use of methods for the conservation and introduction of natural ornamental plant species, is presented. The most priority in planting of greenery by herbaceous plants are the slopes when passing the road in the category of «cut». They are characterized by poor survival rate of tree and shrub vegetation, require additional maintenance measures (fertilization, watering, etc.), and are problematic for mowing.

Поступила в редакцию 01.12.2020 г.

А. В. ПУГАЧЕВСКИЙ
**ТИПИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ СОСТОЯНИЙ ЛЕСНЫХ
ЭКОСИСТЕМ В ДИНАМИЧЕСКИХ (СУКЦЕССИОННЫХ)
РЯДАХ**

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. Лесные растительные сообщества, как и все природные биологические системы, находятся в состоянии постоянного развития, динамики, которая определяется взаимоотношениями слагающих эти системы компонентов: живых (организмов, ценопопуляций, синузий и консорций) и косных (почвы, воды, атмосферы, света), между собой и с окружающей природной средой.

В каждый момент времени лесные экосистемы, жестко детерминированные условиями произрастания и коэволюционно выработанной системой меж- и внутривидовых отношений, находятся в определенной точке траектории сукцессионной динамики. Непрерывность динамики лесных экосистем *a priori* заложена в самой их видовой, пространственной структуре и системе взаимоотношений между слагающими лесные сообщества живыми организмами.

Каждая стадия развития лесной экосистемы характеризуется специфическим, характерным только для этой стадии состоянием основных образующих систему компонентов, и прежде всего ценогических популяций лесообразующих древесных видов, а также эдификаторов других ярусов лесной растительности. Именно это состояние, характеризующееся совокупностью эндогенно детерминированных процессов и свойств, определяющих характер текущей и будущей динамики экосистемы, можно определить как динамическое состояние лесной экосистемы.

Наиболее общим направлением динамики лесных экосистем является их продвижение от начальной (инициальной) стадии зарастания субстрата или площади, утратившей в результате вырубки или природной катастрофы лесную растительность, в стадии (псевдоинициальной) восстановления к уравновешенному стабильному (климаксовому) сообществу, характерному для конкретных природно-климатических и почвенных условий.

В Беларуси исследования формирования лесных экосистем в долговременной динамике немногочисленны и относятся к ограниченному числу лесных формаций: ельникам [1–3], соснякам по суходолу [4, 5] и болоту [6, 7].

Ряд исследований был проведен в отношении посткатастрофической динамики лесов: после пожаров, рубок, ветровалов и буреломов, массового усыхания древостоев [8–12].

Более широко и системно исследованы лесные экосистемы России: таежные ельники [13–17] и сосняки [18 и др.], широколиственные полидоминантные леса Сибири [19 и др.] и Европейской части России [20 и др.].

Вместе с тем, единой системы динамических (сукцессионных) рядов развития лесных экосистем бореального пояса до настоящего времени не создано. В настоящей работе излагаются подходы к формированию такой рода системы на примере лесов Беларуси.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов использована совокупность материалов по более, чем 200 временным и постоянным пробным площадям лаборатории продуктивности и устойчивости растительных сообществ Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, а также государственных природоохранных учреждений «Березинский биосферный заповедник» и Национальный парк «Беловежская пушча». Пробные площади были заложены в разные годы во всех лесных формациях и большинстве типов леса на землях ряда государственных лесохозяйственных учреждений и особо охраняемых природных территорий [21].

Полевые лесоводственно-таксационные и геоботанические исследования проведены по общепринятым методикам [22 и др.]. Принадлежность типов леса и, соответственно динамических рядов развития лесных экосистем к типам условий произрастания устанавливалась по И.Д. Юркевичу [23]. Представление о пространственной структуре древостоев реализовано по методике В.В. Плотникова [24], подходы к феноменологическому моделированию – с учетом рекомендаций О.В. Смирновой и Н.А. Тороповой [25], В.Н. Сукачева [26].

Результаты и их обсуждение. Анализ структуры лесных фитоценозов на различных стадиях их динамики позволил определить основные типы их динамического состояния на разных этапах весьма длительного, не вполне изученного и слабо описанного в научной литературе процесса достижения выработанного стабильного состояния (климакса). Ниже перечислены эти состояния с присвоенными им цифровыми индексами.

«00. Безлесное состояние» характерно для площадей, пока не занятых лесом, с вариантами «00.1. На ранее занятых лесом землях» и «00.2. На ранее не занятых лесом землях». Первое представлено вырубками, буреломно-ветровальными площадями, лесными пустошами, второе – вышедшими из-под сельскохозяйственного использования землями, вновь образованными субстратами (пески, выработанные карьеры, торфяники и т.п.).

«10. Инициальное состояние» характеризуется началом зарастания открытых площадей травянистой и древесной растительностью до смыкания последней. Варианты этого состояния те же: «10.1. На ранее занятых лесом землях» и «10.2. На ранее не занятых лесом землях».

Состояние «21. Формирования состава первичного древостоя» характерно для молодняков первого класса возраста. Основные варианты этого состояния: «21.1. С доминированием коренных пород (естественного происхождения, или лесных культур)» и «21.2. С доминированием некоренных (пионерных) пород (естественного происхождения, или лесных культур)».

Состояние «22. Интенсивного роста первичного древостоя» характерно, как правило, для молодняков второго класса возраста и средневозрастных насаждений. Основные варианты состояния фитоценозов этой категории характеризуются древостоями «22.1. С доминированием коренных

пород» или «22.2. С доминированием некоренных (пионерных) пород». Именно варианты состояния определяют в большинстве случаев дальнейшую динамику фитоценозов при их переходе в последующее состояние. Пример строения полога такого древостоя приведен на рисунке 1.

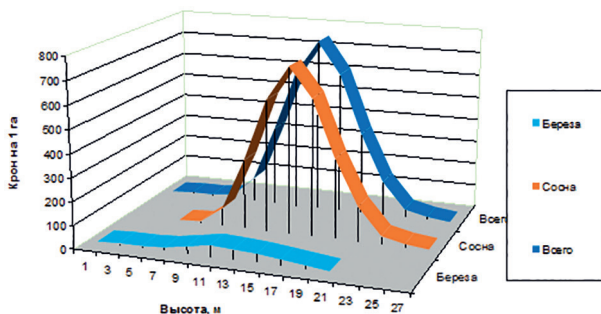


Рис. 1. Распределение численности крон по горизонтам (высоте) полога древостоя на стадии «22. Интенсивного роста первичного древостоя» (вариант «22.1. С доминированием коренных пород») вариант «22.1. С доминированием коренных пород»).

Состояние «23. Стабилизации первичного древостоя» достигается в возрасте припевающих древостоев и оно может продолжаться на протяжении 3–4 и более классов возраста – вплоть до распада, частичного или полного, первичного древостоя. При этом особенности, характерные для основных вариантов этого состояния: «23.1. Без активизации естественного возобновления под пологом» и «23.2. С активизацией естественного возобновления под пологом», – определяют дальнейший ход динамики всего сообщества. В процессе стабилизации возможен переход от варианта 23.1 к варианту 23.2. Примеры строения полога таких древостоев приведены на рисунках 2 и 3.

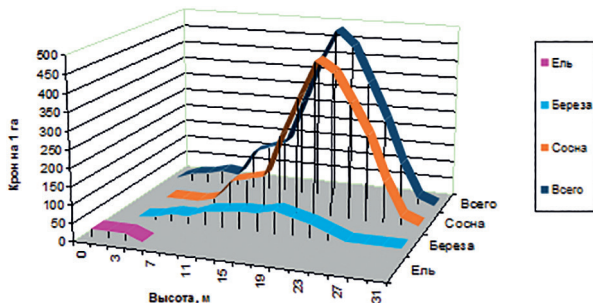


Рис. 2. Распределение численности крон по горизонтам (высоте) полога древостоя на стадии «23. Стабилизации первичного древостоя», вариант «23.1. Без активизации естественного возобновления под пологом».

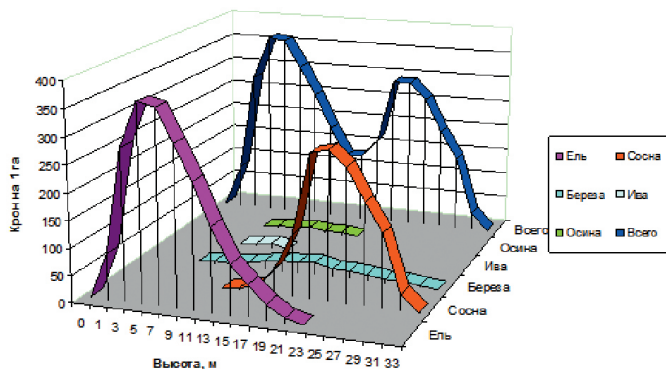


Рис. 3. Распределение численности крон по горизонтам (высоте) полога древостоя на стадии 23 «Стабилизация первичного древостоя», вариант 23.2 «С активизацией естественного возобновления под пологом»)

Состояние «24. Распада первичного древостоя» знаменует начало фазового перехода от первичного к коренному сообществу, при этом распад может быть «24.1. Интенсивным» или «24.2. Эволюционным» или переходным от коренного к субклимаксовому в зависимости от состава первичного древостоя (из коренных или из пионерных пород).

Состояние, определенное как «31. Интеграция коренных пород в первичный древостой», характерно для насаждений с доминированием в этом древостое пионерных древесных пород и может реализовываться в форме «31.1. Содоминирования» или «31.2. Вытеснения».

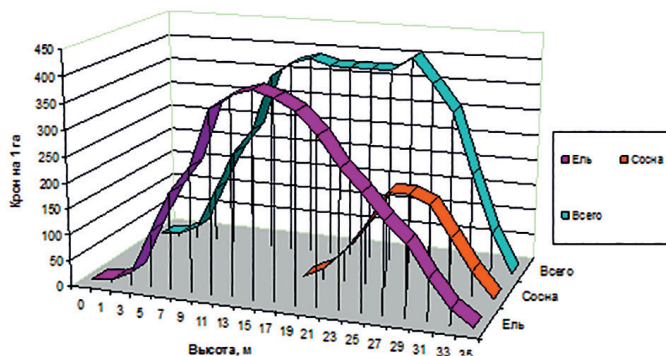


Рис. 4. Распределение численности крон по горизонтам (высоте) полога древостоя на стадии «31. Интеграция коренных пород в первичный древостой».

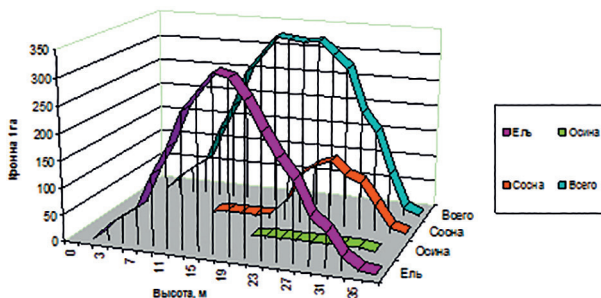


Рис. 5. Распределение численности крон по горизонтам (высоте) полога древостоя на стадии «31. Интеграция коренных пород в первичный древостой».

Состояние «32. Вхождения в субклимакс», представляющее поливариантный путь динамики ценотических популяций видов коренных лесообразователей: «32.1 Через условно-однообразный субклимаксовый древостой», «32.2. Через условно-разновозрастный субклимаксовый древостой» или «32.3. Через циклично-разновозрастный субклимаксовый древостой». Реализация того или иного варианта вытекает из особенностей состояния сообществ древесных растений на предыдущих стадиях их развития.

Строение полога древостоев, развивающихся по варианту «32.3. Через циклично-разновозрастный субклимаксовый древостой» показано на примерах (рис. 6 и 7).

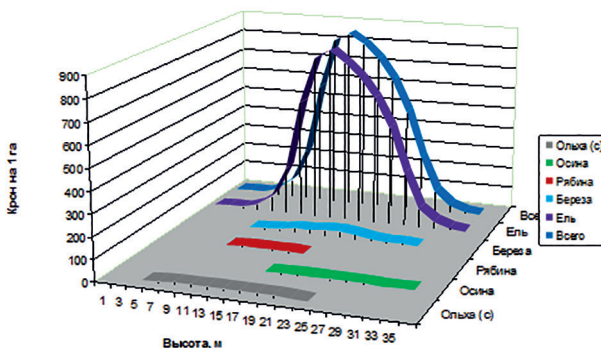


Рис. 6. Распределение численности крон по горизонтам полога древостоя на стадии «32. Вхождение в субклимакс» по варианту «32.3. Через циклично-разновозрастный субклимаксовый древостой».

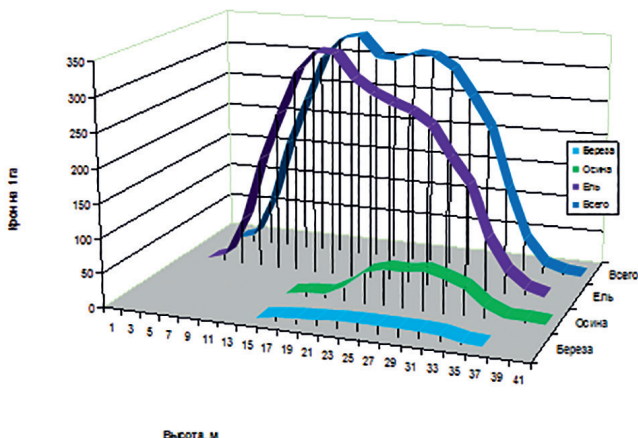


Рис. 7. Распределение численности крон по горизонтам (высоте) полога древостоя на стадии «32. Вхождения в субклимакс», вариант через «32.3. Через циклично-разновозрастный субклимаксовый древостой».

Состояние «33. Квазициклического субклимакса», «33.1 Монодоминантного» или «33.2 Полидоминантного» достигается при чередовании стадий массового, но неполного распада насаждений, последующего «взрыва возобновления» и стабилизации при сохранении части предыдущих поколений коренных лесообразователей.

Состояние «34. Флуктуирующего полидоминантного климакса» достигается на поздних (конечных) стадиях формирования лесных экосистем в отсутствие интенсивных внешних воздействий. Варианты динамики в этом состоянии характеризуются «34.1. Оконной (GEP-) динамикой» или «34.2. Пространственно однородной динамикой».

Состояние «35. Стабильного монодоминантного климакса» достигается в лесах с доминированием мощных эдификаторов (ель, пихта), не допускающих заметного содоминирования со стороны других древесных пород. Варианты динамики в этом состоянии: «35.1. С оконной (GEP-) динамикой» или «35.2. С пространственно однородной динамикой».

Состояние, которое может быть охарактеризовано как «41. Квазициклический псевдоклимакс» возникает в сообществах, подверженных периодическому сильному внешнему воздействию, которое возвращает сообщество к более ранним состояниям и не позволяет осуществить фазовый переход к субклимаксовому состоянию с доминированием коренных лесообразователей. Варианты этого состояния определяются типом возмущающего воздействия: «41.1. Пирогенного», связанного с периодическими пожарами, или «41.2. Биогенного», формирующегося при повторяющихся массовых нашествиях вредителей леса. Примеры формирования пирогенного варианта динамики приведены на рисунке 8.

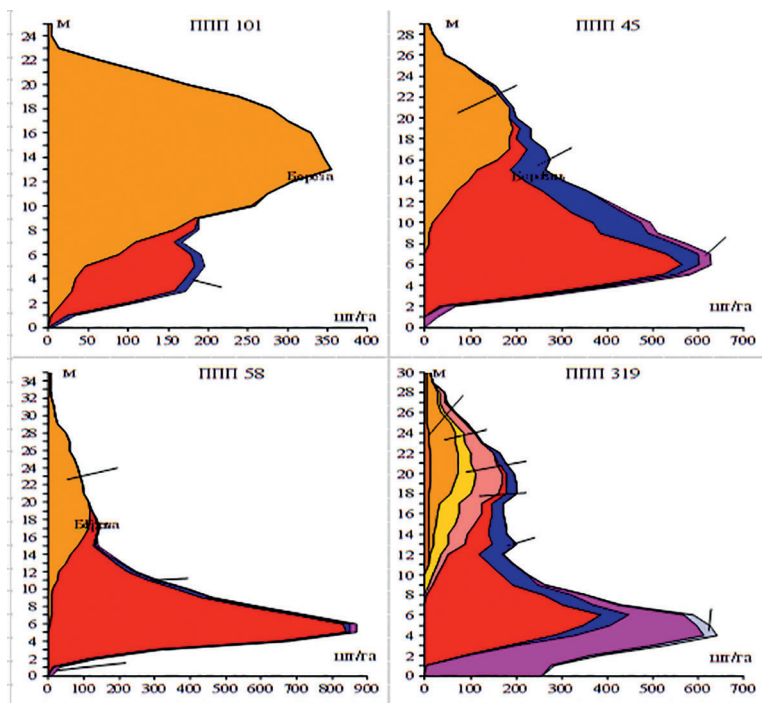


Рис. 8. Вертикальная структура полога древостоев на различных стадиях формирования квазициклического пирогенного псевдоклиматкса: от 2-х (ППП 101, 45, 58) до 5 поколений (ППП 319) сосны с примесью березы и ели (поколения сосны – красные и оранжевые, береза – голубая, ель – фиолетовая)

Состояние «51. Дегрессии» возникает в случаях, когда под воздействием постоянного (хронического) внешнего воздействия лесное сообщество переходит с траектории развития, заложенной в его внутренней структуре, на иную траекторию, которая возвращает его на более ранние стадии динамики «51.1. Регрессивная дегрессия» или, напротив, способствует более раннему переходу на последующие стадии динамики, вплоть до «перепрыгивания» через очередную стадию – «51.2. Прогрессивная дегрессия».

Состояние «60. Катастрофы», в зависимости от силы воздействия разрушающего сообщества может быть «60.1. Единовременным» (минуты, часы, дни), «60.2. Краткосрочным» (до 1 года) или «60.3. Среднесрочным» (до 5 лет).

В таблице приведены наиболее вероятные сценарии достижения заключительных типов динамического состояния в процессе развития лесных фитоценозов по основным типам условий мест произрастания и типам леса.

Таблица. Заключительные типы состояния в динамике лесных фитоценозов, формирующихся в различных типах леса и условий мест произрастания

ТУМ	Основные типы леса	Типы динамического состояния, характерные для заключительных стадий динамики лесных экосистем
A1	С., Бб. лиш.	35.2. Стабильный монодоминантный (С) климакс с пространственно однородной динамикой 41. Квазициклический пирогенный псевдоклимакс
A2	С., Бб. вер., С., Бб., Ос. бр., С., Бб., Ос. мш.	35.2 Стабильный монодоминантный (С) климакс с пространственно неоднородной динамикой 41. Квазициклический пирогенный псевдоклимакс (С, Бб)
A3	С., Е., Бб. чер.	35.3. Стабильный бидоминантный (С, Е) климакс с пространственно неоднородной динамикой 41. Квазициклический пирогенный псевдоклимакс (С, Бб)
A4	С., Бб., Ос., Олс. дм.	35.3. Стабильный бидоминантный (С, Б) климакс с пространственно неоднородной динамикой
A5	С. баг., С.ос., С., Бп. ос.-сф., Бп. пуш.-сф.	35.2. Стабильный бидоминантный (С, Бп) климакс с пространственно однородной динамикой
A6	С. сф.	35.2. Стабильный монодоминантный (С) климакс с пространственно однородной динамикой
B2	Е., Ос. бр., Е., Ос. мш., С., Бб., Ос., Олс. орл.	35.2. Стабильный бидоминантный (С, Е) климакс с пространственно неоднородной динамикой 41. Квазициклический пирогенный псевдоклимакс (Бб, С, Ос, Е)
B3	С., Е., Ос., Олс. чер. Е. мш.	35.3. Стабильный бидоминантный (С, Е) климакс с пространственно неоднородной динамикой 41. Квазициклический пирогенный псевдоклимакс (Бб, С, Е)
B4	С., Ос. пр.-тр., Е., Бб., Ос., Олс. дм.	35.3. Стабильный бидоминантный (С, Б) климакс с пространственно неоднородной динамикой
B5	Е., Бп., Олс. ос. Е. ос.-сф., Ол. ивн.	35.2. Стабильный би- (С, Бп) или полидоминантный (С, Е, Бп, Олч) климакс с пространственно однородной динамикой
C2	Е., Д., Гр., Ос., Олс. орл., С., Бб., Ос., Олс. кис., Олс. злак.	Полидоминантный (Д, Е, Гр, Кл, Лп, Олч) стабильный климакс с оконной (ГЕР-) динамикой
C3	Е., Д., Гр., Бб., Ос., Олс. чер.	Полидоминантный (Д, Е, Я, Гр, Кл, Лп, Олч) стабильный климакс с оконной (ГЕР-) динамикой
C4	Е., Д., Я., Гр., Ол., Бб., Ос., Олс. пап., Е., Бб., Ос. пр.-тр., Д. луг., Я. крап., Я., Ол., Олс. тав.	Полидоминантный (Е, Д, Я, Гр, Бп, Лп, Олч) стабильный климакс с оконной (ГЕР-) динамикой
C5	Я. бол.-разн., Бп. ос.-тр., Бп., Ол. бол. пап. Ол. кас., Ол. ос.	Полидоминантный (Олч, Я, Бп, Е) флуктуирующий климакс с равномерной динамикой Монодоминантный (Олч) флуктуирующий климакс с оконной (ГЕР-) динамикой

ТУМ	Основные типы леса	Типы динамического состояния, характерные для заключительных стадий динамики лесных экосистем
Д2	Е., Д., Я., Гр., Ос., Ол., Олс. кс.	Полидоминантный (Д, Е, Я, Гр, Кл, Лп, Олч) стабильный климакс
Д3	Е., Д., Я., Гр., Бб., Ос., Ол., Олс. сн.	Полидоминантный (Д, Е, Я, Гр, Кл, Лп, Олч) стабильный климакс
Д4	Е., Д., Я., Гр., Бб., Ос., Ол. крап., Е. пап.	Полидоминантный (Е, Д, Я, Гр, Бп, Лп, Олч) стабильный климакс
Д5	Ол. кас.	Монодоминантный (Олч) флуктуирующий климакс

Заключение. Для условий Беларуси с её интенсивным лесным хозяйством, ориентированным на обороты рубки в 60–120 лет, достижение динамических состояний, характерных для субклимаксовых и климаксовых стадий развития лесных экосистем, возможно только на заповедных территориях, а также в условиях труднодоступных и сильно заболоченных участков леса. Тем не менее, понимание общей направленности динамики лесных сообществ крайне важно для организации природоохранной деятельности, а в условиях ограниченного лесопользования – и для моделирования естественной динамики лесных экосистем лесохозяйственными методами.

Основными формами заключительных стадий развития лесных фитоценозов в Беларуси являются: моно- или полидоминантный стабильный или флуктуирующий климакс с оконной (GER-) или пространственно однородной динамикой. Под воздействием периодических пожаров формируется квазициклический пирогенный псевдоклимакс.

Литература

1. Пугачевский, А.В. Ценопопуляции ели: структура, динамика, факторы регуляции. – Мн.: Навука и тэхніка, 1992. 204 с.
2. Ермохин М.В., Ивкович В.С., Арнольбик В.Н. Динамика древостоя и подроста ельника черничного в очаге усыхания // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. Мн.: Белорусский Дом печати, 2009. Вып. 4. С. 33–44.
3. Ермохин М.В. Эколого-фитоценологические особенности динамики еловых лесов Беларуси при локальных нарушениях древостоев. Автореф.... дис. канд. биол. наук. 03.02.01, 03.02.08 / Ин-т эксперимент. бот. им. В.Ф.Купrevича НАН Беларуси. Мн., 2010. 24 с.
4. Нелипович, Д. П. Структура древостоев и подроста суходольных сосновых лесов Березинского заповедника // Заповедники Белоруссии. Исследования. Вып. 9. Мн.: Ураджай, 1985. 145 с.
5. Судник А.В., Ермохин М.В. Формирование разновозрастных сосняков на примере хвойных насаждений НП «Беловежская пуща» // Леса Евразии в XXI веке: Восток – Запад: матер. II Междунар. конф. молодых учёных, посвященной профессору И.К.Пачоскому, п. Каменюки, г.Белосток, 1-5 окт. 2002г. / НП «Беловежская пуща». М., 2002. С. 208-210.

6. Кудин М.М., Ивкович В.С., Натаров В.М. Особенности возрастной структуры сосновых и черноольховых лесов Березинского заповедника // Закономерности роста и производительности древостоев. Каунас, 1985. С. 62–63.
7. Ивкович В.С. Возрастная структура древостоев сосны на верховых болотах // Заповедники Белоруссии. Мн.: Ураджай, 1986. Вып. 10. С. 24–28.
8. Судник А.В. Демутационная динамика сосновых лесов на почвах недостаточного и умеренного увлажнения. Автореф. дис.... канд. биол. наук: 03.00.05 и 06.03.03 / Ин-т эксперим. ботан. НАНБ. Минск: 2006. 23 с.
9. Усень В.В., Каткова Е.Н. Продуктивность и восстановление лесных фитоценозов после пожаров. Мн.: Беларуская навука, 2010. 247 с.
10. Федоров Н.И., Сарнацкий В.В. Особенности формирования еловых лесов Беларуси в связи с их периодическим массовым усыханием. Мн.: Тэхналогія, 2001. 180 с.
11. Сарнацкий В.В. Ельники: формирование, повышение продуктивности и устойчивости в условиях Беларуси. Мн.: Тэхналогія, 2009. 334 с.
12. Ермохин М.В., Ивкович В.С., Арнольбик В.Н. Динамика древостоя и подроста ельника черничного в очаге усыхания // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. Мн.: Белорусский Дом печати, 2009. Вып. 4. С. 33–44.
13. Казимиров Н.И. Ельники Карелии. Л.: Наука, 1971. 139 с.
14. Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 174 с.
15. Столяров Д.П., Кузнецова В.Г. Разновозрастные ельники и ведение хозяйства в них. М.: Лесная промышленность, 1979. 167 с.
16. Комин Г.Е., Семечкин И.В. Возрастная структура древостоев и принципы её типизации // Лесоведение. 1970. № 2. С. 24–33.
17. Рубцов М.В., Глазунов Ю.Б., Николаев Д.К. Восстановительно-возрастная динамика популяции ели в культурах сосны в типичных для ельников условиях произрастания // Лесоведение. 2016. № 4. С. 243–253.
18. Верхунов П.М. Изменчивость и взаимосвязи таксационных показателей в разновозрастных сосняках. Новосибирск: Наука, 1975. 206 с.
19. Колесников Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока // Труды Дальневосточного филиала АН СССР. 1956. Т. 2. С. 1–263.
20. Попадюк Р.В., Чистякова А.А., Чумаченко С.И. и др. Восточноевропейские широколиственные леса / под ред О.В.Смирновой. М.: Наука, 1994. 364 с.
21. Отчет о НИР по подзаданию 2.13/1 «Основные формы и тренды антропогенно-детерминированной и природной динамики лесных экосистем» (заключительный) / Науч. рук. А.В.Пугачевский, ГПНИ «Природопользование и экология». Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси, 2020. 522 с.
22. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
23. Юркевич И.Д. Выделение типов леса при лесостроительных работах. Мн.: Наука и техника, 1980. 120 с.
24. Плотников В.В. Эволюция структуры растительных сообществ. М.: Наука, 1979. 275 с.

25. Смирнова О.В., Торопова Н.А. Сукцессия и климакс как экосистемный процесс // Успехи соврем. биологии. 2008, Т. 128. № 2. С. 129–144.

26. Сукачев В.Н. Динамика лесных биогеоценозов // Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964. С. 458–486.

А. В. ПУГАЧЕВСКИЙ
**ТИПИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ СОСТОЯНИЙ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ
В ДИНАМИЧЕСКИХ (СУКЦЕССИОННЫХ) РЯДАХ**

Резюме

Предложена концепция формирования и развития лесных экосистем, основанная на представлении об их динамических состояниях. Для целей формирования рядов (феноменологических моделей) развития лесных экосистем разработана система типов их динамического состояния. Показаны особенности состава и строения сообществ древесных растений на основных стадиях их развития. Основными типами заключительных стадий развития лесных фитоценозов в Беларуси являются: моно- или полидоминантный стабильный или флуктуирующий климакс с оконной (GEP-) или пространственно однородной динамикой. Под воздействием периодических пожаров формируется квазициклический пирогенный псевдоклимакс.

A. V. PUHACHEUSKI
**TYPIFICATION OF THE MAIN STATES OF FOREST ECOSYSTEMS
IN DYNAMIC (SUCCESSIONAL) SERIES**

Summary

The concept of formation and development of forest ecosystems, based on the idea of their dynamic states, is proposed. For the purposes of forming series (phenomenological models) of the development of forest ecosystems, a system of types of their dynamic state has been developed. The features of the composition and structure of communities of woody plants at the main stages of their development are presented. The main forms of the final stages of the development of forest phytocenoses in Belarus are: mono-or polydominant stable or fluctuating climax with window (GEP) or spatially homogeneous dynamics. Quasi-cyclical pyrogenic pseudoclimax is formed under the influence of periodic forest fires.

Поступила в редакцию 07.12.2020 г.

Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА, Т. Г. ШАБАШОВА
**ПРЕДСТАВИТЕЛИ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ГРУППЫ
COELOMYCETES GROVE В КОНСОРЦИИ СОСНЫ И ЕЛИ**

Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск

Введение. *Coelomyces Grove* (1935) – морфологическая группа анаморфных грибов (дейтеромицетов), для которой характерно образование конидий в специализированных конидиомах (пикнидах, ацервулах). По системе Pier Andrea Saccardo (1884), дейтеромицеты с плодовыми телами в виде ложа (ацервулы) относились к порядку *Melanconiales*, с пикнидами (стромами, пикнотириями) – к порядку *Sphaeropsidales*, соответственно такие грибы называли меланконияльными и сферопсидальными. Название *Coelomyces* ввел William Bywater Grove (1935), разделив дейтеромицеты на 2 класса: *Hypomyces* и *Coelomyces*, к последнему отнесены грибы, у которых конидии образуются внутри полостей, сложенных грибной тканью, тканью хозяина или их комбинацией [3, 4, 9].

Подавляющее большинство целомицетов являются паразитами и сапротрофами на субстрате растительного происхождения, среди них встречаются возбудители болезней растений, в т.ч. основных лесообразующих пород Беларуси, в связи с этим их изучение является весьма актуальной задачей для отечественной микологии.

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектами исследования являются анаморфные грибы морфологической группы целомицетов, встречающиеся на представителях родов *Pinus* и *Picea* в Брестской области Беларуси. Сбор гербарных образцов проводился в Бугско-Полесском и Неманско-Предполесском геоботанических округах, в т.ч. на территории НП «Беловежская пуща» и Республиканского ландшафтного заказника «Прибужское Полесье». Микофлористические обследования проводились выборочными методами. Материал гербаризировался по стандартным методикам [1, 7]. Диагностика проводилась по анатомо-морфологическим и культуральным признакам методом световой микроскопии. Собранные образцы грибов находятся на хранении в микологическом гербарии MSK-F ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича».

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных исследований было выявлено 36 видов целомицетов, принадлежащих к 25 родам и развивающихся на сосне и ели. На сосне идентифицировано 23 вида, 7 видов встречались только на ели и 6 видов было отмечено на обеих породах.

Ниже приводится список выявленных видов:

Brunchorstia pinea (P. Karst.) Höhn., Sber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturw. Kl., Abt. 1 124: 143 (1915). На хвое и побегax *Pinus sylvestris*.

Camarosporium pini (Westend.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 3: 465 (1884). Синонимы: *Hendersonia pini* Westend., (1857). На шишках *Pinus sylvestris* и опавшей хвое *Picea abies*.

Ceuthospora sp. На хвое *Pinus sylvestris*.

Coniothyrium fuckelii Sacc., Fungi venet. nov. vel. Crit., Ser. 5: 200 (1878). На опавшей хвое *Pinus sylvestris*.

Coniothyrium pini Oudem., Contr. a la Fl. Myc. des Pays-Bas, 18: 725 (1902). На опавшей хвое *Pinus sylvestris* и *Picea abies*.

Cytospora pinastri Fr., Syst. mycol. (Lundae) 2(2): 544 (1823). На коре и хвое *Pinus sylvestris*.

Diplodia juniperi Westend., Bull. Soc. R. Bot. Belg., sér. 2 12(7) (1857). На хвое *Picea abies*.

Discosia strobilina Lib. ex Sacc., Syll. fung. (Abellini) 3: 656 (1884). На хвое *Picea abies*.

Dothiostroma septosporum (Dorogin) M. Morelet, Bull. Soc. Sci. nat. Arch. Toulon et du Var 177: 9 (1968). На опавшей хвое *Pinus sylvestris*.

Fusicoccum bacillare Sacc. & Penz., Michelia 2(no. 8): 627 (1882). На опавшей хвое *Picea abies*.

Hendersonia acicola Münch & Tubeuf, Nat. Leitschr. f. Lundu. Forstw. 8: 44 (1910). На опавшей хвое *Pinus sylvestris*.

Leptostroma austriacum Oudem., Proc. K. Ned. Akad. Wet., Ser. C, Biol. Med. Sci.: 208 (1904). На хвое *Pinus sylvestris*.

Leptostroma pinastri Desm., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 2 19: 338 (1843). На хвое *Pinus sylvestris*.

Microdiplodia conigena Allesch., in Rabenhorst, Rabenh. Krypt.-Fl. (Leipzig) 1(7): 79 (1901). На шишках *Picea abies*.

Pestalotiopsis funerea (Desm.) Steyaert, Bull. Jard. bot. État Brux. 19(3): 340 (1949). Синонимы: *Pestalotia funerea* Desm., (1843). На хвое *Pinus sylvestris*.

Phoma acicola (Moug. & Lév.) Sacc., Michelia 2(no. 7): 272 (1881). На хвое *Pinus sylvestris* и *Picea abies*.

Phoma eguttulata P. Karst., Symbolae mycologicae 19: 88 (1887). На опаде *Pinus sylvestris* и *Picea abies*.

Phoma inopinata Oudem., Contr. A la Fl. Myc. des Pays-Bas, 16: 60 (1898). На хвое *Picea abies*.

Phoma pinastrella Sacc., Syll. fung. (Abellini) 3: 101 (1884). На хвое *Pinus sylvestris*.

Phoma pinastri (Oudem.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 3: 150 (1884). Базиним: *Coniothyrium pinastri* Oudem. На хвое *Pinus sylvestris*.

Phomopsis conorum (Sacc.) Died., Annls mycol. 9(1): 22 (1911). На опаде *Pinus sylvestris* и *Picea abies*.

Phomopsis juniperivora G. Hahn [as 'juniperovora'], Phytopathology 10: 249 (1920). На коре и хвое *Pinus sylvestris* и *Picea abies*.

Phomopsis occulta (Sacc.) Traverso, Fl. ital. crypt., Pars 1: Fungi. Pyrenomycetae. Xylariaceae, Valsaceae, Ceratostomataceae 2(1): 221 (1906). Синонимы: *Phoma occulta* Sacc., (1884). На коре *Pinus sylvestris*.

Phomopsis piceae Zer., Journ. Inst. Bot. Acad. Sci. Ukr.: 137 (1939).

Basionym: *Sphaeria picea* Pers. (1800). На хвое и коре *Picea abies*.

Pseudocenangium sp. На опавшей хвое *Pinus sylvestris*.

Rhizosphaera kalkhoffii Bubák, Ber. dt. bot. Ges. 32: 190 (1914).
Synonymy: *Phoma pini* (Desm.) Sacc., (1884); *Rhizophoma pini* (Desm.) Petr. & Syd., (1927); *Sclerophoma pini* (Desm.) Höhn., (1909); *Sphaeropsis pini* Desm., (1848). На живой хвое *Picea abies*, вызывает побурение.

Sclerophoma pityophila (Corda) Höhn., Sber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturw. Kl., Abt. 1 118: 1234 (1909). Synonymy: *Dothichiza ferruginosa* Sacc., (1884); *Sydowia polyspora* (Bref. & Tavel) E. Müll., (1953). На побегах и хвое *Pinus sylvestris*.

Scleropycnis abietina Syd. & P. Syd., Annls mycol. 9: 278 (1911).
На шишках, побегах и хвое *Pinus sylvestris*.

Sirococcus strobilinus Preuss, Linnaea 26: 716 (1853). Synonymy: *Ascochyta parasitica* Fautrey, (1891); *A. piniperda* J. Lindau; *A. strobilina* (Corda) Wollenw., (1916); *Diplodina parasitica* (R. Hartig) Prill.; *Discella strobilina* (Desm.) Died., (1914); *Fusarium strobilinum* Corda, (1837); *Plenodomus strobilinus* (Desm.) Höhn., (1910); *Septoria parasitica* R. Hartig, (1890); *Sporonema strobilinum* Desm., (1852). На шишках *Pinus sylvestris*.

Sphaeropsis sapinea (Fr.) Dyko & B. Sutton, in Sutton, The Coelomycetes (Kew): 120 (1980). Synonymy: *Botryodiplodia pinea* (Desm.) Petr., (1922); *Diplodia conigena* Desm., (1846); *D. pinastri* Grove, (1916); *D. pinea* (Desm.) J. Kickx f., (1867); *D. sapinea* (Fr.) Fuckel, (1870). На хвое и побегах *Pinus sylvestris*.

Sporonema diamandidis Minter, Trans. & Proc. Bot. Soc. Edinb. 43(3): 183 (1980). Synonymy: *Micraspis strobilina* Dennis. На шишках *Pinus sylvestris*.

Strasseria geniculata (Berk. & Broome) Höhn., Ber. dt. bot. Ges. 37: 158 (1919). Synonymy: *Phoma geniculata* (Berk. & Broome) Sacc., (1884); *Sphaeropsis geniculata* Berk. & Broome, (1850). На опавшей хвое и на отмерших ветках *Pinus sylvestris*.

Truncatella truncata (Lév.) Steyaert, Bull. Jard. bot. État Brux. 19: 295 (1949). Synonymy: *Pestalotia truncata* Lév., (1846). На хвое и побегах *Pinus sylvestris*.

Zythiostroma pinastri (P. Karst.) Höhn., in Weese, Mitt. bot. Inst. tech. Hochsch. Wien 8(3): 90 (1931). Synonymy: *Diplozythia scolecospora* Bubák, (1904); *Zythia pinastri* P. Karst., (1885). На коре *Pinus sylvestris*.

Из вышеприведенного списка видно, что подавляющее большинство целомицетов на хвойных породах относится к пикнидиальным грибам. В отличие от гифомицетов многие из них являются биотрофами [2, 4, 5, 7].

Практически все приводимые для сосны и ели европейской целомицеты являются биотрофами и поселяются на хвое, шишках, коре и древесине живых деревьев и могут при определенных условиях причинять вред посадкам, вызывая побурение хвои. Другие виды паразитируют на растениях, однако экономически значимого ущерба не наносят.

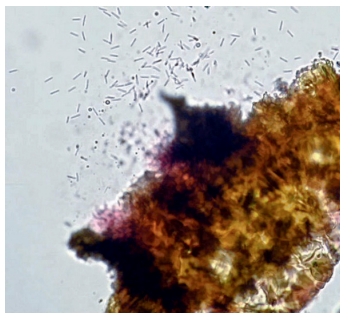
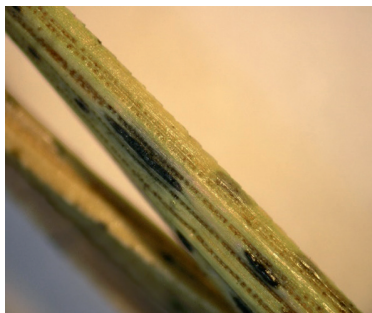


Рисунок. Плодовое тело и спороношение *Leptostroma pinastri*

Следует отметить, что ряд видов, таких как *Brunchorstia pinea* и *Leptostroma pinastri*, являются анаморфной стадией сумчатых патогенов *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) M. Morelet и *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chevall., причем первый вид встречается в Беларуси только в анаморфной стадии, тогда как у возбудителя обыкновенного шютте в августе-сентябре наблюдается массовое появление бесполого спороношения по типу *Leptostroma*-стадии: на хвое образуются хорошо заметные пикниды гриба (рис.), весной после схода снега зараженная хвоя либо осыпается, либо остается на ветвях, но желтеет и на ней созревают аскоспоры *Lophodermium*-стадии [6].

Несколько видов, таких как *Brunchorstia pinea*, *Dothistroma septosporum*, *Sphaeropsis sapinea*, *Sclerophoma pithiophila*, *Zythiostroma pinastri*, могут вызывать опасные заболевания хвой и побегов сосны, особенно у растений молодого возраста, а *Rhizosphaera kalkhoffii* вызывает побурение хвой ели. *Dothistroma septosporum*, *Sphaeropsis sapinea*, *Sclerophoma pithiophila* и *Rhizosphaera kalkhoffii* являются инвазивными для Беларуси видами микромицетов.

В то же время многочисленные представители рода *Phoma*, несмотря на то что являются битрофами и развиваются чаще на живой хвое, практически не причиняют существенного вреда растению, так как фотосинтезирующая активность хвой снижается в этом случае незначительно.

Закключение. В результате проведенных исследований было выявлено 36 видов анаморфных грибов, принадлежащих к 25 родам и развивающихся на коре, хвое, побегах и шишках *Pinus sylvestris* и *Picea abies*. На сосне идентифицировано 23 вида, 7 видов встречались только на ели и 6 видов было отмечено на обеих породах. Наибольшее количество видов (14) развивалось на живой и отмершей хвое. Микромицеты *Dothistroma septosporum*, *Sphaeropsis sapinea*, *Sclerophoma pithiophila* и *Rhizosphaera kalkhoffii* являются инвазивными для Беларуси [8].

Литература

1. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наук. думка, 1982. 551 с.

2. Визначник грибів України: В 5-и т. / С.Ф. Морочковский, Г.Г. Радзівський, М.Я. Зерова, О. Дудка и др.; Под ред. Д.К. Зерова Київ: Наук. думка, 1971. Т. 3: Несовершені гриби. 696 с.

3. Мельник В.А. Определитель грибов России. Класс Coelomycetes. Вып. 1. Редкие и малоизвестные рода. СПб.: Наука, 1997. 281 с.

4. Мельник В.А., Попушой И.С. Несовершенные грибы на древесных и кустарниковых породах: Атлас. – Кишинев: Штиница, 1992. 368 с.

5.. Парфенов В.И., Беломесяцева Д.Б. // Весці НАН Беларусі. Сер. біол. навук. 2003. № 4. С. 58–65.

6. Федоров Н.И., Беломесяцева Д.Б. // Ботаника (исследования). Мн.: ИООО «Право и экономика», 2006. Вып. 34. С. 281–287.

7. Ellis M.B., Ellis J.P. Microfungi on Land Plants. An Identification Handbook. – London: Helm, 1987. 819 p.

8. Belomesytseva D.B., Shabashova T.G., Zvyagintsev V.B. Alien species of fungi on conifers in Belarus // Book of abstracts «XX Symposium of Baltic Mycologists and Lichenologists», September 25-29th, 2017 / Editor M.Kukwa; – Gdańsk, Poland: The University of Gdańsk. 2017.– P. 28.

9. Sutton B.C. The Coelomycetes. Fungi imperfecti with pycnidia, acervuli and stromata. – Kew: CAB., 1980. 696 p.

Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА, Т. Г. ШАБАШОВА ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ГРУППЫ *COELOMYCETES GROVE* В КОНСОЦИИ СОСНЫ И ЕЛИ

Резюме

В результате проведенных исследований было выявлено 36 видов анаморфных грибов, принадлежащих к 25 родам и развивающихся на коре, хвое, побегах и шишках *Pinus sylvestris* и *Picea abies*. На сосне идентифицировано 23 вида, 7 видов встречались только на ели и 6 видов было отмечено на обеих породах. Наибольшее количество видов (14) развивалось на живой и отмершей хвое. Микромикеты *Dothistroma septosporum*, *Sphaeropsis sapinea*, *Sclerophoma pithiophila* и *Rhizosphaera kalkhoffii* являются инвазивными для Беларуси.

D. B. BELOMESYTSEVA, T. G. SHABASHOVA THE *COELOMYCETES GROVE* INTO THE CONSORTIONS OF *PINUS SYLVESTRIS* AND *PICEA ABIES*

Summary

As a result of the research, 36 species of anamorphic fungi belonging to 25 genera were identified on the bark, needles, shoots and cones of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. 23 species were identified on pine, 7 species were found only on spruce and 6 species were observed on both species. The largest number of species (14) developed on live and dead needles. Micromycetes *Dothistroma septosporum*, *Sphaeropsis sapinea*, *Sclerophoma pithiophila*, and *Rhizosphaera kalkhoffii* are invasive for Belarus.

Поступила в редакцию 07.12.2020 г.

Ф. А.ГУЛИЕВ¹, Л. А.ГУСЕЙНОВА²
**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ГРИБНЫХ
 БОЛЕЗНЕЙ ГРАНАТА (*PUNICA GRANATUM* L.)**

¹Ленькоранский Региональный Научный Центр НАНА,
 г. Ленъкорань, Азербайджан

²Научно-Исследовательский Институт защиты растений
 и технических культур, г. Гянджа, Азербайджан

Введение. Гранатоводство является одной из ведущих отраслей сельского хозяйства Азербайджана. В нашей стране большое внимание уделяется развитию гранатоводства как одной из важнейших отраслей агропромышленного комплекса, дающий ценные продукты питания - плоды. С каждым годом увеличиваются площади под гранатовыми садами, многие тысячи гектаров земли уже освоены под коллективные и приусадебные сады. Благоприятные почвенно-климатические условия, длительность вегетационного периода, обилие солнечного света, сухая продолжительная осень, искусственное орошение, уникальный по качеству местный и завезенный сортимент с высокими достоинствами, лежкость и транспортабельность, вековые навыки и традиции благоприятствуют развитию гранатоводства в Азербайджане. Особое место в технологии выращивания граната занимает защита от болезней и вредителей, так как их негативное воздействие на растения граната может значительно снизить качество продукции или привести к частичной или полной потере урожая, что является одним из факторов, лимитирующих стабильное развитие отрасли гранатоводства. Гранат-ценная субтропическая плодовая культура, имеющая вид дерева или куста, с опадающими на зиму листьями и довольно продолжительным периодом покоя. Это одна из древнейших культур, возделываемых человеком. Гранат (*Punica* L.) относится к семейству *Punicaceae* Nagan., которое имеет только один род *Punica* L., включающий два вида: Обыкновенный гранат (*Punica granatum* L.) и Сокотранский гранат (*Punica protopunica* Belf.). (рис. 1).

Сокотранский гранат (*Punica protopunica* Belf.) эндемичен для острова Сокотра (Индийский океан), флора которого характеризуется обилием реликтовых видов. Сокотранский гранат (*Punica protopunica* Belf.) вечнозеленое деревце и не представляет хозяйственной ценности. Листья, цветки и плоды меньших размеров, чем у *Punica granatum* L.

Обыкновенный гранат (*Punica granatum* L.) представлен культурными и дикорастущими формами. Вид *Punica granatum* L., кроме плодовых форм, имеет ряд декоративных разновидностей; *Punica granatum* var. *albescens*-белоцветковая форма; *Punica granatum* var. *rubrum*-красноцветковая; *Punica granatum* var. *multiplex*-декоративный гранат с махровыми белыми цветками; *Punica granatum* var. *pleniflora*-с махровыми красными цветками; *Punica granatum* var. *nana*-карликовый гранат [1-3].



Рис. 1. Обыкновенный гранат (*Punica granatum* L.).

Границы естественного ареала граната на востоке – районы Северо-Западной Индии и Северо-Восточного Афганистана, на севере – южные районы среднеазиатских республик, южные отроги Большого Кавказского хребта, на западе – побережье Малой Азии, на юге – побережье Индийского океана и его заливы.

В настоящее время гранат на территории бывшего СССР культивируется в открытом грунте в Азербайджане, Грузии, Дагестане, Крыму, Туркмении. В Узбекистане и Таджикистане преимущественно с перекопкой на зиму [4–6]. Наиболее крупные заросли дикорастущего граната находятся в Восточном Закавказье (Азербайджане). В Азербайджане имеется довольно большой ассортимент местных сортов граната – Гюлоша азербайджанская, Гюлоша Агдамская, Гюлоша розовая, Крымызы кабух, Назик кабух, Шелли мелеси, Шах нар, Ширин нар, Ширван, Велес, ВИР№1, Азербайджан, Апшерон и т.д.

Гранат (*Punica* L.) возделывается в основном в качестве плодовой культуры, но может использоваться также для лечебных, технических и декоративных целей. Плоды его имеют высокие вкусовые и лечебные качества, отличаются хорошей лежкостью (до 4–6 мес.). Так как гранат (*Punica* L.) возделывается в разных почвенно-климатических зонах Азербайджана, то качество и лежкость плодов зависят от экологических факторов, в первую очередь – почвы, высоты над уровнем моря и особенностей зоны выращивания. Азербайджан, с его разнообразными почвенно-климатическими и эколого-географическими условиями, по сравнению с другими зонами гранатоводства бывшего СССР, имеет

несколько иной состав фитопатогенной микобиоты, существенно отличаются характер распространения и степень вредоносности некоторых болезней. За последние годы появились новые болезни, которые ранее не отмечались на территории Азербайджана (в западной части) или же не описывались в литературе, несмотря на их присутствие. Особенности климатических условий наложили определенный отпечаток на экологию и биологию возбудителей болезней, что заставляет в отдельных случаях менять определенные агротехнические мероприятия и т.д. В последние годы значительно обновлен и расширен ассортимент фунгицидов, рекомендованных для обработки гранатовых садов.

Объекты (материалы) и методы исследования. Азербайджан является одной из ведущих зон субтропического растениеводства. Своеобразие и специфика рельефа, климата обеспечивают возможность выращивания здесь богатых видовым составом субтропических культур. Сухие субтропические культуры размещаются в пяти из десяти природно-экономических зон республики, причем в трех из них важное место занимает гранат (*Punica L.*). Однако при всей большой ценности этой культуры, болезни, встречающиеся на гранате, до последнего времени в республике подробно не исследовались или изучались отрывочно, им не уделялось должного внимания. Защита граната от разных болезней в Азербайджане осуществляется использованием многократного применения различных фунгицидов, что, естественно, способствует загрязнению окружающей среды.

Целью исследований является разработка эффективной экологически сбалансированной системы защиты граната от основных грибных болезней. В связи с этим, изучались следующие вопросы:

1. Уточнение видового состава возбудителей болезней граната;
2. Изучение распространения, вредоносности, динамики развития, патогенности возбудителей наиболее вредоносных заболеваний;
3. Выявление роли агротехнических и санитарно-гигиенических мероприятий в борьбе с заболеваниями граната;
4. Изучение сортоустойчивости к основным болезням;
5. Изучение биологических особенностей основных болезней;
6. Испытание различных фунгицидов и установление сроков, кратности использования и концентраций фунгицидов;
7. Анализ эффективности разработанных мероприятий.

Результаты и их обсуждение. Выращивание граната одна из основных отраслей сельского хозяйства Азербайджана, приносящая доход экономике страны. Одной из проблем, снижающих эффективность производства является развитие фитопатогенной микобиоты.

Для граната характерны многочисленные заболевания. Однако в различных регионах не все они одинаково вредоносны. И зависит это, главным образом, от природно-климатических условий той или иной эколого-географической зоны. На гранате (*Punica L.*) наиболее распространены и вредоносны – зитиозная плодовая гниль (*Zythia versoniana* (Sacc.) Sacc.), антракноз или парша плодов граната (*Sphaceloma punicae* Bitanc. et Jenkins), фомоз или рак стеблей граната (*Phoma punicae* Tassi.), аспер-

гиллезная плодовая гниль (*Aspergillus niger* V. Tiegh.), альтернариоз или черная гниль (*Alternaria* sp.), а также болезни неинфекционного происхождения (растрескивание плодов, солнечный ожог и т.д.).

Микологические и фитопатологические обследования гранатовых насаждений проводили в Геранбойском районе в 2018–2020 гг. Метод обследования заключался в систематическом осмотре надземных органов и частей растений граната. В 2018 году выявлена общая микобиота гранатового сада. Для этого были собраны образцы гербария (биологический материал) и определены наиболее распространенные виды вредоносных фитопатогенных грибов. Было обнаружено, что в западной части Азербайджана (Гянджа-Казахская географическая зона) наиболее распространены – антракноз или парша плодов граната (*Sphaceloma punicae* Bitanc. et Jenkins) и зитиозная плодовая гниль (*Zythia versoniana* (Sacc.) Sacc.), которые отрицательно сказываются на количестве и качестве растительной продукции.

После выявления возбудителей наиболее опасных заболеваний в 2019–2020 гг. проводили исследования по изучению распространенности и интенсивности их в западных районах республики. Стационарные наблюдения биологических особенностей, распространенности и вредоносности основных болезней граната проводили в молодых плодоносящих промышленных насаждениях Геранбойского района в следующие фенологические фазы: зимний покой, распускания почек, набухание цветковых почек, цветение (начало и массовое), конец цветения, образование завязей и рост плодов, плодоношение, пожелтение листьев, листопад (табл. 1).

Таблица 1. Заболевания, обнаруженные в разных фенофазах граната (2018–2020 гг.)

Болезнь	Распускание почек	Набухание цветковых почек	Бутонизация		Цветение		Завязывание плодоношения	Пожелтение листьев	Листопад
			начало	массовое	начало	массовое			
Зитиозная плодовая гниль	–	–	–	–	–	–	+	+	+
Антракноз или парша плодов граната	–	–	–	–	–	+	+	+	+
Аспергиллезная плодовая гниль	–	–	–	–	–	–	+	+	+
Альтернариоз или черная гниль	–	–	–	–	–	+	+	+	+
Ботритиоз или серая гниль	–	–	–	–	–	–	+	+	+
Фомоз или стеблевой рак	–	–	–	–	+	+	+	+	+
Фитофтороз или стеблевая гниль	–	–	–	–	+	+	+	+	+
Пенициллез или зеленая плесень	–	–	–	–	–	–	+	+	+
Макрофомоз	–	–	–	–	–	–	+	+	+
Нематоспороз	–	–	–	–	–	–	+	+	+

Микозы в отдельные годы вызывают потери урожая до 50% и более, кроме этого, они приводят к резкому ослаблению растений и гибели только что посаженных гранатовых плантаций. Нашими исследованиями, проведенными в полевых условиях на естественном инфекционном фоне по стандартным методикам [7–12], установлено, что максимальное их проявление совпадает с разными фенологическими фазами развития растений, грибные заболевания, распространенные в западной части Азербайджана, причиняют большой ущерб насаждениям граната. На гранате наиболее распространены и вредоносны зитиозная плодовая гниль (*Zythia versoniana*) и антракноз или парша плодов граната (*Sphaceloma punicae*). (табл. 2).

Таблица 2. Распространенность антракноза или парши плодов граната и зитиозной плодовой гнили в гранатовых садах Гянджа-Казахской зоны (западная часть Азербайджана, 2019 год)

№	Районы	Объекты наблюдения		Антракноз, %		Зитиоз, %	
		Количество обследованных кустов, шт.	Площадь, (га)	Распространение	Интенсивность	Распространение	Интенсивность
1	Геранбой	2250	21	46,5	13,2	23,7	7,2
2	Шамкир	1280	14	53,4	16,8	28,4	8,3
3	Казах	1246	13	42,1	10,9	21,3	6,7
	Итого обследовано Средние показатели болезней	4776	48	47,9	13,6	24,5	7,4

Как уже было отмечено, одним из основных факторов, лимитирующих продуктивность гранатовых кустов, являются болезни. Самой опасной и вредоносной болезнью является антракноз или парша плодов граната (*Sphaceloma punicae* Bitanc. et Jenkins). В эпифитотийные годы антракноз или парша плодов граната приводит к значительному снижению урожая или его полной потере. На сегодняшний день отсутствуют сорта граната с абсолютной устойчивостью к данной болезни. Поэтому возделывать гранат в зонах с влажным и теплым климатом и получать высокие урожаи плодов без применения средств защиты невозможно.

Антракноз или парша плодов граната распространена повсеместно, но значительный ущерб наносит в западных районах Азербайджана. Проявляется заболевание на листьях, черешках листьев, побегах и зеленых плодах (рис. 2). Зараженные листья покрываются мелкими, округлыми красновато-коричневыми или розоватыми пятнами.



Рис. 2. Антракноз на плодах, листьях и ветвях граната.

На черешках листьев и побегах антракноз проявляется в виде мелких, вдавленных, округлых, буроватых пятен. Плоды заражаются в молодом возрасте. На них появляются округлые или реже неправильной формы, крупные, сливающиеся темно-коричневые пятна. При сильном поражении плоды вызревают мелкими, грубыми, иногда принимают уродливую форму, растрескиваются. Последнее, в свою очередь, сказывается на их лежкости.

Конидии бесцветные или желтые, прямые или слегка изогнутые, одноклеточные, изредка с одной перегородкой, цилиндрические, слегка булавовидные, на концах заокругленные, размером 15–18 x 3,5–4,6 мкм. Споры распространяются главным образом каплями дождя и насекомыми. Прорастают конидии при благоприятных условиях, их ростки проникают через покровные ткани только молодых органов растения.



Рис. 3. Антракноз завязей граната.

Агрессивность возбудителя антракноза или парши граната объясняется высокой продуктивностью патогена. Источником инфекции антракноза могут быть пораженные органы граната, опавшие листья и завязь, где сохраняется мицелий и конидии возбудителя.

Также было изучено влияние температуры, pH питательной среды, различных питательных сред на рост и развитие гриба. Для установления кардинальных температур для развития гриба *Sphaceloma punicae*, он выращивался при различных температурах (50 °C, 100 °C, 150 °C, 200 °C, 250 °C, 300 °C, 350 °C) на агаризованном пивном сусле. Наблюдения за ростом гриба велись в течение 20 дней.

Как видно из данных, минимальной температурой для развития гриба-возбудителя антракноза или парши плодов граната является температура в пределах 5–100 °C, оптимальной – от 20 до 300 °C, а максимальной – 350 °C.

Для изучения влияния различных питательных сред на рост и развитие *Sphaceloma punicae*, гриб выращивался при постоянной температуре (250 °C) на искусственных средах. Опыты по изучению влияния pH питательной среды на рост гриба проводились на среде агаризованной вытяжки плодов граната с pH 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9.

Наилучшее развитие гриба наблюдается на среде с pH 7; 6. На средах с pH 3; 4; 5 гриб растет медленнее. Такой же слабый рост наблюдается на средах с pH 8 и 9.

Учеты сроков появления, изучения динамики развития антракноза на фоне их естественного развития проводили по общепринятым методикам [7–10]. Выделение в чистые культуры, микроскопические и микробиологические исследования возбудителя антракноза также проводили по общепринятым методикам [12–18]. Кроме потерь урожая, парша отрицательно влияет и на качество плодов. Для выяснения влияния болезни на качество плодов нами проводились анализы на содержание моносахаров, дисахаров, аскорбиновой кислоты и общей кислотности в больных и здоровых плодах граната (табл. 3).

Таблица 3. Содержание сахаров, аскорбиновой кислоты и общая кислотность в здоровых и больных паршой плодах граната (2020 г.)

№	Состояние плодов	Количество моносахаров, %	Количество дисахаров, %	Кислотность, %	Аскорбиновая кислота, %
1	Здоровые	5,2	6,4	3,3	7,4
2	Больные	4,6	6,2	9,2	3,5

Результаты проведенных нами анализов показывают, что в больных плодах граната содержание моно- и дисахаров снижается на 0,6–0,2%, аскорбиновой кислоты на 3,9%, а общая кислотность напротив, увеличивается на 5,9%. Все это является доказательством того, что антракноз или парша плодов граната значительно ухудшает качество плодов.

В Азербайджане распространены многие сорта граната, их сравнительная устойчивость к парше мало изучена. Поэтому мы проводили обследования на поражаемость сортов граната паршой. Объектами исследований были местные сорта граната Крмызы кабух и Гюлоша розовая (табл. 4). Как видно из данных таблицы 4, оба сорта оказались в какой-то мере восприимчивыми к антракнозу. Распространение болезни в 2019 году на сорте Гюлоша розовая не превышало 24,3%, интенсивность 6,2%; на сорте Крмызы кабух распространение 28,2%, интенсивность 7,3%.

Таблица 4. Устойчивость сортов граната к антракнозу
(Геранбойский район, гранатовый сад, 2019 г.)

№	Название сорта	Болезнь, %							
		Май		Июнь		Июль		Среднее	
		Распространение	Интенсивность	Распространение	Интенсивность	Распространение	Интенсивность	Распространение	Интенсивность
1	Гюлоша розовая	21,5	5,5	25,1	6,4	26,3	6,7	24,3	6,2
2	Крмызы кабух	24,3	6,3	29,0	7,6	31,4	8,0	28,2	7,3

В настоящее время все рекомендованные производству сорта граната не обладают абсолютной устойчивостью к антракнозу. Поэтому возделывать гранат в зонах с теплым и влажным климатом и получать высокие урожаи плодов без применения средств защиты невозможно. Для защиты гранатовых садов от данной болезни необходимы системные фунгициды, проникающие в растущие ткани растений и обеспечивающие их эффективную защиту. В полевых условиях на гранате выявлена высокая биологическая эффективность против антракноза фунгицида Сельфат в дозе 4 кг/га. Установлено, что при эпифитотии антракноза три обработки растений граната, данным фунгицидом, способны контролировать развитие болезни и сохранять урожай плодов от значительных потерь (табл. 5). Как видно из данных таблицы 5, применение системных фунгицидов, таких как азоксифен, коназол или их чередование с контактными препаратами (сельфат, П-оксирид) обеспечивают высокую биологическую эффективность в борьбе с основными болезнями граната. В 2019 году наилучший результат против парши получен при применении 0,4%-ного Сельфата. При этом биологическая эффективность препарата составила 91,3%.

Таблица 5. Фунгициды, применяемые против антракноза или парши плодов граната (Геранбойский район, гранатовый сад, 2019 год)

№	Препарат	Действующее вещество	Концентрация препарата, %	Биологическая эффективность препарата, %
1	Azoxifen-32,5%SC	Азокситропин 20,0% + Дифеноконазол 12,5%	0,05	86,5
2	Conazol-25%ЕК	Дифеноконазол 250 г/л	0,05	82,4
3	Selfat-53,5%VP	Хлорид меди 375 г/кг + Цинеб 160 г/кг	0,4	91,3
4	P-oxid-50%VP	Хлорооксид меди 500 г/кг	0,3	89,1
5	Контроль (без химических обработок)	—	—	—

Заключение. На основе проведенных нами исследований установлено, что грибные заболевания граната, распространенные в Азербайджане, причиняют большой ущерб насаждениям. На гранате наиболее распространены и вредоносны антракноз или парша плодов граната (*Sphaceloma punicae* Bitanc. et Jenkins.), зитиозная плодовая гниль (*Zythia versoniana* (Sacc.) Sacc.), рак стеблей или фомоз (*Phoma punicae* Tassi.) и т.д. Из выявленных грибов частотой встречаемости и вредоносностью выделяются грибы: *Sphaceloma punicae*, *Zythia versoniana* и *Phoma punicae*.

Возбудитель антракноза или парши плодов граната характеризуется широким распространением. Патоген образует грибницу, располагающуюся в межклеточниках тканей растений. Осуществление разработанного и предложенного нами комплекса по управлению фитосанитарным состоянием гранатовых садов дает возможность получать оптимальные урожаи высококачественных плодов даже в годы с экстремальными погодными условиями. Приведены данные по биологии развития основных возбудителей болезней гранатовых кустов. Изложены агротехнические и химические мероприятия, регулирующие распространенность и развитие болезней. Для защиты граната от грибных заболеваний рекомендуется система мероприятий включающая обрезку сухих ветвей, уборку опавших и мумифицированных плодов, опавших листьев, очистку пораженных болезнями участков, обработку почвы вокруг кустов, внесение суперфосфата и опрыскивание 1%-ным ДНОК-ом ранней весной или осенью, использование устойчивых сортов, вырезку поросли с таким расчетом, чтобы в кусте не оставалось более трех стволов, размещение питомников на удалении не менее 500 м от взрослых насаждений граната, на почвах, не зараженных возбудителями антракноза или парши. Рекомендуется 4–5-кратное опрыскивание взрослых насаждений граната 1%-ной бордоской жидкостью, азоксифеном, коназолом или другими их заменителями: 1-е – до распускания почек (после обрезки и очистки стволов и скелетных веток от отставшей коры, мхов и лишайников); 2-е – после опадения первых лепестков; 3-е – через 20 дней после второго;

4-е – при достижении плодами крупных размеров; 5-е (в случае необходимости) – через 15–20 дней после 4-го.

Литература

1. Huseinova L.A. The main diseases of pomegranate plant and measures to control them / News bulletin of Ganja branch of ANAS №3, 2018, 118-122 p.
2. Kahramanoglu I., Usanmaz S. Pomegranate cultivation. Cyprus, 2005, 42 p.
3. Ozguven A., Yilmaz C., Yilmaz M., Imrak B., Dikkaya Y. Pomegranate cultivation. Cyprus, 2015, 38 p.
4. Metin A., Shahin A., Janyhosh E., Öztürk N. Pomegranate cultivation.
5. Hulya P., Ozturk N. Pomegranate diseases and pests. Ankara, 2008, 28 p.
6. Shahin A. Pomegranate cultivation. Antalya, 2013, 14 p.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985.
8. Дементьева М.И. Фитопатология. М.: Агропромиздат, 1985. 163 с.
9. Методика выявления и учета болезней плодовых и ягодных культур. М.: Колос, 1971. 36 с.
10. Минкевич И.И. Методика выявления и учета болезней плодовых культур. М.: Наука, 1972. 65 с.
11. Дьяков Ю.Т. Фундаментальная фитопатология. М.: Красанд, 2012. 345 с.
12. Мюллер Э., Леффлер В. Микология. М.: Мир, 1995. 37 с.
13. Билай В.И. Основы общей микологии. Киев: Вища школа, 1980. 357 с.
14. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка, 1982. 550 с.
15. Билай В.И., Гвоздяк Р.И. и др. Микроорганизмы-возбудители болезней растений. Киев: Наукова думка, 1988. 552 с.
16. Беккер З.Э. Физиология и биохимия грибов. М.: Изд-во Московского университета, 1988. 229 с.
17. Гарибова Л.В., Лекомцева С.Н. Основы микологии: Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. М.: Тов-щество научных изданий КМК, 2005. 214 с.
18. Хохряков М.К. Методические указания по экспериментальному изучению фитопатогенных грибов. Л.: Колос, 1976. 83 с.

Ф. А. ГУЛИЕВ, Л. А. ГУСЕЙНОВА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ГРАНАТА (*PUNICA GRANATUM* L.)

Резюме

Показано, что в условиях Азербайджана наиболее вредоносным заболеванием растений граната является антракноз или парша плодов граната, вызванное грибом *Sphaceloma punicae* Bitank. et Jenk.. Антракноз или парша плодов граната встречается в западной части Азербайджана повсеместно и наносит большой ущерб хозяйствам, возделывающим культуру граната. Заболевание мало изучено. *Sphaceloma punicae* поражает чашечки цветков и кожуру плодов. В эпифитотийные годы антракноз или парша плодов граната приводит к значительному снижению урожая или его полной потере. Поэтому возделывать гранат

в зонах с теплым и влажным климатом и получать высокие урожаи плодов без применения средств защиты невозможно. В 2018–2020 гг. нами изучались биологические особенности гриба *Sphaceloma punicae* Bitank. et Jenk. Установлены кардинальные температуры и pH питательной среды для развития возбудителя парши граната, а также его вредоносность; выявлены сравнительно устойчивые к заболеванию сорта граната. Наиболее высокая эффективность фунгицидов в полевых условиях установлена для 0,4%-ного Сельфата и 0,3%-ного П-оксида.

F. A. GULIEV, L. A. HUSEYNOVA
**BIOLOGICAL FEATURES OF THE CAUSATIVE AGENTS OF
POMEGRANATE FUNGAL DISEASES (*PUNICA GRANATUM* L.)**

Summary

It is presented, that in the conditions of Azerbaijan the most harmful fungal disease of the pomegranate is anthracnose or pomegranate scab, caused by the fungus *Sphaceloma punicae* Bitank. Et Jenk. Anthracnose or pomegranate scab is found everywhere in the western part of Azerbaijan and causes great damage to the farms that cultivate the pomegranate culture. The disease is poorly understood, fungus infects the calyx, flowers and fruit rind. In epiphytotic years, anthracnose or scab of pomegranate fruits leads to a significant decrease in the yield or its complete loss. Therefore, it is impossible to cultivate pomegranates in areas with a warm and humid climate and get high fruits without the use of protective equipment. In 2018–2020, we studied the biological characteristics of the fungus *Sphaceloma punicae* Bitank. Et Jenk. The cardinal temperatures and pH of the nutrient medium for the development of the causative agent of pomegranate scab, as well as its harmfulness, have been established; revealed comparatively resistant pomegranate varieties. In the field, the high efficiency of fungicides has been established: 0,4% Selphate, 0,3% P-oxidide.

Поступила в редакцию 24.11.2020 г.

С.И. КОРИНЯК
**ФИТОПАТОГЕННЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ
СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ РЕСПУБЛИКАНСКОГО
ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА «ПРИЛЕПСКИЙ»**

*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. Республиканский ландшафтный заказник «Прилепский» образован в Минском районе Минской области в целях сохранения в естественном состоянии уникального ландшафтного комплекса, характеризующегося распространением естественных высоковозрастных хвойных лесов, а также редких и исчезающих видов растений и животных, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь, и занимает общую территорию в 3242 гектара. На территории заказника установлено 428 видов сосудистых растений, что составляет около 50% всего видового состава флоры Минской возвышенности, из них 17 видов редких растений и грибов находящихся под угрозой исчезновения и включенных в Красную книгу Республики Беларусь [7].

Микромицеты, колонизирующие сосудистые растения, являются неотъемлемой составляющей природных экосистем и образуют своеобразные микокомплексы. Изучение фитопатогенных грибов на охраняемых территориях Беларуси представляет теоретический и практический интерес как организмов, вызывающих поражения вегетативных и генеративных органов растений, что может привести к возникновению эпифитотий, выпадению отдельных особей и, в конечном итоге к гибели популяции. Поэтому целью наших исследований явилось установление видового состава грибов, особенностей их развития и трофических связей с сосудистыми растениями.

Материалы и методы исследования. Ботанические исследования проводились маршрутно-поисковым методом в вегетационный период 2019 года. Изучение микобиоты растений проводилось путем сбора гербарного материала с видимыми признаками поражения (преимущественно на листовых пластинках) для дальнейших микологических исследований.

Гербарные образцы собраны из следующих местообитаний: Минская обл., Минский р-н, Республиканский ландшафтный заказник «Прилепский», Боровлянское л-во (кв. 55, 61, 65, 66, 68).

Исследованы следующие лесные сообщества: ельник чернично-бруснично-мшистый (кварталы 55, 61), сосняк чернично-мшистый (кварталы 65, 66, 68). При изучении видового состава микромицетов использованы разработанные В.И.Билай методы. Названия ниже приведенных видов грибов, а также их анаморф даны в соответствии с международной микологической базой данных *Index fungorum* [13]. Для определения и уточнения видовых названий растений использован определитель высших

растений, а также электронная база данных (MBG's electronic databases) *Tropicos* [8, 14].

При документировании и обработке гербарных образцов использовались общепринятые методы [1]. Образцы пораженных растений хранятся в гербарной коллекции MSK-F Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси.

Результаты и их обсуждение. Ниже приведен список выявленных видов грибов их анаморф с указанием растения-хозяина, на котором данный микромицет был отмечен. Также указано местонахождение микромицетов (географические привязки мест сборов): область, район, лесничество, квартал и тип леса для каждого гриба.

Erysiphe heraclei DC. Fl. franç., Edn 3 (Paris) 5/6: 107 (1815). Syn.: *Alphitomorpha heraclei* (DC.) Wallr., Ann. Wetter. Gesellsch. Ges. Naturk. 4: 240 (1819). *Ischnochaeta heraclei* (DC.) Sawada, Bull. Gov. Forest Exp. Stn Tokyo 50: 113 (1951). Erysiphaceae [6]. На листьях *Aegopodium podagraria* L. (Apiaceae). Кв. 66. Сосняк чернично-мшистый.

Golovinomyces cichoracearum (DC) V.P. Heluta [as 'cichoraceorum'], Ukr. bot. Zh. 45 (5): 62 (1988) Erysiphaceae [6]. На листьях *Hieracium sylvularum* Jord ex Boreau. (Asteraceae). Кв. 66. Сосняк чернично-мшистый.

Oidium monilioides (Nees) Link, in Willdenow, Sp. pl., Edn 4 6 (1): 121 (1824). Syn.: *Acrosporium monilioides* Nees, Syst. Pilze (Würzburg): 53 (1816) [1816–17] Erysiphaceae [6]. На листьях *Quercus robur* L. (Fagaceae). Кв. 68. Сосняк чернично-мшистый.

Alternaria alternata (Fr.) Keissl., Beih. bot. Zbl., Abt. 2 29: 434 (1912). Syn.: *Torula alternata* Fr., Syst. mycol. (Lundae) 3 (2): 500 (1832). *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., Beih. bot. Zbl., Abt. 2 29: 434 (1912) var. *alternata*. *Uloccladum consortiale* sensu Brook; fide NZfungi (2008). *Alternaria tenuis* Nees, Syst. Pilze (Würzburg): 72 (1816). Pleosporaceae [4, 9, 12]. На листьях *Knautia arvensis* L. (Dipsacaceae). Кв. 68. Сосняк чернично-мшистый.

Alternaria tenuissima (Fr.) Wiltshire. Trans. Br. mycol. Soc. 18: 157 (1933). Syn.: *Clasterosporium tenuissimum* (Nees & T. Nees) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 4: 393 (1886)., *Helminthosporium tenuissimum* Kunze, in Nees & Nees: 242 (1818)., *Macrosporium tenuissimum* (Kunze) Fr.: 374 (1832). Pleosporaceae [4, 9, 12]. На листьях *Quercus robur* L. (Fagaceae). Кв. 68. Сосняк чернично-мшистый. На листьях *Rubus saxatilis* L. (Rosaceae). Кв. 68. Сосняк чернично-мшистый. На листьях *Viola riviniana* Rchb. (Violaceae). Кв. 66. Сосняк чернично-мшистый. На листьях *Rubus idaeus* L. (Rosaceae). Кв. 65. Сосняк чернично-мшистый. На листьях *Chamanerion angustifolium* (L.) Scop. (Onagraceae). Кв. 65. Сосняк чернично-мшистый. На листьях *Majanthemum bifolium* F.W. Schmidt. (Liliaceae). Кв. 61. Ельник чернично-бруснично-мшистый. На листьях *Convallaria majalis* L. (Asparagaceae). Кв. 61. Ельник чернично-бруснично-мшистый.

Aureobasidium pullulans (de Bary & Löwenthal) G. Arnaud, Annals d'École National d'Agric. de Montpellier, Série 2 16 (1–4): 39 (1918) [1917]. *Dematium pullulans* de Bary & Löwenthal, Vergl. Morph. Biol. Pilze (Leipzig):

182 (1884). *Cladosporium pullulans* (de Bary & Löwenthal) Sacc. & Trotter, Syll. fung. (Abellini) 22(2): 1250 (1913). *Pullularia pullulans* (de Bary & Löwenthal) Berkhout, De Schimmelgesl. Monilia, Oidium, Oospora en Torula, Dissert. Utrecht: 55 (1923). *Anthostomella pullulans* (de Bary & Löwenthal) F.T. Benn., Ann. appl. Biol. 15: 371 (1928). *Hormonema pullulans* (de Bary & Löwenthal) Lagerb. & Melin ex Robak, Nytt Mag. Natur. 71: 255 (1932). Saccotheciaceae [4, 9]. На листьях *Polygonatum officinale* All. (Liliaceae). Кв. 55. Ельник чернично-бруснично-мшистый.

Cladosporium herbarum (Pers.) Link, in Willdenow, Mag. Gesell. naturf. Freunde, Berlin 8: 37 (1816) [1815]. Syn.: *Dematium herbarum* Pers., Ann. Bot. (Usteri) 11: 32 (1794). Cladosporiaceae [4, 9]. На листьях *Viola riviniana* Rchb. (Violaceae). кв 66. Сосняк чернично-мшистый. На листьях *Vaccinium myrtillus* L. (Ericaceae). Кв. 61. Ельник чернично-бруснично-мшистый. На листьях *Majanthemum bifolium* F.W. Schmidt. (Liliaceae). Кв. 68. Сосняк чернично-мшистый. На листьях *Plantago major* L. (Plantaginaceae). Кв. 68. Сосняк чернично-мшистый. Кв. 61. Ельник чернично-бруснично-мшистый. На листьях *Hieracium sylvularum* Jord ex Boreau. (Asteraceae). Кв. 66. Сосняк чернично-мшистый.

Embellisia chlamydospora (Hoes, G.W. Bruehl & C.G. Shaw) E.G. Simmons, Mycologia 63 (2): 384 (1971). Syn.: *Pseudostemphylium chlamydosporum* Hoes, G.W. Bruehl & C.G. Shaw, Mycologia 57: 904 (1965). Pleosporaceae [4, 9, 12]. На листьях *Convallaria majalis* L. (Asparagaceae). Кв. 61. Ельник чернично-бруснично-мшистый.

Gloeosporium betulinum Westend., Pl. crypt. exsicc. 19–20 (nos 901–1000): no. 978 (1857). Syn.: *Ophiognomonium intermedia* (Rehm) Sogonov, Stud. Mycol. 62: 58 (2008). *Gnomonia intermedia* Rehm, Annls mycol. 6 (5): 489 (1908). *Discula betulina* (Westend.) Arx, Verh. K. ned. Akad. Wet., tweede sect. 51 (3): 64 (1957). Gnomoniaceae [3]. На листьях *Betula pendula* Roth. (Betulaceae). Кв. 61. Ельник чернично-бруснично-мшистый.

Phyllosticta betulina Sacc., Syll. fung. (Abellini) 3: 32 (1884). Syn.: *Ramularia endophylla* Verkley & U. Braun, in Verkley, Crous, Groenewald, Braun & Aptroot, Mycol. Res. 108 (11): 1276 (2004). Phyllostictaceae [4]. На листьях *Betula pendula* Roth. (Betulaceae). Кв. 61. Ельник чернично-бруснично-мшистый.

Phyllosticta coryli Westend., Bull. Acad. R. Sci. Belg., Cl. Sci., sér. 2 12: no. 9 (1872). Phyllostictaceae [4]. На листьях *Corylus avellana* L. (Betulaceae). Кв. 68. Сосняк чернично-мшистый; Кв. 55. Ельник чернично-бруснично-мшистый.

Phyllosticta cruenta ((Fr.) J. Kickx f., Mém. Acad. R. Sci. Lett. Arts. Brux. 23: 22 (1849). Syn.: *Sphaeria cruenta* Fr., Syst. mycol. (Lundae) 2 (2): 581 (1823). *Depazea cruenta* (Fr.) Desm., Fl. gén. env. Paris (Paris) 1: 452 (1826). *Ascospora cruenta* (Fr.) Lambotte, Fl. myc. Belg. (Verviers) 2: 199 (1880). *Macrophoma cruenta* (Fr.) Ferraris, in Ferraris & Massa, Annls mycol. 10 (3): 288 (1912). Phyllostictaceae [4]. На листьях *Convallaria majalis* L. (Asparagaceae). Кв 61. Ельник чернично-бруснично-мшистый.

Phyllosticta ilicicola Pass., in Passerini, Thümen & Brunaud, J. d'hist. nat. Bordeaux 4 (4): 54 (1885). Syn.: *Phyllosticta concentrica* Sacc., Fungi venet. nov. vel. Crit., Sér. 5: 203 (1878). Phyllostictaceae [4, 10]. На листьях *Quercus robur* L. (Fagaceae). Кв. 68. Сосняк чернично-мшистый.

Phyllosticta plantaginis Sacc., Syll. fung. (Abellini) 3: 53 (1884). Syn.: *Ascochyta plantaginis* Sacc., Mycotheca veneti 2: no. 194 (1875). Phyllostictaceae [4]. На листьях *Plantago major* L. (Plantaginaceae). Кв. 68. Сосняк чернично-мшистый.

Phyllosticta rhamni West., Bull. Acad. R. Sci. Belg., Cl. Sci., sér. 2 2 (7): 569 (1857). Syn.: *Coniothyrium rhamni* (Westend.) Keissl., Beih. bot. Zbl., Abt. 2 38 (2): 426 (1921). Phyllostictaceae [4]. На листьях *Frangula alnus* Mill. (Rhamnaceae). Кв. 61. Ельник чернично-бруснично-мшистый.

Phyllosticta vaccinii Earle, Bull. Torrey bot. Club 24: 31 (1897). Phyllostictaceae [13]. На листьях *Vaccinium myrtillus* L. (Ericaceae). Кв. 61. Ельник чернично-бруснично-мшистый.

Ramularia hieracii (Bäumler) Jaap, Annls mycol. 6 (3): 216 (1908). Syn.: *Ramularia filaris* Fresen., Beitr. Mykol. 3: 90 (1863). Mycosphaerellaceae [2, 5]. На листьях *Hieracium sylvularum* Jord ex Boreau. (Asteraceae). Кв. 66. Сосняк чернично-мшистый.

Ramularia knautia (C. Massal.) Bubák, Öst. bot. Z. 53 (2): 50 (1903). Syn.: *Ramularia succisae* Sacc., Michelia 2 (no. 8): 551 (1882). Mycosphaerellaceae [2, 5]. На листьях *Knautia arvensis* (L.) Coult. (Caprifoliaceae). Кв. 68. Сосняк чернично-мшистый.

Ramularia lactea (Desm.) Sacc., Michelia 2 (no. 8): 549 (1882). Syn.: *Fusisporium lacteum* Desm., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 14: 109 (1850). *Ovularia lactea* (Desm.) Massee, Brit. Fung. – Fl. (London) 3: 321 (1893). *Cylindrosporium lacteum* (Desm.) J. Schröt. [as 'Cylindrospora'], in Cohn, Krypt. – Fl. Schlesien (Breslau) 3.2(4): 485 (1897). Mycosphaerellaceae [2, 5]. На листьях *Viola riviniana* Rchb. (Violaceae). Кв. 66. Сосняк чернично-мшистый.

Ramularia montana Speg., Decades Mycologicae Italicae 7–12: no. 104 (1879). Syn.: *Passalora montana* (Speg.) U. Braun & Crous, in Crous & Braun, CBS Diversity Ser. (Utrecht) 1: 280 (2003). *Cercospora montana* (Speg.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 4: 453 (1886). *Phaeoramularia montana* (Speg.) Y.L. Guo & X.J. Liu, in Guo, Fungi and Lichens of Shennongjia. Mycological and Lichenological Expedition to Shennongjia (Beijing): 362 (1989). Mycosphaerellaceae [2, 5]. На листьях *Chamanerion angustifolium* (L.) Scop. (Onagraceae). Кв. 65. Сосняк чернично-мшистый.

Ramularia plantaginis Ellis & G. Martin, Am. Nat. 16 (12): 1003 (1882). Syn.: *Ramularia rhabdospora* (Berk. & Broome) Nannf., in Lundell & Nannfeldt, Fungi Exsiccati Suecici 39–40: 32 (1950). *Cylindrosporium rhabdosporum* Berk. & Broome, Ann. Mag. nat. Hist., Ser. 4 15 (no. 85): 34 (1875). *Cylindrosporium plantaginis* J. Schröt. [as 'Cylindrospora'], in Cohn, Krypt. – Fl. Schlesien (Breslau) 3.2(4): 492 (1897). Mycosphaerellaceae [2, 5]. На листьях *Plantago major* L. (Plantaginaceae). Кв. 68. Сосняк чернично-мшистый.

Ramularia rubi (Bubák) Karak., Fungi Imperfecti Parasitici (Hyphomycetes): 139 (1937). Syn.: *Neoramularia rubi* (Bubák) U. Braun, Nova Hedwigia 56 (3–4): 435 (1993). *Ovularia rubi* Bubák, Növ. Közl., Beibl 6 (4): (53) (1907). Mycosphaerellaceae [2, 5]. На листьях *Rubus saxatilis* L. (Rosaceae). Кв. 68. Сосняк чернично-мшистый. На листьях *Rubus idaeus* L. (Rosaceae). Кв. 65. Сосняк чернично-мшистый.

Ramularia subsanguinea (Ellis & Everh.) Karak., in Vassiljevsky & Karakulin, Fungi Imperfecti Parasitici (Hyphomycetes) 1 (Hyphomycetes): 117 (1937). Syn.: *Zasmidium subsanguineum* (Ellis & Everh.) U. Braun, in Braun, Crous, Schubert & Shin, Schlechtendalia 20: 103 (2010). *Ramularia subsanguinea* (Ellis & Everh.) Karak., in Vassiljevsky & Karakulin, Fungi Imperfecti Parasitici (Hyphomycetes) 1 (Hyphomycetes): 117 (1937). *Stenella subsanguinea* (Ellis & Everh.) U. Braun, Cryptog. bot. 3 (2–3): 242 (1993). Mycosphaerellaceae [5]. На листьях *Majanthemum bifolium* F.W. Schmidt. (Liliaceae). Кв. 61. Ельник чернично-бруснично-мшистый.

Septoria brunneola (Fr.) Niessl, Verh. nat. Ver. Brünn 3: 92 (1864). Syn.: *Mycosphaerella brunneola* (Fr.) Johanson ex Oudem., Rév. Champ. Pays-Bas (Amsterdam) 2: 207 (1897). *Sphaeria brunneola* Fr., in Kunze & Schmidt, Mykologische Hefte (Leipzig) 2: 41 (1823). *Ascospora brunneola* (Fr.) Fr., Summa veg. Scand., Sectio Post. (Stockholm): 425 (1849). *Sphaerella brunneola* (Fr.) Cooke, Handb. Brit. Fungi 2: 922 (1871). Mycosphaerellaceae [4, 11]. На листьях *Polygonatum officinale* All. (Liliaceae). Кв. 55. Ельник чернично-бруснично-мшистый.

Stemphylium botryosum Wallr. Fl. crypt. Germ. (Nürnberg) 2: 300 (1833). *Pleospora tarda* E.G. Simmons, Sydowia 38: 291 (1986). Pleosporaceae [4, 9, 12]. На листьях *Quercus robur* L. (Fagaceae). Кв. 68. Сосняк чернично-мшистый. На листьях *Rubus idaeus* L. (Rosaceae). Кв. 65. Сосняк чернично-мшистый. На листьях *Betula pendula* Roth. (Betulaceae). Кв. 61. Ельник чернично-бруснично-мшистый.

Triposporium elegans Corda, Icon. fung. (Prague) 1: 16 (1837). *Helotiales* [12]. На листьях *Corylus avellana* L. (Betulaceae). Кв. 55. Ельник чернично-бруснично-мшистый.

В результате проведенных ботанико-микологических работ на территории заказника исследовано 16 видов растений, принадлежащих к 14 семействам, на которых идентифицировано 26 видов микромицетов из 13 родов.

В родах *Phyllosticta* и *Ramularia* идентифицировано по 7 видов. Род *Alternaria* насчитывает 2 вида. В родах анаморфных микромицетов *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Gloeosporium*, *Stemphylium*, *Triposporium* и родах мучнисторосяных грибов *Erysiphe*, *Golovinomyces*, *Oidium* выявлено по 1 виду (рис. 1).

Микромицеты из родов *Gloeosporium*, *Ascochyta*, *Phyllosticta*, *Ramularia*, *Septoria* являются видоспецифичными, вызывая характерные пятнистости на листьях растений, и преимущественно выявляются в начале вегетации.

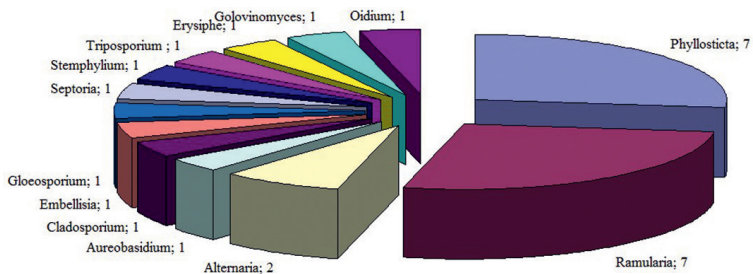


Рис. 1. Количественное распределение видов анаморфных грибов по родам

Микромицеты родов *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Stemphylium*, *Triposporium* – сапротрофы, и концу июня, середине июля появляются уже на образовавшихся пятнах, вызванных видоспецифичными патогенами. Однако, при изменении экологических факторов (рост температуры, обильное выпадение осадков или их отсутствие, возрастание антропогенной нагрузки и т.д.), наряду с мучнисторосяными *Erysiphe heraclei*, *Golovinomyces cichoracearum*, *Oidium monilioides* способны повлиять как отрицательно на развитие растения, так и положительно на развития гриба. В данных условиях сапротрофы могут выступить в роли паразита, и самостоятельно спровоцировать появление пятнистостей.

В целом, видоспецифичные и сапротрофные микроорганизмы, образуя микокомплексы, ведут к возрастанию степени поражения растений, угнетению их роста и, порой, к гибели.

Закключение. Полученные данные показывают, что ряд микромицетов и их комплексы в Республиканском ландшафтном заказнике «Прилепский» вызывают заболевания, большинство которых могут оказаться потенциально опасными для высших растений. Поэтому в настоящее время возникает необходимость дополнительных исследований: выявление видового разнообразия патогенных грибов-возбудителей болезней растений, оценка фитопатологической ситуации и, по возможности, разработка и проведение защитных мероприятий, имеющих существенное значение для сохранения редких, охраняемых и ресурсообразующих растений на данной охраняемой территории.

Литература

1. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев : Наукова думка, 1982. 552 с.
2. Василевский Н.И., Каракулин Б.П. Паразитные несовершенные грибы. Определитель: в 2 т. 1-е изд. М.-Л.: Академия наук СССР, 1937. Т. 1: Гифомицеты. 518 с.
3. Василевский Н.И., Каракулин Б.П. Паразитные несовершенные грибы. Определитель: в 2 т. 1-е изд. М.-Л.: Академия наук СССР, 1954. Т. 2: Меланкониальные. 680 с.
4. Визначник грибів України. Несовершені гриби / С.Ф. Морочковский, [и др.]; под общ. ред. Д.К. Зерова. 1-е изд. Київ: Наукова думка, 1971. Т. 3. 696 с.

5. Вимба Э.К. Грибы рода *Ramularia* Sacc. в Литовской ССР. Рига: Знание, 1970. 200 с.
6. Гелюта В.П. Флора грибов Украины. Мучнисторосяные грибы. Киев: Наукова думка, 1989. 356 с.
7. Об образовании республиканского ландшафтного заказника «Прилепский»: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 20.09.2000. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2000. № 1451.
8. Определитель высших растений Беларуси / Т.А. Сауткина [и др.]; под общ. ред. В.И. Парфенова. Минск: Дизайн ПРО, 1999. 472 с.
9. Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений. Определитель: в 3 т. 1- изд. Киев: Наукова думка, 1977. Т. 2: Грибы несовершенные. 232 с.
10. Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений. Определитель: в 3 т. 1 изд. Киев: Наукова думка, 1979. Т. 3: Грибы несовершенные. 297 с.
11. Тетеревникова-Бабаян Д.Н. Грибы рода Септория в СССР 1-е изд. – Ереван: АН Арм ССР, 1987. 479 с.
12. Ellis M.B. Dematiaceous hyphomycetes. 1-t ed. Surrey: Kew, 1971. 608 p.
13. Kirk P.M. Index of fungi // The global fungal nomenclator [Electronic resource]. The CABI, 2003–2004. Mode of access: <http://indexfungorum.org/> Date of access: 07.07.2020.
14. Shaw Boulevard – Saint Louis Missouri. Missouri botanical garden. – <http://www.tropicos.org/> – Date of access: 17.05.2019.

С. И. КОРИНЯК

ФИТОПАТОГЕННЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА «ПРИЛЕПСКИЙ»

Резюме

В вегетационный период 2019 года на территории Республиканского ландшафтного заказника «Прилепский» проведена идентификация фитопатогенных грибов на ряде сосудистых растениях. Исследовано 5 местообитаний, где было идентифицировано 26 видов микромицетов из 13 родов, на 16 видах растений из 14 семейств. Многие из идентифицированных видов микромицетов, являясь возбудителями пятнистостей листьев, представляют потенциальную опасность для некоторых видов сосудистых растений.

S. I. KORINIAK

PATHOGEN FUNGI AT THE VASCULAR PLANTS ON THE TERRITORY OF REPUBLIC LANDSCAPE RESERVE «PRILEPSKIJ»

Summary

The work on identification of pathogen fungi on the territory of reserve «Prilepskiy» at vegetation period of time 2019 was done. Five places were observed where 16 species of plants from 14 families were collected. On those plants 26 species of pathogen fungi from 13 genres were identified. Many of them are agents of leaf's spots and are dangerous for some species of vascular plants.

Поступила в редакцию 31.10 2020 г.

Н. А. ЛЕМЕЗА, И. С. ГИРИЛОВИЧ, Е. А. БРОДА
**ФИТОПАТОГЕННЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ НА ТЕРРИТОРИИ
ГОРОДА СТОЛБЦЫ**

Белорусский государственный университет, г. Минск

Введение. Фитопатогенные микромицеты вызывают во всем мире наиболее распространенные и вредоносные болезни растений сельскохозяйственных культур, лесных, луговых и болотных фитоценозов, а также используемых в озеленении городов и других населенных пунктов. Именно поэтому изучение микобиоты как одного из важнейших консортов любой экосистемы не только в естественных фитоценозах, но и на урбанизированных территориях представляет как научный, так и практический интерес. Исследования по выявлению видового состава, распространения, вредоносности и некоторых экологических особенностей фитопатогенных микромицетов на урбанизированных территориях, т. е. в зоне интенсивных техногенных нагрузок, необходимы для объективной экологической оценки способности природных и культурных экосистем выдерживать постоянно усиливающиеся воздействия негативных последствий техногенеза. Такая оценка позволит разработать интегрированную систему мероприятий по режиму их использования, а также по ограничению распространения патогенных организмов и предупреждения появления их в новых регионах.

Известно, что условия окружающей среды на урбанизированных территориях существенно отличаются от таковых в естественных экосистемах: тут другая средняя температура воздуха, световой, тепловой, водный и почвенный режимы, а также четко прослеживается агрессивное влияние на произрастающие растения промышленных предприятий и выхлопных газов автотранспорта, попадание в почву солевых растворов и вредных веществ с дорожного покрытия и др.

Подобные целенаправленные многолетние микологические исследования в различных типах городских насаждений, придорожных, синантропных и рудеральных местах обитания растений на территории города Столбцы Минской области ранее не проводились.

Материалы (объекты) и методы исследования. Материалом для исследования служили дикорастущие и культурные растения, пораженные фитопатогенными микромицетами и произрастающие в различных почвенно-экологических условиях города Столбцы. Полевые исследования с целью выявления пораженных растений осуществлялись детально-маршрутным и стационарным методами в течение вегетационных периодов 2014–2019 гг. Собранный материал обрабатывался по общепринятой методике. Идентификация видового состава фитопатогенных микромицетов проводилась по [1–16, 18–23], а питающих растений – [по 17]. Названия указанных ниже видов микромицетов, а также их синонимы и анаморфы приведены в соответствии с требованиями Международной

микологической глобальной базы данных – Index fungorum [21]. Образцы пораженных растений хранятся в гербарии кафедры ботаники [MSKU] Белорусского государственного университета.

Результаты и их обсуждение. В ходе проведенных исследований на территории районного центра Столбцы выявлено 204 вида фитопатогенных грибов и грибоподобных организмов, относящихся к четырем отделам – Ascomycota, Basidiomycota, Deuteromycota и Oomycota. При этом отдел Ascomycota был представлен 75 видами из 12 родов, отдел Basidiomycota – 51 видом из 10 родов, отдел Deuteromycota – 52 видами из 16 родов и отдел Oomycota – 22 видами из 8 родов. Выявленные микросмицеты паразитировали на 173 видах питающих растений из 45 семейств. Они развивались преимущественно на листьях, стеблях, бутонах, цветках и плодах травянистых, реже древесных растений, а также на растительных остатках. Приводим краткий обзор полученных результатов.

Аскомицеты были представлены 75 видами из 12 родов 5 порядков (Erysiphales, Hypocreales, Phyllachorales, Rhytismatales и Taphrinales). Преобладающее число видов (68) принадлежит к 7 родам семейства Erysiphaceae порядка Erysiphales. Из них доминирующими по видовому составу явились роды *Erysiphe* R. Hedw. ex DC. (34), *Podosphaera* Kunze (16) и *Golovinomyces* (U. Braun) V.P. Heluta (12). Другие роды эризифальных (мучнисторосяных) грибов представлены небольшим числом видов. Так, род *Phyllactinia* Lév., включал 4 вида, которые развивались на 5 видах питающих растений, относящихся к 5 родам 4 семействам, а род *Sawadaea* Miyabe – 2 вида, паразитирующих на 3 видах семейства Aceraceae. Такие роды, как *Blumeria* Golovin ex Speer и *Neoerysiphe* U. Braun представлены в сборах только одним видом каждый (*Blumeria graminis* (DC.) Speer и *Neoerysiphe galeopsidis* (DC.) U. Braun), которые выявлены на небольшом числе питающих растений (4 и 2 видах) из семейств Poaceae и Lamiaceae соответственно.

Некоторые виды мучнисторосяных грибов встречались на территории города довольно часто и вызывали высокую степень поражения не только древесно-кустарниковых и цветочно-декоративных растений, используемых в озеленении города, но и других групп хозяйственно полезных растений. К таковым патогенам следует отнести *Erysiphe flexuosa* (Peck.) U. Braun et S. Takam., паразитирующий на *Aesculus hippocastanum* L., *E. fraxinicola* U. Braun et S. Takam. на *Fraxinus excelsior* L. и *F. pennsylvanica* Marsh., *E. adunca* (Wallr.) Fr. на видах рода *Populus* (сем. Salicaceae), *E. palczewskii* (Jacz.) U. Braun et S. Takam. на *Caragana arborescens* Lam., *E. syringae* Schwein. на *Syringa vulgaris* L., *E. berberidis* DC. на *Berberis vulgaris* L., *E. aquilegiae* DC. на *Aquilegia vulgaris* L., *E. necator* Schwein. на *Vitis vinifera* L., *E. pisi* DC. на *Medicago sativa* L. и *Pisum sativum* L., *Golovinomyces ambrosiae* (Schwein) U. Braun et R.T.A. Cook на *Helianthus tuberosus* L., *H. annuus* L., *Rudbeckia hirta* L., *R. laciniata* L., *Podosphaera pannosa* (Wallr.) de Bary на видах рода *Rosa*, *P. xanthii* (Castagne) U. Braun et S. Takam. на *Calendula officinalis* L., *Coreopsis lanceolata* L., *Cosmos bipinnatus* Cav., *Phyllactinia fraxini* (DC.) Fuss

на *Fraxinus excelsior* и *Syringa vulgaris*, *Ph. guttata* (DC.) Fuss на *Corylus avellana* L., *Golovinomyces asterum* (Schwein.) U. Braun на многолетних видах рода *Symphotrichum* Nees, *G. magnicellulatus* (U. Braun) V.P. Heluta на сортах флокса метельчатого, *G. orontii* (Castagne) V.P. Heluta на *Petunia atkinsiana* D.

На многих представителях аборигенных дикорастущих растений высокую степень поражения вызывали такие виды мучнисторосяных грибов, как *Erysiphe astragali* DC., *E. convolvuli* DC., *E. cruciferarum* Opiz ex L. Junell на рудеральных видах сем. Brassicaceae, *E. heraclei* DC. на видах сем. Apiaceae, *E. macleayae* R.Y. Zheng et G.Q. Chen на *Chelidonium majus* L., *E. hyperici* (Wallr.) S. Blumer на *Hypericum maculatum* L., *E. urticae* (Wallr.) Blumer, *E. howeana* U. Braun на *Oenothera biennis* L., *E. buhrii* U. Braun на *Melandrium album* (Mill.) Garcke, *E. polygoni* DC. на *Polygonum aviculare* L. и видах рода *Rumex* L., *E. intermedia* (U. Braun) U. Braun на *Lupinus polyphyllus* Lindl., *E. trifoliorum* (Wallr.) U. Braun на *Trifolium hybridum* L., *T. medium* L., *T. pratense* L., *E. vanbruntiana* (Gerard) U. Braun et S. Takam. на *Sambucus racemosa* L., *Golovinomyces artemisiae* (Grev.) V.P. Heluta на *Artemisia absinthium* L., *A. campestris* L., *A. vulgaris* L., *G. cichoracearum* (DC.) V. P. Heluta на *Cichorium intybus* L., *G. cynoglossi* (Wallr.) V.P. Heluta на *Cynoglossum officinale* L., *G. depressus* (Wallr.) V.P. Heluta на видах рода *Arctium* L., *G. macrocarpus* (Speer) U. Braun на *Achillea millefolium* L. и *Tanacetum vulgare* L., *Podosphaera leucotricha* (Ellis et Everh) E.S. Salmon на *Malus domestica* Borkh., *P. erigerontis-canadensis* (Lév.) U. Braun et T.Z. Liu на *Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rydb., *Leontodon autumnalis* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *P. macularis* (Wallr.) U. Braun et S. Takam. на *Humulus lupulus* L., *Oidium* spp. на *Zinnia elegans* Jacq. и др.

В заброшенных и закустаренных участках городской территории, а также вблизи строений встречалось поражение таких инвазивных видов растений, как *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et A. Gray и *Thladiantha dubia* Bunge грибом *Golovinomyces cucurbitacearum* (R.Y. Zheng et G.Q. Chen) Vakal et Kliron., анamorфная стадия которого часто полностью покрывала листовую поверхность растения. *Erysiphe pseudoacaciae* (P.D. Marchenko) U. Braun et S. Takam. отмечен на листьях *Robinia pseudoacacia* L., *Podosphaera amelanchieris* Maurizio на *Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch, *Sawadaea bicornis* (Wallr.:Fr.) Homma. на *Acer platanoides* L., который часто используется в озеленении городов.

Ограниченное распространение среди эризифальных грибов имели такие виды, как *Erysiphe friesii* (Lév.) U. Braun et S. Takam. на *Rhamnus cathartica* L., *E. russelii* (Clinton) U. Braun et S. Takam. на *Xanthoxalis stricta* (L.) Small, *E. caulicola* (Petr.) U. Braun на *Astragalus glycyphyllos* L., *E. syringae-japonicae* (Braun) Braun et S. Takam. на *Syringa vulgaris* L., *E. ulmi* Castagne на *Ulmus glabra* Huds., *E. viburni* Duby на *Viburnum opulus* L., *Golovinomyces biocellatus* (Ehrenb.) V.P. Heluta на *Monarda didyma* L., *Podosphaera aucupariae* Erikss. на *Sorbus aucuparia* L., *P. clandestina* (Wallr.) Lév. на *Crataegus submollis* Sarg.

На растениях облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) нами обнаружен новый для Беларуси вид мучнисторосяного гриба *Phyllactinia hippophaës* Thüm. ex S. Blumer. Приводим его полную морфометрическую характеристику.

***Phyllactinia hippophaës* Thüm. ex S. Blumer, Beitr. Krypt.-Fl. Schweiz 7(1): 38 (1933).**

Мицелиальный налет преимущественно на нижней стороне листьев, слабо развитый, паутинистый, пленчатый, вначале белый, затем желтоватый. Гифы извилисто-коленчатые, 3–8 мкм в диаметре, бесцветные, тонкостенные. Аппрессории одиночные или в противоположных парах, сосковидной формы. Конидии продолговато-эллипсоидальные, цилиндрические, на концах закругленные, 46–67×15–24 мкм. Хазмотеции на нижней стороне листьев, рассеянные или в группах, 195–310 мкм в диаметре. Клетки перидия неправильно многоугольные, 10–20 мкм в диаметре. Придатки (8–15) экваториальные, игловатые, жесткие, у основания луковичевидно расширенные, к вершине суживающиеся, не превышают диаметр хазмотеции. Сумки многочисленные (20–40), эллипсоидальные, булабовидные, 60–86×25–40 мкм, с хорошо выраженной ножкой, 2-споровые. Аскоспоры широкоэллипсоидальные, 20–42×14–25 мкм. На живых листьях *Hippophae rhamnoides* L. (сем. Elaeagnaceae).

Мучнисторосяные грибы обнаружены на 137 видах питающих растений из 103 родов 41 семейства. Наибольшее число пораженных видов растений (33 из 22 родов) отмечено в семействе Asteraceae. На них паразитировало 10 видов мучнисторосяных грибов из родов *Golovinomyces* и *Podospaera*. Меньшее число представителей отмечено в семействах розоцветных (Rosaceae) – 13 видов из 10 родов и бобовых (Fabaceae) – 11 видов из 7 родов. На розоцветных паразитировали 6 видов рода *Podospaera*, а на бобовых – 6 видов рода *Erysiphe*. Другие семейства были представлены небольшим числом видов.

Остальные порядки сумчатых грибов (Hypocreales, Phyllachorales, Rhytismatales и Taphrinales) включали небольшое (1–2) число видов и имели ограниченное распространение.

Базидиомицеты включали 55 видов из 13 родов 4-х порядков (Pucciniales, Microbotryales, Entylomatales и Ustilaginales). Среди базидиальных фитопатогенных микромицетов преобладали представители порядка Pucciniales (51 вид из 10 родов). Среди ржавчинных (пукциниевых) грибов доминирующими по числу видов и распространенности среди них являются представители рода *Puccinia* Pers. (17 видов), которые паразитировали на 23 видах растений из 18 родов 9 семейств. Род *Uromyces* (Link) Unger включал 14 видов, зарегистрированных на 21 виде питающих растений из 14 родов 6 семейств, а представители рода *Melampsora* Castagne (8 видов) зарегистрированы на 11 видах растений 3 родов 2 семейств. Немногочисленные представители рода *Phragmidium* Link (4 вида), *Coleosporium* Lév. (3 вида), *Pucciniastrum* G.H. Oth (2 вида), которые отмечены на 6, 5 и 2 видах растений-хозяев ржавчинных грибов соответственно. Другие роды порядка (*Cronartium* Fr., *Melampsoridium* Kleb.,

Gymnosporangium R. Hedw. ex DC. и *Tranzschelia* Arthur) представлены в сборах по одному виду каждый.

Широкое распространение имели такие виды, как *Melampsora amygdalinae* Kleb., паразитирующая на *Salix triandra* L., *M. salicis-albae* Kleb. на *Salicis alba* L., *M. allii-fragilis* Kleb. на *Salix fragilis* L., *M. populnea* (Pers.) P. Karst. на видах рода *Populus* L., *M. epitea* Thüm. на *Salix caprea* L., *S. acutifolia* Willd., *S. purpurea* L., *S. viminalis* L., *Phragmidium mucronatum* (Pers) Schldt. и *Ph. tuberculatum* Jul. Müll. на видах рода *Rosa*, *Gymnosporangium sabinae* (Dicks.) G. Winter на *Pyrus communis* L. и *P. pyraeaster* (L.) Burgsd., *Cronartium ribicola* J.C. Fisch. на *Ribes nigrum* L., *Puccinia malvacearum* Bertero ex Mont. на видах семейства *Malvaceae*, *Coleosporium tussilaginis* (Pers.) Lév. на *Inula helenium* L. и *Tussilago farfara* L. и др.

В различных местах города часто встречалось поражение ржавчинными грибами многих рудеральных травянистых растений. Среди них следует отметить *Puccinia chrysanthemi* Roze на видах рода *Artemisia*, *P. calcitrapae* DC. на видах рода *Arctium*, *Uromyces polygoni-avicularis* (Pers.) G.H. Otth на *Polygonum aviculare* L., *U. rumicis* (Schumach.) G. Winter на видах рода *Rumex* и др.

Реже встречались такие виды, как *Phragmidium potentillae* (Pers.) P. Karst. на *Potentilla norvegica* L., *Uromyces appendiculatus* (Pers.) Link на *Phaseolus vulgaris* L., *U. dianthi* (Pers.) Niessl на *Dianthus chinensis* L., *U. junci* (Desm.) Tul. et T. Tul. на *Juncus tenuis* L., *U. caraganae* (Thüm.) Magnus на *Caragana arborescens* Lam., *Puccinia dracunculina* Fehrend. на *Artemisia dracunculus* L., *P. gigantea* P. Karst. на *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *P. komarovii* Tranzschel ex P. Syd. et Syd. на *Impatiens parviflora* DC., *P. urticae-caricis* Kleb., *Pucciniastrum epilobii* G.H. Otth на *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Godetia amoena* (Lehm.) G. Don, *Pucciniastrum oenotherae* Gaillard на *Oenothera biennis* L., *Tranzschelia pruni-spinosae* (Pers.) Dietel на *Prunus domestica* L. и др.

Среди них такие виды грибов, как *Coleosporium asterum* (Dietel) Sydow et P. Sydow на представителях рода *Symphyotrichum* Nees. и *C. ligulariae* Thüm. на *Ligularia dentata* (A. Gray) H. Hara оказались новыми для Беларуси. Приводим краткую морфометрическую характеристику данных видов.

***Coleosporium asterum* (Dietel) Sid. et P. Syd., Annales mycologici 12(2): 109 (1914).** – Syn.: *Coleosporium montanum* (Arthur et F. Kern) McTaggart et Aime, *Fungal Biology* 122(8): 805 (2018) – *C. solidaginis* (Schwein.) Thum., Bull. Torrey bot. Club 6: 216 (1878).

Урединии расположены на нижней стороне листьев, рассеянные, овальные, оранжево-желтые, обильно покрывающие почти всю листовую поверхность. Урединиоспоры шаровидные, овальные или широкоэллипсоидальные, 20–30×16–22 мкм, оболочка тонкая, густобородавчатая. Телии на нижней стороне листьев, округлые, рассеянные. Телиоспоры одноклеточные, цилиндрические, булабовидные, на вершине закругленные, 60–100×16–25 мкм, оболочка бесцветная, гладкая, на вершине утолщенная до 25–40 мкм. На представителях рода *Symphyotrichum* (=Aster).

Coleosporium ligulariae Thum., Bull. Soc. Imp. Nat. Moscou 52(1): 140 (1877).

Урединии на желтоватых пятнах, расположены на нижней стороне листьев, рассеянные или в группах, округлые, подэпидермальные, затем порошащие, оранжевые. Урединиоспоры округлые, яйцевидные, эллипсоидальные, $8\text{--}36 \times 16\text{--}26$ мкм, оболочка $1,5\text{--}2,5$ мкм толщиной, бородавчатая, бесцветная. Телии на нижней стороне листьев, подэпидермальные, округлые, оранжевые. Телиоспоры одноклеточные, цилиндрические, $65\text{--}100 \times 19\text{--}28$ мкм, оболочка бесцветная, гладкая, у вершины утолщенная до $25\text{--}40$ мкм. На *Ligularia dentata* (A. Gray) H. Nara (Asteraceae).

В частном секторе нами выявлено поражение любистка лекарственного (*Levisticum officinale* W.D.J. Koch), который выращивается использованием в качестве лекарственного, пряного и декоративного растения. При идентификации возбудителя им оказался ржавчинный гриб *Puccinia bornmuelleri* Magnus, который ранее для нашей республики не указывался. В связи с этим приводим его краткую характеристику.

Puccinia bornmuelleri Magnus, Verh. zool.-bot. Ges. Wien 49: 94 (1899). – Пукциния Борнмюллера.

Спермогонии расположены на верхней стороне листьев, погруженные, медово-желтые. Урединии преимущественно на нижней стороне листьев, черешках и стеблях, округлые, $0,5\text{--}4,0$ мм в диаметре, вызывают слабую деформацию пораженных участков, вначале покрытые эпидермисом, плотные, затем порошащие, коричневые. Урединиоспоры шаровидные, эллипсоидальные или яйцевидные, $28\text{--}36 \times 18\text{--}26$ мкм, оболочка $1,5\text{--}2$ мкм толщиной, желтовато-коричневая, мелко шиповатая, с $2\text{--}3$ экваториальными проростковыми порами, прикрытыми плоским сосочком. Телии похожи на урединии, но темно-коричневые. Телиоспоры двухклеточные, эллипсоидальные, продолговатые, у перегородки слабо суженные, $30\text{--}42 \times 20\text{--}28$ мкм, оболочка мелко бородавчатая, коричневая. Проростковая пора верхней клетки расположена у вершины, вторая базальная – около ножки, обе прикрыты мелким сосочком. Ножка короткая, прозрачная, бесцветная.

Впервые данный вид гриба был отмечен в Иране и Афганистане. В настоящее время выявлен в Румынии, Германии, Австрии, Венгрии, Нидерландах, Чехии, Польше, Финляндии и Украине (Tănase C., Gjærum H.B., Constantinescu O., 2007; Tykhonenko Yu.Ya., Nayova V.P., 2019).

Ржавчинные грибы паразитировали на 70 видах растений-хозяев, относящихся к 48 родам из 21 семейства. Наибольшее число видов растений, пораженных ржавчинными грибами, относилось к семейству Asteraceae – 15 видов из 12 родов, на которых развивались три вида грибов рода *Coleosporium* и 7 видов рода *Puccinia*. В семействе Fabaceae выявлено поражение 11 видов растений из 8 родов, на которых развивались 6 видов ржавчинников рода *Uromyces*. В семействах Rosaceae и Salicaceae отмечено по 10 видов, а Polygonaceae – 6 видов питающих растений. На растениях сем. Rosaceae развивались виды ржавчинников из 4 родов – *Phragmidium*, *Gymnosporangium*, *Pucciniastrum* и *Tranzschelia*. На пред-

ставителях сем. Salicaceae поражение вызывали 7 видов грибов рода *Melampsora*, а на растениях сем. Polygonaceae – виды из родов *Puccinia* и *Uromyces*. Иные семейства представлены одним видом каждое.

Другие порядки отдела базидиальных грибов (Microbotryales, Entylomatales и Ustilaginales) представлены 1–2 видами. Например, *Entyloma calendulae* (Oudem.) de Bary отмечена на листьях *Calendula officinalis* L. и *E. gaillardiae* (Speg.) Speg. – на листьях *Gaillardia aristata* Pursh., где наблюдалось образование многочисленных утолщенных светло-коричневых пятен, внутри которых развиваются споры возбудителя заболевания и *Anthracoidea angulata* (Sydow) Boidol et Poelt, поражающая соцветия *Carex hirta* L..

Впервые на территории Беларуси нами зарегистрирован также головневый гриб *Microbotryum lychnidis-dioicae* (DC.) G. Deml et Oberw., который паразитировал в пыльниках цветков *Melandrium album* L. Приводим его краткую морфометрическую характеристику.

***Microbotryum lychnidis-dioicae* (DC.) G. Deml et Oberw.** Phytopath. Z. 104(4): 353 (1982) – Syn.: *Ustilago lychnidis-dioicae* (DC.) Liro. Ann. Acad. Sci. Fenn., Ser. A 17 (no. 1): 33 (1924).

В пораженных пыльниках образуется темно-фиолетовая порошащая споровая масса. Споры шаровидные или широкоэллипсоидальные, 5–10×5–7 мкм, светло-фиолетовые. Оболочка сетчатая с округлыми ячейками.

Базидиальные грибы развивались на 73 видах растений-хозяев, принадлежащих к 51 роду 24 семейств двудольных растений.

Дейтеромицеты включали 52 вида из 16 родов, относящихся к двум классам – Hyphomycetes (22 вида из 8 родов) и Coelomycetes (30 видов из 8 родов). Гифомицеты представлены 22 видами из 8 родов двух семейств (Moniliaceae и Dematiaceae). Среди гифомицетов преобладали виды родов *Ramularia* (6 видов) и *Cercospora* (5 видов). Роды *Fusicladium*, *Cladosporium*, *Clasterosporium*, *Botrytis*, *Alternaria*, *Monilia* включали по два вида каждый. Чаше других встречались виды *Ramularia cichorii* Dearn. et House, паразитирующая на *Cichorium intybus* L., *R. anchusae* C. Massal. на *Anchusa arvensis* (L.) M. Bieb., *R. armoraciae* Fuckel на *Armoracia rusticana* G. Gaertn. et al., *R. taraxaci* P. Karst. на *Taraxacum officinale* Wigg., *R. arvensis* Sacc. на *Potentilla anserina* L., *R. levisitici* Oudem на *Levisticum officinale* Koch. а *Cercospora fraxini* (DC.) Sacc. на *Fraxinus excelsior* L., *C. microsora* Sacc. на *Tilia cordata* Mill., *C. calendulae* Sacc. на *Calendula officinalis* L., *C. ferruginea* Fuckel на *Artemisia absinthium* L., *C. berteroae* Hollós на *Berteroa incana* (L.) DC., *Clasterosporium carpophilum* (Lév.) Aderh. на косточковых и других культурах, вызывая у перечисленных видов растений пятнистости листьев.

Целомицеты включали такие роды, как *Phyllosticta* (9 видов), *Septoria* (8 видов), *Phoma* (5 видов), *Ascochyta* (4 вида), *Ovularia* (3 вида). Другие роды содержали небольшое число видов. Интенсивное поражение растений (в виде пятнистостей на листьях) вызывали такие виды целомицетов, как *Phyllosticta prunicola* (Opiz.) Sacc. на *Prunus cerasifera* L., *P. domestica* L., и *Prunus avium* L., *Ph. sorbi* Westend. на *Sorbus aucuparia* L.,

Ph. herbarum Westend. на *Rorippa sylvestris* L. и *R. austriaca* L. Часто встречалось поражение конского каштана (*Aesculus hippocastanum* L.), используемого в озеленении города, грибом *Ph. paviae* Desm. Ограниченное распространение имели *Ascochyta caraganae* (Vestergr.) Melnik, поражающая *Caragana arborescens* Lam. и *Ascochyta syringae* (Westend.) Bres. на *Syringa vulgaris* L. На листьях *Tilia cordata* Mill. обнаружен возбудитель кремовой пятнистости *Gloeosporium tiliae* Oudem. [(*Apiognomonium errabunda* (Roberge ex Desm.) Höhn)].

При идентификации фитопатогенных микромицетов отмечено также развитие пикнид и конидий гиперпаразита *Ampelomyces quisqualis* Ces. в гифах эризифальных грибов, а *Sphaerellopsis filum* (Biv.) B. Sutton – в соусах ржавчинных грибов.

Дейтеромицеты выявлены нами на 35 видах питающих растений из 34 родов 18 семейств. Больше всего видов растений-хозяев анаморфных грибов зарегистрировано в семействе Rosaceae (8 видов). Семейства Asteraceae, Fabaceae и Salicaceae представлены 4 видами каждое. В составе других семейств насчитывалось по 1–3 виду пораженных растений.

Оомицеты включали 22 вида грибоподобных организмов из 8 родов двух семейств (Albuginaceae и Peronosporaceae) порядка Peronosporales. Семейство Albuginaceae было представлено двумя видами, зарегистрированными на 8 видах питающих растений из двух семейств (Brassicaceae и Amaranthaceae). Так, *Albugo candida* (Pers.) Roussel отмечена на растениях семейства Brassicaceae, а *Wilsoniana bliti* (Biv.) Thines – на *Amaranthus retroflexus* L. (сем. Amaranthaceae). Семейство Peronosporaceae в сборах представлено 20 видами 6 родов. Среди них наибольшим разнообразием характеризуется род *Peronospora* Corda., включающий 12 видов. Род *Plasmopara* J. Schröt. представлен 3 видами, а *Paraperonospora* – 2 видами. Остальные роды семейства (*Bremia*, *Hyaloperonospora* и *Phytophthora*) включали по одному виду каждый.

К широко распространенным и часто встречающимся видам сем. Peronosporaceae на исследуемой территории относятся *Bremia lactucae* Regel на *Taraxacum officinale* Wigg. и видах рода *Sonchus*, *Albugo candida* (Pers.) Roussel, *Peronospora alta* Fuckel на *Plantago major* L., *P. trifoliorum* de Bary на видах рода *Trifolium*, *P. farinosa* (Fr.) Fr. на *Chenopodium album* L., *P. polygoni* Halst. на *Polygonum aviculare* L., *P. sisymbrii-officinale* Gäum. на *Sisymbrium officinale* (L.) Scop. Ежегодно отмечалось интенсивное развитие *Hyaloperonospora parasitica* (Pers.) Constant. на рудеральных и сорных растениях сем. Brassicaceae, а также развитие возбудителя фитофтороза (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) на картофеле и томатах.

Значительно реже встречались виды *Bremia lactucae* на *Ligularia dentata* (A. Gray) H. Hara, *Paraperonospora leptosperma* (de Bary) Constant. на *Achillea millefolium* L., *P. tanacetii* (Gäum.) Constant на *Tanacetum vulgare* L., *Peronospora chelidonii* Miyabe на *Chelidonium majus* L., *Plasmopara viticola* (Berk. et M.A. Curtis) Berl. et De Toni на *Vitis vinifera* L. и др.

Грибоподобные организмы порядка Peronosporales паразитировали на 30 видах питающих растений из 28 родов 15 семейств. Преи-

мущественно поражались растения таких семейств, как Brassicaceae, Asteraceae и Fabaceae. Другие семейства представлены небольшим числом видов (1–2).

Таким образом, на территории г. Столбцы преобладали мучнисторосяные и ржавчинные грибы из порядков Erysiphales и Pucciniales соответственно, другие порядки были представлены небольшим числом видов. При этом ряд отмеченных нами видов оказались редкими для микобиоты республики. К ним относятся *Phyllactinia hippophaës* Thüm. ex S. Blumer на *Hippophae rhamnoides* L., *Podosphaera amelantheris* Maurizio на *Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch, *Peronospora chelidonii* Miyabe на *Chelidonium majus* L., *Pucciniastrum oenotherae* Gaillard на *Oenothera biennis* L., *Pucciniastrum epilobii* G.H. Oth на *Godetia amoena* (Lehm.) G. Don, *Puccinia dracunculina* Fehrend. на *Artemisia dracunculus* L., *P. gigantea* P. Karst. на *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Uromyces junci* (Desm.) Tul. et T. Tul. на *Juncus tenuis* L.

Следует отметить, что наибольшее разнообразие микобиоты наблюдалось в более старых, сложившихся ранее микрорайонах и фитоценозах, тогда как в новых микрорайонах и формирующихся растительных сообществах она значительно беднее. При этом грибоподобные организмы чаще встречались в более затененных участках зеленых насаждений, а мучнисторосяные и некоторые виды ржавчинных грибов – на открытых солнечных местообитаниях.

Фитопатогенные микромицеты в своем распространении тесно связаны с питающими их растениями. Так, введение в культуру новых для того или иного региона видов растений часто сопровождается появлением новых видов патогенных грибов. Примером может служить отмеченные нами такие виды грибов, как *Coleosporium asterum*, *C. ligulariae*, *Puccinia dracunculina* и некоторые другие.

Заключение. Анализ полученных результатов показывает, что для такой сравнительно небольшой территории, какую занимает город Столбцы, видовой состав фитопатогенных микромицетов достаточно велик (204 вида). Среди них выявлены 5 новых и 8 редких для микобиоты республики видов. Это обусловлено не только повсеместным распространением питающих их растений, но и экологическими условиями их произрастания. Город Столбцы расположен в Неманско-предполесском геоботаническом округе подзоны грабово-дубово-темнохвойных лесов и окружен лесными массивами. Кроме того, рядом с городом расположено крупное водохранилище и протекает река Неман, что является главной причиной повышенной влажности воздуха и почвы в данном районе и служит благоприятным фактором для развития большинства видов фитопатогенных грибов. Все это способствует сохранению источников инфекции и успешному заражению растений даже в сухую и жаркую погоду. Кроме того, в последние годы наблюдается резкое изменение климатических условий: в летний период жаркая погода, в зимний – отсутствие морозов и снежного покрова. В таких условиях ослабляется иммунитет растений к грибным заболеваниям, а также создаются благоприятные

условия для сохранения источников инфекции. Мицелий многих микромицетов сохраняется в пораженных органах растений (почках, побегах), на опавшей листве и растительных остатках на протяжении всей зимы, что приводит к созданию дополнительных источников возбудителей заболеваний растений.

Сказывается и значительное антропогенное влияние на растительные комплексы. Постоянное воздействие на фитоценозы многочисленных неблагоприятных факторов техногенной среды (выбросы промышленных предприятий в виде газов, жидких аэрозолей, загрязнение водоемов промышленными и бытовыми отходами и др.) отрицательно влияют на морфогенез и метаболизм растений, заметно ослабляют их иммунитет. Растения, произрастающие в таких условиях, чаще поражаются фитопатогенными организмами – вирусами, бактериями, микромицетами. В этих местах образуются устойчивые очаги инфекции мучнисторосяных, ржавчинных и других групп грибов.

При проведении исследований мы нередко наблюдали совместное поражение лиственной пластинки растений несколькими видами грибов. Так, на листьях яблони отмечалось совместное развитие парши-филlostикты-белой пятнистости, на листьях березы – видов мучнистой росы (филлокитиния-эризифе), на груше – ржавчины-белой пятнистости, на тополе – белой пятнистости-ржавчины, на мать-и-мачехе – ржавчинных грибов (колеоспориум-пукцинния) и др.

Кроме того, на территории города достаточно часто встречались устойчивые микосинузии, образованные микромицетами из различных таксономических групп на одном и том же органе растения-хозяина, например, гербофильные микосинузии, образованные мучнисторосяными, ржавчинными и анаморфными грибами.

С целью улучшения состояния растений, произрастающих на территории города, необходимо проведение ряда мероприятий, направленных на создание оптимальных условий для их роста и развития, а также введением в культуру новых для региона древесных, кустарниковых и цветочно-декоративных видов и сортов растений, устойчивых к вирусным, бактериальным и грибным заболеваниям.

Литература

1. Азбукина З.М. Ржавчинные грибы Дальнего Востока. Москва: Наука, 1974. 527 с.
2. Азбукина З.М. Низшие растения, грибы и мохообразные Дальнего Востока России. Грибы. Том 5. Ржавчинные грибы. Владивосток: Дальнаука, 2005. 616 с.
3. Азбукина З.М. Порядок Ржавчинные. 1. Семейства Пукциниастровые, Кронарциевые, Колеоспориевые, Мелампсоровые, Факопсоровые, Чакониевые, Микронегериевые. Владивосток: Дальнаука, 2015. 281 с.
4. Визначник грибів України. Несовершені гриби / Морочковский С.Ф. [и др.]; под общ. ред. Д.К. Зерова. 1-е изд. Київ: Наукова думка. 1971. Том 3. 696 с.
5. Гелюта В.П. Флора грибов Украины. Мучнисторосяные грибы. Киев: Наукова думка, 1989. 256 с.

6. Гирилович И.С. Грибоподобные организмы (порядок Peronosporales) Беларуси. Минск: БГУ, 2013. 133 с.
7. Гирилович И.С. Мучнисторосые грибы (порядок Erysiphales) Беларуси. Минск: БГУ, 2018. 279 с.
8. Журавлев И.И., Селиванова Т.Н., Черемисинов Н.А. Определитель грибных болезней деревьев и кустарников. Москва: Лесная промышленность, 1979. 247 с.
9. Новотельнова Н.С., Пыстина К.А. Флора споровых растений СССР. Том 11. Грибы (3). Порядок Peronosporales (Семейства Pythiaceae, Phytophthoraaceae, Peronosporaceae, Cystosporaceae). Ленинград: Наука, 1985. 363 с.
10. Купревич В.Ф., Ульянищев В.И. Определитель ржавчинных грибов СССР. Часть 1. Минск: Наука и техника, 1975. 336 с.
11. Мельник В.А. Определитель грибов России. Класс Coelomycetes. Вып. 1. Санкт-Петербург: Наука, 1997. 280 с.
12. Мельник В.А. Определитель грибов России. Класс Hyphomycetes. Вып. 1. Темноокрашенные гифомицеты (сем. Dematiaceae). Санкт-Петербург: Наука, 2000. 371 с.
13. Мельник В.А., Попушой И.С. Несовершенные грибы на древесных и кустарниковых породах. Кишинев: Штиинца, 1992. 368 с.
14. Осипян Л.Л. Микофлора Армянской ССР. Т. 3. Гифальные грибы. Ереван: Ереванский университет, 1975. 643 с.
15. Ульянищев В.И. Определитель ржавчинных грибов СССР. Часть 2. Ленинград: Наука, 1978. 384 с.
16. Хохряков М.К., Доброзракова Т.Л., Степанов К.М., Летова М.Ф. Определитель болезней растений. 3-е издание. Санкт-Петербург: Лань, 2003. 592 с.
17. Цвелев Н.Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). Санкт-Петербург: Издательство СПХВА, 2000. 781 с.
18. Braun U., Cook R.T.A. Taxonomic manual of the Erysiphales (powdery mildews). Utrecht: CBS, 2012. 707 p. (CBS Biodiversity Series, volume 11).
19. Braun U., Melnik V.A. Cercosporoid fungi from Russia and adjacent countries / Proceedings of the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 1997. Vol. 20. 112 p.
20. Grigaliūnaitė B. Lietuvos grybai. Том 3. Kniga 1. Milteniečiai (Erysiphales). Vilnius: Mokslo ir enciklopedija leidybos institutas, 1997. 195 p.
21. Kirk P.M. Index of fungi. //The global fungal nomenclator [Electronic resours]. The CABI, 2003–2004. Mode of access: <http://indexfungorum.org/> Date of access: 15.09.2020.
22. Tănase C., Gjørum H.B., Constantinescu O. Puccinia bornmuelleri on cultivated Levisticum. // Mycologia balcanica, 4. 2007. P. 75–76.
23. Tykhonenko Yu.Ya., Hayova V.P. First records of Puccinia bornmuelleri (Pucciniales) in Ukraine // Ukr. Bot. J. 2019. 76 (5). P. 445–450.

Н. А. ЛЕМЕЗА, И. С. ГИРИЛОВИЧ, Е. А. БРОДА
ФИТОПАТОГЕННЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ
НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА СТОЛБЦЫ

Резюме

В результате проведенных исследований на территории г. Столбцы было обнаружено 204 вида фитопатогенных грибов и грибоподобных организмов, относящихся к 4 отделам – Ascomycota, Basidiomycota, Deuteromycota и Oomycota. Выявленные микромицеты паразитировали на 173 видах питающих растений из 45 семейств. Отдел Ascomycota на территории города представлен 75 видами из 12 родов, отдел Basidiomycota – 55 видами из 13 родов, отдел Deuteromycota – 52 видами из 16 родов и отдел Oomycota – 22 видами из 8 родов.

N. A. LEMEZA, I. S. HIRILOVICH, E. A. BRODA
PHYTOPATHOGENIC MICROMYCETES
IN THE TERRITORY OF STOLBTSY TOWN

Summary

As a result of the conducted researches in the territory of Stolbtsy it was found 204 species of phytopathogenic fungi and fungus-like, belonging to 4 division – Ascomycota, Basidiomycota, Deuteromycota and Oomycota. The detected micromycetes were parasitizing on 173 species of feeding plants from 45 families. The division of Ascomycota in the town of Stolbtsy is represented by 75 species of 12 genera, the division of Basidiomycota – 55 species from 13 genera, the division of Deuteromycota – 52 species from 16 genera and the division of Oomycota – 22 species from 8 genera.

Поступила в редакцию 12.10.2020 г.

Е. Л. МОРОЗ¹, Ю. К. НОВОЖИЛОВ²
**МИКСОМИЦЕТЫ (МУХОМУСЕТЕС) СОСНОВЫХ ЛЕСОВ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»**

¹*Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича*

НАН Беларуси, г. Минск

²*Ботанический институт им. В. Ф. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия*

Введение. В национальном парке (НП) «Нарочанский» на сосняки приходится 71,7% лесопокрытой площади. Наиболее широко распространены монодоминантные сосновые зеленомошные леса. Они сконцентрированы к северо-западу и западу от оз. Нарочь, южнее и юго-восточнее озёр Мястро и Баторино. Небольшими компактными участками на повышенных элементах рельефа встречаются лишайниково-вересково-зеленомошные сосняки, а в понижениях доминируют сосняки чернично-зеленомошные. К юго-востоку от оз. Нарочь сконцентрированы болотные сосновые леса [1].

Биота миксомицетов сосняков НП «Нарочанский» (Мядельский р-н, Минская обл.) мало изучена. Связи с этим с 1984–1993, 2017–2019 гг. нами проводились исследования по изучению видового состава миксомицетов в различных типах леса НП [2–11].

Материалы (объекты) и методы исследования. Полевые исследования и сбор образцов плодовых тел и субстратов для проведения экспериментов с влажными камерами проводились маршрутным методом по общепринятым методикам [12]. Таксономическое определение собранных коллекций плодовых тел проводились в лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН и лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси. Микроморфологические структуры спорофоров изучались с помощью микроскопов Olympus SZ61, Olympus BX 51, Zeiss Axio Imager A1 и стереомикроскопа Zeiss Discovery V20. Заключение о видовой идентификации, собранных образцов, проводили на основании изучения морфологических признаков с использованием отечественных и зарубежных определительных пособий [13–16]. Названия миксомицетов приведены согласно номенклатурной базе данных миксомицетов С. Lado [17]. Проведена привязка рукописных записей местонахождений образцов спорофоров к системе географических координат. Гербарные образцы хранятся в гербарии лаборатории микологии Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси» (MSK – F) и гербарии лаборатории систематики и географии грибов в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Ботанический институт им. В. Л. Комарова Российской академии наук» (LE).

Результаты и их обсуждение. В ходе таксономического анализа коллекционного материала было выявлено 83 видов миксомицетов, относящихся к 33 родам, 11 семействам, 6 порядкам.

Таксономическая структура и объем родов, семейств и порядков миксомицетов, выявленных на изученной территории представлены в таблице 1.

Таблица 1. Таксономическая структура биоты миксомицетов сосновых лесов Национального парка «Нарочанский» (в скобках после названия таксона указано число видов, отмеченных на изученной территории)

Порядки	Семейства	Роды
Ceratiomycetales (1)	Ceratiomycetaceae (1)	<i>Ceratiomyxa</i> (1)
Echinosteliales (1)	Echinosteliaceae (1)	<i>Echinostelium</i> (1)
Liceales (19)	Liceaceae (3)	<i>Licea</i> (3)
	Reticulariaceae (6)	<i>Dictydiaethalium</i> (1) <i>Lycogala</i> (2) <i>Reticularia</i> (2) <i>Tubifera</i> (1)
	Cribrariaceae (10)	<i>Lindbladia</i> (1) <i>Cribraria</i> (9)
Trichiales (21)	Dianemataceae (1)	<i>Dianema</i> (1)
	Arcyriaceae (10)	<i>Arcyodes</i> (1) <i>Arcyria</i> (9)
	Trichiaceae (10)	<i>Hemitrichia</i> (2) <i>Metatrichia</i> (2) <i>Perichaena</i> (1) <i>Trichia</i> (5)
Stemonitales (14)	Stemonitidaceae (14)	<i>Amaurochaete</i> (1) <i>Comatricha</i> (3) <i>Enerthenema</i> (1) <i>Collaria</i> (1) <i>Lamproderma</i> (1) <i>Paradiacheopsis</i> (1) <i>Stemonaria</i> (1) <i>Stemonitis</i> (3) <i>Stemonitopsis</i> (2)
Physarales (27)	Physaraceae (15)	<i>Badhamia</i> (1) <i>Fuligo</i> (2) <i>Leocarpus</i> (1) <i>Physarum</i> (11)
	Didymiaceae (12)	<i>Diderma</i> (2) <i>Didymium</i> (6) <i>Lepidoderma</i> (3) <i>Mucilago</i> (1)

Примечание: в скобках после названия таксона указано число видов, отмеченных на изученной территории.

В биоте миксомицетов сосняков НП представлены все 6 порядков миксомицетов. Наибольшее число выявленных видов относится к порядкам Physarales (27 видов), Trichiales (21 вид) и Liceales (19 видов). Эти 3 порядка включают в себя 80,7% всех видов. Несколько меньше количество видов в порядке Stemonitales (14 видов или 16,7% от общего числа видов). Наименьшую долю в спектре видов составляют виды порядков Ceratiomyxales и Echinosteliales (по 1 виду; 1,2%) (рис. 1.).

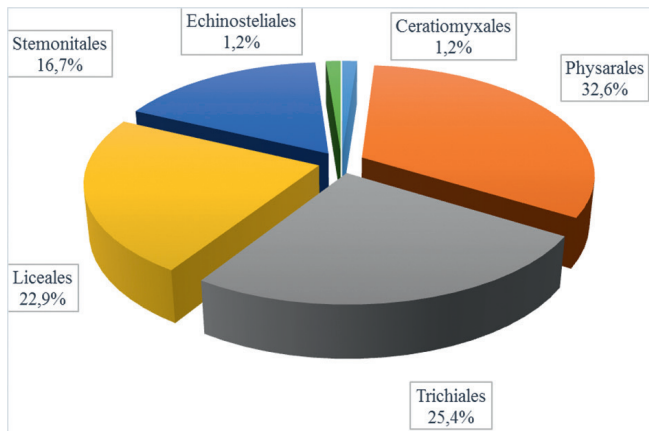


Рис. 1. Спектр порядков по числу видов для миксомицетов сосновых лесов Национального парка «Нарочанский» (в процентах от общего числа видов).

Сходное соотношение числа видов в порядках отмечается для изученных территорий России: Урала [18], заповедника «Столбы» Красноярского края [19], Тверской области [20], правобережной части верхнего Приобья [21], Московской области [22]. Данный факт объясняется тем, что порядки Physarales, Trichiales, Liceales и Stemonitales в целом содержат в себе более 68% видов миксомицетов известных на сегодняшний день в мире [17]. Различия, в данном случае, проявляются только на уровне родовой насыщенности порядков и степени изученности биоты миксомицетов на конкретной территории.

Наибольшее количество видов выявлено в следующих 5 родах: *Physarum* (11 видов; 13,2%), *Cribraria* и *Arcyria* (по 9 видов; 10,8%), *Didymium* (6 видов; 7,2%), *Trichia* (5 видов; 6,0%). Общее число этих видов составляет 48,2% всех видов. Такие роды, как *Comatrachia*, *Hemitrichia*, *Lepidoderma*, *Licea* и *Stemonitis* представлены 3 видами или 18,1% от общего числа видов, а *Diderma*, *Fuligo*, *Lycogala*, *Metatrachia*, *Reticularia*, *Stemonitopsis*, 2 видами или 14,4%. Остальные 16 родов включают по 1 виду, среди них четыре рода (*Arcyodes*, *Leocarpus*, *Lindbladia*, *Mucilago*) являются монотипными.

Аннотированный список видов миксомицетов, выявленных в сосняках НП

Названия миксомицетов даны в списке в алфавитном порядке. После названия вида приводятся сведения о субстрате, растительной ассоциации, местонахождении, географических координатах, дате сбора и номере гербарного образца. В квадратных скобках дается ссылка на работу, в которой ранее был упомянут данный вид. Буквами mc (moisture cameras) обозначены виды, найденные в условиях влажной камеры.

1. *Amaurochaete atra* (Alb. & Schwein.) Rostaf. [4,8] – на коре *Pinus sylvestris* L., в сосняке вересковом, в окр. д. Узла, 54°43'34»N, 26°56'09»E, 25 VI 1985, LE 320000.

2. *Arcyodes incarnata* (Alb. & Schwein.) O.F. Cook [5,8] (= *Lachnobolus circinans* (Fr.) Fr. [23]) – на гнилой коре и древесине *Betula pendula* Roth, в сосняке зеленомошном, окр. д. Степенево, 10 VII 1993, 54°52'56»N, 2°40'20»E, LE 320004; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. агрогородка (аг.) Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику партизан, 09 VII 2018, 54°56'92»N, 26°24'03»E, MSK – F 42071.

3. *Arcyria bulbosa* S.L. Stephenson & Nann.-Bremek. [5,8] – на гнилой древесине *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn, в сосняке черничном, окр. д. Степенево, 15 VII 1984, 54°54'34»N, 26°40'51»E, MSK – F 43065.

4. *Arcyria cinerea* (Bull.) Pers. [23,4,8] – на гнилой древесине *Betula pendula* и *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 15 VII 1984, 54°52'54»N, 26°40'35»E, LE 320007; на гнилой древесине *Betula pendula* и *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 10 VI 1985, 54°53'56»N, 26°40'40»E, LE 320008.

mc – на шишке *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. аг. Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику партизан, 26 XI 2017, 54°56'92»N, 26°24'03»E, LE 321118; на коре, шишке, опаде хвои *Pinus sylvestris*, в сосняке брусничном, окр. аг. Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику партизан, 06 XI 2017, 54°47'12»N, 26°54'02»E, LE 321121.

5. *Arcyria denudata* (L.) Wettst. [4,8] (= *A. punicea* Pers. [23]) – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. курортный посёлок (к. п.) Нарочь, 06 VI 1985, 54°55'21»N, 26°40'46»E, LE 320012; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Малая Сырмеж, 15 VI 1985, 54°53'31»N, 26°40'46»E, LE 323920.

6. *Arcyria ferruginea* Saut. [4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 15 VII 1984, 54°52'54»N, 26°40'35»E, LE 320015.

7. *Arcyria incarnata* (Pers.) Pers. [23,4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris* и *Alnus glutinosa*, в сосняке черничном, окр. д. Шеметово, 17 VI 1984, 54°49'60»N, 26°33'00»E, LE 320021; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Малая Сырмеж, 15 VI 1985, 54°53'28»N, 26°39'20»E, LE 320020.

8. *Arcyria obvelata* (Oeder) Onsberg [8] (= *A. nutans* (Bull.) Grev. [4]) – на гнилой древесине *Betula pendula*, *Pinus sylvestris*, на живых злаковых растениях, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 08 VI 1985,

54°54'24"N, 26°41'57"E, LE 320025; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 12 VI 1985, 54°53'59"N, 26°40'36"E, LE 320026; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, *Picea abies* (L.) Karst., *Alnus glutinosa*, в сосняке черничном, окр. д. Малая Сырмеж, 24 VIII 1985, 54°54'03"N, 26°39'36"E, LE 320027; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, 19 VII 1995, 54°54'23"N, 26°41'56"E, LE 321008.

9. *Arcyria oerstedii* Rostaf. [23,4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 12 VI 1985, 54°53'59"N, 26°40'36"E, MSK – F 42077.

10. *Arcyria pomiformis* (Leers) Rostaf. [23,4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. аг. Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику Партизанские базы, 13 VII 2018, 54°56'92"N, 26°24'03"E, MSK – F 43062; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. д. Ольшево, 14 VII 2018, 54°56'07"N, 26°22'25"E, MSK – F 42078.

11. *Arcyria stipata* (Schwein.) Lister [5,8] – на коре *Frangula alnus* Mill., в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, 19 VII 1995, 54°54'23"N, 26°41'56"E, LE 321005.

12. *Badhamia utricularis* (Bull.) Berk. [5,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. д. Ольшево, 18 X 1993, 54°57'06"N, 26°21'38"E, LE 320053.

13. *Ceratiomyxa fructiculosa* (Mull.) Macbr. – [4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 25 IV 1984, 54°52'50"N, 26°40'28"E, LE 320055; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, *Betula pendula* в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 10 VI 1985, 54°53'58"N, 26°40'44"E, LE 320056; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Малая Сырмеж, 06 VI 1985, 54°54'12"N, 26°39'26"E, LE 320057.

14. *Collariaarcyriionema* (Rostaf.) Nann.-Bremek. ex Lado (= *Lamproderma arcyriionema* Rostaf. [4,8]) – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, 26 VI 1985, 54°54'10"N, 26°41'17"E, LE 320180.

15. *Comatricha laxa* Rostaf. [5,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 23 VII 1985, 54°53'56"N, 26°40'36"E, LE 320066; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Слобода, 17 X 1991, 54°43'30"N, 26°23'02"E, LE 320740.

16. *Comatricha nigra* (Pers ex J.F. Gmel.) J. Schröt. [4,8] (= *C. friesiana* De Bary [23]) – на коре и гнилой древесине *Pinus sylvestris*, на гнилой древесине *Alnus glutinosa*, сосняке зеленомошном, окр. д. Малая Сырмеж, 27 VI 1985, 54°53'29"N, 26°39'30"E, LE 320072; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. к.п. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 15 VII 1988, 54°54'06"N, 26°41'31"E, LE 320751.

17. *Comatricha pulchella* (C. Bab.) Rostaf. [4,8] (= *C. typhyna* Rostaf. [23]) – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Ольшево, 01 IX 1985, 54°57'38"N, 26°22'25"E, LE 320075.

18. *Cribraria argillacea* (Pers. ex J. F. Gmel.) Pers. [4,8] – на гнилой древесине *Picea abies*, в сосняке черничном, окр. д. Малая Сырмеж, 24 VII 1984, 54°53'31"N, 26°39'20"E, LE 320812; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. д. Урлики, 13 VI 1985, 54°54'05"N, 26°40'44"E, LE 320786; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. д. Ольшево, 29 VIII 1985, 54°57'31"N, 26°22'24"E, LE 320795.

19. *Cribraria aurantiaca* Schrad. [4,8]; – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Ольшево, 01 IX 1985, 54°57'38"N, 26°22'25"E, LE 320090; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, 19 VII 1995, 54°54'23"N, 26°41'56"E, LE 321011.

20. *Cribraria cancellata* (Batsch) Nann.-Bremek. [8] (= *Dictydium cernuum* Pers. [23]) (= *Dictydium cancellatum* (Batsch) T. Macbr. [2] = *D. cernuum* Pers. [23]) – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. к. п. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 26 V 1984, 54°53'04"N, 26°40'24"E, LE 320771; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 10 VI 1985, 54°54'01"N, 26°40'48"E, LE 320112; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Урлики, 13 VI 1985, 54°54'05"N, 26°40'44"E, LE 320776.

21. *Cribraria ferruginea* Meyl. [5,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Ольшево, 18 X 1993, 54°57'06"N, 26°21'38"E, LE 320092.

22. *Cribraria intricata* Schrad. [4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. дер. Степенево, 25 IV 1984, 54°52'50"N, 26°40'28"E, LE 320093; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 27 VIII 1985, 54°53'58"N, 26°40'44"E, LE 320094.

23. *Cribraria macrocarpa* Schrad. [8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке долгомошном, окр. д. Малая Сырмеж, 06 VI 1985, 54°53'51"N, 26°39'38"E, LE 320096; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. д. Ольшево, 14 VIII 1985, 54°57'44"N, 26°22'29"E, LE 320783.

24. *Cribraria rufa* (Roth) Rostaf. [4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 26 V 1984, 54°54'15"N, 26°41'35"E, LE 320796; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. д. Ольшево, 23 VII 1984, 54°54'04"N, 26°40'24"E, LE 320802; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, 03 VI 1985, 54°54'05"N, 26°40'44"E, LE 320799.

25. *Cribraria tenella* Schrad. [4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 26 VII 1985, 54°54'24"N, 26°41'57"E, LE 320101.

26. *Cribraria vulgaris* Schrad. [23,4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 10 IX 1984, 54°53'04"N, 26°40'24"E, LE 320849; на гнилой древеси-

не *Alnus glutinosa*, в сосняке долгомошном, окр. д. Малая Сырмеж, 06 VI 1985, 54°53'51"N, 26°39'38"E, LE 320103.

27. *Dianema depressum* (Lister) Lister [4,8] – на гнилой древесине *Picea abies*, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 26 VIII 1985, 54°54'23"N, 26°42'03"E, LE 320107.

28. *Dictydiaethalium plumbeum* (Schumach.) Rostaf. [4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, оз. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 15 IV 1991, 54°54'17"N, 26°41'56"E, LE 320110.

29. *Diderma montanum* (Bull.) Hornem. [4,8] – на гнилой древесине *Alnus glutinosa*, в сосняке черничном, окр. к. п. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 15 VII 1988, 54°54'06"N, 26°41'31"E, LE 320690.

30. *Diderma simplex* (J.Schröt.) E. Sheld. [5,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Ольшево, 18 X 1993, 54°57'18"N, 26°21'54"E, LE 320123.

31. *Didymium anellus* Morgan [8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, остатках травянистых растений, опадe листьев, в сосняке черничном, окр. к. п. Нарочь, 28 VI 1985, 54°54'10"N, 26°41'15"E, LE 320125; на листовом опаде, в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 22 VIII 1986, 54°54'32"N, 26°42'00"E, LE 320614.

32. *Didymium clavus* (Alb. & Schwein.) Rabenh. [5,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, на остатках травянистых растений, в сосняке черничном, окр. к. п. Нарочь, 11 IX 1992, 54°54'10"N, 26°41'15"E, LE 320127.

33. *Didymium crustaceum* Fr. [5,8] – на гнилой древесине *Alnus glutinosa*, в сосняке черничном, окр. к. п. Нарочь, 11 IX 1992, 54°54'10"N, 26°41'15"E, LE 320130.

34. *Didymium melanospermum* (Pers.) T. Macbr. [4,8] (= *D. farinaceum* Shrader [23]) на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, оз. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 15 IV 1991.

35. *Didymium minus* (Lister) Morgan [4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. к. п. Нарочь, 06 VIII 1993, 54°57'19"N, 26°21'56"E, LE 320140.

36. *Didymium squamulosum* (Alb. & Schwein.) Fr. [5,8] – на мхе, в сосняке черничном, окр. к. п. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 15 VII 1988, 54°54'06"N, 26°41'31"E, LE 320687; на коре *Pinus sylvestris*, опадe листьев, в сосняке черничном, окр. к. п. Нарочь, 11 IX 1992, 54°54'10"N, 26°41'15"E, LE 320147.

37. *Echinostelium minutum* de Bary [9] mc – на коре *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. г. Мядель, окр. санатория Сосны, 26 XI 2017, 54°49'80"N, 26°50'44"E, LE 321179; на коре и гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке брусничном, в окр. аг. Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику Партизанские базы, 26 XI 2017, 54°47'12"N, 26°54'02"E, LE 321230, LE 321280, MSK – F 42112; на коре *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, в окр. аг. Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику Партизанские базы, 26 XI 2017, 54°56'92"N, 26°24'03"E, LE 321272.

38. *Enerthenema papillatum* (Pers.) Rostaf. [4,8] (= *E. elegans* [23] = *D. farinaceum* Shrader [23]) – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в со-

сняке черничном, окр. д. Урлики, 13 VI 1985, 54°54'05»N, 26°40'44»E, LE 320741; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке долгомошном, окр. д. Ольшево, 18 X 1993, 54°57'18»N, 26°21'54»E, LE 320481.

мс – на коре *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, в окр. аг. Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику Партизанские базы, 26 XI 2017, 54°56'92»N, 26°24'03»E, LE 321126, LE 321126, MSK – F 42114.

39. *Fuligo intermedia* T. Macbr. [5,8] – на коре *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Ольшево, 28 VIII 1985, 54°57'26»N, 26°21'59»E, LE 320159.

40. *Fuligo septica* (L.) F. H. Wigg. [4,8] (= *F. varians* Sommf. [23]) – на коре и гнилой древесине *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, опаде хвои, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 15 IV 1984, 54°54'25»N, 26°41'58»E, LE 320163.

41. *Hemitrichia abietina* (Wig.) G. Lister [5,8] – на коре, гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Ольшево, 06 VIII 1993, 54°57'28»N, 26°22'28»E, LE 320172.

42. *Hemitrichia clavata* (Pers.) Rostaf. [4,8] (= *Hemiarcyria clavata* Pers. [23]) – на гнилой коре *Alnus glutinosa*, в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 27 VIII 1985, 54°53'57»N, 26°40'48»E, LE 320697.

43. *Lamproderma arcyrrioides* (Sommerf.) Rostaf. [4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, 19 VII 1995, 54°54'23»N, 26°41'56»E, LE 321333.

44. *Leocarpus fragilis* (Dicks.) Rostaf. [23,4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, опаде хвои, мхах, живых травянистых растениях, в сосняке вересковом, окр. д. Малая Сырмеж, 22 VI 1985, 54°53'52»N, 26°40'02»E, LE 320182; 26°21'54»E, MSK – F 42122.

45. *Lepidoderma chaillietii* Rostaf. [9] – на хвойном и листовом опаде, в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, 19 VII 1995, 54°57'28»N, 26°22'28»E, LE 321081. Нивальный вид, спорофоры могли развиваться в апреле–мае того же года. Образец состоит из колонии подушковидных сидячих спорангиев, покрытых чешуйками извести.

46. *Lepidoderma tigrinum* (Schrad.) Rostaf. [5,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке брусничном, окр. оз. Нарочь, биостанция БГУ, 15 IV 1991, 54°53'57»N, 26°40'48»E, LE 320668.

47. *Lepidoderma trevelyanii* (Grev.) Poulain & Mar. Mey. [5,8] – на гнилой древесине *Alnus glutinosa*, в сосняке долгомошном, окр. д. Ольшево, 17 X 1993, 54°57'16»N, 26°21'52»E, LE 320124.

48. *Licea castanea* G. Lister [5,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в ельнике сложном, окр. д. Ольшево, 10 VII 1985, 54°57'22»N, 26°21'58»E, LE 320189.

R (мс – 0,07%) – на коре *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, в окр. аг. Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику Партизанские базы, 26 XI 2017, 54°56'92»N, 26°24'03»E, LE 321134.

49. *Licea kleistobolus* G.W. Martin [10] – на коре *Pinus sylvestris*, в сосняке брусничном, в окр. аг. Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику Партизанские базы, 26 XI 2017, 54°47'12»N, 26°54'02»E, LE 321162, LE 321231; на коре *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. г. Мяс-

дель, окр. санатория Сосны, 26 XI 2017, 54°49'80»N, 26°50'44»E, MSK – F 42125.

50. *Licea variabilis* Schrad., Nov. gen. pl. 18 (1797) [5] (= *L. flexuosa* Pers. [23]) – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. к. п. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 26 V 1984, 54°53'04»N, 26°40'24»E, LE 320769.

51. *Lindbladia tubulina* Fr. [4,8] (= *L. effusa* (Ehrenb.) Rostaf. [23]) – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 30 VI 1985, 54°54'27»N, 26°41'46»E, LE 320199.

52. *Lycogala conicum* Pers. [9] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. д. Ольшево, 14 VII 2019, 54°56'59»N, 26°22'35»E, LE 320978.

53. *Lycogala epidendrum* (L.) Fr. [23,4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 25 VI 1984, 54°54'20»N, 26°41'37»E, LE 320200; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 09 X 1984, 54°53'04»N, 26°40'24»E, LE 320887; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. д. Урлики, 27 VII 1986, 54°53'46»N, 26°40'36»E, LE 320201; на гнилой древесине *Picea abies*, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 26 V 1984, 54°53'04»N, 26°40'24»E, LE 320759; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в ельнике сложном, окр. д. Константиново, 01 IX 1985, 54°56'40»N, 26°26'22»E, LE 320823; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, 07 VII 1987, 54°54'29»N, 26°42'55»E, LE 320821; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Слобода, 16 X 1991, 54°43'30»N, 26°23'02»E, LE 320822.

54. *Metatrichia floriformis* (Schwein.) Nann.-Bremek. (= *Trichia floriformis* (Schwein.) G. Lister [4,8]) – на гнилой коре и древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 05 IX 1985, 54°53'54»N, 26°40'49»E, LE 321331.

55. *Metatrichia vesparia* (Batsch) Nann.-Bremek. ex G. W. Martin & Alexop. [4,8] (= *Hemiarcyria rubiformis* (Pers.) A. Lister [23]) – на коре и гнилой древесине *Betula pendula*, в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 27 VIII 1985, 54°53'57»N, 26°40'48»E, LE 320698.

56. *Mucilago crustacea* F. H. Wigg. [4,8] (= *Spumaria alba* (Bull.) DC. [23]) – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 30 VI 1985, 54°44'59»N, 26°19'48»E, LE 320211.

57. *Paradiacheopsis fimbriata* (G. Lister & Cran) Hertel ex Nann.-Bremek. [5,8] – на коре и гнилой древесине *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa*, в сосняке черничном, окр. д. Константиново, 11 IX 1992. 54°56'36»N, 26°26'47»E, LE 320216.

мс – на коре *Pinus sylvestris*, в сосняке брусничном, в окр. аг. Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику Партизанские базы, 26 XI 2017, 54°47'12»N, 26°54'02»E, LE 321111; LE 321123, LE 321223, LE 321236, LE 321242; на коре *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, в окр. аг. Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику Партизанские базы, 26 XI

2017, 54°56'92»N, 26°24'03»E, LE 321125; на коре *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. г. Мядель, окр. санатория Сосны, 26 XI 2017, 54°49'80»N, 26°50'44»E, MSK – F 42141.

58. *Perichaena depressa* Lib. [4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Ольшево, 22 VII 1984, 54°57'26»N, 26°22'18»E, LE 320228.

59. *Physarum album* (Bull.) Chevall. [8] (= *P. nutans* Pers. [4]) – на мхах, на опаде листьев, на опаде хвои, в сосняке зеленомошном, окр. д. Урлики, 18 VII 1984, 54°53'50»N, 26°40'47»E, MSK – F 42151; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, на мхах, опаде листьев, в сосняке черничном, окр. д. Урлики, 23 VII 1985, 54°53'57»N, 26°41'47»E, MSK – F 42152; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Степенево, 23 VII 1985, 54°44'56»N, 26°19'41»E, MSK – F 42153.

60. *Physarum bethelii* T. Macbr. ex G. Lister in Lister [8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке брусничном, окр. к. п. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 16 VIII 1988, 54°54'13»N, 26°41'15»E, LE 320231.

61. *Physarum bivalve* Pers. [4,8] – на опаде хвои *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. к. п. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 26 VII 1988, 54°54'26»N, 26°41'33»E, LE 320688.

62. *Physarum compressum* Alb. & Schwein. [4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Урлики, 23 VII 1985, 54°53'55»N, 26°40'25»E, LE 320238.

63. *Physarum contextum* (Pers.) Pers. [4,8] – на мхах, опаде листьев, опаде хвои, в сосняке зеленомошном, окр. д. Урлики, 21 VII 1984, 54°53'58»N, 26°41'05»E, LE 320242.

64. *Physarum globuliferum* (Bull.) Pers [5,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Степенево, 27 VII 1985, 54°54'23»N, 26°41'47»E, LE 320243.

65. *Physarum leucophaeum* Fr. [23,4,8] – на гнилой коре и древесине *Pinus sylvestris*, опаде хвои и отпаде мелких веточек *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa*, в сосняке черничном, окр. д. Урлики, 23 VII 1985, 54°53'55»N, 26°40'25»E, LE 320245.

66. *Physarum murinum* Lister [8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Степенево, 23 VII 1985, 54°54'23»N, 26°41'47»E, LE 320248.

67. *Physarum psittacinum* Ditmar [5,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Степенево, 07 VII 1988, 54°54'26»N, 26°41'31»E, LE 320258.

68. *Physarum virescens* Ditmar [4,8] – на опаде листьев, на опаде хвои, в черноольшаннике, окр. д. Константиново, 27 VIII 1985, 54°56'23»N, 26°27'24»E, LE 320238.

69. *Physarum viride* (Bull.) Pers. [4,8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. к. п. Нарочь, 04 VIII 1984, 54°53'04»N, 26°40'24»E, LE 320624; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, на опаде хвои, мхах, в сосняке черничном, окр. д. Урлики, 23 VII 1985, 54°54'00»N, 26°40'47»E, LE 320266.

70. *Reticularia lycoperdon* Bull. – [23,4,8] – на коре *Pinus sylvestris*, мхах, опаде листьев, хвой, в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 30 VI 1984, 54°53'56"N, 26°40'50"E, LE 320271; на коре *Pinus sylvestris*, в сосняке черничном, окр. д. Степенево, 26 VII 1984, 54°54'20"N, 26°41'37"E, LE 320272.

71. *Reticularia olivacea* (Ehrenb.) Fr. [5,8] – на гнилой коре *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, 23 VII 1985, 54°56'23"N, 26°27'24"E, LE 44832.

72. *Stemonaria irregularis* (Rex) Nann.-Bremek., R.Sharma & Y.Yamam. [8] (= *Comatricha irregularis* Rex. [5]) – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 11 VII 1985, 54°54'20"N, 26°42'03"E, LE 320065.

73. *Stemonitis axifera* (Bull.) T. Macbr. [4,8] (= *S. ferruginea* Ehrenb. [23]) – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 17 VII 1984, 54°54'22"N, 26°41'35"E, LE 320279; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, 23 VII 1985, 54°55'27"N, 26°40'06"E, LE 320277.

74. *Stemonitis flavogenita* E. Jahn [8] – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, в сосняке зеленомошном, окр. д. Степенево, 23 VII 1985, 54°53'56"N, 26°40'36"E, LE 321328.

75. *Stemonitis fusca* Roth [23,4,8] – на гнилой древесине *Alnus glutinosa*, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 21 VII 1984, 54°54'20"N, 26°41'37"E, LE 320291; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке черничный, окр. к. п. Нарочь, 07 VII 1988, 54°54'33"N, 26°42'46"E, LE 320713; на коре *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковый, окр. к. п. Нарочь, 16 VII 1988, 54°54'29"N, 26°42'55"E, LE 320736; на опаде хвой *Pinus sylvestris*, в сосняке черничный, окр. к. п. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 16 VIII 1988, 54°54'21"N, 26°41'50"E, LE 320711.

76. *Stemonitopsis hyperopta* (Meyl.) Nann.-Bremek. (= *Stemonitis hyperopta* Meyl. [4,8]) – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Степенево, 26 VII 1984, 54°54'20"N, 26°41'37"E, LE 321329.

77. *Stemonitopsis typhina* (F. H. Wigg.) Nann.-Bremek. [8] (= *Comatricha typhoides* (Bull.) Rostaf. in Lister. [4]) (= *C. typhyna* Rostaf. [23]) – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, в сосняке черничном, окр. д. Малая Сырмеж, 06 VI 1985, 54°53'31"N, 26°39'20"E, LE 321301.

78. *Trichia botrytis* (J.F. Gmel.) Pers. [4,8] (= *T. fragilis* (Sow.) Rost. [23]) – на гнилой древесине *Alnus glutinosa*, в сосняке зеленомошном, окр. д. Урлики, 30 VI 1984, 54°53'56"N, 26°40'50"E, LE 320314;

мс – на шишке *Pinus sylvestris*, в сосняке брусничном, в окр. аг. Занарочь, дорога Р 60, поворот к памятнику Партизанские базы, 26 XI 2017, 54°47'12"N, 26°54'02"E, LE 321270.

79. *Trichia decipiens* (Pers.) T. Macbr. [4,8] (= *T. fallax* Pers. [23]) – на гнилой древесине *Alnus glutinosa*, в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 10 VI 1985, 54°53'56"N, 26°40'40"E, LE 320334.

80. *Trichia favoginea* (Batsch) Pers. [4,8] (= *T. chrysosperma* (Bull.) Lam. [23]) – на гнилой коре и древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Урлики, 05 IX 1985, 54°53'54"N, 26°40'49"E, LE 320346.

81. *Trichia scabra* Rostaf. [4,8] – на гнилой древесине *Alnus glutinosa*, в сосняке вересковом, окр. д. Узла, 11 IX 1985, 54°43'34"N, 26°56'09"E, LE 320356.

82. *Trichia varia* (Pers. ex J.F. Gmel.) Pers. [23,4,8] – на коре и гнилой древесине *Alnus glutinosa*, в сосняке черничном, окр. д. Урлики, 23 VII 1985, 54°53'56"N, 26°40'40"E, LE 321203.

83. *Tubifera ferruginosa* (Batsch) J.F. Gmel. [4,8] (= *Tubulina cylindrica* Bull. [23]) – на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке зеленомошном, окр. к. п. Нарочь, окр. биостанции БГУ, 10 IX 1984, 54°53'04"N, 26°40'24"E, LE 320815; на гнилой древесине *Pinus sylvestris*, в сосняке вересковом, окр. д. Малая Сырмеж, 06 VII 1985, 54°53'46"N, 26°39'46"E, LE 320375.

Закключение. В результате наших исследований в сосновых лесах было выявлено 83 вида миксомицетов, относящихся к 33 родам, 11 семействам, 6 порядкам.

Литература

1. Груммо Д. Г. (и др.). Растительность и биотопы национального парка «Нарочанский» с картой наземной растительности (М 1:60 000) и картой биотопов (М 1:60 000). Минск: Колоград, 2017. 81 с.

2. Мороз Е. Л. // Сохранение биологического разнообразия Белорусского Поозерья: тез. докл. Регион. науч.-практ. конф., Витебск, 24–27 апр. 1996 г. / Витеб. гос.ун-т; редкол.: А. М. Дорофеев [и др.]. Витебск, 1996. С. 145–146.

3. Мороз Е. Л. // Проблемы природоохранной организации ландшафтов / Материалы международной научно-практической конференции. Новочеркасск, 2018. С. 114–118.

4. Мороз Е. Л., Новожилов Ю. К. // Новости сист.низш.раст. 1988. Т.25. С. 92–97.

5. Мороз Е. Л., Новожилов Ю. К. Мороз Е.Л., Новожилов Ю.К. // Микология и фитопатология, Т.28, Вып.3. 1994. С. 21–27.

6. Moroz E. // Fungi and Lichenes in the Baltic region: Abstract / The 12th International Conference on Mycology and Lichenology. Vilnius, 1993. P.119.

7. Moroz E. // Second International Congress on the systematics and ecology of Mухomycetes. Abstract / Second International Congress on the systematics and ecology of Mухomycetes. Madrid, 1996. P. 94–95.

8. Мороз Е. Л., Новожилов Ю. К. // Ботаника (исследования). Минск: Колоград, 2018. Вып. 47. С. 123–135.

9. Мороз Е. Л., Новожилов Ю. К. // Новости систематики низших растений. 2019. Т. 53 (2). С. 307–314. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2019.53.2.307>

10. Мороз Е. Л., Новожилов Ю. К. // Новости систематики низших растений. 2020. Т. 54(1). С. 261–286. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2020.54.1.261>

11. Шуканов А. С., Мороз Е. Л., Малиновский О. А. // Вестник Бел. Гос. Ун-та, №2, 1988. С. 23–25.

12. Новожилов Ю. К. Класс Миксомицеты. (Определитель грибов России: отдел Слизевики; Вып 1.) СПб.: Наука, 1993. 288 с.

13. Martin G. W., Alexopoulos C. J. The Mухomycetes. 1969. Iowa Univ. Press, Iowa City. 561p.

14. Poulain M., Meyer M., Bozonnet Les Myxomycètes. Tome 1, guide de détermination. mycologique et botanique Dauphiné-Savoie: Sévriér France. 2011a. 568 p.
15. Poulain M., Meyer M., Bozonnet Les Myxomycètes. Tome 2. Fédération mycologique et botanique Dauphiné-Savoie: Sévriér France. 2011b. 544 p.
16. Stephenson S. L., Stempen H. Myxomycetes: A Handbook of Slime Molds. Timber Press, Inc. 2000. 183 p.
17. Lado C. An on line nomenclatural information system of Eumycetozoa. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain. 2005–2020. <http://www.nomen.eumycetozoa.com> (Дата обращения: 29 X 2020).
18. Фефелов К. А. Миксомицеты (кл. Мухомycetes) Урала: таксономический состав, экология, география: Дис....канд. биол. наук. СПб., 2005. 219 с.
19. Кошелева А. П. Миксомицеты заповедника «Столбы»: таксономический состав и экология: Дис....канд. биол. наук. СПб., 2007. 160 с.
20. Лебедев А. Н. Миксомицеты Тверской области: Дис....канд. биол. наук. Москва, 2008. 191 с.
21. Власенко А. В. Миксомицеты (Мухомycetes) сосновых лесов правобережной части Верхнего Приобья: Дис....канд. биол. наук. СПб., 2010. 178 с.
22. Гмошинский В. И. Миксомицеты Москвы и Московской области: Дис....канд. биол. наук. Москва, 2013. 690 с.
23. Twardowska M. // Pam. Fizjogr. 1885. T.5, Dz. III, P. 160–162.

Е. Л. МОРОЗ, Ю. К. НОВОЖИЛОВ
**МИКСОМИЦЕТЫ (МУХОМЫЦЕТЫ) СОСНОВЫХ ЛЕСОВ
 НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»**

Резюме

Представлен аннотированный список из 83 видов миксомицетов для сосновых лесов Национального парка «Нарочанский». Для каждого вида указана информация, включающая местонахождение (окрестности населенного пункта и географические координаты), тип растительности, субстрат, дату сбора, номер гербарного образца.

E. L. MOROZ, JU. K. NOVOZHILOV
**MIXOMYCETES (MYXOMYCETES) OF PINE FORESTS
 IN THE NATIONAL PARK “NAROCHANSKY”**

Summary

The article presents an annotated checklist of 83 species of myxomycetes for the pine forests of the National Park “Narochansky”. For each species, information is indicated, including the location (neighborhood of the settlement and geographic coordinates), type of vegetation, substrate, date of collection, and herbarium sample number.

Поступила в редакцию 16.11.2020 г.

Т. Г. ШАБАШОВА, Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА, В. В. КАРМАНОВА
**ДЕНДРОФИЛЬНЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»**

*Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. Беларусь лежит на стыке двух крупнейших растительных конгломераций Европы: бореальных хвойных и неморальных лиственных лесов. Зональная структура растительного покрова определяется соотношением и взаимозамещением прежде всего еловых и дубовых лесов, а также взаимосвязями бореальных и неморальных элементов в лесных фитоценозах. Согласно этому районированию, территория Беларуси принадлежит двум зонам – Европейской широколиственной и Евроазиатской темнохвойно-лесной, национальный парк «Беловежская пушта» расположен в Неманско-Предполесском округе подзоны грабово-дубово-темнохвойных лесов и выделен в особый Беловежский район. Согласно агроклиматическому районированию, Беловежская пушта находится в северо-западной части южной агроклиматической области, характеризующейся мягкими зимами, наиболее продолжительным вегетационным периодом и неустойчивым увлажнением.

Такие условия способствуют росту и развитию обширной группы организмов – грибов, разных систематических групп. Изучение микобиоты является основой выявления основных тенденций и закономерностей изменения биоты под влиянием климатических условий. Ранее (2016 г.) сотрудники лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники проводили изучение ксилотрофных грибов и лишайников Беловежской пушчи [1], а также исследование естественного местопроизрастания бореального реликтового вида – пихты белой и выявление консортивно связанных с данным растением видов грибов в урочище «Тисовик» [2]. В 2019 г. в рамках совместного белорусско-турецкого проекта фонда фундаментальных исследований было начато изучение разнообразия микромицетов Беловежской пушчи [3].

Материалы (объекты) и методы исследования. Объекты исследования дендрофильные микромицеты основных инконсортов хвойных фитоценозов – сосны (*Pinus sylvestris*) и ели (*Picea abies*). Для сбора и учета разнообразия грибов микромицетов внутри сообщества (альфа-разнообразие) использовали метод закладки пробных площадей (участки однородного лесного насаждения, на которых проводятся наблюдения). На территории трех лесничеств «Беловежской пушчи» были заложены площадки для сбора образцов: Свислочского, Ощепского (Гродненская область, Свислочский район) и Хвойницкого (Брестская область, Пружанский район).

Микромицеты изучались в сосновых и еловых фитоценозах возрастом от 80 до 120 лет. Сбор и идентификация грибов проводились по общепринятым методикам [4]. Возраст еловых лесов определялся с помощью лесотаксационных характеристик. Видовая принадлежность и таксоно-

мические особенности определялись по определителям [5–10]. Обследовались леса следующих типов: сосняки – черничный, папоротниковый, мшистый и кисличный, ельники – кисличный и мшистый.

Результаты и их обсуждение. В ходе изучения хвойных фитоценозов одним из важнейших вопросов является выявление грибов, связанных в своем развитии с основными лесообразующими породами – *Pinus sylvestris* и *Picea abies*, а также на сопутствующих им породах – дуб, граб, береза, осина. Подлесок, как правило, редкий состоял из можжевельника, лещины, рябины и клена. Всего в консорции сосны и ели обыкновенной и сопутствующих им породах было выявлено более 236 видов микромицетов, на сосне и ели 113 видов, на сопутствующих им породах – 123 вида. Таксономический состав микроскопических грибов на них специфичен на уровне ассоциаций, где различная видовая насыщенность тех или иных родов является непосредственным отражением эколого-трофической структуры. Однако в целом просматриваются определенные закономерности распределения грибов по крупным таксонам.

В таблице представлена таксономическая структура микромицетов, как видно из данной таблицы, аскомицеты чаще встречаются в анаморфной стадии (147 видов) и реже – в совершенной стадии (72 вида). Среди базидиомицетов превалирует по количеству видов порядок *Pucciniales* (6 видов), в который входят возбудители ржавчинных болезней. Наибольшая видовая насыщенность сумчатых грибов – порядки *Helotiales* (18 видов) и *Pleosporales* (17 видов), в них входят как типичные сапротрофы, так и ряд видов, развивающихся на живых тканях растения. Следует отметить, что основная часть микромицетов относится к гифальным грибам, типичным сапротрофам, реже гемибиотрофам (имеют смешанный тип питания) – 47,5 %. Далее следуют аскомицеты – 31,5%, и целомицеты – 14,8%. Значительно меньше грибов отдела *Zygomycota* и *Basidiomycota* – 2,5% и последнее место по количеству видов занимают оомицеты – всего 1,3% от общего числа видов.

Таблица. Таксономическая структура микромицетов в хвойных фитоценозах национального парка «Беловежская пуща»

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Кол-во видов
Zygomycota	Mucoromycetes	Mucorales	Mucoraceae	3
			Rhizopodaceae	1
		Mortierellales	Mortierellaceae	2
				Всего 6
Oomycota	Oomycetes	Peronosporales	Peronosporaceae	1
		Pythiales	Pythiaceae	2
				Всего 3
Basidiomycota	Pucciniomycetes	Pucciniales	Coleosporiaceae	3
			Cronartiaceae	2
			Melampsoraceae	1

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Кол-во видов
<i>Ascomycota</i>	<i>Eurotiomycetes</i>	<i>Eurotiales</i>	<i>Trichocomaceae</i>	3
		<i>Onygenales</i>	<i>Gymnoascaceae</i>	1
	<i>Dothideomycetes</i>	<i>Capnodiales</i>	<i>Capnodiaceae</i>	1
			<i>Metacapnodiaceae</i>	2
			<i>Mycosphaerellaceae</i>	1
		<i>Microthyriales</i>	<i>Microthyriaceae</i>	2
		<i>Pleosporales</i>	<i>Herpotrichiaceae</i>	4
			<i>Dacampiaceae</i>	1
			<i>Mytiliniaceae</i>	3
			<i>Micropeltidiaceae</i>	1
			<i>Pleosporaceae</i>	4
			<i>Venturiaceae</i>	5
	<i>Lecanoromycetes</i>	<i>Lecanorales</i>	<i>Biatorrellaceae</i>	1
	<i>Leotiomycetes</i>	<i>Helotiales</i>	<i>Dermateaceae</i>	6
			<i>Helotiaceae</i>	6
			<i>Hemiphacidiaceae</i>	1
			<i>Hyaloscyphaceae</i>	3
			<i>Phacidiaceae</i>	1
			<i>Sclerotiniaceae</i>	1
		<i>Rhytismatales</i>	<i>Rhytismataceae</i>	5
	<i>Orbiliomycetes</i>	<i>Orbiliales</i>	<i>Orbiliaceae</i>	2
	<i>Pezizomycetes</i>	<i>Pezizales</i>	<i>Sarcoscyphaceae</i>	1
	<i>Sordariomycetes</i>	<i>Coniochaetales</i>	<i>Coniochaetaceae</i>	1
		<i>Diaporthales</i>	<i>Valsaceae</i>	3
		<i>Sordariales</i>	<i>Chaetomiaceae</i>	4
		<i>Ophiostomatales</i>	<i>Ophiostomataceae</i>	2
		<i>Hypocreales</i>	<i>Nectriaceae</i>	2
		<i>Bolinales</i>	<i>Boliniaceae</i>	1
		<i>Microascales</i>	<i>Microascaceae</i>	1
		<i>Xylariales</i>	<i>Xylariaceae</i>	3
				Всего 74
	<i>Anamorphic stage</i>			
	<i>Hyphomycetes</i>			112
	<i>Coelomycetes</i>			35

Особенностью распространения грибов, является их гетеротрофный тип питания, который и определяет специфику развития микобиоты, ее пространственную структуру и видовой состав. Проведенная нами дифференциация микромицетов на трофические группы показала, что сапротрофы представлены 107 видами, облигатные биотрофы – 28 видов, факультативные биотрофы – 95, т. е. в основном грибы являются сапротрофами и факультативными биотрофами, развивающимися на ослабленных и отмирающих частях растений.

На хвойных породах выявлено 5 видов ржавчинных грибов *Coleosporium tussilaginis*, *C. tussilaginis* f.sp. *senecionis-silvatici* и *Melampsora pinitorqua*, наиболее распространенным является *C. tussilaginis*. На ели отмечено значительное развитие ржавчины шишек – *Thekopsora areolata* (syn. *Pucciniastrum areolatum*), а также ржавчины хвои, вызываемой *Chrysomyxa ledi*.

На лиственных породах был отмечен гриб *Melampsoridium betulinum*, который является инвазивным патогенным организмом.

В целом достаточно хорошо выражена специализированность изучаемых грибов, почти половина всех микромицетов приурочена к хвойным, а треть грибов – непосредственно к сосне. На ели было идентифицировано 25 видов микромицетов, 8 в телеоморфной и 17 – в анаморфной стадии. Из них только *Lirula nervisequa*, *Valsa abietis*, *Phoma abietis* являются биотрофами и развиваются на живых тканях ели, большинство развиваются как сапротрофы на отмерших тканях, например, *Sirococcus strobilinus* на опавших шишках ели, реже встречаются биотрофы (возбудитель шютте *Lophodermium piceae*). Возбудитель шютте *L. nervisequa* отмечен единично. Сапротрофы *Cladosporium cladosporioides*, *Coniochaeta niesslii*, *Coniothyrium pini*, *Cureya pityophila*, *Hemicola grisea*, *Trimmatostroma abietis* развиваются на отмерших тканях. Дискомицеты рода *Lophodermium* вызывают шютте хвойных пород, нами отмечены виды *Lophodermium piceae* на хвое ели, *Lophodermium pinastri* и *L. seditiosum* на хвое сосны.

Наибольшее количество видов – 19 было собрано на смешанном опаде, как хвойном, так и лиственном, в различной степени разложения, все изученные мукоральные грибы отдела *Zygomycota* встречались на опаде хвойных и лиственных пород в ельниках кисличном и черничном. При этом виды рода *Mucor* и *Rhizopus* являлись одними из наиболее часто встречающихся в некро-консорциях разлагающегося опада.

По количеству видов самый многочисленный порядок *Pleosporales* и *Helotiales*, все остальные порядки были представлены 1–5 видами.

Аскомицеты *Erysiphe alphitoides*, *Phyllactinia guttata*, *Uncinula adunca* являются возбудителями мучнистой росы дуба, граба, березы. Среди аскомицетов в стадии телеоморфы встречаются следующие формы плодовых тел: клейстотеции (5 видов), перитеции (18), апотеции (7) и псевдоапотеции (16). Чаще всего в наших сборах встречаются плодовые тела в форме перитеций – все у представителей класса *Sordariomycetes*. Апотеции встречаются как в классе *Leotiomycetes*, так и в *Orbiliomycetes*. Псевдоапотеции развиваются у представителей *Dothideomycetes*. Мучнисторосяные грибы, плодовые тела которых представлены клейстотециями, в настоящее время часто называемыми «хасмотециями» (порядок *Erysiphales*) в традиционной классификации относились к классу *Plectomycetes*, однако согласно современным представлениям о генетической структуре перенесены в класс *Leotiomycetes* (*Erysiphaceae*, *Erysiphales*, *Leotiomycetidae*, *Leotiomycetes*).

Из выявленных гифомицетов опасность для фитосанитарного состояния леса представляют виды родов *Alternaria*, *Cladosporium*, *Cytospora*, *Fusarium*, *Phoma*, *Rhizosphaera*, *Septoria*, *Tubercularia* (анаморфная стадия нектрии). Однако большинство анаморфных грибов являются сапротрофами, развивающимися на отмершей древесине, либо на живых, но ослабленных неблагоприятными факторами растениях.

В основе взаимоотношений между компонентами микосинузии чаще всего лежит способ их формирования, связанный с сапротрофной и паразитной способностью питания грибов [11]. Так, в филлофильной микосинузии на хвое, образованной грибами из родов *Asperisporium* и *Matsushimaea*, первым развивается *Asperisporium* и лишь после ослабления растения и начала отмирания хвои наступает время развития второго гриба. Это связано с тем, что грибы, присутствующие на растении в латентном состоянии, начинают интенсивно развиваться после ослабления растения, связанного с поражением паразитным грибом или неблагоприятными внешними условиями, отрицательно действующими на жизнеспособность хвойных растений.

Основными факторами, определяющими пути формирования микобиоты в различных популяциях, являются экологические факторы (абиотические и биотические), которые оказывают своё действие, как на возбудителя болезни, так и на растение-хозяина, ослабляя (в случае неблагоприятных условий) или, наоборот, усиливая его иммунологические свойства.

Таким образом, следует отметить, что на протяжении вегетационного периода количественный состав микромицетов имеет тенденцию к возрастанию, в начале вегетационного периода (май-июнь) значительных повреждений органов растений не наблюдалось, отмечено поверхностное спороношение и споры одного, реже двух видов грибов, что отражает первичную фазу формирования микоценоза на исследованных растениях. Она характеризуется развитием неспециализированных видов и низкой их паразитической активностью, общее количество патогенов небольшое, состав их носит случайный характер и представлен видами, занесёнными насекомыми-вредителями и воздушными потоками с соседних популяций. В дальнейшем, между растениями и грибами возникают сложные взаимоотношения, начиная от взаимопомощи и кончая многообразными формами антагонизма, которые приводят к значительным изменениям видового состава патогенов. Поэтому во второй фазе идет накопление фитопатогенной инфекции (июль), количественный состав грибов возрастает, связи их с растениями неустойчивы, но уже намечается усиление их патогенных свойств, большой удельный вес приобретают специализированные виды. К концу вегетации – третьей фазе (сентябрь-октябрь) отмечается существенное увеличение количества микромицетов, что влечет за собой повышение развития и распространения заболеваний вплоть до возникновения эпифитотий, в третьей фазе грибам свойственны видовая приуроченность, высокая паразитическая активность и, следовательно, вредоносность.

Если рассмотреть сукцессию грибов на отдельном растении, то окажется, что начинается она обычно с заселения растения эпифитами, находящимися в нейтральных консортивных взаимоотношениях с растением-хозяином. По типам консортивных отношений изученные виды были разделены на два типа – индифферентные и отрицательные. При индифферентных отношениях микромицеты поражают растения на короткий срок, физиологические различия пораженных и непораженных растений визуально незаметны это – эпibiонтный и экзобионтный типы консорций, к которым принадлежит основная часть грибов. К некробионтной консорции отрицательного типа можно отнести поражение *Erysiphe alphitoides* молодых деревьев дуба. Отдельно

нами выделена сукцессия грибов на разлагающейся древесине, которая представлена в основном ксилотрофными видами сумчатых грибов: *Chlorosplenium aeruginascens*, *Bisporella citrine*, *Helotium conformatum*, *Helotium conformatum*, *Hymenoscyphus albidus*, *Hymenoscyphus herbarum*, *Hymenoscyphus phyllophilus*, *Lachnum virgineum*, *Dothiora sphaeroides*, *Fenestella vestita*, *Leptosphaeria eustomoides*, *Chaetosphaeria innumera*, *Bertia moriformis*, *Hypocrea spinulosa*, *Lasiosphaeria hirsute*, *Trichosphaeria pilosa*, *Eutypella stellulata*, *Dictyosporium micronesiacum*, *Monodictys putredinis*.

На сопутствующих сосне и ели древесных лиственных породах были выделены следующие синузии:

- синузия филлофильных грибов, представлена преимущественно мучнисто-росяными и ржавчинными грибами, а также аскомицетами порядка *Rhytismatales* – *Coccomyces coronatus* на лиственном опаде дуба и осины, *Rhytisma acerinum* f. *acerinum*, развивающийся на живых листьях клена, гифомицеты *Cladosporium* и *Alternaria*.

- синузия лигнофильных грибов, возникающая при разложении веточного пада относится к синузиям второго порядка (агрегации), ее образуют почти все собранные нами микромицеты.

Полученный нами материал в основном отражает многообразие фитопатогенных грибов, а также их вариабельность по отношению к колонизируемому субстрату.

Таксономический анализ гербофильной микобиоты показывает, что видовой состав большинства идентифицированных микромицетов аналогично ранее изученным видам в дубравах, в видовом составе преобладают анаморфные микромицеты рода *Ramularia*, который по количеству видов занимает первое место и содержит 4 вида.

Заключение. Значительную функциональную роль в формировании лесных микоценозов выполняют микромицеты, формационный микокомплекс представляет собой совокупность видового состава грибов, существующего в одних и тех же типах леса и имеет общие доминанты, которые объединены общим типом питания. Проведенный нами анализ дендрофильной микобиоты хвойных лесов (сосняков и ельников) позволил определить микокомплексы и выделить доминанты различных систематических групп.

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Б19ТЮБ009).

Литература

1. Атлас-определитель ксилотрофных грибов, кустистых и листоватых лишайников Национального парка «Беловежская пуца» / Т. Г. Шабашова и др.; ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси», ГПУ «НП «Беловежская пуца». – Брест: Альтернатива, 2016. 248 с.: ил.
2. Беломесяева Д.Б., Шабашова Т.Г. Микобиота урочища «Тисовик» (аскомицеты и анаморфные грибы) / Беловежская пуца. Исследования. Вып. 14, Брест: «Альтернатива», 2016. С. 173–178.
3. Шабашова Т.Г., Беломесяева Д.Б., Кориняк С.И. Гербофильные микромицеты дубрав национального парка «Беловежская пуца» // Ботаника (иссле-

ния): сб. науч. трудов / Ин-т эксп. бот. НАН Беларуси. Минск : Колорград, 2019. Вып. 48. С. 218–225.

4. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев, 1982. 233 с.

5. Визначник грибів України: В 5-и т. / С.Ф. Морочковский, Г.Г. Радзівський, М.Я. Зерова, О. Дудка и др.; Под ред. Д.К. Зерова. Київ: Наук. думка, 1971. Т. 3: Несовершені гриби. 696 с.

6. Мельник В.А. Определитель грибов России. Класс Coelomycetes. Вып. 1. Редкие и малоизвестные роды. СПб.: Наука, 1997. 281 с.

7. Мельник В.А. Определитель грибов России. Класс Hyphomycetes. Вып. 1. Сем. Dematiaceae. СПб.: Наука, 2000. 371 с.

8. Index Fungorum [Electronic resource] <http://www.indexfungorum.org>.

9. Беломесяцева Д.Б., Шабашова Т.Г. Флора Беларуси. Грибы. В 7 т. Т. 2. Анаморфные грибы. Кн. 1. Темноокрашенные гимомицеты. Минск: Беларуская навука, 2015. 162 с.: ил. ISBN 978-985-08-1835-5.

10. Dennis R.W.G. British Ascomycetes / J.Cramer. Vaduz, 1978. 585 P.

11. Стороженко В.Г. Древесный отпад в коренных лесах русской равнины / КМК. Москва, 2011. 122 с.

**Т. Г. ШАБАШОВА, Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА, В. В. КАРМАНОВА
ДЕНДРОФИЛЬНЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»**

Резюме

Значительную функциональную роль в формировании лесных микроценозов выполняют микромицеты, формационный микрокомплекс представляет собой совокупность видового состава грибов, существующего в одних и тех же типах леса и имеет общие доминанты, которые объединены общим типом питания. Проведенный нами анализ дендрофильной микобиоты хвойных лесов (сосняков и ельников) на территории национального парка «Беловежская пуща» позволил определить микрокомплексы и выделить доминанты различных систематических групп.

**T. G. SHABASHOVA, D. B. BELAMESIATSEVA, V. V. KARMANOVA
DENDROPHILIC MICROMYCETES OF CONIFEROUS
IN THE NATIONAL PARK «BELOVEZHSKAYA PUSHCHA»**

Summary

Significant functional role in the formation of forest microcenosis perform micromycetes, formational Ecomcomplex represents a set of species composition of fungi existing in the same forest types and has a total of dominants that share the same type of food. Our analysis of the dendrophilic mycobiota of coniferous forests (pine and spruce forests) allowed us to identify mycocomplexes and identify the dominants of various systematic groups.

Поступила в редакцию 07.12.2020 г.

А. П. ВОЛЫНЕЦ

**НАКОПЛЕНИЕ И ВЫДЕЛЕНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
РАСТЕНИЯМИ**

*Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. Накопление и выделение органических веществ растениями —обычные явления [1], благодаря которым осуществляются многие стороны жизнедеятельности этих видов и складываются взаимоотношения с другими организмами. Накопление фенольных соединений растениями изучалось неоднократно. Так, установлено, что максимум содержания флавоноидных соединений наблюдается в период от бутонизации до начала формирования плодов [2–4]. В некоторых опытах показано, что максимальный уровень накопления полифенолов, рутина и хлорогеновых кислот отмечался в молодом возрасте или, наоборот, в конце вегетации [5–6]. Хотя выделение фенольных соединений растениями обнаружено еще в 1928 году [7], этому явлению не придавалось особого значения и связь этих процессов остается неясной до сих пор. Слабо продвинулось за это время и выяснение роли накопления и выделения фенольных соединений в жизнедеятельности растений. В ранее проведенных исследованиях фенольных соединений мы касаемся этой проблемы на разных этапах онтогенеза растений при прорастании семян [8–9], при изучении динамики накопления этих веществ на поверхности фотосинтезирующих органов у вегетирующих растений [10] и при выяснении наличия аллелопатических отношений у вполне взрослых растений [11]. Наступило время обобщения и анализа полученных результатов с целью установления связи между накоплением и выделением фенольных соединений растениями и определения роли этих процессов в жизнедеятельности как самих растений, так и сопутствующих организмов.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований служили разные виды люпина (*Lupinus L.*), растения льна-долгунца (*Linum usitatissimum L.*), ячменя (*Hordeum vulgare L.*), ржи (*Secale sativus L.*) и пшеницы (*Triticum vulgare Vill.*). Для выяснения особенностей накопления фенольных соединений провели опыты с растениями желтого люпина и льна-долгунца, выращенных до фазы полной и зеленой спелости соответственно. Для анализов отбирали биомассу растений в основные фазы развития.

Характер выделения фенольных соединений определяли на примере проростков желтого люпина, льна-долгунца и ячменя, выращенных в лабораторных условиях до возраста 5 суток; на вегетирующих растениях ржи, пшеницы и ячменя в фазах интенсивного роста, произрастающих в вегетационных опытах; и на взрослых растениях желтого, узколистного и многолетнего люпинов, культивируемых в полевых условиях. Феноль-

ные соединения анализировали в водных растворах, где росли проростки, в водных смывах с фотосинтезирующих органов злаков и в ризосфере разных видов люпинов.

Определение содержания и идентификацию эндогенных фенольных соединений в растительном материале и в экзогенных средах выделения (водные растворы, смывы и ризосфера) проводили по разработанному и хорошо апробированному нами методу двумерной хроматографии на бумаге с последовательным выделением фракций свободных и конъюгированных фенольных соединений [12]. Сравнение содержания фенольных соединений в органах растений и вне их позволяло установить связь процессов накопления и выделения и одновременно выяснить отчасти функциональную роль их во взаимодействии с другими организмами. Результаты исследований обработаны статистически [13] и достоверные варианты отмечены звездочкой.

Результаты исследований и их обсуждение. Покоящиеся семена желтого люпина отличаются сравнительно высоким суммарным содержанием фенольных соединений (табл. 1). В подобных семенах ячменя и льна-долгунца общее количество фенольных соединений было на 1–2 порядка ниже. Свободные фенольные соединения люпина и ячменя представлены флавоновыми агликонами, а ячменя дополнительно и фенолкарбоновыми кислотами. В семенах льна-долгунца обнаружены только оксикоричные и оксibenзойные кислоты [8–9].

Таблица 1. Изменение общего содержания фенольных соединений в процессе прорастания семян (мкг/г сухой массы)

Вариант опыта	Культура и сорт		
	люпин желтый, Быстрорастиющий 4	лен-долгунец, Оршанский 2	ячмень, Альза
Покоящиеся семена	4125,5	72	720,7
Проростки, 72 ч	3832,4*	1032,5*	1775,7*
Проростки, 120 ч	6559,4*	2035,1*	2705,9*

Среди фенольных конъюгатов в покоящихся семенах выявлены флавоновые гликозиды (люпин и ячмень) и производные фенолкарбоновых кислот (ячмень и лен-долгунец). По мере прорастания семян чаще всего возрастает содержание и обогащается состав фенольных соединений. К примеру, в трехдневных проростках люпина появляются агликоны и гликозиды флавонолов, гликозиды изофлавонов, а также новые гликозиды флавонов. В проростках льна-долгунца обнаруживаются дополнительно 5 новых производных фенолкарбоновых кислот. В то же время в процессе прорастания семян ячменя на третьи сутки сначала исчезают флавоновые гликозиды, а затем и часть производных оксibenзойных кислот. Подробные сведения о составе фенольного комплекса покоящихся и прорастающих семян указанных культур содержатся в работах [8–9].

Происходит ли выделение фенольных соединений проростками, учитывая невысокий уровень их в покоящихся семенах? Да, в водной среде прорас-

тающих семян через трое суток выявлены фенольные соединения (табл. 2), но происхождение их не ясно. Это выделения прорастающих семян или формирующихся проростков? Скорее всего, это продукты тех и других.

Таблица 2. Выделение фенольных соединений в водную среду при прорастании семян (мкг/г сухой массы)

Вариант опыта	Культура и сорт		
	люпин желтый, Быстрорастиющий 4	лен-долгунец, Оршанский 2	ячмень, Альза
Покоящиеся семена	4125,5	72,0	720,7
Проростки, 72 ч	6,2*	0,3	1,4
Проростки, 120 ч	11,7*	1,1*	5,1*

В пользу выделительной функции проростков говорит то, что через двое суток содержание фенольных соединений в водном растворе увеличивается в 2–3 раза, которое прямо пропорционально уровню эндогенных фенольных соединений в покоящихся семенах. В общем следует сказать, что количество секретируемых фенольных соединений (впредь называемых экзогенными) невелико. Оно составляет мизерную долю от количества фенольных соединений в покоящихся семенах. Среди экзогенных фенольных соединений обнаружены кверцетин, кемпферол, ройфин и генистеин-8-С-глюкозид в водной среде при прорастании проростков люпина, гомоориентин и производные фенолкарбоновых кислот при прорастании проростков льна-долгунца и фенольные конъюгаты при прорастании проростков ячменя. Сравнение состава эндогенных и экзогенных фенольных соединений проростков показывает, что выделяются в процессе прорастания прежде всего основные компоненты, которые отсутствуют в покоящихся семенах, что является подтверждением ранее сделанного вывода о выделительной функции проростков.

Накопление фенольных соединений растениями первично. Но оно отличается от выделения не только временем, но и функциональным предназначением. Если накопление эндогенных фенольных соединений предназначено прежде всего для собственных нужд, то выделение их направлено в первую очередь для обслуживания внешних функций, а именно для взаимоотношения с другими организмами. Можно предположить, что оба эти процесса функционируют в растениях постоянно, заменяют и дополняют друг друга. На это косвенно указывает определение содержания фенольных соединений в онтогенезе растений. Так, в растениях желтого люпина максимум накопления монозидов флавонолов (типа астрагалина) отмечался в молодом возрасте, ройфолина – в фазе бутонизации, биоизидов флавонолов (типа кемпферол-3-О-рамноглюкозида) – в фазе цветения, а изофлавоновых гликозидов – в фазе зеленой спелости. (табл. 3). Правда на накопление фенольных соединений оказывает влияние также процесс метаболизма этих веществ. Сказанное для люпина в той или иной мере характерно и для фенольных соединений льна-долгунца (табл. 4).

Таблица 3. Динамика содержания фенольных соединений в онтогенезе люпина желтого сорта Белорусский кормовой (мкг/г сухой массы)

Группа веществ	Фаза роста ¹				
	1	2	3	4	5
Моноиды флавонолов	64	45*	27*	28	21*
Биозиды флавонолов	135	93*	124*	137*	112*
Ройфолин	50	53	74*	28*	21*
Изофлавоновые гликозиды	5	9*	14*	15	16
Сумма	254	200	239	208	170

¹ Примечание. Фаза роста: 1 – четыре листа, 2 – быстрого роста, 3 – бутонизация, 4 – цветение, 5 – зеленая спелость, 6 – полная спелость

Таблица 4. Динамика содержания фенольных соединений в онтогенезе льна-долгунца сорта Светоч (мкг/г сухой массы)

Группа веществ	Фаза роста ¹				
	1	2	3	4	5
Гликозиды апигенина	1,2	4*	8*	6*	3,5*
Гликозиды лютеолина	3	12*	12*	13	7*
Хлорогеновая кислота	0,2	3*	5*	6	1,5*
Эскулин	0,1	0,2*	0,3*	0,4*	0,2*
Сумма	4,5	19,2	25,3	25,4	12,2

¹ Примечание. Фаза роста: 1 – всходы, 2 – «елочка», 3 – интенсивный рост, 4 – бутонизация, 5 – зеленая спелость

Наличие прямой связи между накоплением и выделением фенольных соединений растениями как по составу, так и по содержанию подтверждает постоянство выделительной функции в онтогенезе. Если у проростков местом локализации экзогенных фенольных соединений была жидкая среда, то у вегетирующих растений следовало искать их на поверхности фотосинтезирующих органов, либо в почве. С этой целью использовали растения культурных злаков в фазе интенсивного роста. Их срезали у корневой шейки и дважды погружали в холодную дистиллированную воду на 5 мин. Смывы концентрировали и подвергали хроматографическому разделению. Состав фенольных соединений смывов и эндогенных экстрактов оказался сходным. Он был представлен флавоноидными гликозидами апигенина и лютеолина, причем основные компоненты смывов и эндогенных экстрактов были тождественными. В смывах с растений ржи обнаружено 8 флавоноидных гликозидов, среди которых основным компонентом был виолин (лютеолин-гликозид) (табл. 5). Содержание экзогенных флавоноидных гликозидов было невелико, и оно уступало эндогенному количеству примерно на два порядка. Процесс выделения флавоноидных гликозидов растениями ржи непрерывный, однако достоверные различия в содержании их обнаруживаются только через 6–10 суток. Общее количество экзогенных флавоноидных гликозидов ржи за 10 суток достигало 11,64 мкг/г. Аналогичная схема анализа была проведена также с растениями ячменя и пшеницы. В смывах с растений ячменя обнаружено 8 флавоноидных гликозидов, а в смывах с растений пшеницы оказалось

13 флавоноидных гликозидов. Общая сумма экзогенных флавоноидных гликозидов ячменя за 10 суток выделения составила 18,86 мкг и пшеницы – 14,28 мкг [10], т. е. процесс секреции флавоноидов во всех случаях оказался сходным по составу и содержанию. При этом было доказано, что холодная вода не извлекает эндогенные фенольные соединения.

Таблица 5. Динамика выделения флавоноидных гликозидов на поверхность фотосинтезирующих органов ржи сорта Калинка (мкг/г сухой массы)

Группа веществ	Исходное содержание	Фаза роста			
		1	2	3	4
Апигенин-гликозид 1	0,71	0,69	0,70	0,95*	0,71*
Апигенин-гликозид 2	0,8	0,81	0,48	0,76	2,93*
Апигенин-гликозид 3	0,83	0,84	0,86	0,99	1,51*
Апигенин-гликозид 4	–	–	0,19	–	0,77*
Апигенин-гликозид 5	0,68	0,70	–	–	–
Виолин (лютеолин-6-С- глюкозил-7-О-рутинозид)	3,98	4,01	4,22	4,46	5,41*
Витексин (апигенин-8-С- глюкозид)	–	–	0,42	0,46	0,31*
Изовитексин (апигенин-6-С- глюкозид)	–	–	0,55	–	–
Сумма	7,0	7,05	7,42	7,62	11,64

Третьим этапом в изучении выделительной функции растений было определение фенольных соединений в ризосфере разных видов люпина с использованием почвы под взрослыми растениями [11]. Образцы почвы отбирали во время запахивания зеленой массы люпина, которое происходило на стадии цветения – начала формирования плодов. В ризосфере желтого люпина обнаружены протокатеховая, ванилиновая, п-оксibenзойная, феруловая и п-кумаровая кислоты (табл. 6). Эти же кислоты примерно в одинаковом количестве выявлены и в контрольном варианте (чистый пар). Такая ситуация свидетельствует о том, что секреция фенольных кислот корневой системой люпина невелика. В тоже время общее содержание фенолкарбоновых кислот в ризосфере его весьма значительно. Это означает, что основным источником фенольных кислот в ризосфере люпинов являются продукты жизнедеятельности микроорганизмов и разложения растительных остатков. Единственным надежным доказательством выделения корневых экссудатов люпином могло служить обнаружение в его ризосфере специфических фенольных соединений, характерных только для данной культуры. И такие соединения обнаружены в корневых выделениях люпина желтого (табл. 7). К ним относятся флавоновый гликозид ройфолин и изофлавоновые гликозиды. Содержание этих веществ в период созревания семян достигало значительной величины, а суммарное количество составляло 216 мкг/100 г воздушно-сухой почвы. В ризосфере многолетнего и узколистного люпинов обнаружено также специфическое фенольное соединение, а именно изофлавоновый гликозид генистеин. Содержание его в почве из-под узколистного люпина

составляло всего 1 мкг, тогда как в почве из-под многолетнего люпина достигало 312 мкг/100 г почвы [11]. В ризосфере многолетнего и узколистного люпина найдены также оксibenзойные и оксикоричные кислоты, но достоверное накопление их было характерно только для многолетнего люпина (сравните: контроль – 464 мкг и опыт – 712 мкг/100 г почвы).

Таблица 6. Содержание фенолкарбоновых кислот в ризосфере люпина желтого сорта Быстрорастущий 4 (мкг на 100 г воздушно-сухой почвы) (среднее за 2 года)

Кислота	Фаза развития			
	цветение		созревание семян	
	контроль	опыт	контроль	опыт
Протокатеховая	62	60	43*	45
Ванилиновая	130	130	110*	118*
п. Оксibenзойная	269	269	280*	303*
Феруловая	32	38*	25*	25
Транс-п. Кумаровая	26	32*	46*	47
Цис-п. Кумаровая	38	41*	43	45
Сумма	557	570	547	583

Таблица 7. Содержание флавоноидных гликозидов в ризосфере люпина желтого сорта Быстрорастущий 4 (мкг на 100 г воздушно-сухой почвы)

Вещество	Фаза развития	
	цветение	созревание семян
Ройфолин	не обнаружен	52,94*
Генистеин-8-С-моногликозид	12,42	63,79*
Генистеин-7-О-гликозид	11,92	42,25*
Генистеин-7-О-гликозил-гликозид	10,83	21,67*
3',4'-Метилendioксиноробол	не обнаружен	35,60*
Сумма	35,17	216,25

Функциональная роль накопления фенольных соединений выяснена нами и описана в монографии [14]. Она сводится к участию их в процессах роста, формообразовании органов, формировании плодов, защите растений от болезней, укреплении механической прочности тканей за счет образования лигнина и регуляции физиолого-биохимических процессов, составляющих основу всего живого. Установлено, что фенольные соединения активны во всех формах роста: линейной, диаметальной, интеркалярной и объемной. Однако наиболее тесная функциональная связь проявляется у этих веществ с ауксином. Фенольные соединения являются эффекторами ауксинового обмена, воздействуя на ферментные системы биосинтеза и распада гормона, они изменяют направленность роста растяжением в ту или другую сторону [14]. Преобладание в составе эффекторов о-диоксифенолов и о-диоксиполифенолов способствует стабилизации и активации ауксинового обмена и соответственно интенсификации роста и, наоборот, накопление п-оксифенолов и п-оксиполифенолов приводит к приостановке и ингибированию роста. Система фе-

нольных эффекторов имеется во всех органах растений и функционирует в течение всего онтогенеза [15]. По мере снижения содержания ауксина в тканях выводятся с активного роста и фенольные соединения, пополняя фонд запасных и полимерных продуктов.

Вторая важная функция накопления фенольных соединений – участие в процессах органобразования. Она касается прежде всего корне- и плодобразования. Как и в процессах роста, органобразование происходит при совместном участии ауксина и фенольных соединений [14]. При этом ауксин-фенольный комплекс регулирует закладку, образование и рост корней. Из испытанных фенольных соединений наиболее активны в этом эскулетин и кверцетин, действующие как синергисты гормона и п-оксибензойная и п-оксикумаровая кислоты, выступающие как антагонисты.

Активность фенольных соединений проявляется на всех этапах плодобразования: от прорастания пыльцы и роста растяжением пыльцевых трубок до аттракции ассимилятов, элементов минерального питания и воды, способствуя объемному росту плодов. Фенольные синергисты роста и в плодобразовании выступают активаторами ИУК и, наоборот, антагонисты ограничивают или подавляют этот процесс [14]. Фенольные соединения активны в процессах обмена веществ, выступая в качестве ингибиторов и активаторов ферментов как общего [16], так и гормонального обмена. Примером последнего, как указывалось ранее, является изменение содержания ауксина, происходящего за счет активирования и ингибирования ферментов биосинтеза и распада ИУК. С накоплением фенольных соединений связана такая важная функция как укрепление и стабилизация структуры органов и тканей растений за счет образования лигнина, кутина и суберина [17], в состав которых входят фенольные соединения. За счет антибиотической активности и антиоксидантного действия фенольных соединений реализуется общее защитное действие этих веществ от возбудителей болезней.

Наряду с общим защитным действием фенольным соединениям свойственно и специфическое повышение болезнестойчивости к грибным болезням, осуществляемое за счет продуктов окисления их (хинонов) и фитоалексинов [18]. По способу действия защита растений от болезней с помощью фенольных соединений может быть прямой и косвенной. Прямая защита базируется на непосредственном влиянии этих веществ на прорастание спор, рост мицелия и формирование фитопатогенных органов грибов, а косвенная связана с изменением общего и ауксинового обмена как растений, так и возбудителей болезней [19].

Как указывалось выше, накопление фенольных соединений в растениях предназначено в основном для собственных нужд, тогда как выделение их – преимущественно для установления экологических связей с другими организмами (растениями, микроорганизмами, насекомыми и др.). Например, экзогенные фенольные соединения злаков (флавоноиды) служат для взаимодействия с ржавчинными грибами, оказывая стимулирующее влияние на рост ростковых трубок грибов, а флавоноидные гликозиды последних активируют рост листьев злаков и повышают в них содержание хлорофилла [20], благодаря чему происходит успешное формирование облигатных фи-

топатосистем. Вторым важным условием образования облигатных фитопатосистем злаков с ржавчинными грибами является сходство флавоноидного состава этих организмов. Функциональная роль экзогенных фенольных соединений, выделяемых проростками, фотосинтезирующими органами и корнями растений, принципиально не отличается от функций эндогенных фенольных соединений. Если действие первой группы веществ сильнее проявляется в фитозащите и экологическом взаимодействии, то влияние другой группы соединений преобладает в процессах роста, органобразования, укрепления структуры и обмена веществ растений.

Заключение. Установлена прямая связь накопления фенольных соединений в растениях с их выделением, которое происходит постоянно с нарастающей скоростью и достигает максимума в конце вегетации, что коренным образом отличается от индивидуальных фенольных веществ, максимальное содержание которых отмечается в разные фазы онтогенеза в зависимости от их структуры. Роль накопления и выделения фенольных соединений растениями сводится к регуляции ими как общего, так и гормонального обменов веществ, что является основой таких интегральных процессов, как рост, корне- и плодообразование, дифференцировка тканей и защита растений.

Литература

1. Саламатова Т. С., Зауралов О. А. Физиология выделения веществ растениями. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. 149 с.
2. Высочина Г. И. Сб. «Полезные растения природной флоры Сибири». Новосибирск: Наука, 1967. С. 146–153.
3. Минаева В. Г., Волхонская Т. А., Валуцкая А. Г. Сб. «Фенольные соединения и их биологические функции». Москва: Наука, 1968. С. 180–188.
4. Нестюк М. Н. // Вест. Моск. ун-та. Сер. биол., почв. геол. 1958. № 3. С. 53–62.
5. Пашкаръ С. И. // ДАН СССР, 1956. Т. 11. № 6. С. 1375–1377.
6. Delaveny P. G. // C. R. Acad. Sci. Vol. 280. № 18. 3. 4815–4817.
7. Davis R. F. // Am. J. Botany. Vol. 15, № 7. P. 620.
8. Волюнец А. П., Пальченко Л. А. // Физиология и биохимия культ. растений. 1980. Т. 12, № 5. С. 511–515.
9. Волюнец А. П., Пальченко Л. А. // Физиология и биохимия культ. растений. 1982. Т. 14, № 3. С. 225–231.
10. Волюнец А. П., Занкевич Н. П. // Докл. НАН Беларуси. 2000. Т. 44, № 4. С. 74–77.
11. Волюнец А. П., Лемешев Н. Н., Кудрявцев Г. П. // Физиология и биохимия культ. растений. 1983. Т. 15, № 3. С. 254–261.
12. Волюнец А. П. Взаимодействие эндогенных регуляторов роста и гербицидов. Минск: Наука и техника. 1980. 144 с.
13. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск: Высш. школа, 1973. 320 с.
14. Волюнец А. П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений. Минск. Беларуская навука. 2013. 283 с.
15. Волюнец А. П. // Докл. НАН Беларуси. 1997. Т. 41, № 4. С. 73–76.
16. Колесников П. А. // Сб. «Фенольные соединения и их биологические функции». М.: Наука, 1968. С. 139–145.

17. Запрометов М. Н. Фенольные соединения. М.: Наука. 272 с.
18. Вольнец А. П. Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты. М.: Научный мир. 2010. С. 168–196.
19. Вольнец А. П. // Купревичские чтения VIII: проблемы экспериментальной ботаники. Минск: Технология. 2011. С. 48–89.
20. Занкевич Н. П. Роль флавоноидных гликозидов в формировании патосистемы рожь (*Secale cereale* L.) — бурая ржавчина (*Puccinia dispersa* Erikss. et Henn.): дис. канд. биол. наук: 03.00.12. Минск, 2003. 20 с.

А. П. ВОЛЫНЕЦ

НАКОПЛЕНИЕ И ВЫДЕЛЕНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАСТЕНИЯМИ

Резюме

Изучено накопление фенольных соединений в растениях желтого люпина и льна-долгунца в онтогенезе и одновременно выделение их при прорастании семян, росте вегетирующих растений культурных злаков и при созревании взрослых растений разных видов люпина. Фенольные соединения анализировали в средах выделения: в жидкости из-под прорастающих семян, в смывах из фотосинтезирующих органов злаков и в ризосфере люпинов. Установлена прямая связь накопления и выделения фенольных соединений растениями как по составу, так и по содержанию, однако максимумы этих процессов не совпадают. Если максимум накопления индивидуальных фенольных соединений приходится на разные фазы роста в зависимости от группы веществ, то максимальное количество выделяемых (экзогенных) полифенолов отмечается в конце вегетации. Обсуждаются функции одной и второй группы фенольных соединений в онтогенезе и подчеркивается тесная функциональная связь ауксинового и фенольного обменов.

A. P. VOLYNETS

ACCUMULATION AND RELEASE OF PHENOLIC COMPOUNDS BY PLANTS

Summary

The accumulation of phenolic compounds in plants of yellow lupine and flax in ontogenesis was studied. Their isolation during seed germination, the growth of vegetative plants of cultivated cereals, and the maturation of adult plants of different types of lupine was studied. Phenolic compounds were analyzed in isolation media: in the liquid from under germinating seeds, in flushes from the photosynthetic organs of cereals, and in the rhizosphere of lupines. There is a direct relationship between the accumulation and release of phenolic compounds by plants both in composition and content, but the maxima of these processes do not coincide. The maximum accumulation of individual phenolic compounds falls at different growth phases, depending on the group of substances, and the maximum amount of released (exogenous) polyphenols is observed at the end of the growing season. The functions of one and the second groups of phenolic compounds in ontogenesis are discussed and the close functional relationship between auxin and phenolic exchanges is emphasized.

Поступила в редакцию 02.11.2020 г.

Н. Г. АВЕРИНА¹, С. М. САВИНА¹, А. В. ЕМЕЛЬЯНОВА¹,
И. А. ДРЕМУК¹, Ю. В. ПРИЩЕПЧИК¹, А. В. УСАТОВ²
**ФОРМИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К ХЛОРИДНОМУ
ЗАСОЛЕНИЮ РАСТЕНИЙ СОРГО (*SORGHUM*) СОРТОВ
ЕФРЕМОВСКАЯ 2А И САРВАШ**

¹Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, г. Минск

²Южный Федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Введение. Изменение климата на нашей планете, связанное с глобальным потеплением, несомненно ощущается и в сельскохозяйственном производстве Беларуси. Так, в последние несколько десятилетий в Беларуси и других странах нашего региона наблюдается повышение среднегодовой температуры, которое проявляется в продолжительных засухах и экстремально жарких днях, уменьшении осадков в течение вегетационного периода. Это затрудняет получение хороших и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, в том числе травянистых кормовых культур, ассортимент которых невелик, в основном это кукуруза, люцерна и ячмень. Наряду с этим в условиях потепления климата в мире отмечается расширение масштабов почвенного засоления. Так, за счет увеличения испарения воды наблюдается энергичный вынос солей на поверхность почв, что приводит к усилению засоления, ограничению роста и развития растений, снижению их продуктивности, либо даже к гибели организмов [1]. Повышение устойчивости растений к новым экологическим условиям, в том числе к засухе и засолению пахотных земель является одной из ключевых задач современного сельскохозяйственного производства. Один из путей, позволяющих преодолеть последствия этих явлений – это оперативное введение в севооборот засухоустойчивых и солеустойчивых кормовых культур, которые способны выдержать подобные экстремальные условия.

Большой интерес в качестве альтернативы заслуживают сорговые культуры, которые могут использоваться как в кормовом, так в техническом и пищевом направлениях [2]. В мировом земледелии сорго по площади посева и валовым сборам занимает среди зернофуражных культур третье место после кукурузы и ячменя. Высокие кормовые достоинства, стабильная урожайность в условиях недостаточного увлажнения, солеустойчивость и экономное расходование влаги ставят сорго в ряд наиболее ценных кормовых культур, обеспечивающих высокие урожаи в экстремальных условиях.

Климатические условия юго-западного региона Беларуси соответствуют тому, что при подборе определенных сортов и гибридов сорго и использовании необходимой агротехники можно получать высокие урожаи как зеленой массы, так и семян этих культур в экстремальных условиях [2].

Разработка методов диагностики устойчивости растений сорго к засолению на ранних этапах онтогенеза, выявление с их помощью солеустойчивых сортов является особенно актуальным.

В данном исследовании были использованы два сорта сорго (*Sorghum*) Ефремовская 2А и Сарваш, чувствительность которых к засолению неизвестна. Была проведена сравнительная оценка чувствительности этих сортов к хлоридному (NaCl) засолению на основе измерений ряда морфотрических, а также важнейших биохимических показателей, в частности, характеризующих общее содержание активных форм кислорода (АФК), как показатель степени окисленности растительных клеток в условиях стресса, способность растений к синтезу ключевого предшественника хлорофилла и гема, регулятора роста растений и антистрессора – 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК), а также универсального антистрессора пролина, содержание которых характеризует состояние защитной системы растений в условиях засоления, создаваемого разными концентрациями NaCl в субстрате.

Объекты (материалы) и методы исследования. Семена сорго сортов Ефремовская 2А и Сарваш (по 30 штук каждого варианта) проращивали в пластиковых контейнерах на смоченной водой или растворами NaCl в концентрациях 50, 100, 150, 200, 250 мМ и выращивали до 7-8- дневного возраста в режиме 14 ч света, 10 ч темноты. Для освещения применяли люминесцентные лампы Philips TD-36/765 (освещенность 66,2 мкмоль фотонов/м²·с). *Количество проросших семян* определяли в процентах как отношение появившихся всходов к количеству высеванных семян. Для этого семена предварительно замачивали на воде в течение суток и переносили на растворы NaCl разных концентраций. Количество проросших семян определяли на 4-е сутки с момента замачивания. При отборе проб для биохимических измерений листья 7-8-дневных проростков срезали, измельчали, тщательно перемешивали, взвешивали и подвергали анализу.

Для определения активности системы синтеза АЛК (АЛК-синтезирующей способности) срезанные листья инкубировали 6 ч на свету на 0,05 М растворе леулиновой кислоты (ЛК) в 0,1 М трис-HCl буфере (pH 6,5), после чего растения фиксировали паром и из них извлекали АЛК. Для определения количества АЛК навеску листьев гомогенизировали в 2 мл 5%-ной трихлоруксусной кислоты, затем гомогенат центрифугировали в течение 10 мин при 6000 g. Супернатант сливали, оставшийся осадок гомогенизировали в 2 мл ацетатного буфера (pH 4,6) и вновь центрифугировали 10 мин при 6000 g. Супернатанты объединяли, добавляли ацетилацетон (3 капли на 2 мл супернатанта), перемешивали и нагревали в кипящей воде в течение 15 мин. После охлаждения раствора к нему приливали равный объем модифицированного реагента Эрлиха и через 15 мин определяли оптическую плотность раствора при 553 нм. Для расчета количества АЛК использовали молярный коэффициент экстинкции 6,8·10⁴ (М·см)⁻¹ [3].

Для определения общего содержания АФК использовали флуоресцентный тест, в основе которого лежит образование дихлорфлуоресцеина (ДХФ) из нефлуоресцирующего ДХФ-диацетата в экстрактах из листьев, полученных с помощью 0,2 н HClO₄ [4]. Флуоресценцию ДХФ регистрировали на спектрофотометре «Solar CM 2203» (РБ). Длины волн возбуж-

дения и регистрации флуоресценции составляли 496 и 524 нм соответственно. Тест не является специфическим по отношению к какой-либо одной АФК. С его помощью, как правило, определяют суммарное содержание АФК, о котором судят по количеству образовавшегося ДХФ. Содержание ДХФ рассчитывали по калибровочной кривой.

Для определения содержания пролина навеску листьев сорго (0,1 г) фиксировали жидким азотом, растирали в 1 мл 3% сульфосалициловой кислоты и центрифугировали 10 мин при 18000 g. К супернатанту (0,25 мл) добавляли равные объемы ледяной уксусной кислоты и кислого нингидринового реагента (0,25 г нингидрина в 10 мл раствора, содержащего ледяную уксусную кислоту, дистиллированную воду и 85% ортофосфорную кислоту в соотношении 6:3:1). Пробы инкубировали в течение 1 ч при 90 °С. От оптической плотности раствора при 515 нм [5] переходили к содержанию пролина, используя калибровочную кривую.

Статистическая обработка экспериментальных данных состояла в определении средних арифметических значений и их стандартных ошибок. Различия по сравнению с контролем считали достоверными при уровне значимости $p \leq 0,05$. Для статистической обработки экспериментальных данных использовали пакеты программ «Excel 2010» (Microsoft).

Результаты и их обсуждение. В работе были использованы 2 сорта сорго – Ефремовская 2А и Сарваш, чувствительность которых к засолению была не известна. Были изучены их всхожесть и влияние засоления на основные морфометрические показатели. Из таблицы 1 следует, что максимальным количеством проросших семян при замачивании на воде обладал сорт Ефремовская-2А – 90%. Значительно ниже (66,7%) данный показатель оказался у семян сорта «Сарваш». Следует отметить, что засоление, создаваемое разными концентрациями соли вплоть до 250 мМ, никак не сказалось на количестве проросших семян (табл. 1).

Таблица 1. Количество проросших семян (в % на 4-е сутки) сортов Ефремовская 2А и Сарваш при их замачивании на воде в течение суток и последующем переносе на растворы NaCl разных концентраций

Сорт \ Концентрация NaCl	0 мМ (контроль)	50 мМ	100 мМ	150 мМ	200 мМ	250 мМ
Ефремовская 2А	90,0±4,5	93,3±4,7	90,0±5,0	66,7±3,3	100,0±5,0	93,3±4,7
Сарваш	66,7±3,3	73,3±3,7	76,7±3,8	80,0±4,0	76,7±4,0	83,3±4,2

На рисунке 1, А–Д представлен внешний вид 7-дневных проростков сорго сортов Ефремовская 2А и Сарваш, выращенных на поверхности воды (К) и на растворах NaCl разных концентраций. При выращивании на воде сорт Сарваш обладает высотой надземной части в среднем 7–9 см. Высота надземной части проростков сорта Ефремовская 2А оказалась значительно ниже в среднем 5–6 см, что примерно в 1,5 раза ниже, чем

у проростков сорта Сарваш. Однако выращивание на солевых растворах привело к сильному угнетению ростовых показателей именно у высокого сорта Сарваш (рис. 1, 2). При использовании максимальной концентрации соли (250 мМ NaCl) длина стебля от семени до точки разворачивания первого листа у сорта Сарваш снизилась в среднем на 70% (рис. 2), а общая высота проростков этого сорта снизилась соответственно на 78% по сравнению с контрольными проростками, выращенными на воде. В то же время у сорта Ефремовская 2А аналогичные показатели в среднем снизились лишь на 30%. Таким образом, как максимальная всхожесть семян, так и большая устойчивость к засолению по ростовым показателям отмечена для сорта Ефремовская 2А. Сильное отрицательное действие соли на ростовые показатели сорго сорта Сарваш может свидетельствовать о слабой защитной системе этих растений по сравнению с таковой в растениях сорта Ефремовская 2А.

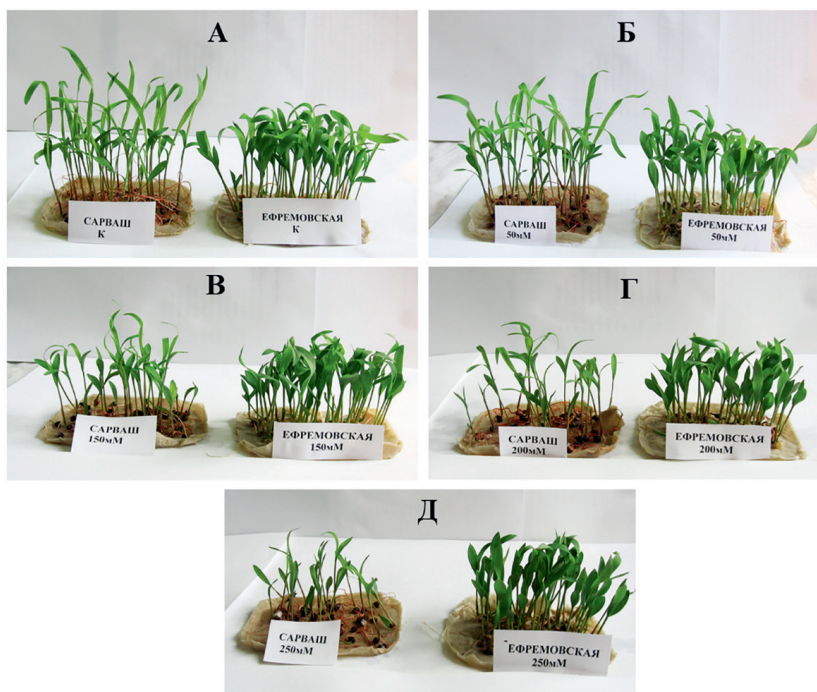


Рис. 1. Внешний вид 7-дневных проростков сорго сорта Ефремовская 2А и Сарваш выращенных на воде – А; растворе NaCl 50 мМ – Б; 150 мМ – В; 200 мМ – Г и 250 мМ – Д.

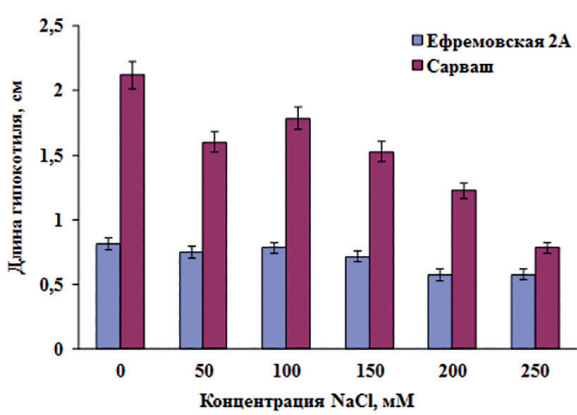


Рис. 2. Изменение длины гипокотыля 7-дневных проростков сорго сортов Ефремовская 2А и Сарваш, выращенных на растворах NaCl разных концентраций.

Известно, что важную роль в формировании солеустойчивости растений играет пролин, который считается универсальным стресс-протектором, выполняющим целый ряд защитных функций [6, 7]. В условиях стресса содержание свободного пролина многократно возрастает. Его накопление зарегистрировано в условиях засухи, засоления, экстремальных температур, УФ-радиации, вечной мерзлоты, корневой гипоксии, затопления, загрязнении тяжелыми металлами и гербицидами. Пролин является также резервным источником углерода и азота, служит энергетическим субстратом, индуктором экспрессии ряда генов стрессорных белков, тушителем синглетного кислорода (1O_2) и пероксида водорода (H_2O_2), перехватчиком свободных радикалов [6–8]. Нами проанализирована динамика изменения содержания пролина в проростках сорго «Ефремовская 2А» и «Сарваш», выращенных на воде и на растворах NaCl разных концентраций.

При выращивании на пресном фоне содержание пролина в проростках сорта Сарваш составило в среднем 109 ± 3 мкг/г сырой массы. Более высоким оказалось содержание пролина у выросшего на воде сорта Ефремовская 2А – 145 ± 11 мкг/г сырой массы. Ранее в работах [7, 9] было показано, что в нормальных условиях (в отсутствии стрессовых воздействий) уровень пролина и ростовые показатели растений находятся в обратной зависимости. Возможно, сниженные показатели роста у растений сорта «Ефремовская 2А» по сравнению с сортом Сарваш связаны с более высоким содержанием у этого сорта пролина.

На примере сорта Сарваш было показано, что выращивание растений на растворах NaCl 20, 50 и 100 mM не привело к возрастанию содержания пролина в проростках. У сорта Ефремовская 2А при использовании 100 mM соли наблюдали в 1,5 раза увеличение содержания пролина по сравнению с контрольными растениями, выращенными на воде.

На рис. 3 представлены результаты, из которых видно, что по мере использования солевых растворов более высоких концентраций наблюдали многократное возрастание содержания пролина в проростках обоих вариантов. При концентрации соли 250 мМ содержание пролина в проростках сорта Сарваш возросло в 8,5 раз по сравнению с контролем, в проростках Ефремовская 2А – в 21 раз по сравнению с проростками, выросшими на воде, и в 3,2 раза по сравнению с сортом Сарваш.

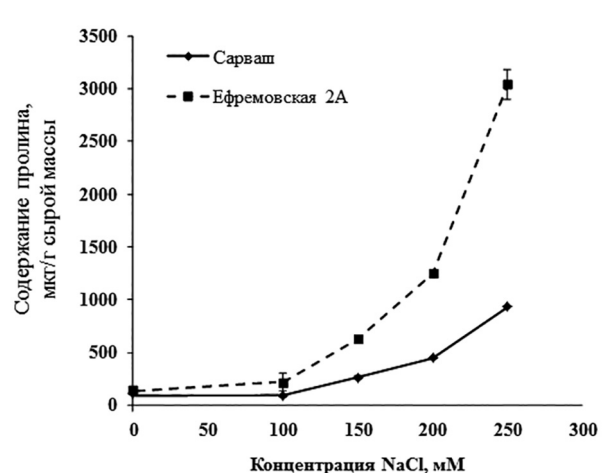


Рис. 3. Изменение способности к накоплению пролина у 7-дневных проростков сорго сортов «Ефремовская 2А» и «Сарваш», выращенных на воде и на растворах NaCl разных концентраций.

Таким образом, повышенная солеустойчивость сорта Ефремовская 2А по сравнению с наиболее низкоустойчивым сортом Сарваш (более высокая всхожесть семян и меньшая степень ингибирования ростовых процессов в условиях засоления) коррелировала с более высоким содержанием пролина в растениях сорта Ефремовская 2А по сравнению с сортом Сарваш.

Для поддержания нормального функционирования всех аэробных организмов, включая растения, необходим молекулярный кислород (O_2). Токсичными побочными продуктами аэробного метаболизма являются АФК, представляющие собой частично восстановленные формы O_2 . К их числу относятся 1O_2 , O_2^- , H_2O_2 , а также гидроксильный радикал (OH). Все они чрезвычайно реакционноспособны и индуцируют окислительную деструкцию клеток, которая обусловлена окислением молекул липидов, белков, ингибированием ферментов и деградацией ДНК и РНК. В условиях стресса генерация АФК усиливается, и в растениях начинают преобладать процессы деструкции. Уровень накопления АФК является показателем стрессового состояния растительного организма.

Мы изучили влияние засоления на содержание АФК в 7-дневных проростках сорго сортов Ефремовская 2А и Сарваш, выращенных на растворах NaCl разных концентраций. Из данных, представленных на рисунке 4, отчетливо видно, что при всех условиях выращивания проростков сорго содержание АФК в растениях сорта Сарваш превышало таковое в растениях сорта Ефремовская 2А. Максимальная разница между вариантами была зарегистрирована при использовании 250 мМ NaCl – здесь она составила 2,7 раза. Это согласуется с данными о повышенной солеустойчивости растений сорго сорта Ефремовская 2А по сравнению с сортом Сарваш и по показателям роста проростков, и по содержанию в них пролина. Большему содержанию пролина, как «антистрессора», в листьях сорта Ефремовская 2А соответствует меньшее содержание АФК по сравнению с сортом Сарваш.

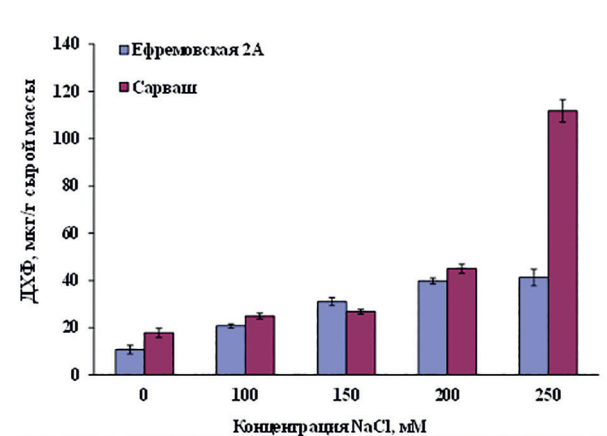


Рис. 4. Накопление АФК в 7-дневных растениях сорго сортов Ефремовская 2А и Сарваш, выращенных на растворах NaCl разных концентраций.

В высших растениях синтез первого специфического предшественника тетрапирролов, АЛК, является наиболее чувствительным и лимитирующим звеном в образовании хлорофиллов и гема. Активность этого участка пути контролируется как эндогенными, так и экзогенными факторами. Использование экзогенной АЛК позволило выявить ее роль как регулятора роста растений, усиливающего накопление эндогенных цитокининов [10, 11], а также как антистрессорного агента, повышающего устойчивость растений к целому ряду стрессоров [11]. В частности, экзогенная АЛК индуцировала солеустойчивость растений ячменя путем стимуляции накопления пролина и активации метаболизма азота через повышение активности нитратредуктазы и усиление экспрессии *Nar-1* гена фермента [12].

Мы изучили способность к накоплению АЛК в 8-дневных зеленых проростках сорго сортов Ефремовская 2А и Сарваш, выращенных при разных концентрациях соли. Из данных, представленных в таблице 2 отчетливо видно, что уже при выращивании на воде в проростках сорго сорта Сарваш отмечается в 2,2 раза меньшая способность к накоплению АЛК. По мере возрастания концентрации соли способность синтезировать АЛК в проростках сорго сорта Сарваш несколько снижается, достигая величины 90 % от водного контроля при 250 мМ NaCl. С ростом концентрации соли разница между вариантами возрастает и при 200 мМ соли способность к синтезу АЛК у сорта Ефремовская 2А превышает таковую у сорта Сарваш в 4,4 раза. Как и в опытах с зелеными растениями ячменя [13], мы наблюдали стимуляцию накопления АЛК у растений сорго сорта Ефремовская 2А при 150 и 200 мМ соли. Если сравнить полученные результаты с кривой накопления пролина в опыте, представленном на рис. 3, то видно, что при этих концентрациях соли стимуляция накопления АЛК соответствует кривой стимуляции накопления пролина.

Таблица 2. Способность к накоплению АЛК (нмоль/г сырой массы) в 8-дневных зеленых проростках сорго сортов Ефремовская 2А и Сарваш, выращенных на воде и в условиях засоления. В скобках представлен % к контролю.

Сорт	Концентрация NaCl, мМ				
	0 (H ₂ O)	100	150	200	250
Ефремовская 2А	37,15±1,85 (100%)	22,25±1,10 (60%)	42,77±2,15 (115%)	61,29±3,05 (165%)	48,16±2,40 (130%)
Сарваш	16,55±0,80 (100%)	14,94±0,75 (90%)	12,52±0,63 (76%)	13,93±0,70 (84%)	14,71±0,75 (89%)

Так же как и в опытах, полученных ранее на растениях ячменя [13], в период снижения способности к накоплению АЛК (при 250 мМ NaCl) наблюдается активация накопления пролина (рис. 3). Наши результаты поддерживают выдвинутую нами ранее гипотезу [11, 13] о том, что в условиях достаточно высокого уровня засоления, когда синтез эндогенной АЛК подавляется, в растительной клетке происходит переключение метаболизма глутаминовой кислоты с пути синтеза хлорофилла и гема на путь синтеза пролина, усиление накопления последнего и формирование солеустойчивости. Стимуляция накопления АЛК при умеренных концентрациях соли, по-видимому, обусловлена ролью АЛК как регулятора роста растений, стабилизирующего ряд белков [14], усиливающего накопление цитокининов [10] и антиоксидантов [15–17]. Практически параллельная стимуляция накопления пролина и АЛК при средних концентрациях соли может рассматриваться как первичная ответная реакция растения на стресс с одной стороны, чтобы защитить два важнейших энергетических процесса – дыхание и фотосинтез, с другой – стабилизировать и защитить белки (ферменты) от окисления, снизить содержание АФК.

Наряду с этим нами отмечена высокая способность растений солеустойчивого сорта Ефремовская 2А накапливать АЛК и при выращивании

в нормальных условиях на воде (в 2,2 раза более высокая, чем в случае сорта Сарваш). Полученные результаты подкрепляют высказанное ранее предположение, что высокая способность растений синтезировать АЛК в нормальных условиях может служить важным биохимическим показателем их большей стрессоустойчивости [11], что, несомненно, требует дополнительных исследований.

Закключение. Таким образом, растения сорго сорта Ефремовская 2А характеризуются большим количеством проросших семян при проращивании их на воде и на солевых растворах (50, 100, 150, 200 и 250 мМ NaCl), ярко выраженной устойчивостью к засолению по ростовым показателям, более высокой способностью к накоплению пролина и АЛК, а также более низким содержанием АФК при всех условиях выращивания растений по сравнению с сортом Сарваш. Отмечено, что у растений солеустойчивого сорта Ефремовская 2А при выращивании в отсутствие NaCl накопление АЛК в 2,2 раза выше, чем у растений сорта Сарваш. Это подтверждает высказанное ранее предположение, что высокая способность растений синтезировать АЛК как антистрессора в нормальных условиях может служить показателем их большей устойчивости при попадании в условия стресса.

Литература

1. Qadir M. [et al.] // Land Degrad. Develop. 2008. Vol. 19. P. 429–453.
2. Шестак Н.М., Копылов В.Л. // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. Минск: ИВЦ Минфина, 2016. Вып. 52. С. 171–178.
3. Mauzerall D., Granick S. // J. Biol. Chem. 1956. Vol. 219, № 1. P. 435–446.
4. Crow J.P. // Nitric Oxide. 1997. Vol. 1, № 2. P. 145–157.
5. Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D. // Plant Soil. 1973. Vol. 39. P. 205–207.
6. Кузнецов Вл.В., Шевякова Н.И. // Физиол. раст. 1999. Т. 46. С. 321–336.
7. Kishor P.V.K., Sangam S., Amrutha R.N., Laxmi P.S., Naidu K.R., Rao S., Reddy K.J., Theriappan P., Sreenivasulu N. // Curr. Sci. 2005. Vol. 88. P. 424–438.
8. Szabados L., Savoure A. // Trends in Plant Sci. 2009. Vol. 15. P. 89–97.
9. Maggio A et al. Does proline accumulation play an active role in stress-induced growth reduction? // Plant J. 2002. V.31. P. 699–712.
10. Яронская Е.Б., Вершиловская И.В., Аверина Н.Г. // Вес. Нац. Акад. Навук Беларусі. Сер. біял. Навук. 2004. № 3. P. 70–73.
11. Аверина Н.Г., Яронская Е.Б. Биосинтез тетрапирролов в растениях // Минск. Беларуская навука. 2012. 413 с.
12. Аверина Н.Г., Бейзай З., Щербаков Р.А. // Доклады Национальной Академии Наук Беларуси. 2015. Т. 59, № 4. С. 95–101.
13. Аверина Н.Г., Грицкевич Е.Р., Вершиловская И.В., Усатов А.В., Яронская Е.Б. // Физиология растений. 2010. Т. 57. № 6. С. 849–856.
14. Yaronskaya E., Hedtke B., Averina N., Grimm B. // III-Belarus-Germany symposium: Biophys. of photosynthesis. Intercellular signaling and gene regulation in plants. Sept.12-16. Minsk, 2007. P. 34.
15. Watanabe K., Tanaka T., Hotta Y., Kuramochi H., Takeuchi Y. // Plant Growth Regul. 2000. Vol. 32. P. 99–103.

16. Youssef T., Awad M.A. // J. Plant Growth Regul. 2008. Vol. 27. P. 1–9.
17. Nishihara E., Kondo K., Parvez M.M., Takahashi K., Watanabe K., Tanaka K. // J. Plant Physiol. 2003. Vol. 160. P. 1085–1091.

Н. Г. АВЕРИНА, С. М. САВИНА, А. В. ЕМЕЛЬЯНОВА,
И. А. ДРЕМУК, Ю. В. ПРИЩЕПЧИК, А. В. УСАТОВ
**ФОРМИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К ХЛОРИДНОМУ ЗАСОЛЕНИЮ
РАСТЕНИЙ СОРГО (*SORGHUM*) СОРТОВ ЕФРЕМОВСКАЯ 2А И САРВАШ**

Резюме

В работе приведены результаты оценки устойчивости к засолению, создаваемому NaCl, двух сортов сорго (*Sorghum*) Ефремовская 2А и Сарваш, на ранних стадиях их развития, в возрасте 7–8 дней. Растения сорго сорта Ефремовская 2А характеризуются более высокой, чем у сорта Сарваш, всхожестью семян при проращивании на воде и на солевых растворах (50, 100, 150, 200 и 250 мМ NaCl), устойчивостью к засолению по ростовым показателям, более высокой способностью к накоплению пролина и 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК, которая является предшественником тетрапирролов, регулятором роста растений и антистрессором), а также более низким, по сравнению с сортом Сарваш, содержанием активных форм кислорода (АФК) при выращивании растений на воде и в условиях засоления. Отмечено, что при выращивании в отсутствие NaCl растения солеустойчивого сорта Ефремовская 2А накапливают в 2,2 раза больше АЛК, чем растения сорта Сарваш. Это подтверждает высказанное ранее предположение, что высокая способность растений синтезировать АЛК в нормальных условиях может служить показателем их большей стрессоустойчивости при попадании в условия стресса.

N. G. AVERINA, S. M. SAVINA, H. V. YEMELYANAVA,
I. A. DREMUK, U. V. PRYSHCHEPCHYK, A. V. USATOV
**DEVELOPMENT OF RESISTANCE TO CHLORIDE SALINIZATION
OF SORGHUM (*SORGHUM*) PLANT VARIETIES EFREMOVSKAYA 2A AND
SARVASH**

Summary

The paper presents the results of assessing the resistance to salinity created by NaCl, two varieties of sorghum (*Sorghum*) «Efremovskaya 2A» and «Sarvash», at the early stages of their development, at the age of 7–8 days. The cultivar sorghum «Efremovskaya 2A» is characterized by greater seed germination in water and in saline solutions (50, 100, 150, 200 and 250 mM NaCl), pronounced resistance to salinization by growth indicators, higher ability to accumulate proline and 5-aminolevulinic acid (ALA, which is the precursor of tetrapyrroles, plant growth regulator and antistressor), as well as a lower content of reactive oxygen species (ROS) when plants were grown in water and under salinization conditions compared to the «Sarvash» cultivar. The high ability of plants of the salt-resistant variety «Efremovskaya 2A» to accumulate ALA was noted when grown under normal conditions in the absence of NaCl (2.2 times higher than in the case of the «Sarvash» variety. This confirms the earlier suggestion that the high ability of plants to synthesize ALA in normal conditions can serve as an indicator of their greater resistance to stress when exposed to it.

Поступила в редакцию 26.11.2020 г

Н. В. БАЛЮК¹, Ж. Н. КАЛАЦКАЯ¹, К. М. ГЕРАСИМОВИЧ¹,
В. В. МИНКОВА¹, Е. Л. НЕДВЕДЬ¹, Е. И. РЫБИНСКАЯ¹,
Л. Г. ЯРУЛЛИНА², Н. А. ЛАМАН¹

**ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
РЕАКЦИЙ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ
СМЕСЯМИ ИММУНОСТИМУЛЯТОРОВ
В УСЛОВИЯХ ВОДНОГО ДЕФИЦИТА**

¹Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск

²Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, Россия

Введение. Водный стресс является лимитирующим абиотическим фактором при выращивании картофеля во многих странах мира. Рост и развитие картофеля, накопление урожая клубней в значительной степени зависят от влажности почвы. Эта зависимость у картофеля выражена намного сильнее, чем у других видов сельскохозяйственных культур. Даже короткое воздействие водного стресса может привести к заметным последствиям. Проблема обеспеченности водой возникает также и в регионах с достаточным годовым количеством осадков из-за неравномерности их выпадения в течение вегетационного периода [1, 2].

Одним из путей экологически безопасного повышения устойчивости растений к неблагоприятным воздействиям является применение непатогенных ризосферных бактерий (PGPR – plant growth promoting rhizobacteria). Особо привлекательными в связи с этим являются высокоэффективные, нетребовательные к средам культивирования и сохраняющие в течение длительного срока свою активность бактерии рода *Bacillus*, способные индуцировать естественные защитные механизмы в растениях, не нанося вреда им, окружающей среде и здоровью человека [3, 4, 5]. Показано, что PGPR индуцируют системную устойчивость растений к широкому кругу абиотических стрессов, в том числе к засухе, засолению, тяжелым металлам [6, 7, 8].

Защитный спектр биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* можно значительно расширить, комбинируя их с сигнальными молекулами [9, 10], например, жасмоновой или салициловой кислотами, что приводит к формированию в растительных тканях различных типов устойчивости.

Накопленные к настоящему времени экспериментальные данные содержат противоречивые сведения о взаимодействии салициловой кислоты (СК) и жасмоновой кислоты (ЖК) и их сигнальных путей при действии неблагоприятных факторов окружающей среды. В ряде исследований показано, что сигнальные пути СК и ЖК могут быть антагонистическими [11-16]. В то же время выявлено синергическое действие СК и МЖ в запуске адаптивных реакций. Так, СК и ЖК в большей степени, чем СК в отдельности, вызывали генерацию пероксида водорода, увели-

чивали активность ПО и содержание транскриптов кодирующего ее гена, повышая, тем самым, устойчивость картофеля к возбудителю фитофтороза [17, 18].

Таким образом, совместное участие непатогенных ризосферных бактерий, СК и ЖК в механизмах повышения устойчивости растений к стресс-факторам абиотической природы остается не полностью исследованным.

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

Материалы (объекты) и методы исследования. Опыты проведены в контролируемых лабораторных условиях на микроклонально размноженных растениях картофеля сорта Бриз. Адаптацию растений-регенерантов осуществляли на почвогрунте на основе верхового торфа торговой марки «Грунт торфяной питательный Двина» (ТУ РБ 100219992.326-2004). 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 1×10^7 КОЕ с медиаторами сигнальных систем (метилловый эфир жасмоновой кислоты – 1×10^{-7} моль/л и/или салициловая кислота – 1×10^{-6} моль/л). Моделирование условий почвенной засухи начинали через неделю после обработки растений и продолжали в течение 2-х недель до появления симптомов повреждений на листьях. Влажность почвогрунта в опытном варианте (35–40%) достигалась снижением полива растений. В контроле растения выращивались при оптимальной влажности – 70–75%. Измерения влажности почвогрунтов проводили (2–3 раза в день) используя влагомер ТР001 (КНР).

Определение содержания пролина проводили по методу Bates с авт. [19], общей активности растворимой пероксидазы по Бояркину [20], используя в качестве хромогенного субстрата бензидин. Содержание фотосинтетических пигментов определяли в 96%-ном этиловом спирте по Lichtenthaler [21]. Флуоресценцию хлорофилла исследовали с помощью флуориметра СМ 2203. Записывали спектры излучения в диапазоне длин волн от 600 до 780 нм, при возбуждающем свете 450 нм. Вычисляли коэффициенты флуоресценции ω по формуле $\omega = F740/F685$, где F740 и F685 – значения интенсивности флуоресценции хлорофилла в области 740 и 685 нм соответственно [22]. Статистическую обработку данных осуществляли общепринятыми методами [23]. На диаграммах указаны средние значения с отклонениями, указывающими величину стандартной ошибки средней арифметической.

Результаты и их обсуждение. 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 кисло-

ты 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 (рис. 1).

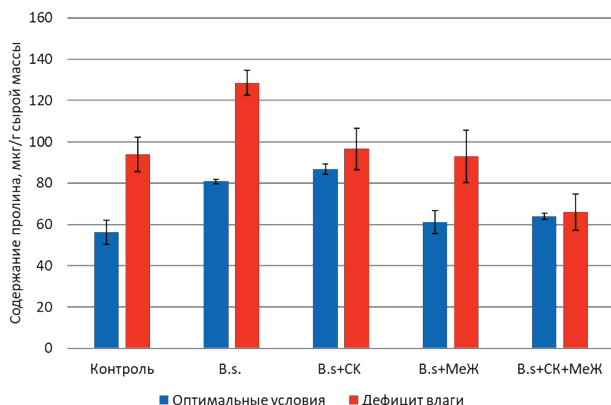


Рис. 1. Содержание пролина в листьях картофеля при оптимальных условиях и на фоне недостатка влаги при обработке растений смесями иммуностимуляторов: B.s. – бактерии *Bacillus subtilis*, B.s.+CK – бактерии *Bacillus subtilis* с салициловой кислотой, B.s.+MeJ – бактерии *Bacillus subtilis* с метилжасмонатом, B.s.+CK+MeJ – бактерии *Bacillus subtilis* с салициловой кислотой и метилжасмонатом.

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 у растений из стрессового контроля). Добавление к биопрепарату отдельно салициловой кислоты или метилжасмоната способствовало снижению содержания пролина до уровня показателей контрольных растений, выращиваемых в стрессовых условиях. При применении смеси иммуностимуляторов содержание пролина оказалось практически на уровне контрольных растений, выращиваемых при оптимальной влажности (рис. 1).

В оптимальных условиях выращивания обработки, кроме смеси бактериального препарата с метилжасмонатом и салициловой кислотой способствовали увеличению общей активности пероксидазы. Выращивание растений контрольного варианта в условиях дефицита влаги не привело к возрастанию активности данного фермента, однако при обработках бактериями *Bacillus subtilis* или биопрепаратом с метилжасмонатом активность пероксидазы превышала как уровень стрессового контроля, так и опытных вариантов из оптимальных условий. Опрыскивание смесью микроорганизмов с двумя иммуностимуляторами растений, выращиваемых

мых при дефиците влаги, вызвало снижение активности антиоксидантного фермента по сравнению с оптимальным и стрессовым контролем (рис. 2).

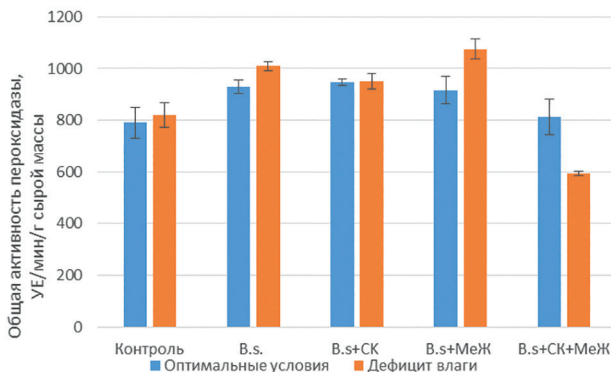


Рис. 2. Общая активность пероксидазы в листьях картофеля при оптимальных условиях и на фоне недостатка влаги при обработке растений смесями иммуностимуляторов:

B.s. – бактерия *Bacillus subtilis*, B.s.+СК – бактерии *Bacillus subtilis* с салициловой кислотой, B.s.+МеЖ – бактерии *Bacillus subtilis* с метилжасмонатом, B.s.+СК+МеЖ – бактерии *Bacillus subtilis* с салициловой кислотой и метилжасмонатом.

В оптимальных условиях выращивания применение для обработки растений бактерий *Bacillus subtilis*, а также их смеси с салициловой кислотой не оказывало значимого влияния на содержание суммы хлорофиллов, а смеси бактериального препарата с метилжасмонатом или метилжасмонатом и салициловой кислотой приводили к снижению содержания фотосинтетических пигментов. Уменьшение почвенного влагообеспечения вызвало падение содержания хлорофиллов в листьях картофеля на 33,8%, обработка биопрепаратом, в особенности 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 (рис. 2А).

Коэффициент флуоресценции ω зависит от ряда факторов абиотической природы, причем в оптимальных условиях развития растений всегда наблюдаются его максимальные значения. В нашем эксперименте в оптимальных условиях выращивания растений значения коэффициента ω были снижены во всех опытных вариантах, напротив, в неблагоприятных условиях дефицита влаги обработки способствовали повышению коэффициента ω , причем его максимальное значение отмечено в варианте *B. subtilis* с метилжасмонатом и салициловой кислотой (рис. 3Б).

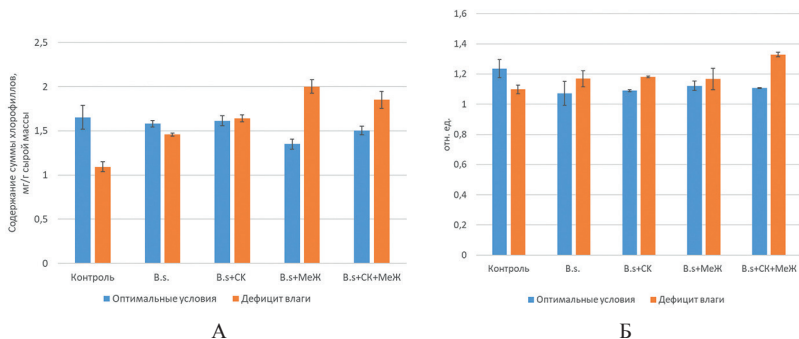


Рис. 3. Содержание фотосинтетических пигментов (А) и коэффициент флуоресценции ω хлорофилла (Б) в листьях картофеля при оптимальных условиях и на фоне недостатка влаги при обработке растений смесями иммуностимуляторов:
В.с. – бактерии *Bacillus subtilis*, В.с.+СК – бактерии *Bacillus subtilis* с салициловой кислотой, В.с.+МеЖ – бактерии *Bacillus subtilis* с метилжасмоном, В.с.+СК+МеЖ – бактерии *Bacillus subtilis* с салициловой кислотой и метилжасмоном.

Полученные результаты согласуются с литературными данными. Так, например, показано, что инокуляция растений арабидопсиса бактериями *B. megaterium* BOFC15 способствовала усилению роста при засухе, увеличению массы листовой пластинки [24]. При этом активность антиоксидантных ферментов было значимо выше у инокулированных растений, чем у контрольных, также как и уровень пролина и растворимых сахаров. Активность пероксидазы у инокулированных бактериями *B. subtilis* 26Д и 11ВМ растений газонных трав и выросших при нормальном освещении, была выше на 71,7 и 65,2% соответственно, по сравнению с неинокулированными и выросшими при тех же условиях [25]. Внесение биопрепаратов (на основе бактерий *Bacillus subtilis*) в нормальных условиях произрастания стимулировало фотосинтетическую деятельность растений сахарной свеклы, а при заражении *A. alternata* восстанавливало фотосинтетическую деятельность [26].

Установлено, что при действии засухи СК оказывает положительное влияние на фотосинтез, повышая его интенсивность и увеличивая активность рибулозо-1,5- бисфосфаткарбоксилазы/оксигеназы [27]. Обработка растений СК уменьшает уровень ПОЛ при водном дефиците, что обусловлено активацией антиоксидантных ферментов [28], накоплением пролина [27] и глутатиона [28].

Имеющиеся в литературе сведения указывают на участие ЖК и ее производных в повышении устойчивости растений к засухе. В частности, в условиях дефицита влаги экзогенные жасмонаты оказывают положительное влияние на ростовые процессы [29, 30] и способствуют поддержанию интенсивности фотосинтеза и устойчивой проводимости. Протекторное действие жасмонатов на растения в условиях засухи также связывают с регуляцией гормонального баланса: накопление АБК приво-

дит к закрытию устьиц и повышает содержание воды в листьях при водном дефиците [31]. Увеличение содержания воды в листьях под влиянием жасмонатов может быть также опосредовано накоплением пролина [32] и увеличением гидравлической проводимости корней растений [33]. Рядом исследователей выявлена активизация антиоксидантных ферментов в условиях засухи под влиянием жасмонатов [34].

Закключение. Таким образом, обработка адаптированных микроклонально размноженных растений картофеля бактериями *Bacillus subtilis* БИМ В-859Д или их смесью с метилжасмонатом и салициловой кислотой в разной степени повышает фотосинтетическую активность листьев в условиях водного дефицита почвы (35-40% влажности). Самое высокое содержание фотосинтетических пигментов отмечено при применении смесей *B. subtilis* с метилжасмонатом и *B. subtilis* с метилжасмонатом и салициловой кислотой, где их накопление на 21,4% и 12,2% соответственно, превышает содержание в растениях, выращиваемых в оптимальных условиях. При обработке смесью *B. subtilis* с метилжасмонатом и салициловой кислотой также зарегистрировано максимальное значение коэффициента флуоресценции ω , указывающее на благоприятные условия для развития растений. В то же время при обработке смесью всех указанных иммуномодуляторов в условиях водного дефицита содержание пролина оказалось на уровне, а активность пероксидазы на 24,9% ниже, чем у растений оптимального контроля. Тогда как применение только бактерий *B. subtilis* способствовало накоплению пролина на 36,9%, увеличению активности пероксидазы на 23,2% по отношению к значениям у растений из стрессового контроля. Возможно при комбинировании *B. subtilis* с метилжасмонатом и салициловой кислотой процесс адаптации картофеля к засухе проходит значительно эффективнее, чем применение иммуностимуляторов отдельно, что на биохимическом уровне регистрируется как снижение накопления и активности основных показателей стрессового состояния до уровней их значений, определяемых при оптимальных условиях выращивания растений.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ, грант №Б20Р-154.

Литература

1. Burton W.G. // American Potato Journal. 1981. № 58. С. 3–14.
2. Анисимов Б.В., Белов Г.Л., Варицев Ю.А., Еланский С.Н., Журомский Г.К., Завриев С.К., Зейрук В.Н., Иванюк В.Г., Кузнецова М.А., Пляхневич М.П., Пшеченков К.А., Симаков Е.А., Склярова Н.П., Сташевски З., Усков А.И., Яшина И.М. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Москва.: Картофелевод, 2009. 272 с.
3. Коломиец Э., Сверчкова Н., Мандрик-Литвинкович М. // Наука и инновации. 2019. № 3 (193). С. 4–9.
4. Максимов И.В. // Физиология растений. 2015. Т.62. № 6. С. 763-775.
5. Vurukonda S.S.K.P., Vardharajula S., Shrivastava M., SkZ A. // Microbiological Research. 2016. Vol. 184. P. 13–24.
6. Sarma B.K., Yadav K.S., Singh D.P., Singh H.B // Bacteria in Agrobiolgy: Stress Management. Germany. 2012. P. 225–238

7. Cherif H. Marasco R., Rolli E., Ferjani R., Fusi M., Soussi A. // *Environ. Microbiol.* 2015. P. 668–678.
8. Дорошук О.В., Калацкая Ж.Н., Ламан Н.А., Фролова Т.В., Шевцов Н.А., Овчинников И.А. // *Известия НАН Беларуси, Сер. биол. наук.* 2018. Т. 63, №2. С. 135–145.
9. Maksimov I.V., Abizgil'dina R.R., Pusenkova, L.I. // *Appl Biochem Microbiol.* 2011. Vol. 47. P. 333–345.
10. Lastochkina O., Aliniaiefard S., Seifikalhor M. // *Wheat Production in Changing Environments.* 2019. P.579-614
11. Penã-Cortes H., Albrecht T., Willmitzer L. // *Planta.* 1993. Vol. 191. P. 123–128.
12. Doares S.H., Narvaez-Vasquez J., Conconi A., Ryan C.A. // *Plant Physiol.* 1995. Vol. 108. P. 1741–1746.
13. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. М.: Наука, 2002. 294 с.
14. Шакирова Ф.М. Сахабутдинова А.Р., Ишдавлетова Р.С., Ласточкина О.В. // *Агрохимия.* 2010. № 7. С. 26–32.
15. Caarls L., Pieterse C.M.J., Van Wees S.C.M. // *Front Plant Sci.* 2015. Vol. P. 170–171.
16. Mur L.A.J., Kenton P., Atzorn R., Miersch O., Wasternack C. // *Plant Physiol.* 2006. Vol. 140. №1. P. 249–262.
17. Максимов И.В., Сорокань А.В., Черепанова Е.А., Сурина О.Б., Трошина Н.Б., Яруллина Л.Г. // *Физиология растений.* 2011. Т. 58. № 2. С. 243–251.
18. Сорокань А.В. Бурханова Г.Ф., Максимов И.В. // *Физиология растений.* 2014. Т. 61 №. 4. С. 522–528.
19. Bates L. S., Waldren R. P., Teare J. D. // *Plant and Soil.* 1973. Vol. 39. № 1. P. 205–207.
20. Ермаков А. И., Арасимович В.В., Яраш Н. П. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, Ленинград, 1987. 400 с.
21. Lichtenthaler K., Welburn, A.R. // *Biochemical Society Transactions.* 1983. Vol. 11. P. 591-592.
22. Метод определения функционального состояния растений по спектрам флуоресценции хлорофилла (техника биомониторинга) / К. Б. Асланиди [и др.]. – Пушкино: НЦБИ АН СССР, 1988. – С. 43
23. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск : Высш. шк., 1973. 320 с.
24. Cheng Z., Zhongyou M., Lin Z., Xin X., Yue X., Jian Z., Jianfei W. // *Int J Mol Sci.* 2016. Vol 17. № 6. P. 976-977.
25. Маркина В.О., Курамшина З.М. // *Современные проблемы науки и образования.* 2016. № 6 <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25759> (дата обращения: 22.10.2020).
26. Ласточкина О.В., Пусенкова Л.И., Юлдашев Р.А., Ильясова Е.Ю., Aliniaiefard S. // *Сельскохозяйственная биология.* 2018. Т. 53, С. 958-968
27. Nazar R., Umar S., Khan N.A., Sareer O. // *South Afr. J. Bot.* 2015. Vol. 98. P. 84–94.
28. Kadioglu A., Saruhan N., Sağlam A., Terzi R., Acet T. // *Plant Growth Regul.* 2011. Vol. 64. P. 27–37.
29. Ma C., Wang Z.Q., Zhang L.T., Sun M.M., Lin T.B. // *Photosynthetica.* 2014. Vol. 52. P. 377–385.

30. Луговая А.А., Карпец Ю.В., Обозный А.И. // Агрохимия. 2014. № 4. С. 48–55.
31. Pazirandeh M.S., Hasanloo T., Shahbazi M., Niknam V., Moradi A. // Intl. J. Farm. Alli. Sci. 2015. Vol. 4. № 2. P. 111–118.
32. Miranshahi B., Sayyari M. // J. Agricult. Sci. Technol. 2016. Vol. 18. №6. P. 1635–1645.
33. Sánchez-Romera B., Ruiz-Lozano J.M., Li G., Martínez-Ballesta M.D.C., Carvajal M., Zamarreño A.M. // Plant Cell Environ. 2014. Vol. 37. P. 995–1008.
34. Anjum S.A., Wang L., Farooq M., Khan I., Xue L. // J. Agron. Crop Sci. 2011. Vol. 197. №4. P. 296–301.

Н. В. БАЛЮК, Ж. Н. КАЛАЦКАЯ, К. М. ГЕРАСИМОВИЧ, В. В. МИНКОВА,
Е. Л. НЕДВЕДЬ, Е. И. РЫБИНСКАЯ, Л. Г. ЯРУЛЛИНА, Н. А. ЛАМАН.
**ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИЙ
РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ СМЕСЯМИ
ИММУНОСТИМУЛЯТОРОВ В УСЛОВИЯХ ВОДНОГО ДЕФИЦИТА**

Резюме

При обработке растений картофеля смесями *Bacillus subtilis* БИМ В-859Д в концентрации 1×10^7 КОЕ с метилжасмонатом (1×10^{-7} моль/л) и салициловой кислотой (1×10^{-6} моль/л), выращиваемых в лабораторных условиях при дефиците влагообеспечения почвогрунта (35–40% влажности), отмечено увеличение содержания фотосинтетических пигментов и значения коэффициента флуоресценции ω по сравнению контрольными растениями. При этом содержание пролина оказалось на уровне, а активность общей пероксидазы на 24,9% ниже, чем у растений из оптимального контроля. Применение только бактерий *B. subtilis* вызвало накопление пролина на 36,9%, увеличение активности пероксидазы на 23,2% по отношению к значениям у растений из стрессового контроля.

N. V. Balyuck, J. N. Kalatskaja, K. M. Herasimovich, V. V. Minkova,
H. L. Nedved, E. I. Rybinskaya, L. G. Yarullina, N. A. Laman.
**PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL FEATURES OF POTATO PLANT
REACTIONS DURING TREATMENT WITH IMMUNOSTIMULANT
MIXTURES AT WATER DEFICIENCY**

Summary

Potato plants were grown under laboratory soil water deficit conditions (35–40% moisture). The photosynthetic pigments content and the ratio of fluorescence intensities at wavelengths of 685 and 740 nm increased when potato plants were treated with mixtures of *Bacillus subtilis* BIM В-859D at a concentration of 1×10^7 CFU/ml with methyl jasmonate (1×10^{-7} mol/l) and salicylic acid (1×10^{-6} mol/l) compared to the control plants. At the same time, the proline content was at the same level, and the total peroxidase activity was 24.9% lower than in plants from the optimal control. The application of *B. subtilis* alone caused the proline accumulation by 36.9%, and an increase in peroxidase activity by 23.2% relative to the values in plants from the stress control.

Поступила в редакцию 17.11.2020 г.

Л. Л. ДЖУС, М. В. НЕБЫКОВ
**ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ
РЕЛИКТОВОГО ВИДА СМОЛЕВКИ БУГСКОЙ
(*SILENE HYPANICA* KLOKOV)**

Национальный дендрологический парк «Софиевка» НАН Украины

Введение. Одним из направлений сохранения растительного разнообразия является введение редких и исчезающих представителей мировой флоры в культуру, что позволяет не только углублять знания об их экологических и биологических особенностях, но и расширить банк растительного материала, который в перспективе может быть использован для реинтродукции растений в места их естественных ареалов местообитания. Такие задачи были закреплены международными документами, в частности, Глобальной стратегией сохранения растений и Европейской стратегией сохранения растений на 2008–2014 годы [2, 13]. Среди природоохранных мероприятий, связанных с деятельностью ботанических учреждений Украины, важное место занимает создание и сохранение в условиях культуры коллекций редких и исчезающих видов. Особое внимание при этом необходимо уделять разработке методов размножения раритетных видов природной флоры на основе изучения их жизнеспособности и перспектив сохранения [10].

К видам, находящимся под угрозой исчезновения, принадлежит *Silene hypanica* Klokov – реликтовый, эндемичный вид, занесенный в Красную книгу Украины (2009), Европейский красный список (1991) и Резолюцию 6 Бернской конвенции (1996) [11].

S. hypanica –одно-, двух-, трехлетнее травянистое растение высотой 25–100 см. Стебель прямостоячий, простой, в верхней части разветвленный. Прикорневые листья продолговатые (длиной 4–6 см), стеблевые – яйцевидно-ланцетные (длиной 2–8 см). Цветки красные, собранные в густые, головчатые соцветия. Чашелистики цилиндрические длиной 16–18 мм, в верхней части расширены, с треугольными зубцами. Плод – коробочка длиной 7–9 мм. Цветет в июне–июле. Плодоносит в июле–августе. Мезофит [11]. В естественных условиях *S. hypanica* размножается семенным путем и характеризуется низкой конкурентной способностью проростков и всходов, что ограничивает ареал распространения.

Поскольку данный вид является редким и исчезающим, то для получения как можно большего количества посадочного материала мы использовали микроклональное размножение. Эта техника позволяет максимально реализовать потенциал растений к семенному размножению и на сегодняшний день является главной составляющей современных биотехнологий клонирования и получения посадочного материала в селекции и растениеводстве [6]. Размножение *S. hypanica in vitro* является альтернативой традиционным методам размножения [3]. В литературе достоверные данные по вопросам микроклонального размножения *S. hypanica* отсутствуют.

Следует отметить, что технологии *in vitro*, разработанные для одного вида, не всегда подходят для другого; в пределах одного вида определенные генотипы отличаются проявлением морфогенетической активности. В связи с этим проводятся исследования регенерационной способности тканей и органов для каждого генотипа отдельно.

Поэтому целью наших исследований было выяснить особенности микроклонального размножения *S. hypanica*, подобрать оптимальные варианты стерилизации растительного материала, состав питательных сред для введения и последующего размножения *in vitro* для получения морфологически выровненного посадочного материал.

Материалы и методы исследования. В наших исследованиях, в качестве исходного материала использовали семена *S. hypanica*, которые были собраны на окраине с. Актовое Вознесенского р-на Николаевской обл., на левом берегу реки Мертвовод в пределах Триkratского отделения Национального природного парка «Бугский Гард».

В работе использовали методы культуры растительных тканей и индукции морфогенеза *in vitro*. Культивирование эксплантов проводили в культуральной комнате с кондиционированным воздухом, на стеклянных стеллажах при температуре 25 ± 1 °C, относительной влажности воздуха 70–75% и искусственном освещении интенсивностью 2–3 тыс. люкс с фотопериодом 16 часов. Посуда, материалы, инструменты и питательные среды стерилизовали согласно общепринятым методикам [5, 9].

Стерилизацию проводили в несколько этапов (предварительный и основной). Для повышения эффективности стерилизации семена предварительно обрабатывали 1,0% раствором коммерческого препарата «Манорм» (ВИК-А, Украина) в течение 1 мин. Основную стерилизацию проводили 75% водным раствором коммерческого средства «Белизна» (ООО СВ, Украина) с содержанием активного хлора с различными экспозициями.

После стерилизации семена трижды промывали стерильной дистиллированной водой (по 15 мин.) и высаживали их на модифицированные нами питательные среды. В течение 7 дней в каждом из вариантов определяли эффективность стерилизации, подсчитывая процент стерильных и инфицированных семян, а жизнеспособность введенных оценивали через 25 дней после получения всходов.

Всходы и регенерацию микропобегов получали на питательной среде по прописи Мурасиге и Скуга (MS) [12] с добавлением сахарозы 30 г/л, агар-агара 7 г/л и стимуляторов роста. В экспериментах использовали следующие фитогормоны: цитокинины – 6-бензиламинопурин (БАП), N6-фурфуриладенин (кинетин); ауксины – β-индолилуксусную кислоту (ИУК), β-индолилмасляную кислоту (ИМК), α-нафтилуксусную кислоту (НУК), 2,4-дихлорфеноксиуксусную кислоту (2,4-Д).

Во время экспериментальных работ использовали методики по культуре изолированных клеток, тканей и органов растений; проводили статистический анализ результатов эксперимента [1, 4, 5, 8].

Исследования проведены в лаборатории микроклонального размножения растений Национального дендрологического парка «Софиевка» НАН Украины.

Результаты и их обсуждение. Технологический процесс микроклонального размножения растений условно делится на несколько этапов: стерилизация растительного материала при введении в культуру *in vitro*, пролиферация, ризогенез и адаптация к условиям *ex vitro*.

На первом этапе при введении семян в культуру *in vitro* основные условия успеха зависят от правильного подбора стерилизаторов, их концентраций и экспозиций.

Проведенные нами исследования показали, что наибольший процент жизнеспособных стерильных семян (81,2%) получен при стерилизации 75% водным раствором «Белизна» с экспозицией 2 мин. (рис. 1). Необходимо отметить, что при увеличении продолжительности действия 75% водного раствора «Белизна» до 3–5 мин. количество жизнеспособных семян уменьшается на 20–57%.

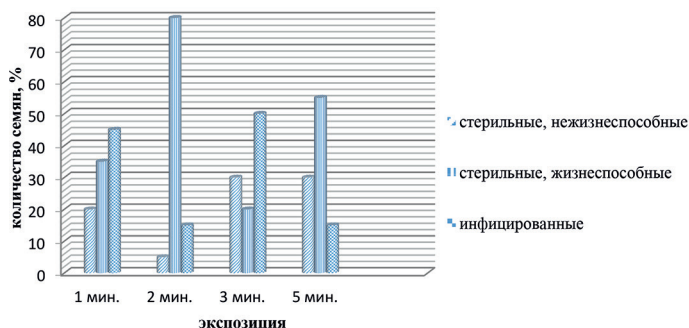


Рис. 1. Эффективность введения в культуру *in vitro* семян *S. hypanica*.

Для изучения начальных этапов онтогенеза семена были высеяны на фильтровальную бумагу в чашки Петри (проращивание в термошкафу при температуре 27 °C) и в пробирки (культуральная комната лаборатории при температуре 25 °C) (рис. 2, 3).

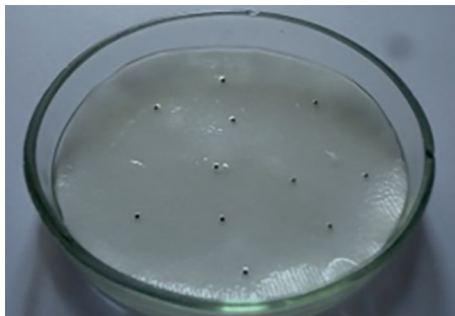


Рис. 2. Проращивание семян *S. hypanica* в чашках Петри.

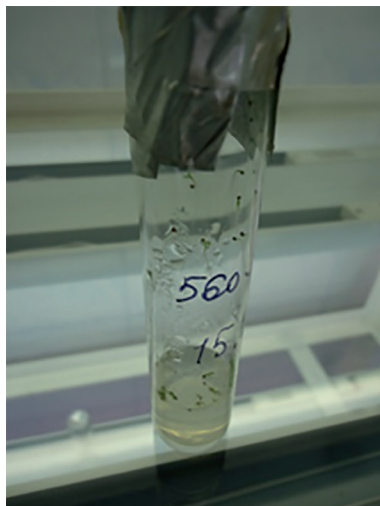


Рис. 3. Прорастание семян *S. hypanica* в условиях *in vitro*.

В ходе проведенных экспериментов нами установлено, что в условиях *in vitro* период прорастания семян при прохождении начальных этапов онтогенеза составляет 19 суток, в условиях *ex vitro* – 24 суток (табл. 1).

Таблица 1. Прохождение начальных этапов онтогенеза *S. hypanica* в условиях *ex vitro* и *in vitro*

Этапы развития	Продолжительность, суток	
	<i>ex vitro</i>	<i>in vitro</i>
Начало прорастания	8	4
Образование корней	12	9
Появление семядольных листьев	18	15
Появление настоящих листьев	24	19

Для изучения индукции морфогенеза проростков *S. hypanica* отделили корни и высаживали на питательную среду MS с добавлением мезоинозита (100 мг/л), витаминов согласно прописи, 3% сахарозы, 0,6% агар-агара, pH 5,6–5,8.

Для стимуляции побегообразования использовали цитокинины: 6-фуриламинопурин (кинетин) и 6-бензиламинопурин (6-БАП) и ауксины: β-индолилуксусную кислоту (ИУК), β-индолилмасляную кислоту (ИМК), α-нафтилуксусную кислоту (НУК), 2,4-дихлорфеноксиуксусную кислоту (2,4-Д) в различных концентрациях.

Оценку эффективности сред и учет коэффициента размножения проводили после второго пассажа. Многочисленные исследования позволи-

ли отобрать оптимальные среды, обеспечивающие коэффициент размножения больше двух (табл. 2).

Таблица 2. Фитогормональный состав питательной среды МС (мг/л) для *S. hypanica*

Среда	6-БАП	Ауксин			
		ИУК	НУК	ИМК	2,4 Д
МС-216	0,5	–	–	0,08	–
МС-241	0,5	–	0,1	–	–
МС-282	0,5	–	0,05	–	–
МС-193	0,5	0,1	–	–	–
МС-209	0,8	–	–	0,3	–
МС-227	1,0	–	–	–	0,08
МС-156	2,0	–	–	–	–

Добавление в питательную среду 6-БАП в концентрации 2,0 мг/л и 1,0 мг/л вместе с 0,08 мг/л 2,4-Д повышало коэффициент размножения, но такие концентрации отрицательно влияли на анатомическую структуру эксплантов, повышая процент витрифицированных побегов (табл. 3). На среде МС-156 были зафиксировано 18,8% эксплантов с признаками витрификации.

Таблица 3. Зависимость побегообразования *S. hypanica* от регуляторов роста и их концентраций

Среда	Длина побегов, см	Количество побегов	Коэффициент размножения	Витрификация, %
МС-216	2,2±0,11	13,2±0,66	14,6±0,73	–
МС-241	2,4±0,12	11,9±0,60	14,4±0,72	–
МС-282	2,0±0,10	14,3±0,72	14,5±0,73	–
МС-193	2,8±0,14	13,9±0,57	19,5±0,79	–
МС-209	3,0±0,15	8,7±0,47	13,0±0,70	–
МС-227	3,2±0,14	9,9±0,50	15,9±0,71	10,1
МС-156	3,2±0,16	10,1±0,41	16,2±0,65	18,8

При культивировании эксплантов на среде МС-209 с добавлением 6-БАП–0,8 мг/л и ИМК–0,3 мг/л развивалось незначительное количество адвентивных почек и побегов, при этом экспланты проявляли замедленный рост. Использование МС-282 с 0,5 мг/л 6-БАП и НУК–0,05 мг/л способствовало образованию максимального количества побегов, средняя длина которых составляла 2,0 см.

В результате проведенных исследований нами установлено, что на средах МС-216 (6-БАП–0,5 мг/л, ИМК–0,08 мг/л) и МС-241 (6-БАП–0,5 мг/л, НУК–0,1 мг/л) коэффициент размножения составил 14,6 и 14,4, соответственно.

На питательной среде МС-193 с добавлением 0,5 мг/л 6-БАП и 0,1 мг/л ИМК наблюдали максимальный прирост микропобегов, высокую морфогенную способность, увеличение количества междоузлий, а коэффициент размножения составил 19,5. Культивирование эксплантов на данной среде обеспечило как активный рост центрального побега, так и формирование дополнительных побегов на 18–24 сутки (рис. 4).



Рис. 4. Эксплант *S. hypanica*.

После проведения визуальной оценки были отобраны экспланты с хорошо развитыми побегами, которые пассажировали на свежую питательную среду для ризогенеза. Для этого был проведен подбор различных концентраций ИМК, которую добавляли к среде (табл. 4).

Таблица 4. Зависимость ризогенеза у растений-регенерантов *S. Hypanica* от концентрации ИМК

ИМК, мг/л	Укореняе- мость, %	Растения		
		количество корней	длина корней, мм	средняя высота, мм
0	0,6	$1,3 \pm 0,1$	$22,3 \pm 1,1$	$42,8 \pm 2,1$
0,1	11,1	$8,5 \pm 0,5$	$45,7 \pm 2,3$	$67,6 \pm 3,5$
0,5	86,4	$14,5 \pm 0,7$	$84,9 \pm 4,1$	$86,2 \pm 4,3$
1,0	64,3	$13,4 \pm 0,6$	$70,1 \pm 3,3$	$83,7 \pm 4,1$
1,5	41,5	$7,6 \pm 0,4$	$48,5 \pm 1,8$	$69,7 \pm 3,4$
2,0	16,7	$5,9 \pm 0,3$	$41,1 \pm 2,0$	$64,4 \pm 2,6$

Полученные нами результаты показали, что из исследованных вариантов наиболее эффективным было использование ИМК в концентрации 0,5 мг/л. При таком составе питательной среды начало ризогенеза наблюдали на 10–15 сутки. В течение 25–30 дней было получено в среднем 86,4% укоренившихся растений, которые имели $14,5 \pm 0,7$ корней длиной $84,9 \pm 4,1$ мм на одном растении высотой $86,3 \pm 4,3$ мм (рис. 6). Менее развитые побеги высаживали на среду МС с добавлением регуляторов роста для дальнейшего

микроразмножения с целью увеличения коэффициента размножения. Продолжительность пассажа в среднем составляла 5–6 суток и зависела от условий культивирования, темпа размножения, характера развития эксплантов.



Рис. 6. Ризогенез растений-регенерантов *S. hypanica*.

Наиболее сложным этапом в процессе микроразмножения является адаптация растений к природным условиям выращивания. На этом этапе гибель высаженных растений вида *S. hypanica* иногда достигала 80–100%. Это связано с аномальным развитием корневой системы под влиянием ауксина, нарушениями водного обмена у растений-регенерантов, что обусловлено повышенной транспирацией и пониженной способностью к фотосинтезу пересаженных из пробирок укоренившихся растений [6, 8].

Использование различных субстратов не увеличивало выживаемость пересаженных из пробирок растений. Однако при посадке растений-регенерантов в питательные диски Juffy-7, которые размещали в акклиматизационной камере собственного производства, результаты приживаемости составляли $87,0 \pm 2,2\%$ (рис. 7).



Рис. 7. Растения-регенеранты *S. hypanica* на питательных дисках.

Не менее важное значение при доращивании растений-регенерантов, полученных методом *in vitro*, имеет субстрат, который способен обеспечить растения всеми необходимыми питательными веществами и способствовать повышению уровня приживаемости в течение всего адаптационного периода. Оптимальное фазовое состояние растений-регенерантов и водно-физические свойства почвенных условий способствовали образованию компактной разветвленной корневой системы.

В наших исследованиях растения из дисков пересаживали в контейнеры, наполненные разнокомпонентными субстратами (табл.5) и переносили на стеллажи для дальнейшего доращивания и адаптации (рис. 8).



Рис. 8. Доращивание растений *S. hypanica* в контейнерах.

Таблица 5. Приживаемость растений-регенерантов *S. hypanica* в зависимости от состава субстрата

Вариант	Название компонента субстрата	Содержание компонента в субстрате, %	Приживаемость растений-регенерантов, %
контроль	почва лесная	100	21,2±1,0
I	почва лесная	50	93,3±4,8
	щебень (3–10 мм)	20	
	песок речной	20	
	перлит	10	
	перлит	10	
II	почва лесная	50	71,2±3,4
	торф верховой	30	
	щебень (3–10 мм)	10	
	песок речной	10	
	перлит	10	
III	почва лесная	50	58,4±2,9
	песок речной	40	
	перлит	10	

Дорастивание опытных растений проводили при 16-часовом фото-периоде, влажности воздуха 70–80% и температурном режиме 22–23 °С. При таких условиях в течение 8–12 суток после пересадки в контейнеры у растений происходило активное нарастание как корневой системы, так и надземной части. Использование разнокомпонентных почвосмесей для дорастивания растений-регенерантов дает возможность сравнить эффективность роста и развития растений на различных субстратах.

Лучший рост и приживаемость растений наблюдали в почвосмеси следующего состава: почва лесная, щебень, песок речной та перлит в соответствующем процентном соотношении: 50, 20, 20, 10 (вариант I).

Данный состав субстрата (вариант I) способствовал приживанию 93,3% растений, что свидетельствовало о том, что данный состав обеспечивал растениям активный рост и развитие.

В варианте II, при отсутствии в субстрате перлита, наблюдали снижение процента приживаемости растений до 71,2%, а при замене верхового торфа на перлит приживаемость составила 58,4%. Отсутствие в почвосмеси таких составляющих как торф верховой и щебень приводило к снижению рыхлости субстрата, а в итоге – к уменьшению процента приживаемости растений.

Во второй декаде мая растения-регенеранты высаживали в открытый грунт с обязательным притенением на двое суток, где постоянно проводили орошение и уход за ними. Приживаемость клонов в почве достигала около 97%. Растительный материал на начальном этапе роста имел незначительные морфологические изменения листовых пластинок и побегов, однако к концу вегетации растения приобрели вид, характерный для растений-доноров.

Заключение. Результаты проведенных исследований показали, что при применении 75 % водного раствора коммерческого средства «Белизна» с экспозицией 2 мин. стерильность семян *S. hypanica* составляла 80 %. Прорастание семян в условиях *in vitro* при температуре 25 °С на 3–5 суток опережает прорастание и прохождение начальных этапов онтогенеза чем в чашках Петри в термошкафу при температуре 27 °С.

Подобрана оптимальная питательная среда (МС-193 с добавлением 0,5 мг 6-БАП и 0,1 мг ИУК) для активизации апикального и латерального роста эксплантов. Для прохождения процессов ризогенеза в питательную среду МС включали ИМК в концентрации 0,5 мг/л (при этом укореняемость растений-регенерантов составила 84,6%).

Для адаптации растений-регенерантов *S. hypanica* к условиям *in vivo* и введения их в контейнерную культуру целесообразно использовать смесь из почвы лесной, щебня, песка речного и перлита, в соотношении 5, 2, 2 та 1, что позволяет получать до 93% пригодных к высадке в открытый грунт растений данного вида.

Таким образом, *S. hypanica* можно успешно размножать семенами в условиях *in vitro*, что будет способствовать сохранению генофонда данного вида в условиях культуры, а также позволит использовать его для реинтродукции в естественные местообитания.

Литература

1. Бутенко Р. Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений. М.: Наука, 1964. 272 с.
2. Глобальная стратегия сохранения растений. BGCI: Rishmond, U. K., 2002. 16 с.
3. Джус Л.Л. Особливості насіннєвого розмноження *Silene hypanica* Klokov in situ та ex situ // Автохтонні та інтродуковані рослини. Випуск 11, 2015. С.203-207.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) [5-е изд., доп. и перераб.]. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Калинин Ф. Л., Сарнацкая В.В., Полищук В.В. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. К.: Наукова думка, 1980. 488 с.
6. Катаева Н.В., Бутенко Р.Г. Клональное микроразмножение растений. М.: Наука, 1983. 96 с.
7. Колдар Л. А. Особливості адаптації рослин-регенерантів *Cercis siliquastrum* до умов ex vitro // Інтродукція рослин. К.: Академперіодика, 2009. № 4. С. 65–67.
8. Кунах В. А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи. К.: Логос, 2005. 730 с.
9. Мельничук М. Д., Новак Т.В., Кунах В.А. Біотехнологія рослин : підр. [для студ. агробіол. та біол. спец., наук., викл., асп.]. К.: Поліграфконсалтинг, 2003. 520 с.
10. Собко В. Г., Гапоненко М. Б., Гнатюк А. М., Деркач О. В., Мініна Ю. В., Решетюк О. В. Репатріація фітораритетів як активний засіб відновлення популяцій і покращення біологічного стану довкілля // Роль ботанічних садів в зеленому будівництві міст, курортних та рекреаційних зон: Матер. міжнар. наук. конф., 20–24 травня 2002 р. Одеса: ЛАТСТАР, 2002. Ч. II. С. 138–141.
11. Червона Книга України. Рослинний світ / За ред. Я. П. Дідуха. К.: Глобалконсалтинг, 2009. 912 с.
12. Murashige T. Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Phusiol. Plant.* 1962. Vol. 15. № 13. P. 473–497.
13. A Sustainable Future for Europe; the European Strategy for Plant Conservation 2008–2014 / Developed by the Planta Europe and Council of Europe. Salisbury, UK - Strasbourg, France, 2008. 63 p.

Л. Л. ДЖУС, М. В. НЕБЫКОВ
**ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ
РЕЛИКТОВОГО ВИДА СМОЛЕВКИ БУТСКОЙ
(*SILENE HYPANICA* KLOKOV)**

Резюме

Исследованы особенности семенного размножения *S. hypanica* в условиях *in vitro*. Найден эффективный способ стерилизации. Подобраны оптимальные питательные среды как для активизации роста эксплантов (МС-193 с добавлением 0,5 мг 6-БАП и 0,1 мг ИУК), так и для прохождения ризогенеза (МС с добавлением ИМК в концентрации 0,5 мг/л). Получены экспланты и растения-регенеранты для дальнейшего размножения данного вида в условиях *in vitro*, *ex vitro* и *in vivo*. Подобран состав субстрата (почва лесная: щебень, песок

речной, перлит в соотношении 5, 2, 2 та 1) для адаптации растений-регенерантов *S. hypanica* к условиям *in vivo* и введение их в контейнерную культуру. Установлено, что *S. hypanica* можно успешно размножать семенами в условиях *in vitro* с целью сохранения генофонда данного вида в условиях культуры, а также для его реинтродукции.

L. DZHUS, M. NEBYKOV
**PECULIARITIES OF MICROCLONAL PROPAGATION
OF RELICT SPECIES *SILENE HYPANICA* KLOKOV**

Summary

The peculiarities of *S. hypanica* seed propagation *in vitro* had been studied. An effective method of sterilization was found. Optimal nutrient solutions had been selected both for activating explant growth (MS-193 with 0.5 mg of 6- benzylaminopurine and 0.1 mg of indoleacetic acid) and for undergoing rhizogenesis (MS with indolebutyric acid at a concentration of 0.5 mg/l). Explants and regenerating plants were obtained for further propagation of this species *in vitro*, *ex vitro*, and *in vivo*. The composition of the substrate (forest soil, crushed stone, river sand and perlite ratio of 5, 2, 2, 1) was selected for the adaptation of regenerating plants *S. hypanica* to *in vivo* conditions and their introduction into container culture. It was found that *S. hypanica* could be successfully propagated by seeds *in vitro* to preserve the gene pool of this species in culture, as well as for its reintroduction.

Поступила в редакцию 01.12.2020 г.

В. И. ДОМАШ¹, С. И. ГРИБ², О. А. ИВАНОВ¹,
Т. П. ШАРПИО¹, С. А. ЗАБРЕЙКО¹
**БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
РАСТЕНИЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА**

¹*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича*

НАН Беларуси, г. Минск,

²*«Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино*

Введение. В современных условиях резко возрастает роль защиты растений в системах земледелия, поскольку потери продукции растениеводства от вредных организмов (возбудителей болезней, сорняков, вредителей) в среднем составляют 17%. Не отрицая ряда достоинств химических препаратов, такие как эффективность и низкая стоимость, не следует забывать и о негативных последствиях их применения. Известно, что широкое использование химических средств приводит к их накоплению в почве, водоемах, грунтовых водах, плодах и по трофической цепочке передается человеку. Кроме того, при интенсивном применении химических препаратов у вредных организмов возникает устойчивость к ним. Резкое возрастание интенсивности загрязнения окружающей среды и снижение качества сельскохозяйственной продукции в результате применения химических пестицидов послужило мощным стимулом внедрения биологического метода в практику защиты растений во всех странах мира. В связи с этим, использование различных селекционных, интродукционных, агротехнических способов повышения устойчивости растений к стрессам биотической и абиотической природы представляет собой важнейшую задачу. Одним из наиболее эффективных способов является использование в производстве устойчивых сортов. Несмотря на сложность решения этой задачи, практически по каждой культуре имеется спектр сортов, различающихся по устойчивости к тому или иному фактору внешней среды [1]. При этом, весьма эффективна селекция на урожайность в конкретных почвенно-климатических условиях, когда сами условия служат селективным фоном для отбора наиболее устойчивых растений. Установлено, что по мере увеличения потенциала урожайности новых сортов, уровень их экологической зависимости растет. Одним из главных погодных факторов является почвенная и воздушная засуха. Обязательным условием создания новых высокоурожайных сортов для конкретных почвенно-климатических условий является оценка их адаптивных возможностей на основе применения наиболее эффективных методов диагностики устойчивости [2, 3]. Селекционные методы определения устойчивости построены на установлении связи устойчивости с анатомо-морфологическими особенностями растений. Физиологические же и биохимические исследования в этой области направлены на изучение структуры и активности фотосинтетического аппарата,

корневой системы, состава запасных белков и ферментов, связанных с устойчивостью и урожайностью. При оценке сельскохозяйственных культур на устойчивость к стрессовому фактору должны соблюдаться определенные правила, в связи с тем, что один и тот же фактор внешней среды оказывает разное влияние на растения в зависимости от его силы. Поэтому оценка устойчивости разных видов и сортов должна проводиться при одной и той же силе стрессовой нагрузки. Кроме того, наиболее объективные данные по устойчивости растений дают результаты выращивания в разных почвенно-климатических зонах. Достоинством полевых методов является испытание сортов в естественных условиях той или иной почвенно-климатической зоны. Для массовой диагностики устойчивости растений применяются лабораторные методы. Наиболее часто используются методы, в основе которых лежит реакция ростовых процессов на стрессовые условия [4, 5].

На современном этапе интенсивного растениеводства решение проблемы повышения устойчивости хлебных злаков к неблагоприятным факторам внешней среды является актуальной задачей аграрной науки и требует особого внимания для нашей республики, имеющей неустойчивый климат с резкой сменой сухих и жарких периодов на сырые и холодные. Эта проблема в последнее время усугубляется еще одним стрессовым фактором – засухой, которая наблюдается все чаще и чаще. Если ранее (30–50 лет назад) она отмечалась примерно один раз в десятилетие, то в последние годы наблюдается 2–3 сильных засухи в десятилетие. Ожидается, что в связи с глобальным потеплением климата такая тенденция будет только усиливаться. Наиболее перспективный и технологически действенный способ решения данной проблемы разработка приемов предпосевной обработки семян комплексными составами, индуцирующими адаптацию растений уже в период прорастания и развития зародыша. Такие приемы в значительной степени контролируют у них успешность прохождения последующих этапов онтогенеза. Одновременно развернута система первичного семеноводства и ведется разработка адаптивной технологии возделывания, одним из важнейших элементов которой является применение для предпосевной обработки семян защитно-стимулирующих составов.

Возделывание новых сортов зерновых культур по интенсивным технологиям сопровождается большим выносом микроэлементов из почвы. В настоящее время считается доказанным, что в стрессовых условиях образуются активные формы кислорода (АФК), которые оказывают деструктивное действие на мембранные системы растительной клетки. Для контроля над уровнем АФК в растительных организмах имеются защитные системы, получившие название антиоксидантных, компонентами которых являются низкомолекулярные соединения и специфические ферменты, которые содержат микроэлементы. Так, в сельском хозяйстве широко используется комплексный препарат типа «Сейбит», разрабатываемый одноименным научным агропромышленным предприятием Гомеля. Препарат «Сейбит П», предназначенный для предпосевной обработки

семян, состоит из четырех компонентов: полимера (мочевино-формальдегидной смолы), регулятора роста (Гидрогумина), комплекса микроэлементов и жидких комплексных удобрений. Республика делает ставку и на использование в растениеводстве нанотехнологий. Нами совместно с Институтом физико-органической химии НАН Беларуси разработан новый антистрессовый препарат Наноплант на основе наночастиц микроэлементов Co, Mn, Cu, Fe, Cr, Mo, Zn, Se. Препарат допускается к использованию не только в массовом растениеводстве, но и в органическом земледелии [6].

Имеющиеся литературные данные показывают, что в адаптации растений к стрессовым воздействиям большую роль играют протеолитические ферменты и их белковые ингибиторы [7-9]. Ингибиторы протеолитических ферментов образуют большую и сложную по составу группу белков, которые объединяет общая способность образовывать с ферментами обратимые комплексы, в составе которых последние утрачивают каталитическую активность [10]. Широкое распространение ингибиторов протеаз и их содержание в значительных количествах в тканях растений позволяет говорить о них, как об одном из важных звеньев в регуляции различных физиологических процессов. Наиболее высокое содержание ингибиторов протеиназ отмечено для семян и других запасующих органов растений. Так, содержание ингибиторов в семенах бобовых и злаковых культур составляет 5–10% растворимых белков [11–13]. К настоящему времени получено ряд препаратов ингибиторов протеиназ из культурных и дикорастущих видов растений и проведено изучение их действия на рост и развитие растений [14]. Особую актуальность представляет изучение возможности совместного использования химических и биологических средств защиты растений с целью сокращения дозы применения химических средств защиты растений.

Целью наших исследований было изучение роли отдельных биохимических показателей в растениях разных видов и сортов злаковых культур в условиях температурного стресса.

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектом наших исследований служили сорта яровой и озимой пшеницы и просо, полученные из Института земледелия (г. Жодино), устойчивость которых к стрессу не была известна. 12-дневные растения яровой пшеницы подвергали действию температуры +40 °С в течение часа дважды с интервалом 5 дней в термостате. Для растений озимой пшеницы и проса использовали температуру –4 °С, которую получали в холодильной установке фирмы Liebherr. 12-дневные растения подвергали стрессу в течение двух часов. В качестве контроля служили растения, не подвергнутые стрессу. В опытах на растениях проса изучали адаптогенное действие препаратов Гидрогумат (3 мл/л) и Наноплант (1 капля на 100 мл) в условиях отрицательной температуры. Растения обрабатывали препаратами за пять дней до действия стресса.

Активность нейтральных протеиназ определяли по методу Ансона [15] в нашей модификации. За единицу активности принимали коли-

чество фермента, вызывающего образование 1 мкМ тирозина за 1 мин инкубации.

Активность трипсиноподобных протеиназ определяли по методу Эрлангера [16]. За единицу активности принимали количество фермента в экстракте, которое катализирует образование 1 мкМ п-нитроанилина за 1 мин инкубации.

Активность белков-ингибиторов трипсина определяли по методу Гофмана и Вайсблая [17] с некоторыми нашими изменениями. Метод основан на способности трипсина расщеплять синтетический субстрат БАПА с образованием окрашенного в желтый цвет п-нитроанилина, имеющего максимум поглощения при длине волны 405 нм. Ингибиторную активность оценивали по уменьшению экстинкции опытных растворов, по отношению к контролю.

Определение антиоксидантной активности проводили по методу С.О. Beauchamp и I. Fridovich [18] с фотохимической системой генерирования радикалов супероксида, которая основана на реокислении фотвосстановленного рибофлавина.

Содержание свободного пролина определяли по ГОСТ 33438-2015.

Содержание белка определяли по методу Бредфорд [19] и спектрофотометрически [20]. Повторность опытов- трехкратная.

Статистическая обработка экспериментальных данных состояла в определении средних арифметических значений и их стандартных ошибок. Различия по сравнению с контролем считали достоверными при уровне значимости $p \leq 0,05$. В работе использовали пакеты программ Excel 2010.

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что воздействие температуры +40 °С на 12-дневные растения яровой пшеницы исследуемых сортов ведёт к изменению ряда биохимических показателей. Так, при действии высокой температуры у трех исследованных сортов (Любава, Ладья и Восточка 17) происходит снижение активности нейтральных и щелочных протеиназ на 6,2 % – 12,2%, тогда как сорт Дарья не реагировал по этим показателям на повышенную температуру (табл. 1). Обратная тенденция наблюдалась в изменении активности ингибиторов трипсина у этих сортов. Только у сорта Дарья она возрастала в сравнении с контролем на 12,9%. Трипсинингибирующая активность в листьях остальных сортов практически не изменялась (табл. 2). Антиоксидантная активность также существенно не изменялась. Действие стрессоров сопровождалось повышением содержания пролина в растениях всех сортов.

Для озимой пшеницы (табл. 3 и 4) более существенной является устойчивость к действию низких (отрицательных) температур. Нами установлено, что воздействие в течение 2-х часов отрицательной (–4 °С) температуры на растения озимой пшеницы способствовало изменению некоторых биохимических показателей. Так, в условиях стресса наблюдалось повышение активности ингибиторов трипсина в растениях сорта Элеганта и Мроя соответственно на 22,7 и 8,3%. У сорта Вилена ингибиторная активность снижалась.

Таблица 1. Активность протеолитических ферментов в листьях растений различных сортов яровой пшеницы при температурном стрессе (действие +40 °С)

	Активность нейтральных протеаз, ЕА/ г а.с.м.	Активность щелочной протеазы (БАПАазы), ЕА/г. а.с.м.
Сорт Дарья		
Контроль	13,60±0,17	152,87±1,99
Действие температуры (+40 °С) % к контролю	13,34±0,11 98,1	154,83±1,11 101,3
Сорт Любава		
Контроль	17,41±0,22	157,40±0,84
Действие температуры (+40 °С) % к контролю	15,64±0,16 89,8	141,63±1,03 89,9
Сорт Ладья		
Контроль	15,71±0,18	141,51±0,25
Действие температуры (+40 °С) % к контролю	14,28±0,10 90,9	132,77±1,42 93,8
Сорт Восточка 17		
Контроль	17,92±0,11	167,08±1,17
Действие температуры (+40 °С) % к контролю	15,73±0,42 87,8	153,27±1,18 91,7

Таблица 2. Действие температурного стресса (+40 °С) на биохимические показатели 12-дневных растений различных сортов яровой пшеницы

Вариант опыта	Активность ингибиторов трипсина, ИЕ / г а.с.м.	Антиоксидантная активность, %	Содержание пролина, мкг/мл
Сорт Дарья			
Контроль	4,42 ± 0,10	89,06 ± 0,15	5,7 ± 0,2
Действие температуры (+40 °С) % к контролю	4,99 ± 0,09 112,9	89,06 ± 0,15 100,0	7,2 ± 0,3 126,3
Сорт Любава			
Контроль	5,59 ± 0,11	87,50 ± 0,15	6,5 ± 0,2
Действие температуры (+40 °С) % к контролю	5,81 ± 0,11 103,9	87,50 ± 0,14 100,0	7,8 ± 0,3 120,0
Сорт Ладья			
Контроль	5,91 ± 0,15	89,06 ± 0,92	5,8 ± 0,2
Действие температуры (+40 °С) % к контролю	5,99 ± 0,09 101,3	88,28 ± 0,12 99,1	7,3 ± 0,4 123,8
Сорт Восточка 17			
Контроль	5,78 ± 0,25	89,06 ± 0,92	6,3 ± 0,4
Действие температуры (+40 °С) % к контролю	5,90 ± 0,00 102,1	88,28 ± 0,89 99,1	7,8 ± 0,3 123,8

Таблица 3. Активность протеолитических ферментов в листьях растений различных сортов озимой пшеницы при температурном стрессе (действие -4°C)

Вариант опыта	Активность нейтральных протеаз, ЕА/г а.с.м.	Активность щелочных протеаз (БАПАазы), ЕА/г. а.с.м.
Сорт Элеганта		
Контроль	20,10±0,76	188,19±14,81
Действие температуры (-4°C) % к контролю	21,06±0,12 104,8	205,67± 4,70 109,3
Сорт Вилена		
Контроль	24,00±0,28	148,71± 1,32
Действие температуры (-4°C) % к контролю	20,31±0,71 84,6	142,86± 1,29 96,1
Сорт Мроя		
Контроль	25,10±0,13	153,54±2,18
Действие температуры (-4°C) % к контролю	19,83±0,12 79,0	142,15±2,86 92,6

Таблица 4. Действие температурного стресса (-4°C) на биохимические показатели 12-дневных растений различных сортов озимой пшеницы

Вариант опыта	Активность ингибиторов трипсина, ИЕ/г а.с.м.	Антиоксидантная активность, %	Содержание пролина, мкг/мл
Сорт Элеганта			
Контроль	10,95± 0,08	88,23 ±0,04	3,72±0,03
Действие температуры (-4°C) % к контролю	13,44±0,45 122,7	88, 23± 0,03 100,0	4,82 ±0,01 129,6
Сорт Вилена			
Контроль	10,42±0,55	85,97 ± 0,01	3,67± 0,09
Действие температуры (-4°C) % к контролю	7,88±0,25 75,6	85,89 ± 0,01 99,9	4,00± 0,25 109,0
Сорт Мроя			
Контроль	13,45±0,14	85,96 ± 1,25	3,15± 0,09
Действие температуры (-4°C) % к контролю	14,57±0,09 108,3	85,90 ± 1,18 100,0	3,61± 0,03 114,6

Протеолитическая активность у этого сорта также снижалась под действием отрицательных температур. Такое же ее снижение было отмечено и для сорта Мроя. В листьях сорта Элеганта, активность нейтральных и щелочных протеаз, наоборот, возрастала. С повышением ингибиторной активности в сортах озимой пшеницы было выше и содержание пролина в среднем на 21% по отношению к контролю. Это указывает на более высокую устойчивость данных показателей к стрессу. Полученные сведения могут быть использованы в селекции растений.

Представлялось интересным исследовать действие экологически чистых препаратов Гидрогумат и Наноплант на биохимические показатели 12-дневных растений просо (*Panicum miliaceum*), подвергнутых действию низкой температуры. Контролем служили обработанные водой растения. Исследовали сорта просо Дож, Дублон, Галинка и Довское. Результаты исследований представлены в таблицах 5–7.

Из представленных в таблице 5 данных видно, что активность трипсиноподобных протеаз при обработке растений сорта Дож Наноплантом повышается на 10%. В условиях воздействия отрицательной температуры повышение составляет 21,3%. Подобные результаты в условиях действия низких температур получены и для сорта Дублон. При обработке растений сорта Галинка Гидрогуматом и Наноплантом активность щелочной протеазы повышалась соответственно на 7,1 и 10,9%. Но при действии отрицательной температуры происходит снижение этого показателя. Иная картина наблюдается у сорта Довское.

Таблица 5. Воздействие отрицательной температуры (–4 °C) на активность трипсиноподобных протеиназ в листьях растений проса, обработанных препаратами регуляторов роста

Сорт	Активность трипсиноподобных протеиназ, ЕА на 1 г абс. сух. массы					
	Контроль		Гидрогумат		Наноплант	
	Температура окружающей среды	–4 °C	Температура окружающей среды	–4 °C	Температура окружающей среды	–4 °C
Дож	40,70±2,51	46,08±4,61	27,62±2,39	28,90±1,82	44,83±2,98	55,91±2,77
Дублон	105,35±0,00	89,81±2,32	109,20±2,70	102,98±0,00	98,36±0,00	109,99±2,50
Галинка	42,65±3,55	62,50±0,00	45,70±0,89	60,17±1,29	47,29±2,03	55,48±0,81
Довское	44,20±2,07	54,32±2,14	55,71±2,37	64,93±2,05	57,90±0,76	70,40±2,06

Обработка растений регуляторами роста повышает активность трипсиноподобных протеаз на 26 и 31% соответственно. В условиях стресса повышение составляет 19,5 и 29,6% по отношению к контролю. Результаты исследований показали и изменение антиоксидантной активности растений (табл. 6 и 7). Предварительная обработка растений проса регуляторами роста не способствует достоверно значимому повышению антиоксидантной активности растений. У сортов Дож и Дублон в условиях стресса оно составляет в среднем 8%, а Галинка и Дублон – 9%. Содержание пролина у сортов Дож и Дублон находится практически на уровне контроля, но у сортов Галинка и Довское в условиях температурного стресса при предварительной обработке Наноплантом повышение составляет 28,7 и 25,2% соответственно. Стресс-толерантный эффект пролина способствует повышению выживаемости растений в условиях действия стрессора [21].

Таблица 6. Воздействие отрицательной температуры (–4 °C) на антиоксидантную активность в листьях растений проса, обработанных препаратами регуляторов роста

Сорт	Антиоксидантная активность, %					
	Контроль		Гидрогумат		Наноплант	
	Температура окружающей среды	–4 °C	Температура окружающей среды	–4 °C	Температура окружающей среды	–4 °C
Дож	71,88±0,47	75,41±0,82	72,19±0,09	80,88±0,43	65,30±0,47	78,96±0,47
Дублон	66,94±0,47	68,30±0,94	51,37±0,47	74,04±0,47	50,27±0,94	16,43±0,11
Галинка	72,04±0,45	79,03±0,82	80,10±0,46	80,64±0,00	82,97±0,46	82,83±0,06
Довское	72,04±0,46	73,12±0,46	73,39±0,00	78,49±0,46	79,11±0,14	81,90±1,12

Таблица 7. Воздействие отрицательной температуры (–4 °C) на содержание пролина в листьях растений проса, обработанных препаратами регуляторов роста

Сорт	Содержание пролина, мкг/мл					
	Контроль		Гидрогумат		Наноплант	
	Температура окружающей среды	–4 °C	Температура окружающей среды	–4 °C	Температура окружающей среды	–4 °C
Дож	3,03±0,05	3,17±0,03	2,44±0,01	3,17±0,03	2,57±0,05	2,73±0,11
Дублон	3,03±0,05	4,51±0,01	2,80±0,00	6,43±0,11	3,03±0,05	3,23±0,03
Галинка	4,03±0,06	5,08±0,08	4,20±0,2	5,15±0,00	4,20±0,1	6,63±0,11
Довское	4,00±0,00	5,03±0,05	4,00±0,00	5,17±0,03	4,20±0,00	6,30±0,00

Заключение. Получены сведения об ответной реакции биохимических показателей растений яровой и озимой пшеницы и проса на действие температурного стресса. Так, установлено, что действие высокой температуры снижает активность нейтральных протеаз у сортов яровой пшеницы в среднем на 7%, а щелочных протеаз на 8% по отношению к контролю. Незначительное повышение активности (на 1,5%) наблюдается лишь у сорта Дарья. Отмечено повышение активности антистрессовых ингибиторов трипсина у сорта Дарья на 12%. Установлено, что сорта яровой пшеницы Дарья, Любава, Ладья и Восточка 17 имеют более высокое содержание антистрессового пролина (на 20–26%) по отношению к контролю, что может свидетельствовать об устойчивости данных сортов к высокой температуре. Из сортов озимой пшеницы при воздействии низкой температуры более высокую активность ингибиторов трипсина имеют сорта Элеганта и Мроя (соответственно на 22,7 и 8,3% по отношению к контролю). Эти же сорта имеют и более высокое содержание пролина (на 29,6 и 14% соответственно). На примере 12-дневных растений проса установлено положительное действие биорегулятора роста Наноплант на снижение негативного действия температурного стресса. Полученные результаты могут быть использованы в селекции при оценке устойчивости растений к температурному стрессу

Литература

1. Неттевич Э.Д., Сергеев А.В., Лызлов Е.В. Зернофуражные культуры. М., 1980. 235 с.
2. Гриб С.И. Стратегия и приоритеты селекции зерновых культур в Беларуси. // Современные тенденции в научном обеспечении. / Иваново: Прессто. 2018. С. 467–476.
3. Гриб С.И., Буштевич В.И., Позняк Е.И., Дашкевич М.А., Бандарчук В.А. // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. научн. Трудов. Минск, 2017, вып. 53, С. 281–286.
4. Удовенко Г.В. // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. 1975. Т. 56, № 1. С.154–161..
5. Хохлова Н.П. // Ученые записки Казанского университета, серия естественные науки. 2016. Т. 158, кн. 2. С. 225–238.
6. Бруй И.Г., Азизбеян С.Г., Домаш В.И. Нанозащита от стрессов. // Наше сельское хозяйство. 2018, № 7. С 58–61.
7. Валуева Т. А., Мосолов В. В. // Прикл. биохимия и микробиол. 1995. Т. 31, № 6. С. 579–589.
8. Валуева Т.А., Мосолов В.В., Григорьева Л.И. // Прикл. биохимия и микробиол. 2001. Т. 37, № 6. С. 643–650.
9. Домаш В.И., Шарпио Т.П., Забрейко С.А., Сосновская Т.Ф. // Биоорганическая химия, 2008. Т.34, № 1. С. 353–357.
10. Nelson C.E., Walker-Simmons M. and Clarence A. Ryan. // Plant Physiol. 1981. Vol. 67. P. 841–844.
11. Мосолов В.В., Валуева Т.А. // Прикл. биохимия и микробиол. 2011, Т.47, № 5. С. 501–507.
12. Lorito M, Broadway R.M., C.K., Wjj S.L., Noviello C., Williams D.L. and Harman G.E. // Mol. Plant-Microbe Interact. 1994, N 7 (4). P. 525–527.
13. Дунаевский Я.Е., Цыбина Т.А., Беякова Г.Н., Домаш В.Т.И., Шарпио Т.П., Забрейко С.А., Белозерский М.А. // Прикл. биохимия и микробиол. 2005, Т. 41, № 4. С. 392–396.
14. Домаш В.И., Шарпио Т.П., Забрейко С.А., Иванов О.А., Азизбеян С.Г. Набиуллин А.Р. Биопрепараты для повышения продуктивности и устойчивости растений к стрессам. // Органическое сельское хозяйство Беларуси: перспективы развития: матер. межд. конф. Минск 2012. С. 29–33.
15. Anson M.Z. // J. Gen. Physiol. 1938. Vol. 22, N 1. P. 79–89.
16. Erlanger F, Kokowsky N., Cohen W. // Arch. Biochem. and Biophys. 1961. Vol. 96. С. 271–278.
17. Гофман Ю.Я., Вайсблай И. М. // Прикл. биохимия и микробиол. 1975. Т.11, вып..5. С. 777–787.
18. Beauchamp C.O., Fridovich I. // Anal. Biochem. 1971. Vol. 44, N 1. P. 276–287.
19. Bradford M.M. //Anal.Biochem. 1976. Vol. 8. P. 248–254.
20. Бэйли Дж. Методы химии белков. М. 1965. 284 с.
21. Кузнецов Вл. В., Шевякова Н.Н. Пролин при стрессе: Биологическая роль, метаболизм, регуляция // Физиология растений. 1999, Т.46, № 2. С.321–336.

В. И. ДОМАШ, С. И. ГРИБ, О. А. ИВАНОВ, Т. П. ШАРПИО, С. А. ЗАБРЕЙКО
БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА

Резюме

В работе приведены результаты исследований разных видов и сортов злаковых культур (яровая, озимая пшеница и просо) в условиях действия температурного стресса. Установлено, что сорта яровой пшеницы Дарья, Любава, Ладья и Весточка 17 имеют более высокое содержание пролина (на 20–26% по отношению к контролю), что может свидетельствовать об устойчивости данных сортов к высокой температуре. Для сорта Дарья отмечено и повышение активности антистрессовых белков-ингибиторов трипсина. Из сортов озимой пшеницы следует отметить сорта Элеганта и Мроя, имеющих в условиях действия низкой температуры (–4 °C) более высокое содержание ингибиторов трипсина и пролина по отношению к контролю (в среднем на 15,5 и 17,9%) соответственно. На примере 12-дневных растений просо установлено положительное действие регулятора роста Наноплант на снижение негативного действия температурного стресса. Полученные результаты могут быть использованы при оценке устойчивости отдельных видов и сортов злаковых культур к температурному стрессу.

V. I. DOMASH, S. I. GRIB, O. A. IVANOV, T. P. SHARPIO, S. A. ZABREIKO
BIOCHEMICAL INDICATORS OF CEREALS
UNDER TEMPERATURE STRESS

Summary

The paper presents the results of studies of different types and varieties of cereals (spring, winter wheat and millet) under conditions of temperature stress. It was found that the spring wheat varieties Daria, Lyubava, Ladya and Vestochka 17 have a higher proline content (by 20–26% in relation to control), which may indicate the resistance of these varieties to high temperatures. For the Daria variety, an increase in the activity of anti-stress proteins-trypsin inhibitors was also noted. Among the winter wheat varieties, the Eleganta and Mroya varieties should be noted, which, under low temperature conditions (–4 °C), have a higher content of trypsin and proline inhibitors in relation to the control (by 15.5 and 17.9% on average), respectively. On the example of 12-day-old millet plants, a positive effect of the growth regulator Nanoplant on reducing the negative effect of temperature stress was established. The results obtained can be used to assess the resistance of certain species and varieties of cereals to temperature stress.

Поступила в редакцию 30.09.2020 г.

Л. Ф. КАБАШНИКОВА, Г. Е. САВЧЕНКО, Л. М. АБРАМЧИК,
И. Н. ДОМАНСКАЯ, Т. Н. ВИКС, Л. В., ПАШКЕВИЧ,
Т. С. ПИЛИПОВИЧ, Ю. Н. ДОВБНЮК, С. Н. ШПИЛЕВСКИЙ,
А. В. МАРТЫСЮК

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ
ХЛОРОПЛАСТОВ В СВЯЗИ С ФОРМИРОВАНИЕМ
ИММУННОГО ОТВЕТА ПРИ ИНФИЦИРОВАНИИ
ПРОРОСТКОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ГРИБНЫМ ПАТОГЕНОМ
BIPOLARIS SOROKINIANA**

Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. В ходе эволюции растения выработали системы защиты от широкого спектра патогенов [1]. Известно, что восприятие молекул патогена в растениях осуществляется мембранными рецепторами, распознающими особые молекулярные мотивы патогена (РАМР). Распознавание быстро инициирует последующие события: активирование путей передачи сигналов, репрограммирование транскрипции и защитные ответы [2]. Оптимистичную картину усложняют взаимодействия между сигнальными путями биотического и абиотического происхождения, циркадных ритмов, фотопериодической и гормональной систем, в результате чего могут возникать перекрестные сигналы, приводящие как к синергичному, так и к антагонистичному ответам.

Фундаментальным фактором контроля ряда важных биологических процессов в ходе развития растений является свет. Появились доказательства его участия в индукции защитных реакций против патогенов [3], что обусловило выяснение роли хлоропластов в контроле иммунных ответов, опосредованных светом.

Известно, что сигналы, приходящие из пластид в ядро (ретроградные иммунные сигналы [4]), активируют экспрессию ядерных защитных генов. Обнаружено прямое влияние света на экспрессию защитных генов, индуцированную пептидом flg22, полученным из бактериальных флагелинов и действующим как мощный элиситор [2]. При этом установлено, что свет необходим только для экспрессии генов, индуцируемых flg22, в то время как гены, репрессируемые этим пептидом, светом подавляются. Показано также, что в контроле светозависимой экспрессии индуцированных flg22 защитных генов существенную роль играет фотосинтетический поток электронов и что flg22 индуцирует подавление нефотохимического тушения (NPQ) избыточной энергии возбуждения хлорофилла в хлоропластах [2, 5].

Хлоропласты в настоящее время рассматривают как тонко реагирующие на внешние воздействия сенсоры, способные индуцировать высокоспецифичный иммунный ответ к широкому кругу патогенов [6, 7]. Особая роль пластид в иммунитете связана еще и с их участием в биосинтезе нескольких типов ключевых защитных молекул, включая гормоны

(салицилат, жасмонат, абсцизовую кислоту) и вторичные мессенджеры, такие как кальций и активные формы кислорода (АФК) [8]. Получены данные, подтверждающие идею о том, что светозависимые защитные реакции против патогенной инфекции опосредованы хлоропластами [9]. Показано, что АФК, фотопродуцируемые электронным потоком в хлоропластах, опосредуют ретроградные сигналы, участвующие в регуляции экспрессии защитных генов в ядре [10]. Одновременно обнаружено, что производимые редокс-системой хлоропластов АФК являются ключевыми участниками сигнальных путей при различных стрессах [11–15]. Еще недавно механизмы общения между органеллами и разными компартментами клетки «на языке АФК» представлялись разочаровывающе сложными [16]. Но прогресс в этих исследованиях очевиден. Так, ряд параллелей с иммунным ответом, включая генерацию АФК, прослеживается по реакции растения на высокую интенсивность света, ведущую к избыточному, превышающему необходимое для фотосинтетических реакций, количеству энергии [17]. Обнаружено также, что внешний сигнал, воспринятый наружными мембранными рецепторами растительной клетки при атаке патогена, быстро достигает хлоропласта [2, 8, 18]. Так, восприятие таких классических молекул патогенов как flg22 и хитин, уже через несколько минут приводило к повышению в строме хлоропласта концентрации Ca^{2+} [19, 20], являющегося важным депо внутриклеточного Ca^{2+} в растительной клетке [19]. Установлено, что критическую роль при взаимодействии хлоропласта с цитоплазматическим и ядерным иммунным ответом играет способный к фосфорилированию и постоянно присутствующий в хлоропласте Ca^{2+} -связывающий белок (CAS) [19, 20]. Предполагают, что Ca^{2+} -сигнализация связана с NPQ флуоресценции хлорофилла, характеризующего тепловую диссипацию световой энергии, и что снижение NPQ может провоцировать накопление в хлоропласте возбужденных электронов и АФК [19]. Границы применения этой гипотезы нуждаются в проверке, что отчасти и предпринято в нашей работе.

Интересно, что уже в первых исследованиях потенциальных возможностей хлоропластов в модулировании иммунного ответа растений, проведенных на мутантах, была обнаружена спонтанная активация защитных реакций в ответ на нарушения функциональной активности пластид [21]. К настоящему времени у ряда растений выявлено светозависимое формирование устойчивости к разным фитопатогенам. Но для более глубокого понимания роли света в реализации механизмов иммунного ответа растений необходимо системное исследование изменений структурно-функционального состояния пластид и параметров окислительного статуса при заражении патогеном на разных стадиях биогенеза хлоропластов. Следует отметить, что проблема взаимодействия хлоропластов с про- и антиоксидантными системами растения [22] при инфицировании обсуждалась главным образом на примере мутантов арабидопсиса [3, 23]. В нашей работе с этой целью использованы развивающиеся на свету и деэтилированные проростки ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.), содержащие, соответственно, хлоропласты либо этиохлоропласты с разным количе-

ством фотосинтетических пигментов, а в качестве инфицирующего агента – патогенный гриб *Bipolaris sorokiniana* Sacc. (Shoem.), вызывающий темно-бурую пятнистость [24], заражение которым осуществляли на свету или в темноте.

Материалы (объекты) и методы исследования. Эксперименты проведены с зелеными и деэтиолированными проростками ячменя сорта Магутны. Зеленые проростки выращивали в климатикамере на полихроматическом белом свету ($120 \text{ мкмоль квантов м}^{-2}\text{с}^{-1}$), с фотопериодом 16 ч свет/8 ч темнота, при температуре 22°C . Суспензией, содержащей споры грибного патогена *B. sorokiniana* (10^6 спор/мл), обрабатывали интактные зеленые проростки ячменя разного возраста (от 3- до 11-дневных) на свету либо 5-дневные этиолированные проростки в темноте. Результаты влияния грибного заражения оценивали через 1 или 2-е суток после инокуляции зеленых проростков. Обработанные грибом этиолированные проростки оставляли в темноте 1 сут, после чего их выносили на свет ($120 \text{ мкмоль квантов м}^{-2}\text{с}^{-1}$) на 6 и 24 ч. Контролем во всех случаях служили растения, обработанные дистиллированной водой.

Хлорофилловые пигменты экстрагировали ацетоном и анализировали спектрофотометрически на спектрофотометре «Shimadzu, UV – 2401PC» (Shimadzu, Япония) [25]. Содержание каротиноидов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с использованием хроматографа «Shimadzu LC20 Prominence» (Япония) и колонки Nucleodur C18 Gravity (размер частиц $3 \times 150 \text{ мкм}$) (Macherey Nagel, Германия) [26]. Пигменты регистрировали спектрофотометрическим детектором с диодной матрицей «SPD-M20A Prominence» (Shimadzu, Япония) по спектрам поглощения в диапазоне 200–700 нм.

При оценке фотохимической активности фотосистемы 2 (ФС2) как наиболее чувствительного компонента фотосинтетического аппарата использовали параметры ПАМ-флуориметрии, зарегистрированные на флуориметре «Dual-PAM 100» (Walz, Германия) [27].

Активность ПОЛ оценивали по количеству малонового диальдегида (МДА), тестируемого по оптической плотности при 532 нм продукта реакции с тиобарбитуровой кислотой [28].

Общий уровень АФК определяли с помощью флуоресцентного теста, в основе которого лежит образование дихлорфлуоресцеина из нефлуоресцирующего дихлорфлуоресцеин-диацетата в экстрактах листьев. Определение АФК проводили, регистрируя флуоресценцию ДХФ ($\lambda_{\text{воз}}=496$, $\lambda_{\text{рег}}=524$) с помощью спектрофлуориметра «СОЛАР СМ 2203» (СОЛАР, Беларусь) [29].

Содержание пероксида водорода в водных экстрактах измеряли с помощью флуоресцентного метода, основанного на реакции окисления скополетина в присутствии H_2O_2 , катализируемой пероксидазой хрена. Определение содержания H_2O_2 проводили, регистрируя флуоресценцию скополетина ($\lambda_{\text{воз}}=370 \text{ нм}$, $\lambda_{\text{рег}}=464 \text{ нм}$) на спектрофлуориметре «СОЛАР СМ 2203» (СОЛАР, Беларусь) [30].

Пероксидазную активность определяли спектрофотометрически на спектрофотометре «Shimadzu, UV – 2401PC» (Shimadzu, Япония) [31], используя в качестве субстрата бензидин, в результате окисления которого пероксидазой в присутствии перекиси водорода образуется соединение с максимумом поглощения при 605 нм. Метод основан на измерении времени, за которое опытный раствор достигает максимальной оптической плотности. Для нормирования данных по содержанию белка в анализируемом материале измеряли его содержание методом Лоури [32] с помощью коммерческого реактива Фолина.

Измерение активности аскорбатпероксидазы (АПР, КФ 1.11.1.11) основано на определении скорости разложения перекиси водорода АПР исследуемого образца с образованием воды и дегидроаскорбата [33]. Оптическую плотность продукта регистрировали при 290 нм на спектрофотометре «Shimadzu, UV – 2401PC» (Shimadzu, Япония), коэффициент экстинкции – $2,8 \text{ мМ}^{-1} \text{ см}^{-1}$. Активность АПР рассчитывали в мкмоль $\text{H}_2\text{O}_2/(\text{мг белка мин})$.

Общее содержание полифенолов определяли спектрофотометрически методом Фолина-Дениса на спектрофотометре «Shimadzu, UV – 2401PC» (Shimadzu, Япония) [34] по поглощению при 765 нм продуктов окисления фенольных соединений вольфрамовой кислотой в щелочной среде, используя в качестве калибровочного стандарта галловую кислоту.

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 приведены обобщенные результаты динамики накопления хлорофилловых пигментов в разных онтогенетических экспериментах (на абсциссе указан возраст проростков в момент анализа). Видно, что процесс хлорофиллообразования в ходе развития зараженных и контрольных проростков проходил с разной скоростью (более низкий наклон начального участка кривой в инфицированных растениях).

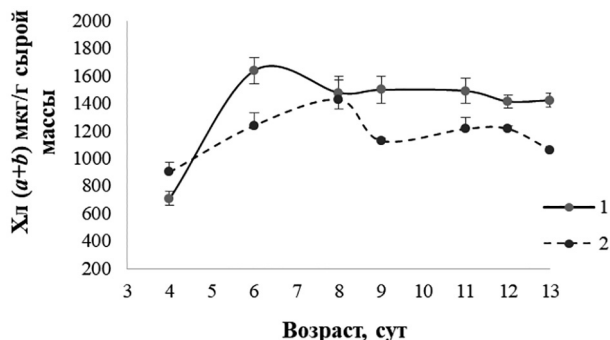


Рис. 1. Динамика накопления хлорофилловых пигментов в верхней части листа контрольных и зараженных грибом зеленых проростках ярового ячменя в процессе развития на свету: контроль – здоровые растения; B.S – растения, инфицированные грибом *Bipolaris sorokiniana*.

При этом в самых молодых проростках наблюдали даже некоторое повышение содержания хлорофиллов при заражении (стартовые точки на кинетических кривых), что подтверждено статистически. Снижение скорости накопления пигментов привело в итоге к более низкому содержанию хлорофиллов в стареющем листе.

Результаты хроматографического разделения пигментов каротиноидной природы представлены в таблице 1. На фоне снижения общего количества ксантофилловых пигментов при заражении в онтогенезе (начиная с 6-дневного возраста) не выявлено достоверных изменений в соотношении каротиноидов внутри ксантофиллового цикла (табл. 2), обычно реагирующего на ряд абиотических стрессоров.

Таблица 1. Изменение содержания каротиноидов (мкг/г сырой массы) в зеленых проростках ячменя разного возраста при заражении грибом *Bipolaris sorokiniana* (B.S.)

Пигмент	5-дневные		6-дневные		8-дневные		9-дневные	
	К	B.S.	К	B.S.	К	B.S.	К	B.S.
Неоксантин	67,1 ±1,3	79,6 ±0,7	57,0 ±1,6	42,0 ±3,1	25,2 ±1,4	14,4 ±0,4	20,3 ±0,9	11,5 ±2,9
Виолаксантин	49,5 ±1,4	53,4 ±0,7	52,0 ±1,6	41,1 ±4,2	17,3 ±1,5	8,6 ±0,8	15,9 ±1,2	11,3 ±2,0
Антераксантин	33,3 ±0,2	37,8 ±0,1	17,3 ±1,7	10,1 ±0,6	24,3 ±1,6	12,5 ±0,2	21,2 ±1,2	14,8 ±1,9
Лютеин с изомером	138,1 ±5,7	150,5 ±1,2	107,4 ±3,4	84,0 ±7,3	21,5 ±2,1	8,1 ±1,2	18,8 ±2,6	10,2 ±2,7
Зеаксантин	—	—	13,5 ±0,5	11,2 ±1,7	11,2 ±0,4	7,4 ±0,5	8,7 ±0,1	4,3 ±1,9
β-каротин	145,6 ±0,4	136,1 ±2,0	165,7 ±4,8	114,8 ±10,7	5,3 ±1,3	0,6 ±0,3	5,0 ±1,5	2,3 ±1,2
Сумма	433,6	457,4	412,9	394,1	104,8	51,6	89,9	54,4

Таблица 2. Изменение относительного содержания каротиноидов ксантофиллового цикла (в % к сумме, принятой за 100%) в зеленых проростках ячменя разного возраста при заражении грибом *Bipolaris sorokiniana* (B.S.)

Пигмент	5-дневные		6-дневные		8-дневные		9-дневные	
	К	B.S.	К	B.S.	К	B.S.	К	B.S.
Виолаксантин	59,8	58,6	62,8	65,9	32,8	30,2	34,7	37,2
Антераксантин	40,2	41,4	20,9	16,2	46,0	43,9	46,3	48,7
Зеаксантин	—	—	16,3	17,9	21,2	26,0	19,0	14,1

В таблице 3 показано изменение содержания фотосинтетических пигментов в деэтиолированных проростках ячменя, зараженных грибом в темноте на стадии этиоляции за сутки до начала освещения. Видна тенденция к увеличению содержания хлорофиллов в зараженных проростках при 6-часовом освещении, в основном, Хл *a*, что может указывать на разную скорость формирования светособирающей системы, отразившуюся на величине отношения Хл *a* / Хл *b* (3,99 и 4,64 в контроле и опы-

те, соответственно). Общее содержание каротиноидов изменялось аналогично содержанию Хл *a*. Содержание пигментов после 24 ч освещения было почти в 4 раза ниже, чем в листьях проростков того же возраста, развивавшихся на свету (данные не приведены).

Таблица 3. Влияние заражения грибом *Bipolaris sorokiniana* (B.S.) на содержание фотосинтетических пигментов в единице площади одинаковых по размеру участков листа (мкг/см^2) деэтилированных проростков ячменя

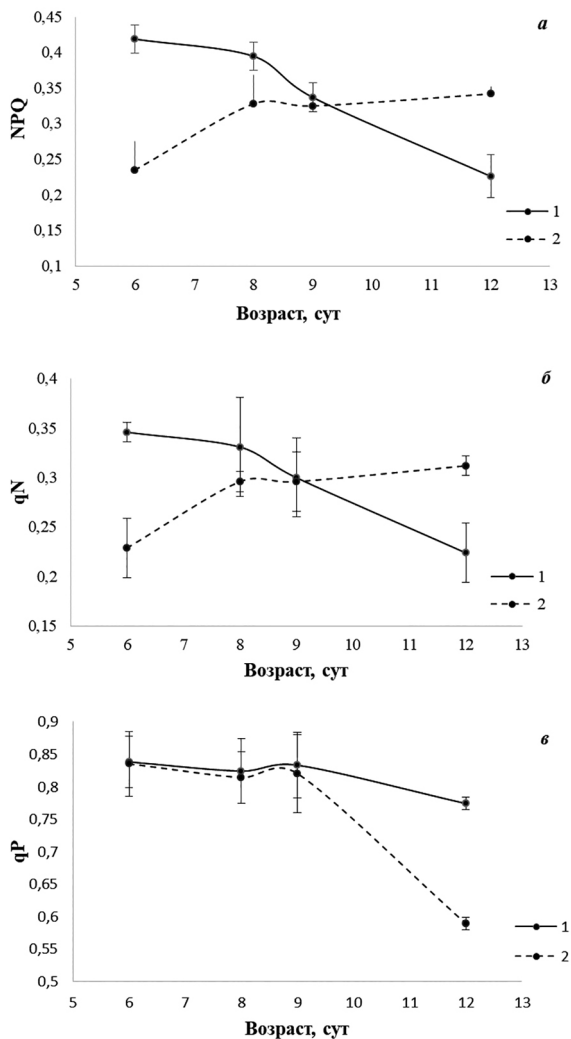
Возраст, сут	Хл <i>a</i>		Хл <i>b</i>		Хл (<i>a+b</i>)		Хл <i>a</i> / Хл <i>b</i>		Каротиноиды	
	К	B.S.	К.	B.S.	К	B.S.	К	B.S.	К	B.S.
6 сут, 6 ч света	1,05 $\pm 0,12$	1,41 $\pm 0,01$	0,2 $\pm 0,04$	0,30 $\pm 0,01$	1,3 $\pm 0,17$	1,71 $\pm 0,03$	3,99 $\pm 0,19$	4,6 $\pm 0,21$	1,07 $\pm 0,21$	1,69 $\pm 0,04$
7 сут, 4 ч света	4,08 $\pm 0,43$	3,95 $\pm 0,12$	1,36 $\pm 0,14$	1,37 $\pm 0,04$	5,44 $\pm 0,50$	5,30 $\pm 0,17$	3,00 $\pm 0,02$	2,93 $\pm 0,01$	2,67 $\pm 0,27$	2,50 $\pm 0,07$

Изучение фотохимической активности стрессочувствительной ФС2 методами РАМ-флуориметрии позволило выявить некоторые особенности изменения ее параметров как в онтогенезе, так и при заражении. Изменение потенциального квантового выхода (F_v/F_m) фотохимических реакций в контроле отличалось от наблюдаемого при грибном заражении: небольшое снижение в контроле по мере старения и тенденция к росту в зараженных проростках (табл. 4).

Таблица 4. Изменение потенциального квантового выхода фотохимии ФС2 (F_v/F_m) в первичном листе зеленых проростков ячменя разного возраста при заражении *Bipolaris sorokiniana*

Возраст при заражении, сут	Возраст в момент анализа, сут	Контроль (1)	Грибное заражение (2)	2:1%
4	6	0,794 $\pm$ 0,019	0,687 $\pm$ 0,027	87
7	8	0,726 $\pm$ 0,020	0,735 $\pm$ 0,030	101
7	9	0,737 $\pm$ 0,030	0,745 $\pm$ 0,040	101
11	12	0,715 $\pm$ 0,020	0,728 $\pm$ 0,020	102

Нефотохимическое тушение (NPQ) поглощенной энергии снижалось в онтогенезе контрольного варианта, а при заражении возрастало (рисунок 2, *а*), в результате чего отношение величины NPQ в зараженном проростке к контрольному линейно увеличивалась при развитии растений. Таким образом, картина изменения NPQ в онтогенезе менялась в зараженных проростках на противоположную по сравнению с контролем. Аналогичная ситуация наблюдалась и для параметра qN , также характеризующего тепловую диссипацию (рисунок 2, *б*). Фотохимическое тушение поглощенной энергии qP (рисунок 2, *в*) практически не менялось в контрольном варианте, но в старых проростках было заметно ингибирующее действие грибного заражения. При этом относительное снижение величины qP при заражении было несколько ниже относительного прироста NPQ и qN .



1 – контрольные проростки, 2 – зараженные проростки

Рис. 2. Изменение нефотохимического тушения поглощенной энергии (NPQ, *a*), тепловой диссипации поглощенной энергии (qN , *б*) и фотохимического тушения поглощенной энергии (qP , *в*) в первом листе зеленых проростков ячменя разного возраста.

Из литературных данных [5, 8] известно, что обработка растений элиситорами патогенов приводила к снижению накопления ряда фотосинтетических белков, в том числе и субъединицы PsbS ФС2, вовлеченной в рассеивание избыточной энергии света посредством NPQ. Транскрипционный ответ наблюдался довольно быстро (между 0 и 2 ч после инокуляции) [2]. Наши эксперименты показали, что и через 2 суток после инокуляции спорами гриба уровень NPQ в молодых зараженных растениях был почти в 2 раза ниже наблюдаемого в контроле. Если снижение NPQ флуоресценции Хл *a* связано с ингибированием накопления субъединицы PsbS, то полученные результаты могут свидетельствовать о том, что ингибирующее влияние грибного заражения на синтез этого белка было самым высоким в молодых проростках и ослабевало при старении.

В таблице 5 приведены параметры РАМ-флуориметрии в листьях дезиолированных проростков ячменя с разной продолжительностью освещения после этиоляции и различиями в количестве накопившихся в ткани хлорофилловых пигментов после 6 и 24 ч освещения.

Таблица 5. Влияние заражения *Bipolaris sorokiniana* на параметры индукции флуоресценции хлорофилла в листьях зеленых и дезиолированных проростков ячменя

Параметр	Зеленые контроль		Дезиолированные контроль		Дезиолированные зараженные	
	6 сут	7 сут	1 (6 сут)	2 (7 сут)	1 (6 сут)	2 (7 сут)
F_0	0,43 ±0,04	0,62 ±0,05	0,30 ±0,02	0,37 ±0,03	0,34 ±0,03	0,41 ±0,04
F_m	1,46 ±0,10	2,10 ±0,20	0,53 ±0,04	1,07 ±0,09	0,54 ±0,04	1,18 ±0,10
$F_v = F_m - F_0$	1,03 ±0,09	1,49 ±0,12	0,23 ±0,01	0,70 ±0,06	0,20 ±0,01	0,78 ±0,04
F_v / F_m	0,70 ±0,06	0,71 ±0,06	0,44 ±0,03	0,65 ±0,05	0,37 ±0,02	0,66 ±0,05
$Y_{(II)} = (F'_m - F) / F'_m$	0,65 ±0,05	0,66 ±0,05	0,22 ±0,01	0,59 ±0,04	0,18 ±0,01	0,56 ±0,04
ETR	35,80 ±2,10	37,25 ±3,01	12,20 ±0,90	32,15 ±2,50	10,00 ±0,11	30,90 ±2,34
NPQ	0,35 ±0,03	0,32 ±0,02	0,30 ±0,03	0,38 ±0,04	0,35 ±0,03	0,37 ±0,04
$qN = (F_m - F'_m) / (F_m - F_0)$	0,31 ±0,03	0,28 ±0,02	0,35 ±0,093	0,35 ±0,03	0,38 ±0,03	0,32 ±0,03
$qP = (F'_m - F) / (F'_m - F_0)$	0,87 ±0,06	0,89 ±0,07	0,39 ±0,04	0,82 ±0,07	0,48 ±0,04	0,80 ±0,06
$qL = qP \cdot (F'_0 / F)$	0,62 ±0,05	0,65 ±0,04	0,25 ±0,02	0,58 ±0,04	0,36 ±0,03	0,55 ±0,04

Примечание: 1 – 6-дневные в момент анализа, зеленевшие 6 ч; 2 – 7-дневные в момент анализа, зеленевшие 24 ч; $Y_{(II)}$ – эффективный квантовый выход фотохимических реакций ФС2, qL – параметр, отражающий степень открытости реакционных центров ФС2, ETR – скорость нециклического транспорта электронов.

При сравнении параметров РАМ-флуориметрии в деэтиолированных и нормально развивающихся проростках (в экспериментах одной и той же серии) обнаружены различия функционального состояния фотосинтетического аппарата в хлоропластах (проростки, растущие в режиме 16 ч света – 8 ч темноты) и этиохлоропластах (зеленеющие разное время на свету этиолированные растения). Потенциальный квантовый выход фотохимических реакций ФС2 (Fv/Fm) в листьях деэтиолированных проростков (даже освещавшихся в течение 24 ч) был заметно ниже, чем в зеленых растениях такого же возраста. Интересно, что в деэтиолированных проростках, содержащих гораздо меньше хлорофилла, чем нормально развивающиеся зеленые листья, значения NPQ и qN были соизмеримы с величинами, наблюдавшимися в хлоропластах. При увеличении содержания хлорофиллов в процессе зеленения величина NPQ в контроле несколько увеличивалась, а при заражении существенно не изменялась.

Общее количество АФК в верхних участках листа зеленых проростков менялось в процессе развития, но всегда оставалось более высоким при грибном заражении (табл. 6). Содержание АФК в здоровых деэтиолированных проростках (строка 3) было ниже, чем в зеленых, такого же возраста, и снижалось в результате заражения, демонстрируя, в первом приближении, однонаправленное изменение с содержанием хлорофилла.

Таблица 6. Изменения общего содержания АФК (мг ДХФ·г⁻¹ сырой массы) в тканях листа ячменя в процессе развития и при заражении *Bipolaris sorokiniana* (B.S.)

№	Возраст в момент анализа, сут	Контроль (1)	B.S. (2)	2:1, %
1	5	2,23±0,10	2,86±0,14	128
2	7	2,02±0,01	2,73±0,01	135
3	7 (деэтиолированные)	0,73±0,13	0,54±0,11	74
4	8	0,92±0,03	1,53±0,10	165
5	9	0,53±0,08	1,11±0,05	187
6	12	1,65±0,10	2,47±0,20	150

Содержание пероксида водорода – наиболее стабильной молекулы АФК, в онтогенезе изменялось как в контрольных, так и в зараженных проростках, достигая максимальных значений в обоих вариантах в 8-дневном возрасте (табл. 7), но тенденция этих изменений не совпадала с поведением общего содержания АФК.

В результате взаимодействия прооксидантных и антиоксидантных систем активность ПОЛ в молодых проростках контрольного варианта оказалась более высокой, чем у более старых, но на всех стадиях онтогенеза ее величина при грибном заражении была ниже, чем в контроле (табл. 8), т. е., тенденции изменений активности ПОЛ и общего содержания АФК в онтогенезе были противоположными. В таблице 9 приведены данные, показывающие изменение активности ПОЛ при грибном заражении в деэтиолированных проростках. В самых общих чертах видно, что они ниже значений, обнаруженных в зеленых листьях.

Таблица 7. Изменение содержания пероксида водорода (отн. ед. / г сырой массы) в тканях листа ячменя в процессе развития и при заражении *Bipolaris sorokiniana* (B.S.)

Возраст при заражении, сут	Возраст в момент анализа, сут	Контроль (1)	Грибное заражение (2)	2:1, %
4	6	93,05 ±1,17	86,27 ±2,73	93
7	8	289,83 ±12,78	261,46 ±25,82	90
7	9	133,01 ±17,11	160,25 ±6,49	120
11	12	103,45 ±9,65	58,89 ±7,88	57

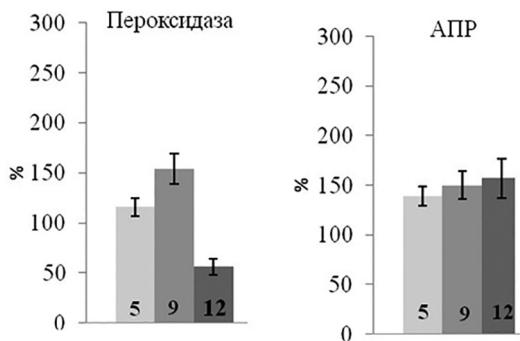
Таблица 8. Изменение активности ПОЛ в зеленых проростках ячменя сорта Магутны разного возраста, инфицированных грибом *Bipolaris sorokiniana* (содержание МДА, нмоль/г сырой массы)

Возраст при заражении, сут	Возраст в момент анализа, сут	Контроль (1)	Грибное заражение (2)	2:1, %
4	6	141,8 ±5,0	86,6 ±4,0	61
7	8	117,6 ±2,4	109,6 ±2,0	93
7	9	118,8 ±3,6	102,6 ±2,4	86
11	12	118,0 ±2,8	103,0 ±2,4	87

Таблица 9. Изменение активности ПОЛ (содержание МДА, нмоль/г сырой массы) в дестиилированных и зеленых проростках ячменя, инфицированных грибом *Bipolaris sorokiniana* на свету (зеленые) и в темноте (за сутки до начала освещения, дестиилированные)

Возраст проростка, сут	Зеленые		Дестиилированные	
	Контроль	B.S.	Контроль	B.S.
6	80,5±6,90	61,69±6,20	42,90±5,30	48,39±3,10
7	64,18±5,80	57,39±5,10	42,84±5,40	41,22±6,40

На рисунке 3 обобщены данные онтогенетической серии экспериментов для двух ферментов антиоксидантной защиты, выполненных на одном и том же материале. Максимальное количество общего белка в ткани листа обнаружено в 9-дневных проростках, а грибное заражение приводило к его снижению, особенно заметному на катаболической ветви развития – (снижение более чем на 50%). На анаболической ветви оно составляло около 11–16% по отношению к контролю (данные не приведены).



За 100% во всех случаях принята активность контрольного варианта.
Продолжительность заражения 2 сут.

Рис. 3. Влияние заражения *Bipolaris sorokiniana* на активность пероксидазы и аскорбатпероксидазы (АПР) в зеленых проростках ячменя разного возраста (5, 9 и 12 дней в момент анализа).

Видно, что при заражении активность пероксидаз достоверно превышала наблюдаемую в контроле только в закончивших рост проростках, содержащих зрелые хлоропласты. В стареющих же листьях активность пероксидаз при заражении снижалась по сравнению с более молодыми, содержащими зрелые пластиды. Инфицирование оказывало стимулирующее действие (по крайней мере, в течение эксперимента, т. е., через 2 суток с момента инокуляции) на активность аскорбатпероксидазной реакции – центральной в цикле реакций, направленных на удаление основных АФК в хлоропластах. Активность АПР в зараженных листьях была выше, чем в контроле и особенно сильно возрастала на катаболической ветви пластидогенеза – в 12-дневных проростках.

На основании полученных результатов можно полагать, что в антиоксидантной защите проростков ячменя при грибном поражении *B. sorokiniana* на разных этапах онтогенеза задействованы пероксидазы, разрушающие H_2O_2 нерадикальным путем и образующие H_2O при окислении не второй молекулы H_2O_2 , как каталаза, а других субстратов, а также АПР. Известно, что в хлоропластах, где отсутствует каталаза, главным ферментом, утилизирующим пероксид, является АПР. Активность этого фермента оксидазной природы повышалась при инфицировании, когда содержание пигментов снижалось. При этом следует отметить, что, несмотря на относительно высокую активность исследованных антиоксидантных ферментов при грибном заражении, общее количество АФК в ткани листа сохранялось на более высоком уровне по сравнению с контролем на всех стадиях онтогенеза, не совпадая с изменениями содержания пероксида водорода. Возможно, это связано с тем, что в ответ на атаку патогена различные формы АФК образуются не только в хлоро-

пластах, но и в апопласте, митохондриях и других компартментах клетки, а хлоропласт является наиболее существенным производителем АФК в процессе инициации и развития клеточной гибели при гиперчувствительном ответе.

Интересно, что содержание полифенолов в деэтиолированных проростках, зеленевших в течение суток, превышало наблюдаемое в листьях зеленых проростков того же возраста (таблица 10). При грибном заражении их содержание в деэтиолированных проростках увеличивалось. На основании полученных данных можно сделать предположение, что при высоком содержании пигментов необходимость синтеза полифенолов в ткани снижается.

Таблица 10. Изменение содержания полифенолов (мкг/см², в эквиваленте галловой кислоты) в зеленых и деэтиолированных 7-дневных проростках ячменя

Вариант	Возраст в момент анализа, сут	Заражение <i>Bipolaris sorokiniana</i>	Полифенолы, мкг/см ²
Зеленые	7	–	43,06±4,09
Зеленые	7	+ (на свету)	50,88±5,59
Деэтиолированные	7	–	87,21±16,5
Деэтиолированные	7	+ (в темноте)	106,15±8,10

Для того чтобы рассуждать о связи иммунитета растений с состоянием и функцией фотосинтетического аппарата на основании экспериментов, выполненных в разное время в близких, но не полностью аналогичных условиях освещения и температуры выращивания, неизбежно приводящих к колебанию практически всех исследованных показателей, необходимо прежде всего рассмотреть направленность корреляционных взаимодействий между изученными параметрами, чтобы увидеть наиболее информативные тенденции. Имеющиеся в нашем распоряжении результаты позволяют говорить о некоторых из них (таблица 11). Прежде всего обращает на себя внимание высокий коэффициент положительной корреляции ($r = +0,83$) между изменением содержания хлорофиллов в довольно широком диапазоне концентраций и активностью ПОЛ как в экспериментах с зелеными проростками ячменя, так и с деэтиолированными с довольно низким содержанием хлорофиллов. Это дает возможность в общих чертах говорить о том, что вне зависимости от причины, вызывающей изменение содержания пигментов (онтогенез, заражение или недостаток света), увеличение их содержания в ткани листа сорта ячменя Магутны в конечном итоге вызывает увеличение количества ТБК-продуктов. Следует отметить, что при разрушении пигментов в суспензии хлоропластов *in vitro* стехиометрия изменений количества ТБК-продуктов в расчете на единицу хлорофилла носила обратный характер – увеличивалась при снижении содержания хлорофилла а [35].

Таблица 11. Значения коэффициентов корреляции (r) между параметрами структурно-функционального состояния хлоропластов и показателей окислительного статуса в листьях здоровых и зараженных грибом *Bipolaris sorokiniana* проростков ячменя сорта Магутны разного возраста

Варианты сравнения						
Хл. ($a+b$) – ПОЛ (1) *	Хл. ($a+b$) – ПОЛ (2) *	АФК – пероксид водорода	АФК – ПОЛ	ПОЛ – пероксид водорода	АФК – каротиноиды	NPQ – ПОЛ
+0,83	+0,83	-0,59	-0,58	+0,09	+0,86	+0,71
N = 14	n = 8	n = 8	N = 6	n = 8	n = 8	n = 8

Примечание: 1* – зеленые проростки разного возраста, 2* – зеленые и деэтилированные проростки

Уровень активности ПОЛ отражает работу антиоксидантных систем, защищающих от окислительного стресса, вызываемого агрессивными формами АФК. Логично предположить, что высокая активность ПОЛ должна быть следствием высокого уровня АФК, особенно если не срабатывает антиоксидантная защита. Однако, изменения общего содержания АФК не только слабо коррелировали с активностью ПОЛ, наблюдаемой в аналогичных экспериментах, но еще и имели отрицательную направленность ($r = -0,58$). Отрицательно коррелировали и содержание общих АФК и пероксида водорода ($r = -0,59$), при этом содержание АФК хорошо коррелировало с общим содержанием каротиноидов ($r = +0,86$). Не совсем понятна, хотя и интересна довольно высокая положительная корреляция между изменениями величины NPQ и уровнем активности ПОЛ ($r = +0,71$). Математические расчеты указывают на отсутствие простых и, казалось бы, логичных причинно-следственных связей, что вызывает необходимость проведения дальнейших исследований.

Выше было отмечено, что накопление в хлоропласте возбужденных электронов и АФК вызывают снижение NPQ [19], что связывают с ингибированием одного из белков ФС2. По аналогии, можно предположить, что и при заражении *Bipolaris sorokiniana* NPQ не должно увеличиваться в ответ на наблюдаемый при этом рост содержания АФК. У нас же при заражении величина NPQ была ниже, чем в контроле, только в самых молодых проростках (рис. 2, а). Возможно, существует некая пороговая доза АФК, которая приводит к снижению NPQ, и вполне вероятно, что в наших экспериментах с довольно низкой интенсивностью освещения при выращивании растений она не достигалась.

Вывод. В заключение отметим данные, свидетельствующие о некоторых различиях в реакции на грибное заражение в развивающихся хлоропластах и этиохлоропластах, содержащих разное количество фотосинтетических пигментов. Содержание АФК в здоровых деэтилированных проростках было ниже, чем в зеленых, такого же возраста,

и снижалось в результате заражения, в то время как в зеленых проростках оно повышалось при патогенезе. Уровень активности ПОЛ в зараженных зеленых проростках, как правило, был ниже наблюдаемого в контроле, а в деэтиолированных – ниже, чем в зеленых, и слабо изменялся при заражении.

В деэтиолированных проростках обнаружено более высокое содержание полифенолов по сравнению с зелеными листьями того же возраста: зеленые и зеленевшие в течение 24 ч этиолированные проростки реагировали количественно одинаково на заражение.

По мере развития зеленых проростков величина NPQ снижалась при старении, а при заражении увеличивалась в онтогенезе. При деэтиоляции проростков значения NPQ были того же порядка, что и в зеленых, но ни продолжительность освещения, ни грибное заражение достоверно не влияли на них.

Таким образом, ответные реакции на грибное заражение в тканях листа ячменя, содержащих хлоропласты или этиохлоропласты, различались влиянием инфицирования на NPQ, общее содержание АФК, полифенолов и активность ПОЛ. Это можно объяснить сложным взаимодействием пластидных (прежде всего, связанных с фотосинтетической функцией), фотопериодических и гормональных сигналов в разных условиях зеленения и заражения (на свету либо в темноте), обеспечивающих итоговый иммунный ответ.

Литература

1. Dangi J. L., Jones J. // *Nature*. 2006. V. 444. P. 323–332.
2. Sano S., Aoyama M., Nakai K., Shimotani K., Yamasaki K., Sato M. H., Tojo D., Suwastika I. N., Nomura H., Shiina T. // *Frontiers in Plant Science*. 2014. V. 5. P. 531–541.
3. Kangasjarvi et al. // *Journal of Experimental Botany*. 2012. V. 63, No. 4. P. 1619–1636.
4. Одинцова, М. С., Юрина, Н. П. // *Физиология растений*, 2010, Т.57, № 1. С. 9-22
5. Gohre V., Jones A. M., Sklenar J., Robatzek S., Weber A. P. // *Mol. Plant Microbe Interact.* 2012. V.25. P. 1083–1092
6. Kariola T, Brader G, Li J, Palva E. T. // *The Plant Cell*. 2005. V. 17. P. 282–294.
7. Muhlenbock P, Szechynska-Hebda M, Plaszczyca M, Baudou M, Mullineaux P. M., Parker J. E., Karpinska B., Karpinski S. // *The Plant Cell*. 2008. V. 20. P. 2339–2356.
8. Serrano I., Audran C., Rivas S. // *Journal of Experimental Botany*. 2016. V. 67, No. 13. P. 3845–3854.
9. Nomura H., Komori T., Uemura S., et al. // *Nature Communications*. 2012. V. 3. P. 926–936.
10. Karpinski S., Szechynska M., Wituszynska H.-W., Burdick P. // *Plant, Cell and Environment*. 2013. V. 36. P. 736–744
11. Foyer C. H., Noctor G. // *New Phytologist*. 2000. V. 146. P. 359–388.

12. Gechev T. S., Van Breusegem F., Stone J. M., Denev I., Laloi C. // *Bioessays*. 2006. V. 28. P. 1091–1101.
13. Кабашникова Л. Ф. Фотосинтетический аппарат и стресс у растений. 2014. Минск: «Беларуская навука». 267 с.
14. Foyer C. H., Noctor G. // *Antioxidants and Redox Signaling*. 2009. V. 11. P. 861–905.
15. Kangasjarvi S, Nurmi M, Tikkanen M, Aro E. M. // *Plant, Cell and Environment*. – 2009. V. 32. P. 1230–1240.
16. Shapigurov A., Vainonen J/ P., Wraczek M., Kangasjarvi J. // *Frontiers in Plant Science/Plant Physiology*. 2012. V.3. Article 292. P. 1–9.
17. Bechtold U., Karpinski S., Mullineaux P. M. // *Plant Cell Environ*. 2005. V.28. P. 1046–1055.
18. Stael S., Kmiecik P., Willems P., Van Der Kelen K., Coll N.S., Teige M., Van Breusegem F. // *Trends in Plant Science*. 2015. V. 20. P. 3–11.
19. Manzoor H., Chiltz A., Madani S., Vatsa P., Schoefs B., Pugin A., Garcia-Brugger A. // *Cell Calcium*. 2012. V. 51. P. 434–444.
20. Stael S., Rocha A. G., Wimberger T., Anrather D., Vothknecht U. C., Teige M. // *Journal of Experimental Botany*. 2012. V. 63. P. 1725–1733.
21. Lorrain S., Vaillau F., Balague C., Roby D. // *Trends in Plant Science*. 2003. V. 8. P. 263–271.
22. Apel K., Hirt H. // *Ann. Rev. Plant Physiol*. 2004. V.55. P. 373–399.
23. Gollan P. J., Tikkanen M., Aro E. M. // *Curr. Opin. Plant Biol*. 2015. V. 27. P. 180–191.
24. Kumar J., Schafer P., et al. // *Molecular Plant Pathology*. 2002. V. 3(4). P. 185–195.
25. Шлык А. А. // *Биохимия*. 1968. Т. 33, № 2. С. 275–285.
26. Rodrigues –Amaya D. B., Kimura M. *Handbook for Carotenoid Analysis – Harvest Plus*. 2004. 3 p.
27. Корнеев Д. Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. К.: Альтерпрес, 2002. 188 с.
28. Мерзляк, М. Н. Активированный кислород и окислительные процессы в мембранах растительной клетки – М. : ВИНТИ, 1989. – 168 с. – (Итоги науки и техники. Сер. Физиология растений. Т. 6).
29. LeBel C. P., Ischiropoulos H., Bondy S. C. // *Chem. Res. Toxicol*. 1992. V. 9, № 6. P. 304–307.
30. Mohanty J. G. // *J. Immunol Methods*. 1997. V. 202, N 2. P.133–141.
31. Rios-Gonzales K., Erdei L., Lips S. H. // *Plant Sci*. 2002. V. 162, № 6. P. 923–930.
32. Protein measurement with the Folin phenol reagent / Lowry O.H. [et al.]. // *J. Biol. Chem*. 1951. V. 193. P. 265–275.
33. Nakano Y., Asada K. // *Plant Cell Physiol*. 1981. V. 22. P. 867–880.
34. Мечикова Г.Я., Степанова Т.А., Загузова Е.В. // *Химико-фармацевтический журнал*. 2007. Т. 41. № 2.С. 38
35. Heath R.L., Packer L. // *Arch. Bioch. Biophys*. 1968. V. 126. P.189–198.

Л. Ф. КАБАШНИКОВА, Г. Е. САВЧЕНКО, Л. М. АБРАМЧИК,
И. Н. ДОМАНСКАЯ, Т. Н. ВИКС, Л. В. ПАШКЕВИЧ, Т. С. ПИЛИПОВИЧ,
Ю. Н. ДОВБНЮК, С. Н. ШПИЛЕВСКИЙ, А. В. МАРТЫСЮК
**СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ХЛОРОПЛАСТОВ
В СВЯЗИ С ФОРМИРОВАНИЕМ ИММУННОГО ОТВЕТА ПРИ
ИНФИЦИРОВАНИИ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ГРИБНЫМ
ПАТОГЕНОМ *BIPOLARIS SOROKINIANA***

Резюме

Исследовали влияние *Bipolaris sorokiniana* Sacc. (Shoem.) на 1) инфицированные развивающиеся на свету, и 2) инфицированные в темноте на стадии этиоляции, а затем зеленющие проростки ярового ячменя сорта Магутны. Ответные реакции на грибное заражение в тканях листа, содержащих хлоропласты или этиохлоропласты, различались влиянием на нефотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла, общее содержание активных форм кислорода, полифенолов и уровень активности перекисного окисления липидов, который положительно коррелировал с изменением содержания хлорофиллов в довольно широком диапазоне концентраций ($r = 0,83$).

L. F. KABASHNIKOVA, G. E. SAVCHENKO, L. M. ABRAMCHIK,
I. N. DOMANSKAYA, T. N. VIKS, L. V. PASHKEWICH, T.S. PILIPOVICH,
YU. N. DAUBNIUK, S. N. SHPILEVSKI, H. V. MARTYSIUK
**EFFECT OF THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL STATE OF
CHLOROPLASTS ON THE FORMATION OF AN IMMUNE RESPONSE
UPON THE INFECTION OF SEEDLINGS OF SPRING BARLEY
BY THE FUNGUS PATHOGEN *BIPOLARIS SOROKINIANA***

Summary

The effect of infection with *Bipolaris sorokiniana* Sacc. (Shoem.) was investigated in seedlings of Magutny barley, which have been a) infected and developing in the light and b) infected in the dark at the etiolation stage, followed by greening of etiolated seedlings. Responses to fungal contamination in leaf tissues containing chloroplasts or ethyochloroplasts varied in their effect on non-photochemical chlorophyll fluorescence, the total content of reactive oxygen forms and polyphenols, as well as on the level of peroxide oxidation of lipids. The latter positively correlated with the change in chlorophyll content in a fairly wide range of concentrations ($r = 0,83$).

Поступила в редакцию 17.11.2020 г.

О. В. МОЛЧАН¹, Е. Н. ЕРМОЛА², А. С. КУРНУШКО¹,
Т. Н. КУДЕЛИНА¹, В. П. ГОЛУБОВИЧ²

**ВЛИЯНИЕ ФУЛЛЕРЕНА И КОМПЛЕКСА ФУЛЛЕРЕН-ХИТОЗАН
НА РОСТ ПРОРОСТКОВ ЯЧМЕНЯ
В ПРИСУТСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

¹*Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси*

²*Институт биоорганической химии НАН Беларуси*

Введение. Активно разрабатываемым направлением применения углеродных наночастиц, в том числе фуллеренов, сегодня является их использование в качестве сорбентов [1]. Из-за формы и потенциала для функционализации, в том числе возможности иммобилизации различных молекул, фуллерены представляют собой перспективные наноразмерные носители лекарственных средств, могут снижать эффекты некоторых опасных токсинов, сорбируют антибиотики и органические загрязнители [1]. Показано, что адсорбционная способность углеродных наноматериалов по отношению к токсинам, свинцу и меди (III) выше, чем у активированного угля [1]. Значительные преимущества углеродных наночастиц для использования в качестве сорбентов обеспечивают их большая площадь поверхности, механическая и термическая стабильность и потенциальные антибактериальные свойства. Такое применение наночастиц представляется чрезвычайно важным в контексте устойчивого сельского хозяйства и необходимости предотвращения загрязнения окружающей среды.

Хорошо известно, что в течение последних десятилетий накопление потенциально токсичных тяжелых металлов в почве и воде в результате урбанизации и индустриализации стало глобальной экологической угрозой [2]. Одним из самых распространенных и опасных тяжелых металлов является кадмий, относящийся к первому классу опасности [3]. Еще одним тяжелым металлом является барий. Избыток бария в сельскохозяйственных культурах может спровоцировать фосфорное голодание клеток, а это отражается на образовании репродуктивных органов. Под действием бария замедляется развитие и задерживается созревание семян, что обуславливает снижение количественных и качественных показателей урожайности [4]. Повышенное содержание тяжелых металлов может представлять огромные риски для экосистем и здоровья людей и представляет серьезную мировую проблему.

В целях совершенствования стратегий устранения загрязняющих веществ или снижения их биодоступности сегодня необходимо повышать эффективность традиционных методов или внедрять инновационные подходы. Этому могут в значительной степени способствовать нанотехнологии, особенно на основе углеродных наноматериалов. Дополнительные сорбирующие свойства может обеспечить функционализация наночастиц хитозаном. Хитозан является универсальным сорбентом,

способным связывать огромный спектр веществ органической и неорганической природы. Первичные аминогруппы хитозана либо его комплексов по эффективности связывания ионов тяжелых металлов и радионуклидов в десятки раз превосходят ионообменные смолы [5]. Хитозан обладает антибактериальными, противогрибковыми и противовирусными свойствами. В настоящее время создано достаточно большое количество сорбентов на основе хитозана и его модификаций с различным спектром использования.

Таким образом, в настоящее время актуальной является разработка разнообразных систем фильтрации водных растворов с использованием сорбентов на основе углеродных наночастиц и их функционализированных производных. При этом важно, чтобы используемые наноматериалы, проявляя высокие сорбционные показатели оставались нетоксичными, в том числе для растений. Поэтому практическое внедрение таких разработок сдерживается недостатком данных о влиянии фуллеренов и их производных на растения.

Целью данной работы было получение комплекса фуллерен-хитозан и исследование влияния фуллерена и фуллерен-хитозана на физиолого-биохимические параметры проростков ячменя при их выращивании в присутствии солей тяжелых металлов – кадмия и бария.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являлись проростки ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Якуб. Семена проращивали согласно ГОСТ [6]. В возрасте 3 сут (фаза прорастания семян) растения переносили в специальные пластиковые контейнеры. Далее проростки выращивали в водной культуре в присутствии солей кадмия (CdCl_2) или бария ($\text{BaCl}_2 \times \text{H}_2\text{O}$) в концентрации 5 мг/л (в пересчете на металл) с периодической аэрацией корнеобитаемой среды при люминесцентном освещении (плотности потока фотонов $100 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, фотопериод 16 ч) и температуре $23 \pm 1^\circ\text{C}$. Фуллерен C60 (50 мг/л) производства НПК «Нео-ТекПродакт» (г. Санкт-Петербург) или синтезированный фуллерен-хитозан (50 мг/л) добавляли в среду культивирования непосредственно перед высадкой проростков.

В 1-м листе на 11 сутки оценивали содержание хлорофилла, флавонолов и индекса азотного баланса (NBI) с помощью неdestructивного оптического сенсора Dualex (FORCE-A, Orsay, Франция) [7]. Также определяли относительное содержание воды (OCB) и сухую массу надземной части 11 дневных проростков.

Использовали не менее 30 растений для каждого варианта эксперимента в трех биологических повторностях. Для обработки полученных результатов применяли стандартные методы вариационной статистики. Данные приведены как среднее арифметическое ($\bar{x}$) $\pm$ ошибка средней величины ($S_{\bar{x}}$) [8]. Различия средних показателей считали достоверными при $P < 0,05$ [8].

Результаты и их обсуждение. На первом этапе работы был проведен модельный синтез комплекса фуллерен-хитозан. Синтез был осуществлен в две стадии. На первой стадии фуллерен был модифицирован

ϵ -аминокапроновой кислотой. В ходе второй стадии хитозан был присоединен по карбоксильной группе ϵ -аминокапроновой кислоты карбодиимидным методом (рис. 1), проведены оптимизация схемы синтеза комплекса фуллерен-хитозан и определены оптимальные соотношения компонентов в комплексе фуллерен-хитозан. После чего было наработано необходимое количество фуллерен-хитозана для оценки физико-химических свойств, а также биологической и сорбционной активности препарата. Установлено, что комплекс обладает высокой гигроскопичностью ввиду того, что в молекуле содержится много amino- и гидроксильных групп. Под воздействием термодинамических факторов соединение можно считать неустойчивым. Под влиянием времени может начаться спонтанный гидролиз, гидролиз могут также инициировать ферменты растений, микроорганизмов.

Полученный комплекс фуллерен-хитозан может удерживать в своей структуре растворитель, а также растворенные в нём вещества. Высокие сорбционные свойства комплекса фуллерен-хитозан применительно к водным растворам, определяются в первую очередь кластерной природой фуллерена, наличием большого числа аминогрупп и водородных связей в хитозане и способностью к комплексообразованию обоих компонентов. Хитозан – аминсахар, производное линейного полисахарида, макромолекулы которого состоят из случайно связанных β -(1-4) D-глюкозаминных звеньев и N-ацетил-D-глюкозамина. Наличие в молекуле хитозана большого количества свободных аминогрупп, позволяет ему связывать ионы водорода и приобретать избыточный положительный заряд. Отсюда вытекает свойство фуллерен-хитозана, как хорошего анионита. Также большим содержанием аминогрупп объясняется способность фуллерен-хитозана образовывать хелатные комплексы и, соответственно, связывать и прочно удерживать ионы различных металлов (в том числе и тяжелых). Т.е, в принципе, полученный комплекс способен сорбировать ионы тяжелых металлов, остатки пестицидов органической природы, различные анионы, используемые при гидропонных методах выращивания растений и др.

Особый интерес представляла оценка влияния фуллерена и синтезированного комплекса фуллерен-хитозан на физиологическое состояние проростка, особенно накопление биомассы и параметры водного обмена. Недостаток воды в начале вегетативного развития культур – наиболее существенный фактор, лимитирующий рост, а на последующих стадиях – и урожай.

В экспериментах с использованием фуллерена и фуллерен-хитозана было показано, что, как и следовало ожидать, наиболее выраженное ингибирование роста проростков вызывало добавление хлорида кадмия. Известно, что действие тяжелых металлов негативно сказывается на росте и развитии растений. Так, и в наших экспериментах было показано значительное, почти на 50 %, снижение сухой массы проростков под влиянием кадмия (рис. 2). В то же время достоверных изменений роста проростков при действии соли бария отмечено не было (рис. 2). Физи-

ологическая роль бария в растениях изучена мало. Существует мнение, что этот элемент не является жизненно важным, хотя и встречается во всех органах растений. Также барий входит в состав клеточных мембран и высокоактивных комплексных соединений, которые участвуют в обмене веществ в растениях. При этом, симптомы избытка бария проявляются в резком замедлении роста растения и снижении содержания хлорофилла вначале на кромке, а затем на всей пластине листка [4].

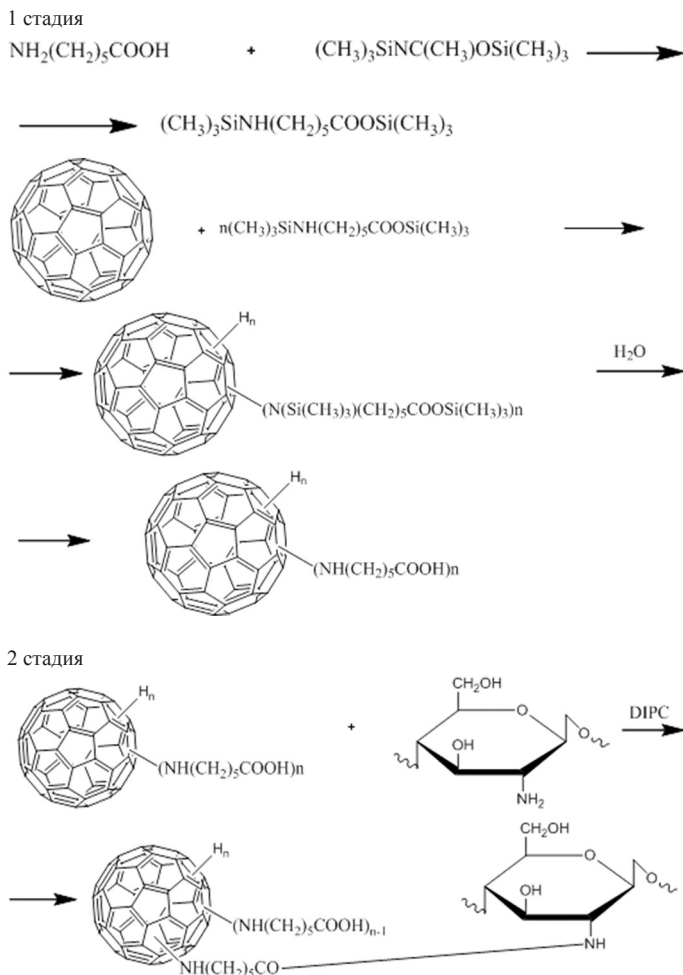


Рис. 1. Схема синтеза комплекса фуллерен-хитозан.

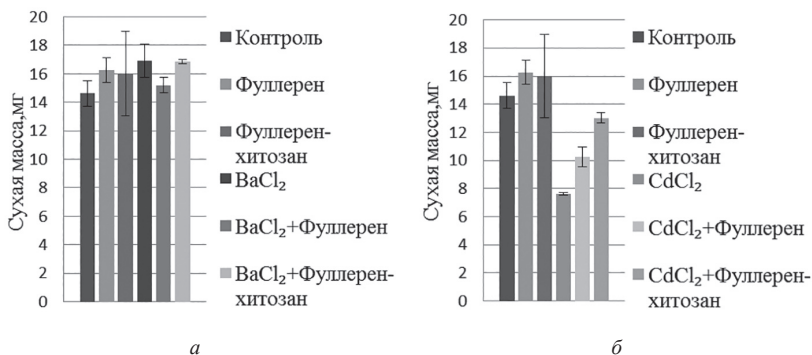


Рис. 2. Влияние фуллерена и комплекса фуллерен-хитозан на сухую массу надземной части проростка ячменя в присутствии $BaCl_2$ (а) и $CdCl_2$ (б).

Но особенный интерес представляло обнаружение эффектов наночастиц. Так, в контроле и при добавлении бария в среду культивирования значимого влияния на сухую массу проростка выявлено не было ни для фуллерена, ни для фуллерен-хитозана. В то же время, и фуллерен, и фуллерен-хитозан стимулировали накопление сухой массы в присутствии кадмия (рис. 16). Особенно эффективным было действие комплекса фуллерен-хитозан: исследуемый показатель повышался на 40%, т. е. почти до уровня контроля. Наблюдаемые эффекты, скорее всего, свидетельствуют о сорбции ионов кадмия фуллереном и, особенно, фуллерен-хитозаном.

Также установлено ингибирующее действие кадмия на относительное содержание воды в листьях проростков (рис. 3). Относительное содержание воды по сравнению с контролем у растений под действием кадмия снизилось на 10–15 %. Это может быть связано с тем, что при повышении содержания тяжелых металлов в окружающей среде происходит уменьшением числа и диаметра сосудов ксилемы и ситовидных трубок флоэмы. Барий практически не оказывал влияния на оводненность ткани и достоверных эффектов наночастиц в его присутствии тоже не выявлено. Фуллерен и фуллерен-хитозан увеличивали содержание воды на 5–15%. Действие фуллерен-хитозана было выражено сильнее (рис. 3).

Одна из причин торможения роста растений, произрастающих в присутствии кадмия, – резкое снижение интенсивности фотосинтеза. В частности, при действии кадмия изменяется структура внешней мембраны хлоропластов, а также мембран тилакоидов. Кадмий снижает или даже полностью ингибирует транспорт электронов и протонов на уровне пластохинона при переходе электронов от ФС II к ФС I [9]. В нашей работе также было установлено, что в присутствии хлорида кадмия в среде несколько уменьшалось содержание хлорофилла в листе проростка (рис. 4). Действие фуллерена и фуллерен-хитозана вызывало положительный эффект, увеличивая содержание фотосинтетических пигментов почти на 20% (рис. 4). В то же время, не было показано ни стимулирующего, ни ингибирующего действия тестируемых наночастиц в контрольных и обработанных барием проростков.

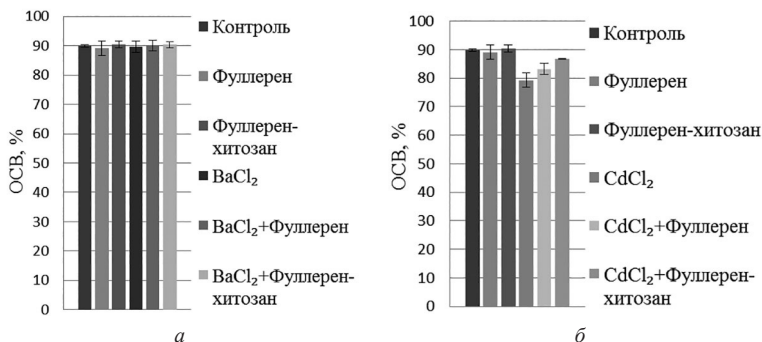


Рис. 3. Влияние фуллерена и комплекса фуллерен-хитозан на относительное содержание воды в листьях проростков ячменя в присутствии BaCl₂ (а) и CdCl₂ (б).

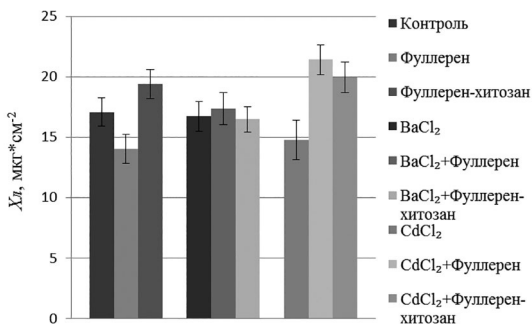


Рис. 4. Влияние фуллерена и комплекса фуллерен-хитозан на содержание хлорофилла в эпидермисе листа проростков ячменя в присутствии CdCl₂ и BaCl₂.

Известно, что Cd-стресс часто вызывает значительное ингибирование активности ферментов нитратредуктазы и нитритредуктазы, что ведет к снижению ассимиляции азота в растениях. Однако в нашем эксперименте добавление кадмия или бария достоверно не снижало индекс азотного баланса проростков. Тем не менее, при добавлении фуллерена и фуллерен-хитозана на фоне кадмия данный параметр был существенно повышен (рис. 5).

Также было показано, что только в присутствии кадмия снижалось содержание флаванолов (на 5–7%) по сравнению с контролем. Но при этом действие фуллерена и фуллерен-хитозана не приводило к восстановлению способности накапливать данные метаболиты (рис. 6). Влияния фуллерена и комплекса фуллерен-хитозан на содержание флаванолов в эпидермисе листа проростка ячменя в контроле и в присутствии BaCl₂ также обнаружено не было.

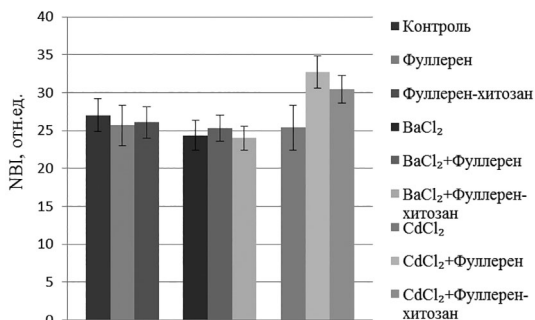


Рис. 5. Влияние фуллерена и комплекса фуллерен-хитозан на индекс азотного баланса (NBI) листа проростка ячменя в присутствии CdCl_2 и BaCl_2 .

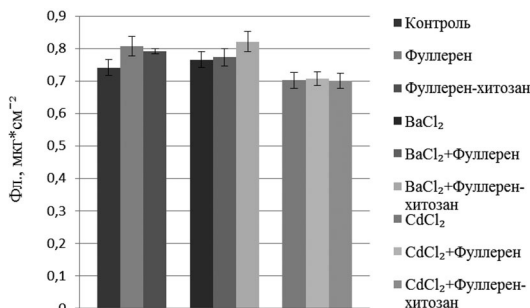


Рис. 6. Влияние фуллерена и комплекса фуллерен-хитозан на содержание флавонолов в эпидермисе листа проростка ячменя в присутствии CdCl_2 и BaCl_2 .

Таким образом, было установлено, что фуллерен и фуллерен-хитозан на такие параметры как сухая масса, относительное содержание воды, хлорофилла, флавонолов и индекса азотного баланса в листьях проростков не оказывали заметного влияния ни в контроле, ни в присутствии хлорида бария. Собственно ингибирующего действия хлорида бария в концентрации 5 мг/л также не обнаружено. В то же время, добавление 5 мг/л кадмия приводило к ингибированию ростовой активности проростков ячменя и значимому снижению большинства параметров, определяющих физиологическое состояние растений. На фоне ингибирующего действия кадмия показаны положительные эффекты углеродных наночастиц – фуллерена и фуллерен-хитозана – на физиолого-биохимические параметры проростков. Особенно эффективным было действие комплекса фуллерен-хитозан. Наблюдаемые эффекты, скорее всего, свидетельствуют о сорбции ионов кадмия фуллереном и, особенно, фуллерен-хитозаном.

Благодарность. Работа выполнена при поддержке гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № Б19М-ЛДГ-007.

Литература

1. Zaytseva O., Neumann G. Carbon nanomaterials: production, impact on plant development, agricultural and environmental applications // Chem. Biol. Technol. Agric. 2016. P. 3–17.
2. Башкин В.Н., Касимов Н.С. *Биогеохимия*. М.: Научный мир; 2004
3. Титов А. Ф., Таланова В. В. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам // Учебное пособие. – Петрозаводск. 2011. С. 197.
4. Кашин В. К. Барий в компонентах ландшафтов западного забайкалья// Институт общей и экспериментальной биологии. Почвоведение, 2015, № 10. С. 1242–1253
5. Majeti N.V., Kumar R.A Review of chitin and chitosan. Reactive and Functional Polymers, (2000). Vol. 46, P. 1–27.
6. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: ГОСТ 12038-84. // 01.07.86. М. 1985. С. 5–9.
7. Cerovic, Z. G., Masdoumier, G., Ghazlen, N. B., Latouche, G. A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids // Physiol. Plant. 2012. Vol. 146, N. 3. P. 251–260.
8. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. Минск: Выш. шк., 1973. 320 с.
9. Казнина Н. М. Физиолого-биохимические и молекулярно-генетические механизмы устойчивости растений семейства роасеае к тяжелым металлам/ Н. М Казнина. – Петрозаводск: Карельский институт биологии. 2016. С. 358.

О. В. МОЛЧАН, Е. Н. ЕРМОЛА, А. С. КУРНУШКО,
Т. Н. КУДЕЛИНА, В. П. ГОЛУБОВИЧ

ВЛИЯНИЕ ФУЛЛЕРЕНА И КОМПЛЕКСА ФУЛЛЕРЕН-ХИТОЗАН НА РОСТ ПРОРОСТКОВ ЯЧМЕНЯ В ПРИСУТСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Резюме

Был получен комплекс фуллерен-хитозан и исследовано влияние фуллерена и фуллерен-хитозана на физиолого-биохимические параметры проростков ячменя при их выращивании в присутствии солей тяжелых металлов – кадмия и бария. Оценивали сухую массу надземной части, относительное содержание воды, содержание хлорофилла, флавонолов и индекса азотного баланса (NBI) 11 дневных проростков. Было установлено, что фуллерен и фуллерен-хитозан на такие параметры как сухая масса, относительное содержание воды, хлорофилла, флавонолов и индекса азотного баланса в листьях проростков не оказывали заметного влияния ни в контроле, ни в присутствии хлорида бария. В то же время, добавление 5 мг/л кадмия приводило к ингибированию ростовой активности проростков и значимому снижению большинства параметров, определяющих физиологическое состояние растений. На фоне ингибирующего действия кадмия показаны положительные эффекты углеродных

наночастиц – фуллерена и фуллерен-хитозана – на физиолого-биохимические параметры проростков. Особенно эффективным было действие комплекса фуллерен-хитозан. Наблюдаемые эффекты, скорее всего, свидетельствуют о сорбции ионов кадмия фуллереном и, особенно, фуллерен-хитозаном.

O. V. MOLCHAN, E. N. ERMOLA, A. S. KURNUSHKO,
T. N. KUDELINA, V. P. GOLUBOVICH
**INFLUENCE OF FULLERENE AND FULLERENE-CHITOSAN COMPLEX
ON THE GROWTH OF BARLEY IN THE PRESENCE OF HEAVY METALS**

Summary

A fullerene-chitosan complex was synthesized. It was studied the effect of fullerene and fullerene-chitosan on the physiological and biochemical parameters of barley seedlings when grown in the presence of heavy metal salts - cadmium and barium. The dry weight, the relative water content, the content of chlorophyll, flavonols, and the nitrogen balance index (NBI) of 11 day old seedlings were evaluated. It was found that fullerene and fullerene-chitosan did not significantly affect on these parameters in seedling leaves either in the control or in the presence of barium chloride. At the same time, the addition of 5 mg / L cadmium led to inhibition of the seedlings growth activity and a significant decrease in most of the physiological parameters. Against the background of the inhibitory effect of cadmium, the positive effects of carbon nanoparticles such as fullerene and fullerene-chitosan on the physiological and biochemical parameters are shown. The fullerene-chitosan complex was especially effective. The observed effects most likely indicate the sorption of cadmium ions by fullerene and, especially, fullerene-chitosan.

Поступила в редакцию 08.12.2020 г.

Е. Л. НЕДВЕДЬ¹, Ж. Н. КАЛАЦКАЯ¹, В. В. МИНКОВА¹,
И. А. ОВЧИННИКОВ¹, К. С. ГИЛЕВСКАЯ², В. И. КУЛИКОВСКАЯ²,
А. Н. КРАСКОВСКИЙ², Н. А. ЛАМАН¹

**АКТИВНОСТЬ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ
И ИХ ИНГИБИТОРОВ В ПРОРОСТКАХ ОГУРЦА
ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН СМЕСЯМИ ХИТОЗАНА
С ОКСИКОРИЧНЫМИ КИСЛОТАМИ**

¹*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

²*Институт химии новых материалов
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. Использование в сельском хозяйстве экологически безопасных средств защиты растений и стимуляторов роста становится все более актуальным. Перспективна также разработка эффективных иммуномодуляторов растений на основе природного полисахарида хитозана и его производных. Хитозан представляет собой полимер, в котором содержатся звенья глюкозамина и ацетилглюкозамина. При этом, в виду специфичности получения хитозана из разнообразных источников, для него характерна структурная неоднородность по многим параметрам. Результаты, полученные разными авторами, свидетельствуют о том, что биоцидная (антибактериальная, антигрибная) и элиситорная активности хитозана определяются его структурными и молекулярными параметрами, к которым относятся молекулярная масса, количественное соотношение ацетилированных и деацетилированных звеньев, а также характер их расположения вдоль полимерной цепи [1–2]. Установлено, что биоцидную активность хитозана определяет его поликатионная природа и способность связываться с отрицательно заряженными поверхностными компонентами клеток [2], тогда как элиситорная активность – количеством ацетилированных звеньев хитозана, степенью их полимеризации, которые отвечают за связывание полимера со специфическими растительными рецепторами [3–6]. Помимо вышеперечисленных свойств хитозан является и хорошим пленкообразователем, в связи с чем, активно используется для предпосевной обработки семян и посадочного материала. В настоящее время многочисленные исследования направлены на разработку препаратов на основе хитозана и повышение их биологической эффективности путем включения в состав физиологически активных соединений, таких как салициловая, кремниевая, арахидоновая, глутаминовая, янтарная кислоты. [7]. Оксикоричные кислоты являются предшественниками большинства фенольных соединений, которые регулируют защитные ответы растений. Являясь эндогенными метаболитами вторичного метаболизма, оксикоричные кислоты могут выступать не только в качестве субстратов и продуктов ферментативных реакций, но и служить регуляторами сигнальных путей и модуляторами функций как отдельных молекул, так и биохимических каскадов.

Важную роль в обмене веществ и защитно-адаптационных процессах растений играют протеолитические ферменты. Они контролируют концентрацию белков и пептидов, участвуют в модификации и удалении биополимеров, не выполняющих необходимые организму функции, обеспечивают клетку мономерными субстратами для синтеза стрессовых белков [8, 9]. Особую роль в защите растений от действия неблагоприятных факторов играют ингибиторы протеолитических ферментов. Изменение активности протеиназно-ингибиторной системы в тканях растений является неспецифической ответной реакцией на действие стрессовых факторов биотической и абиотической природы и может служить одним из механизмов повышения их устойчивости [10–12]. В то же время существует возможность регуляции активности (содержания) данных соединений путем экзогенных воздействий, в том числе в результате обработки растений индукторами устойчивости [13] для повышения резистентности растений к стрессорам различной природы.

Целью данного исследования явилось изучение активности протеиназ и их ингибиторов в проростках растений огурца при инкрустации семян смесями на основе хитозана и оксикоричных кислот.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования служили растения (*Cucumis sativus* L.), сорт «Малышок». Инкрустирование семян смесями проводили способом, описанным в [14], с небольшими модификациями. Контролем служили необработанные семена. Ростстимулирующую активность хитозанов, оксикоричных кислот и их смесей оценивали у 7-дневных растений огурца, выращенных рулонным способом в условиях искусственного освещения с интенсивностью 4 тыс. люкс, фотопериод: 14 ч – свет, 10 ч – темнота. Энергию прорастания и всхожесть семян огурца определяли согласно ГОСТу [15]. Протеолитическую активность определяли в 4-дневных проростках огурца, выращенных в чашках Петри, в качестве субстратов для определения активности кислых протеиназ использовали 0,5%-ный гемоглобин на основе фосфатного буфера, pH 3,0. При определении активности нейтральных и щелочных протеиназ использовали 1%-ный казеин в фосфатном буфере (pH 7,0 и 8,0). Активность протеиназ выражали в условных единицах / г сырой массы / час [16]. Ингибиторную активность оценивали по подавлению активности трипсина [17]. В работе использовали хитозаны с молекулярной массой 30 кДа (степень деацетилирования 98,3%, Glentham life sciences), 250 кДа (степень деацетилирования 98,5%, Glentham life sciences) и 1200 кДа (степень деацетилирования 89,0%,), феруловую и кофейную кислоты (Sigma Aldrich) Статистическую обработку данных проводили по [18]. На диаграммах приведены средние арифметические значения по трем независимым экспериментам и их стандартные ошибки.

Результаты и их обсуждение. На начальном этапе оценивали влияние различных концентраций оксикоричных кислот (феруловая или кофейная кислоты) в диапазоне 0,1–100 мМ, хитозанов с молекулярной массой 30 кДа, 250 кДа, 1200 кДа, а также их смесей на прорастание семян и биометрические показатели проростков. Проведенные исследова-

ния показали положительное влияние на ростовые показатели феруловой (ФРК) и кофейной кислот (КФК) в концентрации 10 μM (данные не приводятся). Для инкрустации семян огурца использовали 1%-ные растворы хитозанов с различной молекулярной массой. Внешний вид проинкрустированных семян представлен на рис.1. Равномерность обволакивания оценивали при нанесении на семена водных растворов хитозанов, содержащих краситель кармуазин (пищевая добавка E122). Показано, что раствор хитозана с молекулярной массой 1200 кДа обладает высокими вязкостными свойствами, в связи с чем затруднялось его нанесение и равномерное распределение по поверхности семян (рис.2).

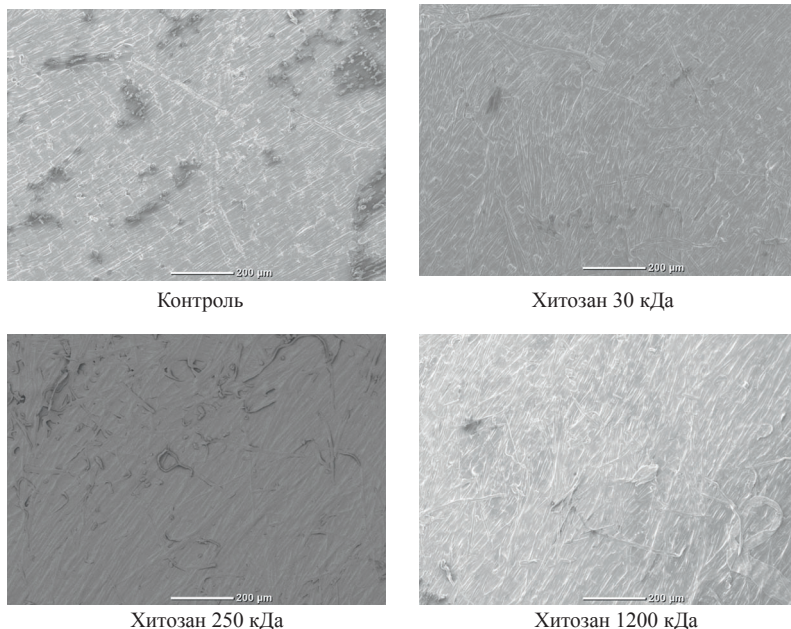


Рис. 1. Микрофотографии семенных оболочек огурца при инкрустации хитозанами с различной молекулярной массой, полученные на сканирующем электронном микроскопе JEOL JCM-6000Plus (контроль – необработанные семена огурца).

Анализ влияния хитозанов различной молекулярной массы на прорастание семян показал, что в случае использования в качестве пленкообразователя соединения с молекулярной массой 1200 кДа отмечалось снижение всхожести по сравнению с контролем (рис. 3).



Рис. 2. Внешний вид семян огурца при инкрустации водными растворами хитозанов с различной молекулярной массой, содержащих краситель кармуазин.

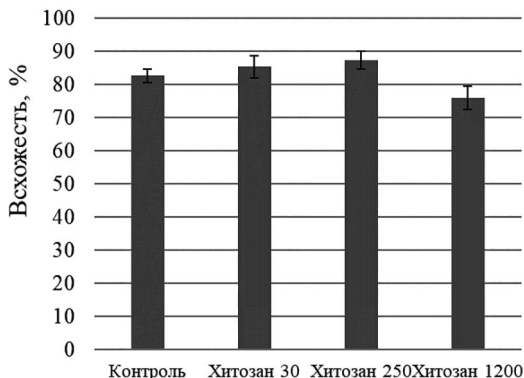


Рис. 3. Влияние хитозанов различной молекулярной массы на всхожесть семян огурца.

При добавлении в инкрустирующие смеси ФРК и КФК в концентрации 10 μM наиболее эффективными оказались составы с использованием хитозана 30 кДа – Х30. В случае инкрустации семян огурца комбинациями Х30 с оксикоричными кислотами отмечалась тенденция к увеличению у 7-дневных проростков ряда биометрических показателей, таких как масса корней, длина корней и побега. При инкрустации семян Х250+ФРК и Х250+КФК отмечалась тенденция к снижению длины корней и побега, а также массы побега (рис. 4). В связи с чем, в дальнейшем, использовали инкрустирующие составы на основе Х30 и оксикоричных кислот (ФРК и КФК).

Обработка семян составами на основе Х30 и оксикоричных кислот приводила к изменению в 4-х дневных проростках общей активности кислых, нейтральных и щелочных протеиназ. Для кислых протеиназ наибольшее ингибирование активности наблюдалось в вариантах КФК, Х30 и Х30+КФК – на 27%, 20% и 16% относительно контроля соответственно. Активность нейтральных протеиназ снижалась на 21% по сравнению с контрольными проростками в варианте КФК, в случае щелочных протеаз падение активности отмечали при обработке семян смесью КФК и Х30 – на 23% и 15% относительно контроля (рис. 5). Таким образом, инкрустация семян огурца хитозаном с молекулярной массой 30 кДа или

КФК отдельно и в смеси приводила к снижению активности протеиназ. Обработка семян ФРК отдельно или в смеси с хитозаном существенно не влияла на активность протеолитических ферментов.

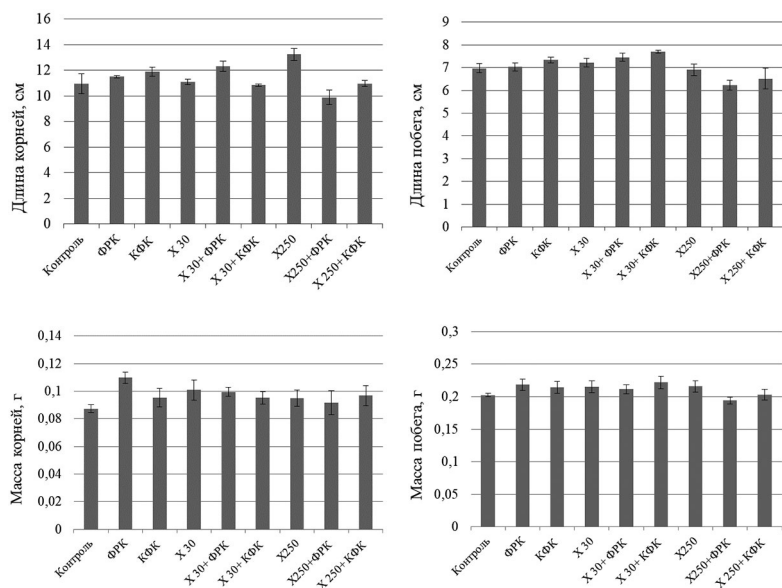


Рис. 4. Влияние составов на основе хитозанов и оксикоричных кислот на биометрические показатели 7-дневных проростков огурца.

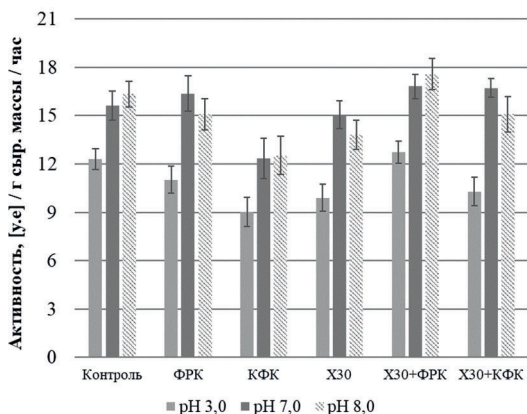


Рис. 5. Влияние составов на основе хитозана с молекулярной массой 30 кДа и оксикоричных кислот на активность протеиназ в 4-дневных проростках огурца.

Необходимо отметить, что активность кислых протеиназ в контрольных растениях была ниже активности нейтральных и щелочных форм этих ферментов, данная тенденция сохранялась и в случае обработки семян огурца всеми изучаемыми инкрустирующими составами.

Один из способов регуляции активности протеолитических ферментов в растениях реализуется с участием белков-ингибиторов, способных обратимо связывать ферменты в неактивные комплексы. Анализ изменения активности ингибиторов протеолитических ферментов в проростках огурца показал, что в случае инкрустации семян оксикоричными кислотами отмечается возрастание активности в среднем на 30%, а при применении их комбинаций с Х30 на 23% относительно контроля. При обработке Х30 активность соответствовала уровню контрольных растений (рис. 6).

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что оксикоричные кислоты отдельно или в составе инкрустирующей смеси на основе хитозана, вероятно, могут выступать сигнальными соединениями, способствующими повышению активности ингибиторов протеаз в проростках огурца.

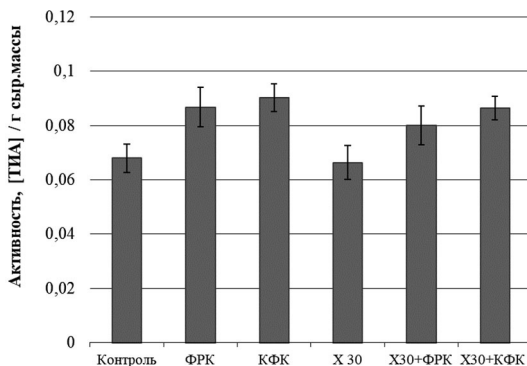


Рис. 6. Влияние составов на основе хитозана с молекулярной массой 30 кДа и оксикоричных кислот на активность ингибиторов протеиназ в 4-дневных проростках огурца.

Направленное изменение баланса активности протеиназ и их ингибиторов в растительных тканях является одним из механизмов повышения их устойчивости и может быть достигнуто путем применения препаратов, приводящих к длительной индукции синтеза ингибиторов протеиназ в растениях. В работе [19] показано, что использование хитозанов с молекулярной массой 5, 24 и 200 кДа индуцировало в клубнях картофеля образование ингибиторов протеаз, при этом максимальный эффект достигался в случае действия самого низкомолекулярного образца. Применение экзогенных абсцизовой и жасмоновой кислот приводило к увеличению активности ингибиторов химотрипсина и трипсина,

соответственно, в листьях ячменя [20]. Обработка проростков озимой пшеницы растворами салициловой кислоты сопровождалась увеличением активности ингибитора трипсина и изменением активности протеиназ [21, 22].

В случае обработки семян огурца составами на основе хитозана и оксикоричных кислот наблюдалось повышение активности ингибиторов протеиназ. Индукция активности ингибитора трипсина под влиянием оксикоричных кислот в проростках огурца может, с одной стороны, являться следствием слабого химического стресса, а с другой – указывать на включение длительных антистрессовых программ устойчивости к возможным неблагоприятным воздействиям. В этой связи представляется интересным изучение особенностей ответных реакций растений огурца при обработке семян биополимерами на основе хитозана и оксикоричных кислот при действии стрессового фактора.

Закключение. В результате проведенных исследований выявлены эффективные составы для обработки семян огурца на основе биополимера хитозана с молекулярной массой 30 кДа и оксикоричных кислот – феруловой или кофейной в концентрации 10 мМ, ускоряющих прорастание в лабораторных условиях. В 4-х дневных проростках огурца из обработанных семян наблюдалось повышение активности ингибиторов протеиназ, а также снижение или отсутствие изменений протеолитической активности. Такое состояние протеазно-ингибиторной системы при инкрустации семян составами на основе хитозана и оксикоричных кислот может свидетельствовать о повышении неспецифической устойчивости проростков огурца и способствовать в дальнейшем развитию адаптивных реакций у растений на возможное действие стрессовых факторов различной природы.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского Республиканского Фонда Фундаментальных исследований, грант № Б19-020.

Литература

1. Попова Э.В., Домнина Н.С., Коваленко Н.М., Борисова Е.А., Колесникова, Тютюрев С.Л. // Вестник защиты растений. 2017. Т. 3, № 93. С. 28–33.
2. Куликов С.Н., Хайруллин Р.З. Антибактериальная и антимикотическая активность хитозана: механизм действия и роль структуры. Хитозан. М.: «Центр Биоинженерия» РАН. 2013. С. 363–407.
3. Тютюрев С.Л. Природные и синтетические индукторы устойчивости растений к болезням. СПб.: 2014. 212 с.
4. С. Н. Куликов, Ю.А. Тюрин, Д.А. Долбин, Р.З. Хайруллин // Вест. Казан. технол. ун-та. 2007, № 6. С. 10–15.
5. Куликов С.Н., Варламов. В.П. // Учен. зап. казан. гос. у-та, Естественные науки. 2008. Т. 150, кн. 2. С. 43–58.
6. Васюкова Н. И., Герасимова Н.Г., Чаленко Г.И., Озерецковская О.Л. // Прикл. биохимия и микробиол. 2012. Т. 48, № 1. С. 109–110.

7. Соколов Ю.А. Элиситоры и их применение в растениеводстве. Мн.: «Беларуская навука», 2016. 201 с.
8. Тарчевский И.А. Метаболизм растений при стрессе. Казань: Фэн, 2001. 448 с.
9. Алелькина С.А., Никитина В.Е / Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т.18, №1. – С. 5–11.
10. Молодченкова О.О., Адамовская В.Г // Вісник Харківського Національного Аграрного Університету. Серія Біологія 2015. Т.2, № 35. С. 26 – 42.
11. Домаш В.И., Шарпио Т.П., Забрейко С.А., Сосновская Т.Ф. // Биоорганическая химия. 2008. Т. 34, № 3. С. 353–357.
12. Мосолов В.В., Валуева Т.А. // Прикладная биохимия и микробиология. 2005. Т. 41. №3. С. 261–282.
13. Яруллина А.Р., Яруллина Л.Г, Ахатова А.Р., Касимова Р.И // Физиология растений, 2016. Т. 63, № 2. С. 205–217.
14. Кабашникова Л.Ф. Способ ранней диагностики эффективности многокомпонентных капсулирующих составов для обработки семян Методические указания. Мн., 2003. 31с.
15. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038-84, введ. 01.07.86 до 01.07.91. М. : Изд-во стандартов, 1985. 55 с.
16. Методы биохимического исследования растений. Изд. 2-е под ред. А.И. Ермакова, 1972. С. 79–80.
17. Методы биохимического исследования растений. Изд. 3-е под ред. А.И. Ермакова, 1987. С. 76–80.
18. Grantz, S. A. Primer of Biostatistics / S. A. Grantz. – 7th ed. – New York: McGraw-Hill, 2011. 320 p.
19. Васюкова Н.И., Зиновьева С.В., Ильинская Л.И // Прикл.биохим. и микробиол. – 2001. Т.37, № 1. С.115–122.
20. Casaretto J., Ho T.H // Plant Cell. 2003. Vol. 15. P.271–284.
21. Вовчук С.В., Адамовская В.Г., Левицкий А.П., Молодченкова О.О. // Физиология и биохимия культ. растений. 1997. Т. 29, № 5. С. 363–369.
22. Lawton K., Weyman K, Friedrich L., Vernooij B., Uknes S., Ryals J // Mol. Plant-Microbe Interact. 1995. Vol. 8, № 6. P. 863–870.

Е. Л. НЕДВЕДЬ, Ж. Н. КАЛАЦКАЯ, В. В. МИНКОВА,
И. А. ОВЧИННИКОВ, К. С. ГИЛЕВСКАЯ, В. И. КУЛИКОВСКАЯ,
А. Н. КРАСКОВСКИЙ, Н. А. ЛАМАН

**АКТИВНОСТЬ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ И ИХ
ИНГИБИТОРОВ В ПРОРОСТКАХ ОГУРЦА ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН
СМЕСЯМИ ХИТОЗАНА С ОКСИКОРИЧНЫМИ КИСЛОТАМИ**

Резюме

Выявлены эффективные составы для обработки семян огурца на основе биополимера хитозана с молекулярной массой 30 кДа и оксикоричных кислот – феруловой или кофейной в концентрации 10 мМ, оказывающие ростстимулирующий эффект на проростки огурца

в лабораторных условиях. Инкрустация семян данными составами приводила к повышению активности ингибиторов протеиназ, снижению активности кислых протеиназ (при использовании кофейной кислоты) или отсутствия достоверно значимых изменений протеолитической активности (при использовании феруловой кислоты).

H. L. NEDVED, J. N. KALATSKAJA, V. V. MINKOVA,
I. A. OVCHINNIKOV, K. S. HILEUSKAYA, V. I. KULIKOUSKAYA,
A. N. KRASKOUSKI, N. A. LAMAN

**ACTIVITY OF PROTEINASES AND THEIR INHIBITORS IN CUCUMBER
SEEDLING AT SEED TREATMENTS WITH CHITOSAN AND
HYDROXYCINNAMIC ACIDS MIXTURES**

Summary

Effective mixtures have been identified at the cucumber seed treatments with a biopolymer of chitosan (30 kDa) and hydroxycinnamic acids – ferulic or caffeic acid at a concentration of 10 μ M. The application of mixtures provided a growth stimulating effect on cucumber seedlings under laboratory conditions. Seed coating with mixtures increased in the proteinase inhibitors activity. The acidic proteinases activity decreased when mixture with caffeic acid applied. There were not significant changes in proteolytic activity when mixtures with ferulic acid applied.

Поступила в редакцию 26.11.2020 г.

С. Н. ПОЛЯНСКАЯ¹, В. П. ШУКАНОВ¹, Л. А. КОРЫТЬКО¹,
Е. В. МЕЛЬНИКОВА¹, И. А. МАШКИН¹, В. М. ГОНЧАРУК²

**УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ
ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ОБРАБОТКЕ ПРЕПАРАТАМИ
ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ**

¹*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича*

НАН Беларуси, г. Минск

²*Институт биоорганической химии НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. Современное сельскохозяйственное производство все чаще ориентируется на использование экологически безопасных биологических препаратов как для повышения урожая, так и для защиты растений от патогенов и вредителей. В настоящее время ведется поиск соединений, способных не только повышать устойчивость растений к патогенам, но и оказывать положительное влияние на продуктивность растений. Использование химических средств защиты растений в сельском хозяйстве способствует накоплению в продукции остаточных количеств токсических веществ, исчезновению многих полезных видов организмов, что приводит не только к нарушениям структуры агроценозов и снижению их способности к саморегуляции, но и возрастанию в популяциях устойчивости к ним вредителей и возбудителей болезней. В результате снижается эффективность препаратов [1]. В настоящее время фитозащита должна быть направлена не столько на полное уничтожение возбудителей болезней, сколько на регулирование их численности и проявляемой ими степени вредоносности, что сопряжено с оптимизацией фитосанитарной обстановки и эффективного использования фитопрепаратов. Стремление к биологически эффективной защите от болезней при гарантированной экологической безопасности и повышении качества сельхозпродукции следует рассматривать как основное направление развития защиты растений [2–3]. С этих позиций перспективным является использование комплексных препаратов, включающих собственно фунгицид и регулятор роста [4]. При этом происходит не только защита растений, но и активируются обменные процессы самого растения. Биорегуляторы позволяют существенно сократить использование традиционных пестицидов химического происхождения, что тесно связано с экологизацией сельскохозяйственного производства. В зависимости от целей и назначения такие препараты могут включать два и более компонента, которые состоят из веществ фунгистатического и регуляторного действия. И защита растений достигается как за счет прямого действия на патогены, так и путем интенсификации обмена веществ и создания условий, неблагоприятных для жизнедеятельности вредных микроорганизмов [5–6].

Использование защитно-стимулирующих препаратов является перспективным направлением для улучшения экологической защиты растений и увеличения продуктивности, поскольку они безопасны для живых

организмов и окружающей среды; положительно взаимодействуют друг с другом; способны изменять метаболизм злаковых культур, что проявляется в изменении активности рострегулирующих процессов, становлении равновесных отношений в системе растение-хозяин — патоген, которая обусловит выживаемость обоих взаимодействующих организмов и обеспечит требуемый уровень продуктивности возделываемых культур.

В настоящей работе проведено изучение влияния комплексных препаратов защитно-стимулирующего действия на растения злаковых культур в полевых условиях с целью повышения их защитных свойств и продуктивности.

Объекты и методы исследований. Коллегами из ИБОХ НАН Беларуси нам были предоставлены препараты на основе гидрогуминовых и тритерпеновых кислот и фунгицида эхион. Была составлена схема опыта: контроль (растения, обработанные водой), эталон Эхион (0,5 л/га); ЭО 4.2 (1,75 л/га) Экосил Mix + Эхион; ЭО 6.2 (2 л/га) Экогум Комплекс 1/2 нормы + Экосил Mix 1/2 нормы + Эхион; ЭО 7.2 (2,25 л/га) Экогум АФ + Эхион. Объектом исследований служили растения ярового ячменя (сорта Адам и Рейдер) и яровой пшеницы (сорта Ласка и Сударыня), выращенные в полевых условиях. Полевые мелкоделяночные опыты (размер делянок 1 м²) проводили на экспериментальной базе научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию (г. Жодино) в 2018–2020 гг., используя принятую в нем технологию выращивания зерновых культур. Обработку растений в полевом опыте проводили в фазу выхода в трубку (ДК 37–39) опрыскивателем модели HD300. Повторность опыта – 4-кратная. Для защиты растений от листовых болезней использовали фунгицид эхион. Структуру урожая определяли методом индивидуального анализа растений в снопе в четырехкратной повторности по каждому варианту.

Для выяснения физиологической роли препаратов в регуляции устойчивости растений ярового ячменя к болезням изучали изменения содержания фотосинтетических пигментов, проницаемости мембран и перекисного окисления липидов, как наиболее эффективных показателей проявления болезнеустойчивости растениями при экзогенной обработке.

Содержание фотосинтетических пигментов определяли по методу Wettstein, описанному В.Д. Гавриленко и др. [7]. Изменение проницаемости мембран определяли по выходу водорастворимых веществ из листовой ткани растений [8]. Интенсивность перекисного окисления липидов мембран оценивали по способности 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК), связываться с липидными перекисями. Образующиеся окрашенные ТБК-продукты являлись тестом активности данного процесса [9].

Учет развития, распространенность и интенсивность развития болезней ярового ячменя проводили в разные фазы развития, начиная с фазы трубкования (25–33) до фазы молочной спелости (73/75) с интервалом 7 дней по общепринятым методикам [10]. Для определения фазы развития растения-хозяина использовали десятичный код Задокса [11]. Для листовых пятнистостей использовали методику учета пораженности по учетной шкале ВИЗР [12], с помощью которой определяется процент

пораженной площади листа. Интенсивность учитывалась по стандартным фитопатологическим шкалам. На начальных стадиях инфицированность определялась на всем растении. Со стадии появления флаг-листа оценку поражения проводили по разработанному в лаборатории БелИЗР экспресс-методу. Вполне достоверные данные можно получить при оценке степени поражения только второго листа сверху у каждого учетного стебля [13].

Возбудителей болезней идентифицировали под микроскопом по наличию пикнид или налета, форме и размеру колоний и конидий. Определялся также видовой состав возбудителей. Части пораженных листьев помещали на агаризованную среду Чапека в чашки Петри. Идентификацию возбудителей проводили по спороношению [14]. На средах идентифицированы возбудители фузариоза (*Fusarium* spp.), гельминтоспориоза (*Helminthosporium teres* Sacc. и *Helminthosporium sativum* P., K. et B.) и альтернариоза (*Alternaria alternata* (Fr) Keissl.). Статистическую обработку вели по Рокицкому П.Ф [15] с применением программы Excel и Анова.

В годы проведения исследований наблюдали отклонения среднесуточной температуры воздуха и количества выпавших осадков от их средних многолетних значений, что сказалось на формировании структуры урожая злаковых культур.

Результаты исследований и их обсуждение. По мнению ряда авторов, содержание пигментов является показателем потенциальной фотосинтетической способности растений и служит не только индикатором общего состояния растительного организма [16–17], но также является одним из важных факторов, воздействующих на урожай зерна и его качество [18].

Нами проведено исследование влияния препаратов защитно-стимулирующего действия на содержание фотосинтетических пигментов в растениях злаковых культур в полевых условиях. У растений яровой пшеницы сорта Сударыня отмечено увеличение количества пигментов под влиянием всех исследуемых препаратов до фазы молочной спелости (рис. 1). Максимальное увеличение происходит под влиянием препарата 4.2 (суммарное содержание хлорофиллов увеличивается на 37 %). В растениях, обработанных эхином, отмечено снижение количества пигментов на 11 %. Следовательно, повышение количества пигментов под влиянием препаратов защитно-стимулирующего действия по всем вариантам опыта на протяжении онтогенетического развития растений свидетельствует об активации обмена веществ в растениях пшеницы сорта Сударыня и служит индикатором общего состояния растительного организма. У пшеницы сорта Ласка отмечено снижение количества пигментов уже с фазы цветения, которое к фазе молочной спелости достигало 42 % (см. рис. 1).

У растений ячменя обоих сортов (см. рис. 1) в варианте с ЭО 6.2 и 7.2 количество пигментов в фазу молочной спелости было на уровне контроля, а при воздействии ЭО 4.2. снижалось до 9 % у сорта Адам и до 14 % у сорта Рейдер. Причем у сорта Адам накопление хлорофиллов (a+b)

было максимальным (30 %) в фазу цветения, а затем снижалось к фазе молочной спелости. Снижение содержания фотосинтетических пигментов к фазе молочной спелости в сравнении с контролем обусловлено, вероятно, постепенным уменьшением абсолютного и относительного содержания хлорофилла в листьях пшеницы. Возможно, это связано и с тем, что под влиянием препаратов защитно-стимулирующего действия быстрыми темпами происходит гидролиз ранее образованных органических веществ в листьях и их отток в формирующиеся зерновки, что в итоге должно определять их более высокую урожайность.

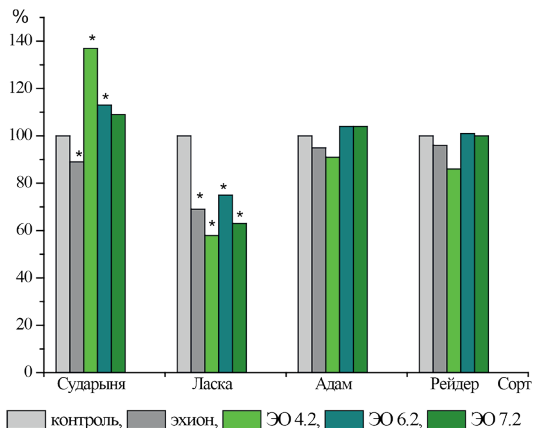


Рис. 1. Влияние препаратов защитно-стимулирующего действия на накопление фотосинтетических пигментов в растениях злаковых культур.

Достоверность различий по отношению к контрольной группе: * – $P \leq 0,05$.

Снижение содержания фотосинтетических пигментов у растений пшеницы сорта Ласка и ячменя сорта Рейдер к фазе молочной спелости в сравнении с контролем обусловлено, согласно литературным данным [19], постепенным уменьшением абсолютного и относительного содержания хлорофилла в листьях начиная с фазы цветения, а с другой стороны, более быстрым (на 3–5 дней) прохождением фаз развития растений, обработанных защитно-стимулирующими препаратами в сравнении с контролем, что и привело к более раннему усыханию и отмиранию части листового аппарата. Причем наиболее активное снижение (на 37–42 %) наблюдалось у вариантов 4.2 и 7.2. Возможно, это связано с тем, что под влиянием препаратов быстрыми темпами происходит гидролиз ранее образованных органических веществ в листьях и их отток в формирующиеся зерновки, что в итоге должно определять их более высокую урожайность. Следует отметить, что вегетационный период характеризовался сухой и жаркой погодой. А в условиях высокой освещенности достаточно

небольшого количества хлорофилла для протекания фотосинтетического процесса и уменьшения опасности фотодеструкции клетки [20].

Влияние препаратов на содержание каротиноидов полностью совпадало с их действием на содержание фотосинтетических пигментов в растениях злаковых культур. Согласно литературным данным, каротиноиды более устойчивы к действию неблагоприятных факторов среды, при отмирании листьев их относительное количество даже может увеличиваться. А основной этап их биосинтеза у пшеницы приходится на период кущения-трубкования, когда концентрация пигмента максимальна [19].

Таким образом, экзогенное воздействие исследуемых препаратов на вегетирующие растения злаков приводило к накоплению фотосинтетических пигментов на ранних стадиях развития и постепенному снижению их количества к фазе молочной спелости в сравнении с контролем, что в условиях высокой освещенности является адаптивным признаком к стрессовым воздействиям у растений.

Структурные и функциональные изменения в растениях развиваются прежде всего на уровне плазматических мембран. Они первые воспринимают сигналы и метаболиты, поступающие в растительную клетку. Лабильность мембранных липидов зависит от уровня их перекисного окисления, снижение которого происходит вследствие нарушения в расположении, ориентации и конформации мембраносвязанных белков. Поэтому уровень перекисного окисления липидов является отражением фазово-структурных перестроек, происходящих в мембранах растений под влиянием возбудителей болезней. Результаты по изучению активности перекисного окисления липидов в листьях пшеницы представлены в таблице 1. Показано, что в процессе онтогенеза происходит разная степень изменений в характере лабильности мембранных липидов в клетках листьев пшеницы. В фазу цветения у сорта Сударыня во всех вариантах опыта отмечено подавление активности перекисидации липидов по сравнению с контролем. Максимальное снижение (на 17 % и 25 % соответственно) отмечено у ЭО 4.2. На стадии созревания происходит достоверное снижение содержания продуктов перекисного окисления липидов только в варианте с ЭО 6.2 (на 12 %). У сорта Ласка к фазе молочной спелости происходит снижение содержания продуктов перекисного окисления липидов до 21 % при воздействии ЭО 7.2.

Результаты по изучению активности перекисного окисления липидов в листьях ячменя представлены в таблице 2. У ячменя сорта Адам в фазу цветения под воздействием препаратов активность ПОЛ снижается во всех вариантах на 15-31 %. Далее, к фазе молочной спелости уровень перекисного окисления липидов повышается до уровня контроля. И только в варианте с ЭО 4.2 показатель на 10 % ниже контроля. У сорта Рейдер сначала идет увеличение активности перекисного окисления липидов, а в фазу молочной спелости – снижение до 17 %.

Таблица 1. Изменение содержания продуктов перекисного окисления липидов в листьях яровой пшеницы при обработке растений препаратами защитно-стимулирующего действия

Вариант	Фаза цветения		Фаза молочной спелости		Фаза цветения		Фаза молочной спелости	
	мкМ/г св. массы	%	мкМ/г св. массы	%	мкМ/г св. массы	%	мкМ/г св. массы	%
Сорт Сударыня					Сорт Ласка			
Контроль	27,740±0,220	100	30,888±0,287	100	14,783±0,179	100	34,495±0,216	100
Эхион	27,167±0,194	98	33,684±0,224	109*	16,349±0,155	111*	36,387±0,164	105*
ЭО 4.2	20,721±0,105	75*	29,364±0,205	95	15,564±0,200	105	28,251±0,166	82*
ЭО 6.2	28,699±0,356	103	27,141±0,205	88*	12,337±0,163	83	34,132±0,176	99
ЭО 7.2	27,391±0,188	99	38,158±0,246	124*	14,947±0,227	101	27,406±0,213	79*

Достоверность различий по отношению к контрольной группе: * – $P \leq 0,05$.

Таблица 2. Изменение содержания продуктов перекисного окисления липидов в листьях ярового ячменя при обработке растений препаратами защитно-стимулирующего действия

Вариант	Фаза цветения		Фаза молочной спелости		Фаза зеленой спелости		Фаза молочной спелости	
	мкМ/г св. массы	%	мкМ/г св. массы	%	мкМ/г св. массы	%	мкМ/г св. массы	%
Сорт Адам					Сорт Рейдер			
Контроль	37,720±0,179	100	37,013±0,219	100	27,741±0,112	100	39,656±0,151	100
Эхион	22,601±0,181	60*	34,675±0,090	94*	27,551±0,530	99	32,845±0,904	83*
ЭО 4.2	30,640±0,116	81*	33,128±0,151	90*	30,437±0,169	110*	36,808±1,085	93
ЭО 6.2	25,996±0,173	69*	38,026±0,167	103	30,970±0,405	112*	34,658±0,313	87*
ЭО 7.2	32,123±0,197	85*	38,858±0,138	105	32,123±0,180	116*	35,639±0,048	90*

Достоверность различий по отношению к контрольной группе: * – $P \leq 0,05$.

Выход водорастворимых веществ из растительного материала характеризует собой два процесса: образование ассимилятов и проницаемость клеточной стенки. Выяснение особенностей выхода водорастворимых веществ под влиянием обработки растений пшеницы сорта Сударыня исследуемыми препаратами показало (табл. 3), что в фазу цветения происходит снижение выхода водорастворимых веществ до 21 %, а к фазе молочной спелости отмечено увеличение выхода водорастворимых веществ во всех вариантах опыта. Так как содержание фотосинтетических пигментов было значительно выше контроля, то вероятно, за счет этого увеличивался и выход водорастворимых веществ, поскольку уровень перекисного окисления липидов мембран был ниже контроля. У сорта Ласка

с фазы цветения отмечено снижение выхода водорастворимых веществ и в фазе молочной спелости проницаемость клеточной стенки снижается в 2 раза в сравнении с контролем.

Таблица 3. Изменение проницаемости мембран листьев яровой пшеницы при обработке растений препаратами защитно-стимулирующего действия

Вариант	Фаза цветения		Фаза молочной спелости		Фаза цветения		Фаза молочной спелости	
	ppm/г св. массы	%	ppm/г св. массы	%	ppm/г св. массы	%	ppm/г св. массы	%
Сорт Сударыня					Сорт Ласка			
Контроль	39,733±0,033	100	21,800±0,058	100	50,73±0,027	100	38,267±0,033	100
Эхион	38,267±0,033	96	28,800±0,058	132*	47,27±0,027	93	23,267±0,033	61*
ЭО 4.2	38,933±0,033	98	33,733±0,033	155*	56,00±0,047	110*	36,134±0,058	94
ЭО 6.2	32,133±0,067	81*	25,867±0,067	119*	48,20±0,047	95	15,467±0,033	40*
ЭО 7.2	31,334±0,043	79*	24,400±0,058	112*	32,93±0,072	65*	19,601±0,033	51*

Достоверность различий по отношению к контрольной группе: * – $P \leq 0,05$.

При исследовании этого показателя у ярового ячменя сортов Адам и Рейдер было обнаружено (табл. 4), что обработка растений исследуемыми препаратами значительно уменьшала выход водорастворимых веществ из тканей растений к фазе молочной спелости (до 51 %).

Таблица 4. Изменение проницаемости мембран листьев ярового ячменя при обработке растений препаратами защитно-стимулирующего действия

Вариант	Фаза цветения		Фаза молочной спелости		Фаза зеленой спелости		Фаза молочной спелости	
	ppm/г св. массы	%	ppm/г св. массы	%	ppm/г св. массы	%	ppm/г св. массы	%
Сорт Адам					Сорт Рейдер			
Контроль	58,07±0,054	100	43,067±0,033	100	31,930±0,098	100	138,13±0,401	100
Эхион	71,67±0,027	123*	71,067±0,033	165*	53,270±0,119	167*	86,600±0,17	63*
ЭО 4.2	56,67±0,027	98	41,067±0,033	95	40,6±0,094	127*	68,33±0,054	49*
ЭО 6.2	43,87±0,027	76*	29,467±0,033	68*	38,47±0,072	120*	56,8±0,125	41*
ЭО 7.2	82,33±0,027	142*	36,201±0,033	84*	25,4±0,047	80*	49,8±0,047	36*

Достоверность различий по отношению к контрольной группе: * – $P \leq 0,05$.

Таким образом, обработка растений пшеницы защитно-стимулирующими препаратами вызывает спектр ответных реакций, направляющих внутриклеточный метаболизм на увеличение устойчивости к стрессовым воздействиям. Отмечена сорто- и видоспецифичность при воздействии защитно-стимулирующих препаратов на физиолого-биохимические процессы. Оптимизация обмена веществ растений яровой пшеницы сорта Сударыня под влиянием защитно-стимулирующих препаратов происхо-

дила в течение всей вегетации. Стимулирующее действие на формирование защитных физиолого-биохимических реакций яровой пшеницы сорта Ласка в основном проявлялось кратковременно (сразу после обработки), что хорошо видно на примере изменения физиолого-биохимических процессов. Это может означать, что и процессы иммунизации растений под влиянием защитно-стимулирующих препаратов в случае наличия инфекции будут более успешными на пшенице сорта Сударыня, чем на сорте Ласка. Следует отметить, что реакция растений ячменя на обработку препаратами сравнима с их воздействием на пшеницу сорта Ласка. Можно ожидать, что применение препаратов на пшенице также будет более эффективным, чем на растениях ячменя.

В условиях полевого опыта 2019 года на протяжении вегетационного периода в агроценозе яровой пшеницы сорта Ласка и ячменя сорта Адам не отмечалось наличия инфекции. У сорта Сударыня в условиях полевого опыта к фазе молочной спелости поражение растений достигало в среднем 1 балла (подфлаговый и флаговый листья). Тем не менее, показано, что защитно-стимулирующие препараты при однократном опрыскивании растений в фазу выхода в трубку снижали развитие листовых пятнистостей, вызываемых фитопатогенными грибами (табл. 5). Распространенность болезней на флаговом листе снижалась в 2–8 раз по сравнению с контролем, а на втором сверху листе – на 10–30 %. У растений сорта Рейдер обработка способствовала снижению степени поражения растений листовыми болезнями в 2–4 раза. Биологическая эффективность препарата 4.2 при применении на растениях пшеницы достигала 87,5 %, 6.2 – 62,5 %, а у ячменя сорта Рейдер — 85,7 %.

Таблица 5. Эффективность применения препаратов защитно-стимулирующего действия против листовых болезней у злаковых культур в полевом опыте (фаза молочной спелости), в %

Вариант обработки	2-й сверху лист		Флаговый лист		
	распространенность болезней	степень поражения	распространенность болезней	степень поражения	биологическая эффективность
Сорт Сударыня					
Контроль	100	25,0	80	20,0	
Эхион	90	22,5	50	12,5	37,5
ЭО 4.2	80	20,0	10	2,5	87,5
ЭО 6.2	80	20,0	30	7,5	62,5
ЭО 7.2	70	17,5	40	10,0	50,0
Сорт Рейдер					
Контроль	100	70,0	80	17,5	
Эхион	80	18,8	50	5,0	71,4
ЭО 4.2	90	30,5	10	2,5	85,7
ЭО 6.2	80	37,5	30	2,5	85,7
ЭО 7.2	90	27,8	40	5,0	71,4

Таким образом, при обработке посевов злаковых культур исследуемыми препаратами наблюдалось их положительное действие на болезнеустойчивость растений, что проявлялось в снижении распространения болезней, уменьшении интенсивности их развития. Биологическая эффективность препаратов при применении на растениях пшеницы достигала 87,5 %, а на растениях ячменя – 85,7 %.

Анализ структуры урожая показал, что препараты защитно-стимулирующего действия оказывают положительное влияние на зерновую продуктивность злаковых культур. У яровой пшеницы под воздействием исследуемых препаратов происходило увеличение количества продуктивных стеблей. Сходное влияние эти препараты оказали и на массу зерна главного колоса (рис. 2 и рис. 3).

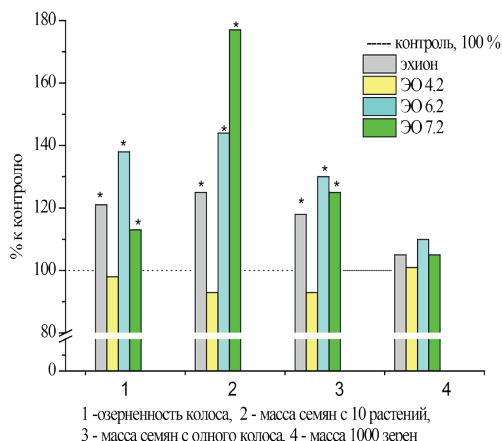


Рис. 2. Влияние препаратов защитно-стимулирующего действия

на структуру урожая яровой пшеницы сорта Сударыня в полевом опыте.

Достоверность различий по отношению к контрольной группе: * – $P \leq 0,05$.

Количество продуктивных стеблей и масса зерна с одного колоса являются обобщающими показателями урожая. На них влияет много факторов: метеорологические и технологические. Поэтому для видения реального значения составляющих урожая нужно учитывать даже наименее значимые показатели структуры урожая [21]. Отмечено увеличение массы колосьев с 10 растений под влиянием препаратов за счет продуктивного стеблестоя и выполненности семян, о чем свидетельствует и увеличение массы 1000 зерен в сравнении с контролем. Увеличение массы зерен с 10 растений происходит, как правило, за счет увеличения числа продуктивного стеблестоя, озерненности колоса и в меньшей степени выполненности семян. Наибольшее влияние на формирование продуктивности яровой пшеницы оказали препараты 6.2 и 7.2. Под их воздействием происходило увеличение массы зерна в колосе до 30 %, озерненности колоса – до 38 % и массы 1000 зерен до 10 %.

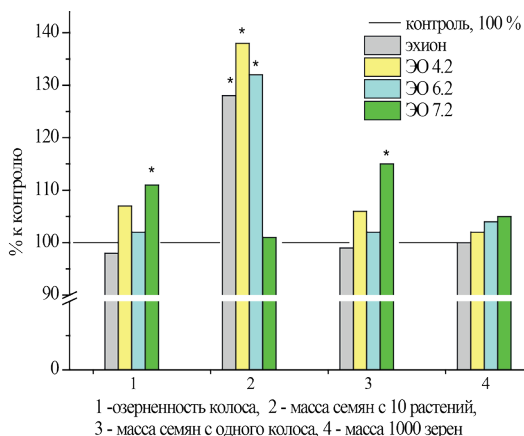


Рис. 3. Влияние препаратов защитно-стимулирующего действия на структуру урожая яровой пшеницы сорта Ласка в полевом опыте. Достоверность различий по отношению к контрольной группе: * – $P \leq 0,05$.

При воздействии препаратами на растения ячменя нами также отмечено их положительное влияние на зерновую продуктивность обоих сортов. Под воздействием препаратов происходило увеличение количества продуктивных стеблей у сорта Адам на 16–28 %. Положительное влияние они оказали и на массу зерна одного колоса (рис. 4), которая увеличивалась на 7–13 % за счет увеличения числа зерен в колосе (на 6–11 %) и выполненности семян, о чем свидетельствует увеличение массы 1000 зерен (на 5–9 %) в сравнении с контролем. Отмечено также положительное воздействие всех концентраций препарата на массу зерен с 10 растений (на 16–38 %) и вес колоса (8–14 %). Увеличение массы зерен с 10 растений происходит, как правило, за счет увеличения числа продуктивного стеблестоя, озерненности колоса и в меньшей степени выполненности семян, что подтверждается и результатами наших исследований.

Обработка растений сорта Рейдер препаратами защитно-стимулирующего действия оказывала положительное влияние на все элементы структуры урожая (рис. 5). При воздействии препаратами происходит значительное увеличение количества продуктивных стеблей. Увеличение числа зерен в колосе (до 11 %) и массы семян в колосе (до 26 %) происходит за счет выполненности семян, что подтверждается увеличением массы 1000 зерен (до 19 %). Масса зерен с 10 растений возрастает как за счет выполненности семян, так и увеличения количества продуктивных стеблей.

Таким образом, в результате проведения полевых опытов установлено, что препараты защитно-стимулирующего действия оказывали положительное влияние на продуктивность и структуру урожая злаковых

культур. Повышение урожайности происходило за счет увеличения продуктивной кустистости, озерненности колоса и выполненности семян, что приводило к увеличению массы зерна как в колосе, так и с растения, а также массы 1000 зерен.

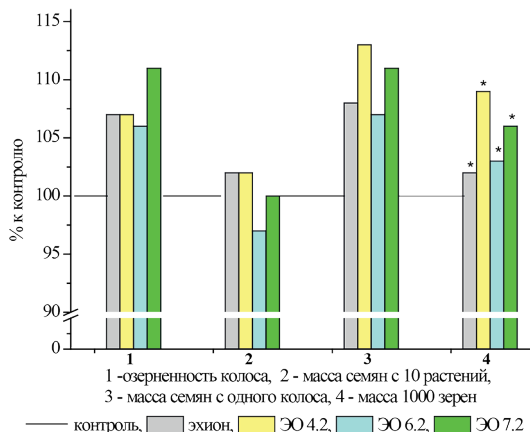


Рис. 4. Влияние препаратов защитно-стимулирующего действия на структуру урожая ярового ячменя сорта Адам в полевом опыте. Достоверность различий по отношению к контрольной группе: * – $P \leq 0,05$.

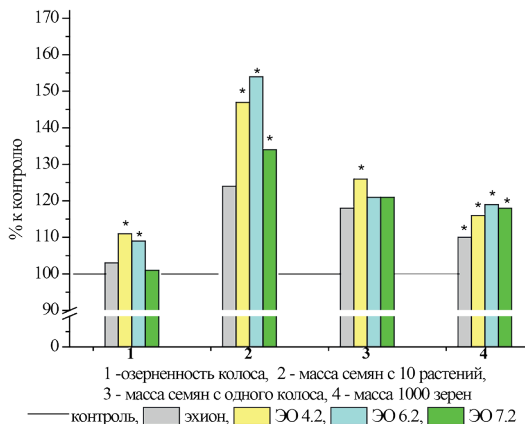


Рис. 5. Влияние препаратов защитно-стимулирующего действия на структуру урожая ярового ячменя сорта Рейдер в полевом опыте. Достоверность различий по отношению к контрольной группе: * – $P \leq 0,05$.

Закключение. Установлена сорто- и видоспецифичность в действии препаратов защитно-стимулирующего действия на основе гидрогуминовых и тритерпеновых кислот. Обработка ими растений злаковых культур оптимизировала обмен веществ у растений пшеницы сорта Сударыня до фазы молочной спелости (пролонгированное действие), а у сорта Ласка и у растений ячменя в основном проявлялось кратковременно (до фазы цветения), что хорошо видно на примере изменения физиолого-биохимических реакций, направляющих внутриклеточный метаболизм на увеличение стрессоустойчивости растений. Это может означать, что и процессы иммунизации растений под влиянием защитно-стимулирующих препаратов в случае наличия инфекции будут более успешными у пшеницы (сорт Сударыня), чем сорта Ласка. Следует отметить, что реакция растений ячменя на обработку препаратами сравнима с их воздействием на пшеницу сорта Ласка. Препараты защитно-стимулирующего действия снижали распространение болезней и уменьшали интенсивность их развития в агроценозе ячменя и пшеницы. Применение препаратов способствовало повышению биологической эффективности до 87,5 % на растениях пшеницы и до 85,7 % на растениях ячменя. Положительные изменения метаболизма растений злаковых культур под влиянием защитно-стимулирующих препаратов сказались и на формировании зерновой продуктивности культуры. Обработка растений ячменя и пшеницы препаратами позволила сохранить урожай с улучшением его структуры. Под их воздействием происходило увеличение массы зерна в колосе до 30 %, озерненности колоса до 38 % и массы 1000 зерен до 19 %. Наибольшее положительное влияние на формирование болезнеустойчивости и продуктивности у злаковых культур оказал препарат 6.2.

Литература

1. Привалов Ф. И. Биологизация приемов в технологиях возделывания зерновых культур. Минск. 2007. 188 с.
2. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации в 2-х книгах; под ред. С. В. Сороки. Мн.: Бел. наука, 2003. Кн. 1. 248 с.
3. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации в 2-х книгах; под ред. С. В. Сороки. Мн.: Бел. наука, 2003. Кн. 2. 250 с.
4. Павлюшин В. А. // Материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений. СПб., 2005. Т. 1. С. 70–73.
5. Тютчев С. Л. Научные основы индуцированной болезнеустойчивости растений. СПб., 2003. 330 с.
6. Вольнец А. П. // Наука и инновации. 2010. № 2 (84). С. 31–33.
7. Гавриленко В. Ф., Ладыгина М. Е., Хандобина Л. М. Большой практикум по физиологии растений. М.: Высшая школа. 1975. С. 283–285.
8. Кажушко Н. Н. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды / Под ред. Г. В. Удовенко. Л.: Колос, 1976. С. 33–43.

9. De Vos C. H. R., Schat H., Vooijs R., Ernst W. H. O. // J. Plant Physiol. 1989. Vol. 135. P. 164-169.
10. Пересыпкин В.Ф., Тютюрев С.Л., Баталова Т.С. Болезни зерновых культур при интенсивных технологиях их возделывания. М.: Агропромиздат, 1991. 272 с.
11. Ламан Н.А., Самсонов В.П., Прохоров В.Н., Шашко К.Г., Путырский И.Н., Кравченко В.М.. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов. Минск. Наука и техника. 1996. 101 с.
12. Афанасенко О.С. // Бюлл. ВНИИ защиты растений. 1980. № 47. С. 8–10.
13. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации /Нац. Акад. наук Респ. Беларусь; Ин-т защиты растений НАН Беларуси; под ред. С.В. Сороки. Мн.: Бел. наука, 2005. 462 с.
14. Наумова Н.А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. М. Сельхозгиз. 1951. 139 с.
15. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Мн.: Высшая школа, 1973. 320 с.
16. Кулагин А. А. Реализация адаптивного потенциала древесных растений в экстремальных лесорастительных условиях: автореф. дис...докт. биол. наук. Тольятти, 2006. 36 с.
17. Khudsar T., Mahmooduzzafar N., Iqbal M. // Biol. Plant. 2001. V. 44, N 1. P. 59–64.
18. Андрианова Ю.Е., Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность растений. М.: Наука. 2000. 135 с.
19. Живлюк Е.Н. // Наука и инновации. 2009, № 7(77).
20. Герасименко Т.В., Шевцова В.М. Эколого-физиологические исследования фотосинтеза и дыхания растений / Под ред. Семихатовой О.А. Ленинград: Наука, 1989. С. 65-114.
21. Лихочвор В.И. // Зерно. 2008. № 8. // <https://www.zerno-ua.com/journals/2008/iyul-2008-god/produktivnost-i-struktura-urozhaya-ozimoy-pshenicy>. Дата доступа: 04.09.2020.

С. Н. ПОЛЯНСКАЯ, В. П. ШУКАНОВ, Л. А. КОРЫТЬКО,
Е. В. МЕЛЬНИКОВА, И. А. МАШКИН, В. М. ГОНЧАРУК
**УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР
ПРИ ОБРАБОТКЕ ПРЕПАРАТАМИ
ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ**

Резюме

Изучено влияние препаратов защитно-стимулирующего действия на процессы формирования болезнеустойчивости и продуктивности злаковых культур. Регуляция количества фотосинтетических пигментов, снижение выхода водорастворимых веществ, также, как и уровня перекисного окисления липидов мембран в листьях злаковых культур к фазе молочной спелости при обработке растений препаратами свидетельствует о большей стабильности клеточных мембран и, следовательно, более высокой резистентности растений. Положительные изменения метаболизма растений злаков под влиянием защитно-стиму-

лирующих препаратов сказались и на формировании зерновой продуктивности культуры. Отмечено увеличение количества продуктивных стеблей, массы зерна с одного колоса, озерненности колоса и массы 1000 зерен. Препараты защитно-стимулирующего действия имеют высокую биологическую эффективность в защите посевов злаковых культур от стрессовых воздействий. Исследуемые препараты имеют достаточно низкую фитотоксичность и способны снижать распространенность болезней в полевых условиях. Использование новых защитно-стимулирующих препаратов позволит предотвратить резистентность патогенов к фунгицидам, возникающую со временем, и повысить эффективность защитных мероприятий в сельскохозяйственном производстве.

S. N. POLJANSKAJA, V. P. SHUKANOV, L. A. KORYTSKO,
E. V. MELNIKOVA, I. A. MASHKIN, V. M. GONCHARUK
**THE RESISTANCE AND PRODUCTIVITY OF CEREALS UNDER
TREATMENT OF PROTECTIVE AND STIMULATING PREPARATIONS**

Summary

The effect of protective-stimulating preparations on the formation of disease resistance and productivity of cereals was studied. The regulation of the amount of photosynthetic pigments, a decrease in the yield of water-soluble substances and the level of membrane lipid peroxidation in the leaves of cereal crops during the treatment of plants with preparations indicates a greater stability of cell membranes and a higher plant resistance. Positive changes in the metabolism of cereal plants under the influence of protective-stimulating preparations also affected the formation of the grain productivity of the crop. An increase in the number of productive stems, weight and number of grains from one ear, and the weight of 1000 grains was noted. An increase in the number of productive stems, the weight and number of grain per ear and the mass of 1000 grains was noted. Preparations of protective and stimulating action show high biological effectiveness in protecting cereal crops from stress. They are characterized by low phytotoxicity, while they are able to reduce the prevalence of diseases in the field. The use of new protective-stimulating preparations will prevent the pathogens resistance to fungicides that occurs over time and increase the effectiveness of protective measures in agricultural production.

Поступила в редакцию 30.11.2020 г.

В. Н. ПРОХОРОВ
**ИНВАЗИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕДОТРОГИ
МЕЛКОЦВЕТКОВОЙ (*IMPATIENS PARVIFLORA* DC.)**

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Род Недотрога (*Impatiens* L.) – представитель семейства *Бальзаминовые* (*Balsaminaceae*). В роде *Impatiens* около 900 видов, распространенных преимущественно в горных лесах тропиков и субтропиков Африки и Азии. Немногие виды произрастают в умеренно теплых областях Евразии, Африки и Северной Америки. Центром происхождения рода считаются Гималаи и Индия [1–2]. Виды этого рода – однолетние травы с немногими мясистыми сочными стеблями и простыми, цельными, очередными, супротивными или мутовчатыми листьями.

Европейская популяция недотроги мелкоцветковой практически не обладает полиморфизмом, в отличие от исходной центрально-азиатской популяции что вероятно связано с однократным заносом растений в Европу. В естественном ареале произрастают две цветковые формы недотроги – с желтыми и с лиловыми цветками, которые в настоящее время рассматриваются как один вид.

Недотрога мелкоцветковая – однолетнее травянистое растение, корневая система которого расположена в 10 сантиметровом слое почвы. Стебель цилиндрический, высотой до 80–90 см и диаметром 0,5–1 см, сильно утолщенный, почти вздутый в узлах, простой или слабо ветвящийся. Большая часть листьев скучена на верхушке побега. Цветки протерандричные, длиной до 17 мм. Плод – сочная продолговатая или цилиндрическая коробочка, длиной 15–25 мм. Обычно в семенном вызревают 1–4 семени. В европейских популяциях преобладают особи с числом хромосом $2n=20, 24, 26$ [3]. Случаев перекрестного опыления и образования гибридов не обнаружено [4].

Прорастание семян надземное. С развитием первой пары ассимилирующих листьев растение переходит в ювенильное возрастное состояние (рис.). В этом состоянии находится очень короткое время, так как уже при разворачивании первой пары листьев происходит образование конусов нарастания [5]. В ювенильном возрастном состоянии корневая система сильнее развита, чем побег [5].

С этого момента начинает формироваться главный побег. Параллельно с разворачиванием 4 и 5 листа в их пазухах формируются малоцветковые соцветия или одиночные цветки (растение переходит в генеративное состояние). Цветоносы формируются в пазухах верхних листьев, прямостоячие или отклоненные, возвышающиеся над верхушкой побега на 6–8 см. Соцветие кистевидное. Цветение и плодоношение продолжается до заморозков. Новые бутоны и цветки продолжают образовываться у особей, находящихся уже на стадии плодоношения. Часть особей начинает отмирать уже в середине июля [4].



Рис. 1. Ювенильные растения недотроги мелкоцветковой.

Это один из самых распространенных инвазивных видов в Центральной Европе. Первичный ареал вида - Центральная Азия и юг Западной Сибири, где это растение произрастает по берегам рек и ручьев, в ущельях, по каменистым склонам гор, во влажных тенистых местах. В горных районах поднимается на высоту до 2500 м над уровнем моря. Начиная с 1830 годов отмечен в Европе, где был впервые зарегистрирован в ботаническом саду г. Женевы (Швейцария) в 1831 году, однако дата точного проникновения на европейский континент неизвестна. В 1837 году этот вид культивировался в Дрездене. Большинство зарегистрированных случаев в 1800-х годах связано с ботаническими садами Швейцарии, Германии, Чехии, Великобритании или с территориями рядом с ними. Вид зарегистрирован в 35 странах Европы, однако наибольшее распространение получил в основном в последние десятилетия. В настоящее время почти повсеместно наблюдается интенсивное внедрение недотроги мелкоцветковой в лесные экосистемы Центральной и Восточной Европы, где она образует значительные по площади одновидовые сообщества, местами с проективным покрытием до 100% [6]. Недотрога мелкоцветковая активно заселяет нарушенные местообитания, внедряется в естественные лесные, прибрежные и луговые фитоценозы, что негативно сказывается на природном биоразнообразии. Выступая доминантом травянистого покрова лесных сообществ, недотрога мелкоцветковая вытесняет не только аборигенные растения, например, недотрогу обыкновенную (*Impatiens noli-tangere* L.), но препятствует и естественному возобновлению древесных пород [7]. Снижение обилия аборигенного вида недотроги обыкновенной может быть связано с высокой аллелопатической активностью недотроги мелкоцветковой, ее более широкой фитоценотической и экологической амплитудой, большой семенной продуктивностью, устойчивостью к вредоносным организмам, а также прямыми конкурентными отношениями между этими видами [8]. Это также объясняется морфологическими особенностями вида и, в част-

ности, архитектурой корневой системы в ее онтогенетической динамике. Вместе с тем некоторые авторы полагают, что наблюдающееся некоторое снижение численности недотроги обыкновенной не зависит от вторжения недотроги мелкоцветковой [9].

Значительное увеличение скорости распространения и численности популяций недотроги мелкоцветковой отмечается и в Беларуси, куда она была непреднамеренно занесена конце 1950-х гг. с сопредельных территорий [10] и впервые зарегистрирована в окрестностях г. Слоним Гродненской области. В настоящее время встречается по всей части республики, чаще в ее северо-западной и центральной части, наиболее часто в Гродненской и Минской областях [8]. Наиболее характерными местами произрастания этого вида в Беларуси являются парки, скверы, берега рек, канав, озер и водохранилищ, обочины дорог и железнодорожных путей, рудеральные сообщества в населенных пунктах, свалки бытового мусора. Нахождение в лесных сообществах связано преимущественно с опушками синантропизированных сосняков мшистых, ельников кисличных и мшистых, а также дубрав кисличных вблизи населенных пунктов и автодорог [8]. Особенно широко распространяется в широколиственных лесах, в условиях снижения освещенности в нижнем ярусе, поскольку предпочитает тень и полутень (рис. 2).



Рис. 2. Цветущие растения недотроги мелкоцветковой в нижнем ярусе леса.

Благодаря широкому спектру адаптаций к режиму освещенности [12] обладает высокой конкурентоспособностью. Ухудшение роста наблюдается при освещенности ниже 10% от полной. При колебании освещенности в пределах 20–80% от естественного полного летнего освещения ее рост меняется очень слабо. При освещенности выше 80% рост незначительно подавляется, при одновременном снижении общей поверхности листьев [1]. Высокая генетическая и фенологическая пластичность [13–14] недотроги мелкоцветковой, позволяют популяциям *I. parviflora* адаптиро-

ваться и функционировать в местах с низкой освещенностью, даже если это приводит к уменьшению биомассы и роста особей, так и в хорошо освещенных условиях [14]. В последнем случае расширение ее местообитаний обычно ограничивается конкуренцией со стороны других видов сосудистых растений, которые также выигрывают от увеличения инсоляции [11, 13, 15–16] или улучшения экологических факторов, например, уменьшения отношения C/N. В затененном ельнике основная биомасса сосредоточена в листьях, в сухих городских условиях большая ее доля приходится на стебли и корни [1]. Биомасса растений тесно коррелирует с их высотой.

Несмотря, на высокую устойчивость к варьированию абиогенных факторов внешней среды, чувствительна к сильным засушливым условиям. В эти периоды конкурентоспособность этого вида резко снижается, что приводит к сильному сокращению плотности ее популяций [11]. Листья этого вида отмирают, когда теряют более 44% содержащейся в них воды и/или 40% их сырого веса [17].

Растение размножается исключительно семенами. Время от всходов до цветения составляет 8–9 недель, семена созревают уже через 3–4 недели после цветения [18]. Количество семян на одном растении значительно варьирует в зависимости от типа почвы и плотности популяции и может достигать 10000 штук на растение [18]. Семена сохраняют всхожесть 3–4 года [18], требуют стратификации при 0–3 °C в течение 5,5–6 месяцев, а при более высокой температуре впадают в состояние вторичного покоя [19]. Семена разлетаются на 1–2 м [4]. Распространению семян способствует, а также перенос человеком и автомобильным и железнодорожным транспортом, перевозящим древесину [15]. Максимальная скорость распространения, отмеченная в 1915 году в Великобритании, составила 24 км в год.

Исследование различий между популяциями недотроги мелкоцветковой в трех различных местообитаниях на юго-востоке Литвы показало [14], что недотрога распространяется не только в нарушенные местообитания, но и в места, где другие виды не могут расти из-за недостатка света. В то же время, с увеличением просвета в лесных местообитаниях увеличивается не только число особей недотрог, но и их мощность.

Является альтернативным хозяином для ряда вредителей сельскохозяйственных культур, таких как тля *Aphis fabae* [7] или вирус огуречной мозаики. Выступает в качестве одного из промежуточных хозяев ржавчинного гриба *Puccinia komarovii* Tranz [1].

В последние годы, некоторые авторы относят это растение к инвазивным видам, вступившим в «постинвазивный этап». Это связано также с появлением патогенов возбудителя ржавчины *Puccinia komarovii* Tranz. [20]. Причем, это один из немногих фактов, когда инвазивный вид атакован на захваченной территории, патогеном из родного ареала [7]. Поэтому этот вид ржавчины рекомендуется использовать для борьбы с недотрогой мелкоцветковой.

В настоящее время, на территории Звенигородской биологической станции им. С.Н. Складовского Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (Россия) отмечены четыре грибных заболевания, прино-

сящих вред недотроге мелкоцветковой. Это ржавчина (*Puccinia komarovii* Tranz.), мучнистая роса (*Podosphaera balsaminae* (Wallr.) U. Braun & Takam.), ложная мучнистая роса (*Plasmopara obducens* (J. Schrot.) J. Schrot.) и серая гниль (*Botrytis cinerea* Pers.) [21].

Животными не поедается [7, 18]. Разводится как декоративное в садах и парках Европы, несмотря на невзрачные цветки.

Несмотря на то, что недотрога мелкоцветковая представляет опасность для природных экосистем, она обладает разнообразными полезными свойствами [22], которые определяют возможность ее практического применения на новых частях ареала.

Надземная часть недотроги мелкоцветковой содержит сапонины три-терпеновые, алкалоиды, витамин С, смолы, флавоновые гликозиды, кумарин, дубильные вещества. В листьях растения содержатся углеводы (сахара, крахмал), фенолкарбоновые кислоты (кофейная, п-кумаровая, феруловая, п-гидроксibenзойная, ванилиновая), кверцетин, кемпферол, лейкоантоцианы, антоцианы в гидролизате (дельфинидин, цианидин), нафтохиноны. Последние как известно обуславливают аллелопатическое и пестицидное действие [23]. В семенах содержатся жирное масло.

Экстракт из листьев этого растения препятствует процессу денатурации белков [24]. В связи с этим недотрога мелкоцветковая является хорошим природным антидотом и применяется наружно при химических ожогах кожи, вызванных другими растениями (крапивой, видами сумаха и др.). Цветки и семена недотроги прикладывают к местам укуса ядовитых змей, а настой травы этого растения принимают внутрь. Экстракт *I. parviflora* обладает также значительной антимикробной и антиоксидантной активностью. Поэтому он может быть перспективным источником антиоксидантов для производства пищевых оздоровительных добавок. В Узбекистане настой применяется как кровоостанавливающее средство. Настой из листьев обладает диуретическим и слабительным действием, применяется при геморрое [25]. Растение обладает фунгицидным действием [26]. В Таджикистане свежие измельченные листья применяются при дерматомикозах, в частности, для лечения стригущего лишая. Используется также в качестве средства для полоскания волос для облегчения зуда кожи головы. Обладает репеллентными и инсектицидными свойствами [6]. Несмотря на то, что растение относится к числу ядовитых, молодые листья, сваренные с одной сменой воды, употребляют в пищу; семена являются съедобными в сыром и вареном виде. В Средней Азии используется в качестве красителя [1].

Существуют различные гипотезы для объяснения повышенной конкурентоспособности инвазивных видов растений [27–30], среди которых основные включают фенотипическую пластичность [31–32], отсутствие естественных врагов [29], высокая конкурентоспособность [27], выделение аллелопатических соединений [28, 33]. Одним из свойств, позволяющих им вытеснять аборигенные виды и занимать новые экологические ниши, является их высокая аллелопатическая активность [34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42], поэтому изучение аллелопатического потенциала инвазионных видов представляет большой интерес [37, 38, 40–52].

Одним из экспресс-методов определения аллелопатических свойств растений является их оценка путем обработки семян тест-культур (листовой салат, кресс-салат, редис) экстрактами, полученными из растительно-го сырья [47–49].

Объекты и методы исследования. Основной отбор проб растительного материала и почвы (из ризосферы модельных видов и основной почвы) проводили в местах нахождения популяций на территории г. Минска, а также в Дзержинском, Минском и Смолевическом районах Минской области. Пробы отбирали на основных фазах роста и развития недотроги мелкоцветковой. Семена культурных растений (яровой ячмень, яровая пшеница, просо, узколистный люпин) получены из НПЦ НАН Беларуси по земледелию. Кроме того, проведено сравнение аллелопатической активности недотроги мелкоцветковой (*Galinsoga parviflora* Cav.), произрастающей в различных эколого-географических условиях: Республики Беларусь (г. Минск, Октябрьский район), Королевства Бельгии (парковая зона г. Брюсселя, административный округ Укль).

Водный экстракт из недотроги мелкоцветковой готовили следующим образом: 10 г сухого сырья заливали 100 мл кипятка и настаивали 1 час, затем процеживали, доводили до исходного объема и помещали в холодильник. В дальнейшем полученный настой разбавляли до нужной концентрации и добавляли на бумажные фильтры в чашки Петри по 2 мл водного экстракта различной концентрации (0,001%, 0,01%, 0,1%, 1%, 10%), в контрольные чашки – 2 мл дистиллированной воды. Разложенные в чашки Петри семена тест-культур (по 20 штук в чашку) проращивали в термостате при температуре 22 °С.

Оценку аллелопатического действия почвы из ризосферы данного вида на жизнеспособность семян и длину проростков тест-культур проводили методом прямого биотестирования по А.М.Гродзинскому [34–35]. С этой целью почву для анализа отбирали: 1) из ризосферы изучаемого вида в форме почвенного монолита на глубину 0–20 см; 2) из слоя 0–20 см почвы контрольного участка, на котором растения инвазионного вида отсутствовали. В последующем на опытной и контрольной почве проводили высев жизнеспособных семян кресс-салата и на основании данных о прорастании семян и линейном росте проростков тест-культур оценивали аллелопатическую активность инвазионных видов.

Результаты и их обсуждение. Изучение влияния широкого диапазона концентраций (10; 1; 0,1; 0,01 и 0,001%) водных экстрактов, полученных из сухой надземной биомассы растений недотроги мелкоцветковой, показало, что концентрации от 0,1% до 0,001% оказывают стимулирующее влияние на рост растений кресс-салата (рис. 3).

В тоже время воздействие концентраций в диапазоне от 1% до 10%, наоборот, оказывало ингибирующее влияние. Это указывает на возможность использования недотроги мелкоцветковой как перспективного сырья для создания биогербицидов (экстракты с концентрацией 10%) или стимуляторов роста (экстракты с низкой концентрацией (0,1–0,001%).

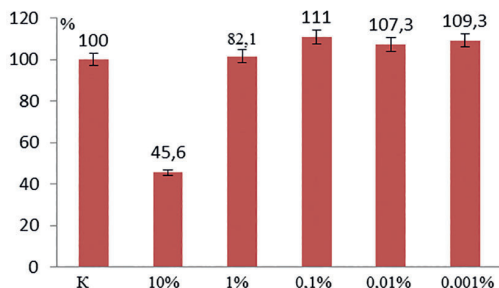


Рис. 3. Влияние водных экстрактов из сухой надземной биомассы растений недотроги мелкоцветковой на длину проростков кресс-салата (в % к контролю).

Изучение влияния водных экстрактов с высокой концентрацией (10%), полученных из сухой биомассы надземной части недотроги мелкоцветковой показало сильное ингибирование роста растений из семейства злаковых (21,9% – просо, 23,4% – яровой ячмень, 51,8% – яровая пшеница в сравнении длиной проростков в контроле). Значительно слабее это влияние отразилось на узколистной люпине (79,5%), что указывает на значительную видовую специфичность аллелопатического действия этого инвазионного вида (рис. 4).

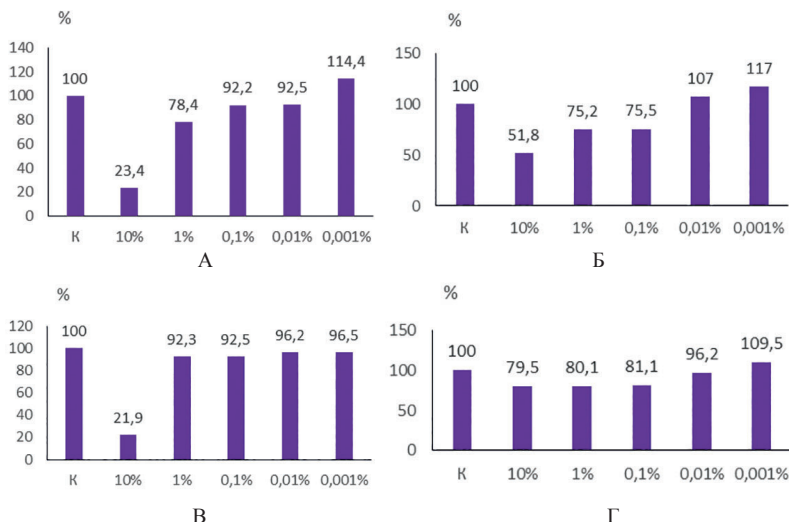


Рис. 4. Влияние водных экстрактов из сухой надземной биомассы растений недотроги мелкоцветковой на длину проростков культурных растений (в % к контролю).

А – яровой ячмень, сорт Фэст, Б – яровая пшеница, сорт Сударыня,
В – просо, сорт Галинка, Г – люпин узколистый, сорт Ян.

Проведена сравнительная оценка аллелопатической активности недотроги мелкоцветковой, произрастающей в условиях Республики Беларусь (Смолевичский район Минской области) и на территории Королевства Бельгии. Растительные образцы в Бельгии были собраны в лесопарковой зоне г. Брюсселя (административный округ Укль) в сентябре 2017 г. (рис.5).



Рис. 5. Территория столицы Бельгии г. Брюсселя, где отбирались пробы растений:
а – административный район Укль; б – городская лесопарковая зона
в административном районе Укль.

Установлено, что водные экстракты, полученные из сухой надземной биомассы растений недотроги мелкоцветковой, произрастающей в Беларуси оказывают более сильное ингибирующее влияние на прорастание и рост проростков тест-культуры (кресс-салата). Лабораторная всхожесть семян кресс-салата при их обработке 10% водным экстрактом, полученным из сухой надземной биомассы недотроги мелкоцветковой, собранной в Беларуси, составила около 70%, тогда как при обработке экстрактом из растительного сырья недотроги из Бельгии – 85%. Низкие концентрации водных экстрактов из растений, собранных в Бельгии, проявляют незначительное стимулирующее действие 102,7%–105,8% в сравнении с контролем. Таким образом, в целом аллелопатическая активность растений недотроги мелкоцветковой, произрастающей в условиях Беларуси в опытах была выше в сравнении с растениями этого вида, отобранными на территории г. Брюсселя.

Проведенная оценка влияния почвы из корнеобитаемой среды недотроги мелкоцветковой на рост проростков кресс-салата также показала сильное аллелопатическое влияние этого вида на тест-культуру. Всхожесть семян кресс-салата, посеянных на такой почве составила только 10%.

Таким образом аллелопатия выполняет регуляторную функцию онтогенетического развития и фитоценоотического взаимодействия, а выделя-

емые в процессе роста и развития растений вторичные метаболиты могут служить основой для разработки экологически безопасных биопрепаратов нового поколения.

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (договор № Б20-016 от 04.05.2020 г.)

Литература

1. Марков М.В., Уланова Н.Г., Чубатова Н.В. Род Недотрога / Биологическая флора Московской области, М.: 1997, вып.13. С. 66–86.
2. Reszutek K. et al. // Acta Soc Bot Pol. 2015. Vol.84, № 4. P.401–411.
3. Виноградова Ю.К. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров, Л.В. орун. М.:ГЕОС, 2010. – 512 с.
4. Виноградова Ю.К. Процессы микроэволюции у адвентивных и интродуцированных растений: дис.... д-ра биол. наук / Виноградова Юлия Константиновна. – М. – 1992. – 40 с.
5. Кондратьева-Мельвиль Е.А. // Вестник Ленинградского университета. 1976. №9. С. 57–62.
6. Дурнова Н.А., Березуцкий М.А., Васина А.С. // Тенденции развития науки и образования. 2017, № 28. С. 15–16.
7. Schmitz G. // Plant Invasions: Ecological Mechanisms and Human Responses, 1998. P. 335–345.
8. Наумов Н.И., Джус М.А. // Материалы II-й международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов». Минск, 22–26 октября 2012 г. С. 479–482.
9. Godefroid S. // Plant Ecol. Evol. 2010. Vol.143, № 2. P. 119–127.
10. Дубовик Д.В., Лебедько В.Н., Парфенов В.И., Савчук С.С., Скуратович А.Н. Растения – агрессоры. Инвазионные виды на территории Беларуси. Минск, 2017. 192 с.
11. Hejda, M. // PLoS ONE. 2012. Vol.7, N 6. e39571. 7 p. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0039571>
12. Golivets M. // Urban Ecosystems. 2013 DOI: 10.1007/s11252-013-0313-4
13. Chmura D., Sierka. E. // J.Ecol., 2006. Vol.54, № 3. P.417–428.
14. Dobravolskaite R. // Botanica Lithuanica. 2012. Vol.18, № 1. P.3–12.
15. Trepl L. Über *Impatiens parviflora* DC. als Agriophyt in Mitteleuropa. Diss., 1984. P. 1–371
16. Obidzinski T, Symonides E. // Acta Soc Bot Pol., 2000. Vol.69, № 4. P. 311–318.
17. Levitt J. Responses of plants to environmental stresses. V.2. New: Academic Press. 1980. 607 p.
18. Coombe DE. // J Ecol. 1956. Vol.44. P.701–713.
19. Николаева М.Г. Справочник по проращиванию покоящихся семян / М.Г. Николаева, М. В. Разумова, В. Н. Гладкова [отв. ред. М. Ф. Данилова]. – Л., 1985. – 177 с.

20. Piskorz R, Klimko M. // *Acta Soc Bot Pol*, 2006. Vol.75, № 1. P. 51–59.
21. Благовещенская Е.Ю. // *Вестник Московского университета. Сер.16. Биология*, 2015, № 2. С. 42–45.
22. Pavela R. // *J. Biopesticides*. 2009. Vol.2, № 1. P. 8–51.
23. Šerá B. et al. // *J. Phenolic compounds in the leaves of alien and native Impatiens plants*. In: Alford D.V., Backhaus G.F. (eds): *Plant Protection and Plant Health in Europe: Introduction and Spread of Invasive Species*. British Crop Production Council, Alton, 2005. P. 281–282
24. Grabowska K et al. // *Nat Prod Res*. 2018, № 16. P. 1–5.
25. Лавренова Г.В., Лавренов В.К. *Энциклопедия лекарственных растений*. Донецк: Донецщина, 1997. Т.1-2.
26. Глушакова А.М., Качалкин А.В., Чернов И.Ю. // *Микробиология*. 2015. Т. 84. № 5. С. 606.
27. Blossey B., Nötzold R. // *J Ecol.*, 1995. Vol.83. P. 887–889.
28. Callaway R.M., Aschehoug E.T. // *Science*, 2000. Vol. 290. P. 521–523.
29. Elton C.S. *The ecology of invasions by plants and animals* London, 1958.
30. Stockwell C.A. et al. // *Trends Ecol Evol*, 2003. Vol.18. P. 94–101
31. Thompson J.D. et al. // *New Phytol*, 1991. Vol. 117. P. 115–128.
32. Williams D.G. et al. // *Ecology*. 1995. Vol. 76. P. 1569–1580.
33. Bais H.P. et al. // *Science*, 2003. Vol. 301. P. 1377–1380.
34. Гродзинский А.М. *Аллелопатия в жизни растений и их сообществ: основы хим. взаимодействия растений*. Киев : Наукова думка, 1965. 200 с.
35. Гродзинский А.М. *О новой концепции аллелопатии*. Киев, 1981. С. 3–18.
36. Чернобровченко С.И. *Биологическая роль растительных выделений и межвидовое взаимоотношение в смешанных посевах*. М.: Советская наука. 1956. 194 с.
37. Ламан Н.А., Прохоров В.Н. // *Ботаника: (исследования): сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Отд-ние биол. наук [и др.]*. Минск, 2011. Вып.40. С. 469–489.
38. Mishyna M., Laman N., Prokhorov V., Fujii Y. // *Conference “Weed Science Society of Japan”*, Kyoto, Japan, April 13–14, 2013. P. 102.
39. Lorenzo P. et al. // *Allelopathy: Current Trends and Future Applications* / ed.: Z.A. Cheema, M. Farooq, A. Wahid. – Berlin, Heidelberg, 2013. P. 3–21.
40. Pisula N.L., Meiners S.J. // *The Amer. Midland Naturalist*. 2010. Vol. 163, № 1. P. 161–172.
41. Pisula N.L., Scott J.M. // *The J. of the Torrey Botanical Society*. 2010. Vol. 137, № 1. P. 81–87.
42. Виноградова Ю. К. // *Проблемы экспериментальной ботаники = Problems of experimental botany: сб. ст. / Ю. К. Виноградова, В. Н. Решетников; отв. ред. А. В. Пугачевский*. – Минск, 2015. С. 5–79. (Купревические чтения; 10).
43. Orr S.R. et al. // *J. of Plant Ecology*. 2005. Vol. 181, № 2. P. 153–165.
44. Yuan Y. et al. // *Plant Ecology*. 2013, Vol.6, № 3. P. 253–263
45. Li W. et al. // *Allelopathy Journal*, 2017. Vol.41, № 2. P. 249–258.
46. Ill-Min C. et al. // *Weed Biology and Management*, 2018. Vol.18, № 2. P. 63–74.
47. Прохоров В.Н. // *Вестник фонда фундаментальных исследований*, 2018, № 3. С. 75–84.

48. Прохоров В.Н. // Весці Акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. 2018 Т. 63, № 2. С. 163–171.
49. Прохоров В.Н. // Ботаника (Исследования), 2018. Вып.47. С. 196–209.
50. Csiszar A. et al. // International Scientific Conference March 26–27 2012 on Sustainable Development & Ecological Footprint Sopron, Hungary. 2012, 6 p.
51. Vrchotová N. et al. // Plant soil environ, 2011, Vol.57, № 2. P. 57–60.
52. Юсуфова В.З. Особенности биоморфологии и популяционного биологии трех видов недотрог – *Impatiens noli-tangere* L., *Impatiens parviflora* DC., *Impatiens grandiflora* Royle. Автореферат, Москва, 2016. 24 с.

В. Н. ПРОХОРОВ
**ИНВАЗИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕДОТРОГИ МЕЛКОЦВЕТКОВОЙ
(*IMPATIENS PARVIFLORA* DC.)**

Резюме

В статье проанализированы, на основе литературных и собственных данных, биологические особенности и формирование аллелопатического потенциала распространенного в Республике Беларусь инвазивного вида недотроги мелкоцветковой. Показано, что данный вид может служить возобновляемым ресурсом растительного сырья для разработки экологически безопасных биопрепаратов нового поколения.

V. N. PROKHOROV
**INVASIVE POTENTIAL OF LITTLE-FLOWERED
(*IMPATIENS PARVIFLORA* DC.)**

Summary

The article analyzes, on the basis of literature and our own data, the biological characteristics and the formation of the allelopathic potential, common in the Republic of Belarus invasive species of touch-me-not small-flowered. It is shown that this species can serve as a renewable resource of plant raw materials for the development of ecologically safe biological products of a new generation.

Поступила в редакцию 23.11.2020 г.

Ж. А. РУПАСОВА¹, А. П. ЯКОВЛЕВ¹, Г. И. БУЛАВКО¹,
П. Н. БЕЛЫЙ¹, В. С. ЗАДАЛЯ¹, В. И. ДОМАШ², С. Г. АЗИЗБЕКЯН³,
И. И. ЛИШТВАН⁴, Т. М. КАРБАНОВИЧ⁵

**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ
МИКРОБИОТЫ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ
ПОД ПОСАДКАМИ ГОЛУБИКИ НА ВЫРАБОТАННОМ
ТОРФЯНИКЕ НИЗИННОГО ТИПА**

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси

²Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск

³Институт физико-органической химии НАН Беларуси

⁴Институт природопользования НАН Беларуси

⁵Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь

Введение. В связи с разработкой технологии фиторекультивации вышедших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений низинного типа на основе создания локальных агроценозов интродуцированных сортов голубики высокорослой, особого внимания заслуживают вопросы оптимизации минерального питания данной культуры. Учитывая возможное влияние используемых при этом удобрений на формирование и функционирование микробоценозов под посадками культивируемых растений, представлялось необходимым дать комплексную оценку влияния на основные микробиологические характеристики корнеобитаемой зоны субстрата не только традиционно применяемого полного минерального удобрения [15], но и новых экологичных видов отечественных органических удобрений – Экосила, содержащего природный комплекс тритерпеновых кислот [17], и Гидрогумата, действующим веществом которого являются гуматы – водорастворимые соли гуминовых кислот [16]. Применение этих препаратов, на наш взгляд, является особо актуальным в связи с принятым в 2018 г. в республике Законом об органическом земледелии, существенно ужесточающим требования к качеству экологически чистой растениеводческой продукции, при производстве которой запрещено использование любых химических средств, в том числе минеральных удобрений. Наряду с этим представлялось целесообразным испытание на растениях голубики отечественного микроудобрения Наноплант-8, включающего 8 микроэлементов – Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, и являющегося совместной разработкой Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича и Института физико-органической химии НАН Беларуси [1]. Предварительные испытания данного препарата на сорте *Bluecrop V. corymbosum* на средне-окультуренной дерново-подзолистой почве в Ганцевичском р-не Брестской обл. подтвердили его высокую эффективность в плане увеличения урожайности и биометрических характеристик плодов, а также повышения содержания в них ряда биологически активных соединений с высокой антиоксидантной активностью [6].

В связи с этим в 2017–2018 гг. в рамках проекта БРФФИ «Научное обоснование базовых элементов технологии фиторекультивации выработанных торфяных месторождений низинного типа на основе культивирования голубики и жимолости» на рекультивируемых участках торфяной залежи были выполнены сравнительные исследования основных характеристик микробоценозов под посадками разновозрастных растений голубики на фоне применения вышеуказанных препаратов и минеральных удобрений.

Объекты и методы исследования. Экспериментальная часть исследований выполнена в 2017–2018 гг. на базе фермерского хозяйства «Иосифович» в Кличевском районе Могилевской обл. и соседствующего с ним торфопредприятия «Березинское» в Березинском районе Минской обл. Годы исследований характеризовались выраженными контрастами погодных условий вегетационного периода, характеризовавшегося в 2017 г. близким к средней многолетней норме гидротермическим режимом. Вегетационный период 2018 г. на всем протяжении был отмечен аномально жаркой погодой с превышением на 5–50% средних многолетних температурных показателей при существенном дефиците атмосферных осадков.

Полевые опыты были заложены на расположенных на расстоянии примерно 60 км друг от друга участках среднекислого ($pH_{KCl} - 5,2-5,3$), малоплодородного, содержащего в мг/кг: аммонийного и нитратного азота 114–200 и 26–110, P_2O_5 и K_2O 130–135 и 50–93 соответственно, полностью лишённого растительности остаточного слоя донного торфа высокой степени разложения, представленного тростниково-осоковой ассоциацией.

В качестве объектов исследований в Березинском районе Минской обл. были использованы высаженные в 2015 г. генеративные 4-летние растения 3 модельных сортов *V. corymbosum* L. разных сроков созревания – раннеспелый *Northcountry* и среднеспелые *Bluecrop* и *Northland*. В Кличевском районе Могилевской обл. в качестве опытных объектов были привлечены высаженные в 2017 г. виргинильные двулетние растения тех же, что и в Березинском районе, модельных сортов *V. corymbosum*.

Схема полевых опытов в обоих районах исследований была идентичной и включала 5 вариантов в пятикратной повторности:

1 – контроль, без внесения удобрений; 2 – луночное внесение под опытные растения в мае и июне полного минерального удобрения NPK 16:16:16 кг/га д.в., или 5 г на 1 растение; 3 – некорневая обработка опытных растений препаратом Наноплант; 4 – луночное внесение под опытные растения препарата Гидрогумат методом полива; 5 – некорневая обработка опытных растений препаратом Экосил. В каждом варианте опыта было высажено по 25 растений каждого сорта голубики.

В качестве полного минерального удобрения использовали «Растворин» марки «Б». Обработку надземных органов растений Экосилом проводили дважды за вегетационный период. Первый раз ее осуществляли в утренние часы в конце первой декады июня, второй раз – в конце первой декады июля. Для приготовления рабочего раствора эмульсию Экосила (0,5 мл, или 15 капель), разводили в 3 л теплой воды (40–50 °C), после чего доводили до необходимого объема водой комнатной температуры и тща-

тельно перемешивали. Расход рабочей жидкости при некорневой подкормке составлял 120 мл/растение. Луночное внесение Гидрогумата проводили в те же сроки, что и при использовании препарата Экосил. Для приготовления рабочего раствора 40 мл эмульсии Гидрогумата растворяли в 10 л воды. Расход рабочей жидкости при поливе составлял 0,5 л/растение. В отличие от двух предыдущих препаратов, обработка опытных растений Наноплантом производилась, кроме обозначенных выше сроков, еще и в середине июня, то есть трижды за вегетационный период. Для приготовления рабочего раствора 30 капель препарата растворяли в 3 л воды. Расход рабочей жидкости при некорневой обработке составлял 120 мл/растение.

Поскольку при показателе pH 5,5 единиц и выше растения голубики высокорослой, как правило, испытывают недостаток азота из-за нарушения условий жизнедеятельности микоризы – гриба, составляющего симбиоз с корневой системой и снабжающего её питательными веществами, то для устранения возможного дефицита данного элемента проводили периодическое подкисление субстрата коллоидной серой, которую равномерно распределяли вокруг опытных растений, внося ее в увлажненный торф в количестве 20 г/растение. В первый год обработку серой проводили в июне, спустя месяц после закладки эксперимента, во второй – в мае, одновременно с применением минеральных и органических удобрений.

Определение микробной биомассы в торфяном субстрате осуществляли дважды за вегетационный период с использованием физиологического метода [9]. Значение метаболического коэффициента вычисляли как отношение микробной биомассы, заключенной в 1 г субстрата, к количеству выделенной ею в течение часа углекислоты [2]. Деструкционную активность почвенных микроорганизмов определяли по степени разложения целлюлозы в контролируемых (лабораторных) условиях по методу, основанному на определении активности целлюлазы [4].

Все измерения и определения осуществляли в 3-5-кратной повторности с последующей статистической обработкой данных с использованием стандартных методов вариационной статистики в программах *STATISTICA v. 6.0, Microsoft Office Excel 2007*.

Результаты и их обсуждение. Общеизвестно, что почвенные микроорганизмы, благодаря участию в минерализации органических остатков, способствуют высвобождению основных элементов питания из прочносвязанного состояния и переводу их в легкодоступные растениям формы [7, 21]. Сформированный при этом специфичный для каждого типа субстрата комплекс микроорганизмов использует прижизненные корневые выделения растений, а также опад их надземной и подземной фитомассы [11]. При этом численность и групповой состав микрофлоры торфяного субстрата в значительной степени определяются климатическими условиями региона, а также характером растительного покрова и стадией развития растений [18].

Логично предположить, что различия механизмов действия испытываемых нами видов удобрений могли оказать определенное влияние на формирование микробоценозов корнеобитаемой зоны субстрата. Поскольку каждому растению свойственны индивидуальное количество

и качественный состав прижизненных корневых выделений, заметно изменяющихся в течение сезона, то, в зависимости от таксономического состава агроценоза, в торфяном субстрате будет формироваться микробоценоз с определенной активностью [5]. В связи с этим в наших исследованиях с применением минеральных и органических удобрений под разновозрастные (виргинильные и генеративные) растения голубики существенное влияние на формирование микробиоты корнеобитаемого слоя субстрата должны были оказывать, наряду с гидротермическим режимом сезона и уровнем агрохимического обеспечения, генотип и фаза сезонного развития растений.

Общеизвестно, что важнейшей характеристикой микробоценоза является величина биомассы активно функционирующих в нем микроорганизмов [13], для определения которой широко используется физиологический метод [20]. По нашим оценкам, в период наблюдений под посадками виргинильных растений голубики запасы активно функционирующей микробной биомассы в корнеобитаемом слое остаточного слоя торфяной залежи варьировались в рамках эксперимента в пределах 190–560 мкг С/г (табл. 1) при наиболее высоких значениях во втором сезоне у сортов *Bluecrop* и *Northland* и что было сопоставимо с результатами, полученными нами в аналогичный период под посадками данной культуры на верховом торфе в эксперименте с внесением минеральных и микробных удобрений [19]. При этом и в том, и в другом случае были выявлены весьма выразительные межвариантные, а также внутри- и межсезонные различия массы ФАМ, обусловленные как индивидуальными условиями функционирования микробоценозов на фоне испытываемых агроприемов, так и существенным влиянием на численность микроорганизмов метеорологических факторов.

Обращает на себя внимание, что независимо от генотипа опытных растений, на протяжении вегетационного периода 2018 г. с его повышенным температурным фоном и дефицитом осадков, как и в упомянутых выше исследованиях с использованием на данной культуре микробных удобрений, в столь же экстремальных погодных условиях 2016 г., но на более бедном питательными элементами верховом торфе, во всех вариантах опыта происходило увеличение массы ФАМ в 1,1–2,0 раза, наиболее выраженное под сортом *Northland* (табл. 2).

На наш взгляд, в обоих случаях это было обусловлено оптимизацией к концу сезона температурного режима субстрата при достаточном увлажнении его корнеобитаемого слоя. Некоторые же генотипические различия в увеличении к осени данного показателя, скорее всего, обусловлены индивидуальными особенностями биохимического состава фитомассы и экссудатов опытных таксонов голубики. На наш взгляд, в обоих случаях это было обусловлено оптимизацией к концу сезона температурного режима субстрата при достаточном увлажнении его корнеобитаемого слоя. Некоторые же генотипические различия в увеличении к осени данного показателя, скорее всего, обусловлены индивидуальными особенностями биохимического состава фитомассы и экссудатов опытных таксонов голубики

Таблица 1. Основные характеристики микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата в вариантах полевого опыта в начале и в конце вегетационного периода под посадками виргинильных растений *V. corymbosum* в годы исследований

Вариант опыта	Показатели					
	С _{биом} , мкг С/г торфа		дыхание почвы, мкг CO ₂ /г торфа в сутки		метаболический коэффициент, %	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
Сорт <i>Northcountry</i>						
2017 год						
Контроль	Не опр.	388,2±9,9	Не опр.	61,2±0,7	Не опр.	0,13
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	«- «	363,8±10,3	«- «	67,6±1,2*	«- «	0,16*
Наноплант	«- «	377,4±23,7	«- «	82,2±1,6*	«- «	0,18*
Гидрогумат	«- «	235,7±17,5*	«- «	60,6±1,2	«- «	0,22*
Экосил	«- «	365,8±23,0	«- «	77,8±1,6*	«- «	0,18*
2018 год						
Контроль	197,8±16,7	317,3±8,1	35,9±2,2	61,2±0,7	0,18	0,16
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	220,7±15,5	297,4±8,4	45,9±3,6*	65,9±1,6*	0,21*	0,19*
Наноплант	192,1±11,4	308,5±19,4	42,8±2,1*	82,2±1,6*	0,23*	0,23*
Гидрогумат	208,7±14,3	229,9±17,1*	50,2±3,5*	79,5±6,6*	0,25*	0,29*
Экосил	201,8±9,8	294,5±18,5	47,8±1,7*	76,6±1,6*	0,24*	0,22*
Сорт <i>Bluecrop</i>						
2017 год						
Контроль	Не опр.	343,3±10,0	Не опр.	16,4±0,7	Не опр.	0,09
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	«- «	294,1±10,4*	«- «	12,7±0,7*	«- «	0,07*
Наноплант	«- «	296,6±12,0*	«- «	17,1±0,7	«- «	0,09
Гидрогумат	«- «	340,3±21,4	«- «	14,6±0,6*	«- «	0,11*
Экосил	«- «	369,1±13,2*	«- «	12,7±0,6*	«- «	0,06*
2018 год						
Контроль	306,5±10,3	367,8±18,8	43,8±1,3	32,9±3,8	0,12	0,08
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	261,7±16,4*	388,0±24,7	45,8±3,9	49,9±3,7*	0,15*	0,11*
Наноплант	323,2±18,9	544,9±28,7*	47,5±1,3*	48,3±1,4*	0,12	0,08
Гидрогумат	304,6±19,1	505,1±28,7*	49,8±3,9*	41,6±1,4*	0,14*	0,07
Экосил	296,5±12,1	561,7±22,9*	40,9±3,6	51,0±7,2*	0,12	0,08
Сорт <i>Northland</i>						
2017 год						
Контроль	Не опр.	335,2±19,8	Не опр.	73,3±1,6	Не опр.	0,19
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	«- «	346,9±21,8	«- «	75,6±1,5	«- «	0,18
Наноплант	«- «	348,4±21,9	«- «	70,4±1,5	«- «	0,18
Гидрогумат	«- «	406,4±23,7*	«- «	84,2±2,8*	«- «	0,18
Экосил	«- «	365,8±21,3*	«- «	68,6±1,5*	«- «	0,16*

Вариант опыта	Показатели					
	С _{биом} , мкг С/г торфа		дыхание почвы, мкг СО ₂ /г торфа в сутки		метаболический коэффициент, %	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
2018 год						
Контроль	361,9±14,7	497,9±39,1	46,3±1,4	35,5±0,7	0,11	0,06
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	257,7±15,0*	525,6±22,6	45,4±2,4	29,4±1,4*	0,15*	0,05
Наноплант	350,5±15,1	476,2±11,1	45,5±1,1	29,0±1,4*	0,11	0,05
Гидрогумат	270,6±44,2*	548,9±22,4*	39,6±4,0*	30,9±0,9*	0,12	0,05
Экосил	264,3±55,6*	525,8±22,6	53,5±1,4*	25,1±0,7*	0,17*	0,04*

Примечание. * – статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

Таблица 2. Кратный размер изменения микробиологических характеристик корнеобитаемого слоя торфяного субстрата в вариантах полевого опыта к концу вегетационного периода под посадками виргинильных растений *V. corymbosum*. 2018 г.

Вариант опыта	Показатели		
	С _{биом} , мкг С/г торфа,	дыхание почвы, мкг СО ₂ /г торфа в сутки	метаболический коэффициент, %
Сорт Northcountry			
Контроль	>1,6	>1,7	<1,1
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	>1,3	>1,4	<1,1
Наноплант	>1,6	>1,9	–
Гидрогумат	>1,1	>1,6	>1,2
Экосил	>1,5	>1,6	<1,1
Сорт Bluecrop			
Контроль	>1,2	<1,3	<1,5
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	>1,5	>1,1	<1,4
Наноплант	>1,7	–	<1,5
Гидрогумат	>1,7	<1,2	<2,0
Экосил	>1,9	>1,2	<1,5
Сорт Northland			
Контроль	>1,4	<1,3	<1,8
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	>2,0	<1,5	<3,0
Наноплант	>1,4	<1,6	<2,2
Гидрогумат	>2,0	<1,3	<2,4
Экосил	>2,0	<2,1	<4,3

Примечание. *Прочерк (–) означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента изменений при $p < 0,05$.

Вместе с тем полученные в эксперименте на низинном торфе в условиях сезона 2018 г. значения массы ФАМ оказались существенно выше прошлогодних, что можно объяснить активизацией микробиологических процессов в субстрате с увеличением возраста культиваров. Однако несмотря на определенную общность тенденций в динамике массы ФАМ в корнеобитаемой зоне субстрата в рамках эксперимента, выявленные при этом межвариантные различия убедительно свидетельствовали об индивидуальном характере влияния испытываемых агроприемов на жизнедеятельность микробиоты остаточного слоя торфяной залежи.

Наиболее объективное представление о степени данного влияния в начале и конце вегетационного периода в годы наблюдений можно составить на основе сопоставления относительных различий с контролем микробной биомассы в отдельных вариантах опыта, показавшего весьма неоднозначную картину выявленных различий (табл. 3). Так, в условиях сезона 2018 г. в весенний период, для которого, как правило, характерна наибольшая активность микробоценозов в субстрате и ростовых процессов у культиваров, под посадками всех таксонов голубики ни в одном варианте опыта не было установлено превышения контрольного уровня численности ФАМ. Более того, при отсутствии под сортами *Northcountry* и *Bluecrop* достоверных различий с контролем по данному признаку, под сортом *Northland* отмечено преимущественное его отставание от контроля на 25–29%. На наш взгляд, это могло быть связано с усилением конкуренции между культивируемыми растениями и микроорганизмами за элементы минерального питания. Очевидно, темпы переработки органического вещества торфа и высвобождения из него питательных элементов в данный период уступали скорости их потребления теми и другими организмами. Это приводило к снижению микробной биомассы в зоне ризогенеза за счет сокращения численности менее конкурентоспособных видов.

В конце вегетационного периода темпы накопления биомассы ФАМ в значительной степени определялись характером погодных условий сезона и генотипом опытных растений. Так, если под посадками сорта *Northcountry* в большинстве случаев не было выявлено достоверных различий с контролем по этому показателю, а при использовании Гидрогумата его значения даже уступали контрольным на 28–39%, то под посадками сорта *Bluecrop* отмечено доминирование противоположной тенденции, наиболее выраженное в условиях сезона 2018 г. При этом лишь при внесении $N_{16}P_{16}K_{16}$ величина микробной биомассы была сопоставима с таковой в контроле, тогда как в остальных вариантах опыта она превосходила ее на 37–53%, особенно при использовании Экосила. Заметим, что и в предыдущем сезоне обработки данным препаратом обусловили хотя и менее выраженное, но все достоверное превышение контрольного уровня численности ФАМ на 8%, тогда как в остальных случаях отмечено ее снижение на 14%. Что касается сорта *Northland*, то в оба года наблюдений только использование Гидрогумата, а в 2017 г. также Экосила способствовало увеличению микробной биомассы на 9–21% относительно контроля при отсутствии ее достоверных изменений в остальных вариантах опыта.

Таблица 3. Относительные различия с контролем основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата в вариантах полевого опыта с применением удобрений в начале и в конце вегетационного периода под посадками виргинильных растений *V. corymbosum* в годы исследований

Вариант опыта	Показатели					
	C _{биом} , мкг C/г торфа		дыхание почвы, мкг CO ₂ /г торфа в сутки		метаболический коэффициент, %	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
Сорт Northcountry						
2017 год						
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	Не опр.	–	Не опр.	+10,5	Не опр.	+23,1
Наноплант	«– «	–	«– «	+34,3	«– «	+38,5
Гидрогумат	«– «	–39,3	«– «	–	«– «	+69,2
Экосил	«– «	–	«– «	+27,1	«– «	+38,5
2018 год						
N16P16K16	–	–	+27,9	+7,7	+16,7	+18,8
Наноплант	–	–	+19,2	+34,3	+27,8	+43,8
Гидрогумат	–	–27,5	+39,8	+29,9	+38,9	+81,3
Экосил	–	–	+33,1	+25,2	+33,3	+37,5
Сорт Bluecrop						
2017 год						
N16P16K16	Не опр.	–14,3	Не опр.	–22,6	Не опр.	–22,2
Наноплант	«– «	–13,6	«– «	–	«– «	–
Гидрогумат	«– «	–	«– «	–11,0	«– «	+22,2
Экосил	«– «	+7,5	«– «	–22,6	«– «	–33,3
2018 год						
N16P16K16	–14,6	–	–	+51,7	+25,0	+37,5
Наноплант	–	+48,2	+8,4	+46,8	–	–
Гидрогумат	–	+37,3	+13,7	+26,4	+16,7	–
Экосил	–	+52,7	–	+55,0	–	–
Сорт Northland						
2017 год						
N16P16K16	Не опр.	–	Не опр.	–	Не опр.	–
Наноплант	«– «	–	«– «	–	«– «	–
Гидрогумат	«– «	+21,2	«– «	+14,9	«– «	–
Экосил	«– «	+9,1	«– «	–6,4	«– «	–15,8
2018 год						
N16P16K16	–28,8	–	–	–17,2	+36,4	–
Наноплант	–	–	–	–18,3	–	–
Гидрогумат	–25,2	+10,2	–14,5	–13,0	–	–
Экосил	–27,0	–	+15,6	–29,3	+54,5	–33,3

Примечание. Прочерк (–) означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при p<0,05

Нетрудно убедиться, что на фоне общей для всех таксонов виргинильных растений голубики тенденции увеличения в течение сезона запасов в субстрате микробной биомассы, наиболее значительное их пополнение установлено в зоне ризогенеза сортов *Northland* и особенно *Bluecrop*, главным образом, при использовании Экосила и Гидрогумата.

Наряду с численностью ФАМ, важнейшим показателем функциональной активности микробоценоза является интенсивность выделения из почвы углекислого газа, определяемая темпами окисления органических веществ в процессе дыхания эдафобионтов, поставляющего энергию для их метаболизма [2, 7]. Известно также, что благоприятные гидротермические условия сезона, а также наличие энергетических и трофических ресурсов способствуют усилению данного процесса. Для определения в лабораторных условиях интенсивности выделения CO_2 микробоценозами разных вариантов полевого опыта, из соответствующих им образцов торфа проводили удаление корней растений, что позволяло экспериментальным путем объективно оценить вклад микробиоты в дыхательный процесс, исключив из него долю корневых систем высших растений.

По нашим оценкам, приведенным в табл. 1, величина данного показателя под посадками виргинильных растений голубики заметно варьировалась как в рамках полевого эксперимента, так и в сезонном и двухлетнем циклах наблюдений, в диапазоне от 13 до 84 $\text{C-CO}_2/\text{г}$ в сутки, что несколько уступало значениям, полученным нами в эксперименте с использованием микробных удобрений на верховом торфе [19], и что свидетельствовало о выраженной ее зависимости от комплекса биотических и абиотических факторов. Ведь по мнению ряда исследователей, основными факторами, определяющими активность дыхания микробоценоза, являются температурный режим и влажность почвы, содержание в ней органического вещества, доступных форм основных элементов питания, а также запасы углерода в микробной биомассе [14].

Однотипные для всех вариантов опыта тенденции увеличения к концу сезона в 1,4-1,9 раза активности выделения углекислоты из корнеобитаемой зоны субстрата и при этом совпадавшие с установленными выше для массы ФАМ прослеживались только под посадками сорта *Northcountry* (см. табл. 2). Под посадками сорта *Bluecrop* сходный у данных характеристик микробиоты характер позитивных изменений в течение сезона установлен лишь на фоне применения $\text{N}_{16}\text{P}_{16}\text{K}_{16}$ и Экосила, тогда как в контроле и при внесении Гидрогумата эти изменения были противоположными по знаку, причем под посадками сорта *Northland* их противоположная направленность установлена уже во всех без исключения вариантах опыта, что однозначно свидетельствовало о существенном влиянии генотипа растений на интенсивность дыхания микробиоты в зоне ризогенеза. На отсутствие строгой зависимости между обозначенными показателями жизнедеятельности микробоценоза имеются указания также в работе Т.Г. Зименко [8], полагавшей, что выделение углекислого газа из почвы зависит не только от численности микроорганизмов, но и от их активности.

Как следует из табл. 3, влияние испытываемых агроприемов на выделение углекислого газа из корнеобитаемой зоны торфяного субстрата, как и запасов микробной биомассы, в значительной мере определялось генотипом опытных растений и гидротермическим режимом сезона. При этом применение удобрений значительно активизировало дыхательный процесс под посадками сортов *Northcountry* и *Bluecrop*, главным образом, на фоне экстремальных погодных условий сезона 2018 г., на что указывало увеличение его интенсивности на 8–55% по сравнению с контролем. При этом в осенний период года только под сортом *Bluecrop* направленность выявленных различий в основном коррелировала с установленной для массы ФАМ, тогда как под сортом *Northcountry* усиление дыхания микробоценоза было сопряжено с преимущественным отсутствием изменений микробной биомассы, что, на наш взгляд, обусловлено активизацией деятельности части микробоценоза, сохранившей свою жизнеспособность при возросшей на фоне использования удобрений конкуренции со стороны культивируемых растений. При этом под посадками сорта *Northcountry* в большинстве случаев наибольшим превышением контрольного уровня выделения углекислого газа характеризовались варианты опыта с использованием Нанопланта и органических удобрений. Что касается сорта *Northland*, то под его посадками в условиях сезона 2018 г. отмечено не усиление, а напротив, преимущественное ингибирование дыхательного процесса на 14–30% по сравнению с контролем. При этом в весенний период достоверные, причем неоднозначные изменения интенсивности выделения углекислого газа, наблюдавшиеся лишь при использовании Гидрогумата и Экосила, сопровождалось снижением микробной биомассы, тогда как в осенний период подавление дыхания микробоценоза в основном протекало при отсутствии изменений ее запасов.

Интегральным показателем активности микробоценоза считается коэффициент метаболической активности (qCO_2), представляющий собой отношение интенсивности дыхания почвы к биомассе ФАМ, определение которой, как правило, проводят в лабораторных условиях с использованием биохимических или кинетических методов, что предполагает предварительное получение коэффициентов пересчета [9]. В связи с трудной сопоставимостью данных методов, для упрощения и стандартизации процедуры определения метаболического коэффициента, вместо величины массы ФАМ предложено использовать скорость субстрат-индуцированного дыхания почвы [2, 3]. В этом случае значение qCO_2 рассчитывают как отношение скоростей выделения CO_2 из необогащенной почвы (V_{basal}) и почвы, в которую внесен избыток доступного субстрата (V_{SIR}), в частности, глюкозы, ($qCO_2 = V_{basal}/V_{SIR}$). Данный способ расчета существенно упрощает процедуру определения qCO_2 и позволяет проводить сравнение результатов, полученных разными авторами.

Возвращаясь к табл.1, можно убедиться, что коэффициент метаболической активности микроорганизмов под посадками опытных таксонов голубики в рамках эксперимента не превышал 0,04–0,29, что совпадало

с аналогичными результатами, полученными нами в исследованиях с использованием микробных удобрений на выработанном торфянике верхового типа [19], и свидетельствовало о весьма слабой микробной активности зоны ризогенеза низинного торфа. Вместе с тем значения данного показателя, как и других характеристик жизнедеятельности микробиоты, заметно варьировались как в рамках полевого эксперимента, так и в сезонном и двулетнем циклах наблюдений. Независимо от генотипа опытных растений, в условиях сезона 2018 г. в динамике метаболического коэффициента во всех вариантах опыта прослеживались исключительно отрицательные тенденции, указывавшие на снижение его значений в течение вегетационного периода в 1,1–4,3 раза, наиболее существенное под посадками сорта *Northland* (см. табл. 2).

Повариантное сравнение с контролем величины исследуемого показателя в весенний и осенний периоды года (см. табл. 3) выявило наиболее выразительные различия только под посадками сорта *Northcountry* при превышении контрольного уровня на 17–81%, наиболее значительном при внесении Гидрогумата. Под посадками двух других сортов голубики столь однозначных изменений данного показателя не установлено.

Приведенные выше результаты двулетних исследований основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата на фоне испытываемых агроприемов показали как стимулирующее, так и ингибирующее их влияние на функционирование микробиоценозов под посадками виргинильных растений голубики. На это указывали как более высокие, так и более низкие, чем в контроле, значения анализируемых признаков в вариантах опыта с использованием удобрений в начале и в конце вегетационного периода. Вместе с тем относительные размеры выявленных различий, в зависимости от генотипа растений, существенно варьировались в сезонном цикле наблюдений, что не позволяло выявить агроприемы с наиболее выраженным позитивным влиянием на исследуемые характеристики микробиоты. В связи с этим для оценки интегрального эффекта от их применения на примере вегетационного периода 2018 г., характеризовавшегося наиболее полной информацией в этом плане для весеннего и осеннего периодов, в каждом варианте опыта с использованием удобрений были определены суммарные значения относительных различий с контролем по совокупности анализируемых признаков, приведенные в табл.4 и определенные на основании данных табл. 3.

Нетрудно убедиться в существенной зависимости основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя низинного торфа под посадками голубики от генотипа растений и уровня минерального питания. На основании суммирования отклонений исследуемых показателей от контроля на фоне испытываемых агроприемов в весенний и осенний периоды года, с учетом их знака, установлено примерно одинаковое по величине позитивное влияние на их совокупность Нанопланта и органических удобрений, превышавшее в 1,3 раза таковое полного минерального удобрения.

Таблица 4. Суммарные за весенний и осенний периоды 2018 г. значения относительных различий с контролем совокупности характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфа в вариантах полевого опыта под посадками виргинильных растений *V. corymbosum*, %.

Вариант опыта	Показатели									
	С _{биом.} мкг С/г торфа			дыхание почвы, мкг СО ₂ /г торфа в сутки			метаболический коэффициент, %			совокупный эффект, %
	North-country	Blue-crop	North-land	North-country	Blue-crop	North-land	North-country	Blue-crop	North-land	
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	–	–14,6	–28,8	+35,6	+51,7	–17,2	+35,5	+62,5	+36,4	+161,1
Наноплант	–	+48,2	–	+53,5	+55,2	–18,3	+71,6	–	–	+210,2
Гидрогумат	–27,5	+37,3	–15,0	+69,7	+40,1	–27,5	+120,2	+16,7	–	+214,0
Экосил	–	+52,7	–27,0	+58,3	+55,0	–13,7	+70,8	–	+21,2	+217,3

Примечание: Прочерк (–) означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$.

Вместе с тем особый научный и практический интерес представляло проведение подобных исследований микробиоты торфяного субстрата под посадками генеративных растений голубики, обладающих более развитой надземной сферой и обеспечивающих большее поступление в зону ризогенеза органических веществ при ином составе прижизненных корневых выделений. В этой связи в аналогичный с виргинильными растениями временной период (2017–2018 гг.) в рамках полевого эксперимента с 6-летними плодоносящими растениями тех же таксонов голубики были проведены соответствующие микробиологические исследования торфяного субстрата, результаты которых приведены в табл. 5.

Обращает на себя внимание совершенно иной, нежели в эксперименте с виргинильными растениями, характер сезонных изменений основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя субстрата. Так, если в предыдущем случае в условиях сезона 2018 г., независимо от генотипа растений и уровня агрохимического обеспечения, происходило увеличение в нем запасов активно функционирующей микробной биомассы, сопровождавшееся под посадками сортов *Northcountry* и *Bluecrop* усилением дыхательного процесса, то в аналогичном эксперименте с генеративными растениями в изменении данных показателей в течение вегетационного периода доминировали отрицательные тенденции со сходными в его вариантах размерами снижения биомассы ФАМ и выделения СО₂ соответственно в 1,3–2,4 и 2,0–4,7 раза, наибольшими под сортом *Bluecrop* (табл. 6). Исключением из этого правила явился позитивный характер сезонной динамики биомассы ФАМ и скорости потока СО₂ под посадками сорта *Northland*, идентичный таковому под виргинильными растениями голубики.

Таблица 5. Основные характеристики микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата в вариантах полевого опыта в начале и в конце вегетационного периода под посадками генеративных растений *V. corymbosum* в годы исследований.

Вариант опыта	Показатели					
	С _{биом} , мкг С/г торфа		дыхание почвы, мкг CO ₂ /г торфа в сутки		метаболический коэффициент, %	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
Сорт <i>Northcountry</i>						
2017 год						
Контроль	Не опр.	254,9±6,7	Не опр.	20,2±0,9	Не опр.	0,07
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	«– «	267,5±13,6	«– «	21,8±1,7	«– «	0,07
Наноплант	«– «	294,4±15,0*	«– «	28,6±1,4*	«– «	0,08
Гидрогумат	«– «	267,0±43,6	«– «	24,5±0,5*	«– «	0,08
Экосил	«– «	285,1±13,7*	«– «	16,9±0,9*	«– «	0,05*
2018 год						
Контроль	197,8±10,2	120,6±4,2	35,8±2,6	15,2±0,7	0,15	0,11
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	235,1±11,2*	127,1±7,9	42,0±2,6*	14,4±0,6*	0,15	0,10
Наноплант	120,6±19,6*	162,8±8,3*	52,8±1,3*	18,1±0,7*	0,37*	0,09*
Гидрогумат	266,4±19,8*	189,1±3,0*	40,0±2,7*	19,7±1,3*	0,13*	0,09*
Экосил	241,2±19,7*	115,4±2,4	56,1±0,0*	16,7±0,7*	0,20*	0,12
Сорт <i>Bluecrop</i>						
2017 год						
Контроль	Не опр.	179,9±1,2	Не опр.	16,0±0,5	Не опр.	0,08
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	«– «	160,3±3,7*	«– «	15,5±0,7	«– «	0,08
Наноплант	«– «	162,9±6,9*	«– «	17,6±0,7*	«– «	0,09
Гидрогумат	«– «	186,2±13,6	«– «	20,5±0,0*	«– «	0,09
Экосил	«– «	167,5±5,0*	«– «	28,1±5,9*	«– «	0,14*
2018 год						
Контроль	194,4±19,8	150,5±3,5	53,3±2,7	16,4±0,7	0,23	0,09
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	384,4±16,8*	162,4±8,3*	59,4±1,4*	12,7±0,7*	0,13*	0,07*
Наноплант	271,9±9,6*	156,2±4,1	48,7±3,5*	17,1±0,7	0,15*	0,09
Гидрогумат	267,8±19,9*	112,2±7,0*	48,7±5,9*	14,6±0,6*	0,15*	0,11*
Экосил	310,2±16,6*	169,7±6,9*	54,0±1,0	12,7±0,6*	0,15*	0,06*
Сорт <i>Northland</i>						
2017 год						
Контроль	Не опр.	266,2±15,0	Не опр.	20,8±1,4	Не опр.	0,07
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	«– «	263,1±9,7	«– «	16,4±0,8*	«– «	0,05*
Наноплант	«– «	264,5±9,8	«– «	15,5±0,7*	«– «	0,05*
Гидрогумат	«– «	228,0±15,9*	«– «	19,5±0,8*	«– «	0,07
Экосил	«– «	201,3±8,5*	«– «	15,4±0,7*	«– «	0,07

Вариант опыта	Показатели					
	C _{биом?} мкг С/г торфа		дыхание почвы, мкг CO ₂ /г торфа в сутки		метаболический коэффициент, %	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
2018 год						
Контроль	236,4±14,4	250,1±6,8	46,5±1,4	19,4±0,8	0,17	0,07
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	202,4±15,0*	216,5±9,3*	37,0±1,2*	14,6±1,4*	0,16	0,06
Наноплант	77,5±15,6*	228,8±8,5*	40,6±1,4*	11,3±0,7*	0,45*	0,04*
Гидрогумат	146,6±14,4*	281,2±9,9*	48,5±1,4*	17,8±0,9*	0,28*	0,05*
Экосил	192,9±14,1*	213,2±0,0*	49,7±1,3*	14,2±0,8*	0,22*	0,06

Примечание. * – Статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при p<0,05

Таблица 6. Кратный размер изменения микробиологических характеристик корнеобитаемого слоя торфяного субстрата в вариантах полевого опыта к концу вегетационного периода под посадками генеративных растений *V. corymbosum*. 2018 г.

Вариант опыта	Показатели		
	C _{биом?} мкг С/г торфа,	дыхание почвы, мкг CO ₂ /г торфа в сутки	метаболический коэффициент, %
Сорт Northcountry			
Контроль	<1,6	<2,4	<1,4
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	<1,9	<2,9	<1,5
Наноплант	>1,4	<2,9	<4,1
Гидрогумат	<1,4	<2,0	<1,4
Экосил	<2,1	<3,4	<1,7
Сорт Bluecrop			
Контроль	<1,3	<3,3	<2,6
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	<2,4	<4,7	<1,9
Наноплант	<1,7	<2,8	<1,7
Гидрогумат	<2,4	<3,3	<1,4
Экосил	<1,8	<4,3	<2,5
Сорт Northland			
Контроль	>1,1	<2,4	<2,4
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	>1,1	<2,5	<2,7
Наноплант	>3,0	<3,6	<11,3
Гидрогумат	>1,9	<2,7	<5,6
Экосил	>1,1	<3,5	<3,7

При этом сходное с предыдущим экспериментом снижение к осени коэффициента метаболической активности микроорганизмов в субстрате под всеми опытными объектами наиболее значительным оказалось также под сортом *Northland*.

Вместе с тем в эксперименте с генеративными растениями голубики влияние испытываемых агроприемов на основные характеристики микробиоты проявилось более рельефно, нежели в исследованиях с виргинильными растениями, при наличии как определенного сходства, так и различий в направленности и степени данного влияния. На наш взгляд, это может быть связано с возрастными изменениями воздействия корневых выделений опытных объектов на исследуемые показатели, а также с возможными различиями исходных микробиологических свойств торфяного субстрата удаленно расположенных друг от друга экспериментальных участков.

Как следует из таблицы 7, в условиях сезона 2018 г. использование всех видов удобрений способствовало преимущественному увеличению на 19–98% по сравнению с контролем биомассы активно функционирующих микроорганизмов в субстрате под посадками генеративных растений сортов *Northcountry* и *Bluecrop* в начале, а в первом случае и в конце вегетационного периода на 35–57%. При этом под посадками сорта *Northland*, напротив, наблюдалось снижение до 14–67% данного показателя не только в весенний, как в эксперименте с виргинильными растениями, но и на 9–15% в осенний период, и лишь внесение Гидрогумата обеспечило его увеличение на 10–12% относительно контроля. Вместе с тем в конце вегетационного периода в корнеобитаемой зоне субстрата под посадками сортов *Northland* и *Northcountry*, как и в эксперименте с виргинильными растениями, отмечено ослабление потока CO_2 на 13–29% по сравнению с контролем в первом случае и усиление на 10–30% во втором. При этом для зоны ризогенеза сорта *Northcountry* было показано выраженное сходство с предыдущим экспериментом также в усилении дыхательного процесса и в весенний период года на 12–57% (см. табл. 7).

В отличие от данных таксонов голубики, под генеративными растениями сорта *Bluecrop* в направленности его изменений относительно контроля и в весенний, и в осенний периоды 2018 г. были выявлены тенденции, противоположные установленным в эксперименте с виргинильными растениями, и состоявшие в преимущественном снижении интенсивности выделения CO_2 на 9–23%. Заметим, что наиболее существенное влияние на основные характеристики активности микробиоты под посадками генеративных растений голубики в большинстве случаев оказывало применение Нанопланта и органических удобрений. В весенний период для значений метаболического коэффициента микробиоценозов под посадками сортов *Northcountry* и *Northland* при использовании экологических видов удобрений было показано превышение контрольного уровня на 29–165%, наибольшее при обработках Наноплантом, что свидетельствовало о значительном увеличении их функциональной активности, тогда как под посадками сорта *Bluecrop* – напротив, отмечено отставание от него на 35–44%. При этом в осенний период преимущественно более низкий, чем в контроле, или сопоставимый с ним уровень активности микробиоценозов был установлен под посадками уже всех опытных таксонов голубики (см. табл. 7).

Таблица 7. Относительные различия с контролем основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата в вариантах полевого опыта с применением удобрений в начале и в конце вегетационного периода под посадками генеративных растений *V. coymbosum* в годы исследований.

Вариант опыта	Показатели					
	C _{биом} , мкг C/г торфа		дыхание почвы, мкг CO ₂ /г торфа в сутки		метаболический коэффициент, %	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
Сорт <i>Northcountry</i>						
2017 год						
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	Не опр.	–	Не опр.	–	Не опр.	–
Наноплант	«– «	+15,5	«– «	+41,6	«– «	–
Гидрогумат	«– «	–	«– «	+21,3	«– «	–
Экосил	«– «	+11,8	«– «	–16,3	«– «	–28,6
2018 год						
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	+18,9	–	+17,3	–5,3	–	–
Наноплант	–39,0	+35,0	+47,5	+19,1	+146,7	–18,2
Гидрогумат	+34,7	+56,8	+11,7	+29,6	–13,3	–18,2
Экосил	+21,9	–	+56,7	+9,9	+33,3	–
Сорт <i>Bluecrop</i>						
2017 год						
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	Не опр.	–10,9	Не опр.	–	Не опр.	–
Наноплант	«– «	–9,5	«– «	+10,0	«– «	–
Гидрогумат	«– «	–	«– «	+28,1	«– «	–
Экосил	«– «	–6,9	«– «	+75,6	«– «	+75,0
2018 год						
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	+97,7	+7,9	+11,4	–22,6	–43,5	–22,2
Наноплант	+39,9	–	–8,6	–	–34,8	–
Гидрогумат	+37,8	–25,4	–8,6	–11,0	–34,8	+22,2
Экосил	+59,6	+12,8	–	–22,6	–34,8	–33,3
Сорт <i>Northland</i>						
2017 год						
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	Не опр.	–	Не опр.	–21,2	Не опр.	–28,6
Наноплант	«– «	–	«– «	–25,5	«– «	–28,6
Гидрогумат	«– «	–14,4	«– «	–6,3	«– «	–
Экосил	«– «	–24,4	«– «	–26,0	«– «	–
2018 год						
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	–14,4	–13,4	–20,4	–24,7	–	–
Наноплант	–67,2	–8,5	–12,7	–41,8	+164,7	–42,9
Гидрогумат	–38,0	+12,4	+4,3	–8,2	+64,7	–28,6
Экосил	–18,4	–14,8	+6,9	–26,8	+29,4	–

Примечание. Прочерк (–) означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при p<0,05.

Как видим, влияние испытываемых агроприемов на основные характеристики микробиоты зоны ризогенеза торфяного субстрата под посадками генеративных растений голубики, как и виргинильных, в значительной мере определялось их генотипом, что не позволяло обозначить самые эффективные агроприемы, оказывавшие наиболее выраженное позитивное действие на функционирование микробоценозов в целом. В связи с этим на примере вегетационного сезона 2018 г., для которого имелась соответствующая информация в весенний и осенний периоды, как и в эксперименте с виргинильными растениями, был оценен суммарный для исследуемых микробиологических характеристик эффект от применения каждого вида удобрений. На основе суммирования в эти сроки приведенных в табл. 7 относительных различий опытных вариантов с контролем по каждому анализируемому признаку, с учетом знака данных различий, для каждого варианта был получен совокупный интегральный показатель, дающий представление о степени усиления либо ослабления работы микробоценозов в целом, независимо от генотипа опытных растений.

Как следует из табл. 4 и 8, в отличие от эксперимента с виргинильными растениями, в опыте с их плодоносящими аналогами положительный характер воздействия испытываемых агроприемов на формирование и функционирование микробоценозов под посадками голубики установлен только на фоне применения Нанопланта и органических удобрений, тогда как внесение $N_{16}P_{16}K_{16}$ оказало на них ингибирующее влияние, причем в обоих случаях, независимо от вида используемых удобрений, наиболее значительное подавление микробиологических процессов в торфяном субстрате выявлено под посадками сорта *Northland*. При этом в эксперименте с генеративными растениями интегральная эффективность экологических видов удобрений в этом плане оказалась все же ниже, чем в опыте с их виргинильными аналогами, причем наиболее высокой она была у Нанопланта.

Как видим, несмотря на возрастные, генотипические и межвариантные различия основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата под посадками разновозрастных растений голубики на фоне испытываемых агроприемов, позитивное влияние на совокупность исследуемых показателей экологических видов удобрений – Нанопланта, Гидрогумата и Экосила было более значительным по сравнению с полным минеральным удобрением. На наш взгляд, это может быть связано со специфическим характером их более мягкого, чем у полного минерального удобрения, воздействия на микробоценозы посредством сопряженной активизации метаболизма культивируемых растений и микроорганизмов. В свою очередь это должно было способствовать усилению агрессивного влияния продуктов их жизнедеятельности на органическое вещество торфа, обеспечивающего пополнение запасов доступных форм питательных элементов. В пользу этого предположения свидетельствуют и результаты подобных исследований с использованием микробных удобрений на выработанных торфяниках верхового типа, также показавшие более высокую их результативность в этом плане по сравнению с полным минеральным удобрением [19].

Таблица 8. Суммарные за весенний и осенний периоды 2018 г. значения относительных различий с контролем совокупности характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфа в вариантах полевого опыта под посадками генеративных растений *V. corymbosum*, %.

Вариант опыта	Показатели									
	С _{биом} , мкг С/г торфа			дыхание почвы, мкг СО ₂ /г торфа в сутки			метаболический коэффициент, %			совокупный эффект, %
	North-country	Blue-crop	North-land	North-country	Blue-crop	North-land	North-country	Blue-crop	North-land	
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	+18,9	+105,6	-27,8	+12,0	-11,2	-45,1	—	-65,7	—	-13,3
Наноплант	-4,0	+39,9	-75,7	+66,6	-8,6	-54,5	+128,5	-34,8	+121,8	+179,2
Гидрогумат	+91,5	+12,4	-25,6	+41,3	-19,6	-3,9	-31,5	-12,6	+36,1	+88,1
Экосил	+21,9	+72,4	-33,2	+66,6	-22,6	-19,9	+33,3	-68,1	+29,4	+79,8

Примечание. Прочерк (—) означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$.

Вывод. На основе сравнительного исследования основных характеристик микробиоты в зоне ризогенеза торфяного субстрата под посадками разновозрастных растений голубики на фоне испытываемых агроприемов установлено, что на протяжении вегетационного периода под виргинильными растениями происходило увеличение запасов активно функционирующей микробной биомассы в 1,1–1,9 раза, сопровождавшееся под сортами *Northcountry* и *Bluecrop* аналогичным усилением дыхательного процесса и снижением метаболического коэффициента в 1,1–4,3 раза. Под генеративными растениями в изменении данных показателей доминировали отрицательные тенденции со снижением биомассы ФАМ и выделения СО₂ соответственно в 1,3–2,4 и 2,0–4,7 раза и положительные под посадками сорта *Northland*, сочетавшиеся со снижением к осени метаболического коэффициента в 1,4–5,6 раза. Показано, что на фоне испытываемых агроприемов, несмотря на возрастные, генотипические и межвариантные различия в функционировании микробоценозов в зоне ризогенеза торфяного субстрата под посадками разновозрастных растений голубики, позитивное влияние Нанопланта, Гидрогумата и Экосила на совокупность основных характеристик микробиоты было более значительным, нежели полного минерального удобрения.

Литература

1. Азизбеян С. Г. Наноплант – новое отечественное микроудобрение // Наше хозяйство, 2015. №7–№8. С. 2–3.
2. Ананьева, Н. Д. Микробиологическая оценка почв в связи с самоочищением от пестицидов и устойчивостью к антропогенным воздействиям : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.07 ; МГУ им. М. В. Ломоносова. М., 2001. 50 с.
3. Благодатская Е. В., Богомолова И.Н., Благодатский С.А. Изменение экологической стратегии микробного сообщества почвы, инициированное внесением глюкозы // Почвоведение. 2001. № 5. С. 600–608.

4. Востров И.С., Петрова А.Н. // Микробиология. 1961. Т. 39, № 4. С. 665–672.
5. Головченко А.В., Тихонова Е.Ю., Звянинцев Д.Г. // Микробиология. 2007. Т. 76, № 5. С. 711–719.
6. Дрозд О. В. и др. // Опыт и перспективы возделывания ягодных растений семейства Брусничные на территории Беларуси и сопредельных стран: Материалы междунар. науч.-практ. семинара. Минск, 2017. С. 50–57.
7. Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. Микробиология: учебник для вузов. М.: Дрофа, 2005. 445 с.
8. Зименко Т.Г. Деятельность микроорганизмов в мелиорированных торфяно-болотных почвах // Микроорганизмы почвы и растения. Минск: Наука и техника, 1972б. С. 168–191.
9. Мирчинк Т. Г., Паников Н.С. // Успехи микробиологии. М.: Наука, 1985. Т. 20. С. 198–226.
10. Мишустин Е. Н. Географический фактор, почвенные типы и их микробное население // Микрофлора почв северной и средней части СССР. М.: Наука, 1966. С. 54–96.
11. Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями / Под ред. В.В. Игнатова. М.: Наука, 2005. 262 с.
12. Наумова Г. В. и др. // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. НАН Беларуси, Минсельхозпрод РБ, УО «ГрГАУ». Гродно : ГГАУ, 2003. Т. 2. С. 12–18.
13. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 746 с.
14. Осипов А. Ф. Выделение углерода с поверхности почвы спелого сосняка черничного средней тайги республики Коми // Почвоведение. 2016. № 8. С. 982–990.
15. Рупасова Ж.А., Яковлев А.П. Фиторекультивация выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений севера Беларуси на основе возделывания ягодных растений сем. Ericaceae; под общ. ред. акад. В. Н. Решетникова. Минск : Беларус. навука, 2011. – 282 с.
16. Томсон А.Э., Наумова Г. В. Торф и продукты его переработки. Минск: Беларус. навука, 2009. 328 с.
17. Шабанов А. А. Биоорганические препараты Гидрогумат и Экосил – полезные компоненты в органическом земледелии [Электронный ресурс] Режим доступа. – <https://ecosil.by/a27989-ekologicheskoe-zemledelie-rostoregulatory.html>.
18. Экология микроорганизмов / А.И. Нетрусов [и др.]; под ред. А.И. Нетрусова. – М.: Изд. центр «Академия», 2004. 272 с.
19. Эффективность микробных удобрений при возделывании голубики на выработанных торфяниках Беларуси. Ж.А.Рупасова [и др.]. Минск: Белорус. наука, 2020. 236 с.
20. Anderson J. P. S., Domsch K.Y. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem. 1978. V. 10. P. 215–221.
21. Dobrovol'skaya, T.G. The role of microorganisms in the ecological functions of soils. / T. G. Dobrovol'skaya [et al.] // Eurasian Soil Science. 2015. Том.48, № 9. С. 959–965.

Ж. А. РУПАСОВА, А. П. ЯКОВЛЕВ, Г. И. БУЛАВКО,
П. Н. БЕЛЫЙ, В. С. ЗАДАЛЯ, В. И. ДОМАШ,
С. Г. АЗИЗБЕКЯН, И. И. ЛИШТВАН, Т. М. КАРБАНОВИЧ
**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИКРОБИОТЫ
КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ ПОД ПОСАДКАМИ ГОЛУБИКИ
НА ВЫРАБОТАННОМ ТОРФЯНИКЕ НИЗИННОГО ТИПА**

Резюме

В статье приведены результаты сравнительного исследования основных характеристик микробиоты в зоне ризогенеза торфяного субстрата под посадками разновозрастных растений раннеспелого и двух среднеспелых сортов голубики высокорослой на фоне применения полного минерального и новых экологических видов удобрений – Нанопланта, Экосила и Гидрогумата. Установлено, что на протяжении вегетационного периода под виргинильными растениями происходило увеличение запасов активно функционирующей микробной биомассы в 1,1–1,9 раза, сопровождавшееся под сортами *Northcountry* и *Bluecrop* аналогичным усилением дыхательного процесса и снижением метаболического коэффициента в 1,1–4,3 раза. Под генеративными растениями в изменении данных показателей доминировали отрицательные тенденции со снижением к осени запасов биомассы ФАМ и выделения CO₂ соответственно в 1,3–2,4 и 2,0–4,7 раза и положительные под посадками сорта *Northland*, сочетавшиеся со снижением к осени метаболического коэффициента в 1,4–5,6 раза. Показано, что на фоне испытываемых агроприемов, несмотря на возрастные, генотипические и межвариантные различия в функционировании микробоценозов в зоне ризогенеза торфяного субстрата под посадками разновозрастных растений голубики, позитивное влияние Нанопланта, Гидрогумата и Экосила на совокупность основных характеристик микробиоты было более значительным, нежели полного минерального удобрения.

ZH. A. RUPASOVA, A. P. YAKOVLEV, G. I. BULAVKO,
P.N. BELY, V. S. ZADALIA V. I. DOMASH, S. G. AZIZBEKYAN,
I. I. LISHTVAN, T. M. KARBANOVICH
**INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE FUNCTIONING
OF MICROBIOTA OF ROOT-INHABITED LAYER OF PEAT SUBSTRATE
UNDER THE PLANTATION OF Highbush BLUEBERRY PLANTS
ON THE DEVELOPED LOWLAND PEAT DEPOSIT**

Summary

The article deals with the results of comparative study of major characteristics of microbiota in root-inhabited layer of peat substrate under the plantation of *Vaccinium corymbosum* plants (1 early-maturing and 2 mid-maturing varieties) of different ages on developed lowland peat deposit under introduction of complete mineral fertilizer, microfertilizer (Nanoplant-8, including 8 trace elements: Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo and Se) and organic fertilizers (Ekosil and Gidrogumat). During the vegetation season, there was an increase of 1,1–1,9 times in the reserves of active microbial biomass under virginal plants, accompanied by a similar increase in the respiratory process and a decrease in the metabolic coefficient by 1,1–4,3 times under *Northcountry* and *Bluecrop* varieties. Under generative plants, the change in these indicators was dominated by

negative trends with a decrease in the biomass of the functionally active microbiota by autumn (by 1,3–2,4 times) and the release of CO₂ (by 2,0–4,7 times). Positive trends, combined with a decrease in the metabolic coefficient by 1,4–5,6 times by autumn, were noted under the *Northland* variety plantings. It is shown that amid agricultural practices (despite the age, genotypic and interviant differences in the functioning of microbial cenoses in root-inhabited layer of peat substrate under the plantations of different age plants blueberry) positive impact of Nanoplant, Gidrogumat and Ekosil on the totality of the main characteristics of the microbiota was more significant than impact of complete mineral fertilizer.

Поступила в редакцию 18.09.2020 г.

Л. В. ОБУХОВСКАЯ, Т. Н. КУДЕЛИНА, Е. С. ЗУБЕЙ
**АКТИВНОСТЬ ТЕМНОВОГО ДЫХАНИЯ И ФОТОСИНТЕЗА
У РАСТЕНИЙ ПРИ РЕЗКИХ ПЕРЕПАДАХ ТЕМПЕРАТУР**

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. В условиях изменяющегося климата понимание реакции растений на эти изменения необходимо для грамотного земледелия, а также прогнозирования последствий этих изменений для экологии в целом. Прежде всего это касается энерготрансформирующих реакций растений (дыхания и фотосинтеза), так как они определяют в итоге их адаптационный потенциал. Поддержание баланса между запасанием энергии и ее расходом является необходимым условием сохранения жизнеспособности растения в изменяющихся условиях среды, в частности такого важного абиотического фактора, каким является температура.

В литературе имеется большое количество данных о влиянии температуры на скорость дыхания и фотосинтеза у растений при разной длительности и интенсивности температурного действия. Чаще всего речь идет о длительном действии температуры (от суток и больше) после выращивания растений в оптимальных физиологических условиях (22–25 °С), либо о выращивании растений при разных температурах – как пониженных, так и повышенных, а также закаливающих мероприятиях для повышения их устойчивости к действию стрессовых температур или разработки методов повышения урожайности [1–6]. В последнем случае применяют, так называемое ДРОП-воздействие (от англ. *drop* – падение, понижение) – ежесуточные кратковременные (от 1 до нескольких часов) понижения температуры [6]. Накоплен большой материал по адаптивным реакциям растений на действие стрессовых температур – синтезу белков холодового шока (БХШ), образующихся при гипотермии и закаливании [7–9], разобщающих митохондриальных белков, снижающих образование активных форм кислорода в клетке, образующихся при гипотермии [10–13], активации синтеза пролина [12–13] и антиоксидантных систем [14], а также изменения количественного и качественного состава дегидринов [15].

В то же время остается мало исследованным вопрос о состоянии растений при кратковременном воздействии стрессовых температур. Так, Венжик и сотр., [16] исследовали ультраструктуру клеток мезофилла листьев и корней проростков пшеницы, подвергнутых охлаждению до 2 °С в течение 10 мин. Авторы отмечают, что уже в первые минуты после охлаждения в листьях проростков пшеницы происходили изменения ультраструктуры хлоропластов, митохондрий и пероксисом, их формы и плотности. Эти изменения сохранялись и через 5 часов, и через сутки. Характерными были также скопления митохондрий и пероксисом вокруг пластид. Авторы считают, что эти перестройки связаны с адаптацией рас-

тения к снижению температуры и, соответственно, с изменением физиолого-биохимического состояния растений.

Понятно, что все отмеченные выше изменения являются энергозатратными, поэтому встает вопрос о том, каким образом растения обеспечивают адаптационные перестройки при изменении температуры. При повышении температуры отмечают увеличение интенсивности дыхания в пределах физиологических норм, определяемых термоустойчивостью ферментативных систем растения – 40–45 °С. При понижении температуры регистрируют снижение скорости дыхания вследствие температурной зависимости ферментативных систем. Тогда откуда у растений берется энергия в таком случае?

Установлено, что при низких температурах (ниже 5 °С) скорость темного дыхания у растений падает [1], что объясняется снижением активности ферментативных систем в условиях гипотермии. Вместе с тем многие исследователи отмечают высокие скорости темного дыхания у растений в зимний период [17], а также обитающих в условиях холодного климата [19]. Есть информация и о кратковременном увеличении интенсивности дыхания при стрессе [1].

Известно, что продуктивность растения положительно коррелирует со скоростью фотосинтеза. В то же время она зависит и от скорости дыхания, т.к. при дыхании происходит утилизация запасенных метаболитов и энергии. В таком случае, чем меньше скорость дыхания, тем больше запасы биомассы и, следовательно, продуктивность. Поэтому оценивать потенциальную продуктивность растения и его адаптационный потенциал, учитывая только скорость фотосинтеза, не совсем корректно. Понятно, что при изменении условий роста будут изменяться и оптимальные скорости реакций метаболизма, направленные на поддержание энергетического гомеостаза в растении. И в этом случае увеличение скорости дыхания целесообразно для выживания растения, хотя максимальная продуктивность будет при этом снижаться.

Целью нашего исследования было понять, как изменяются скорости энерготрансформирующих реакций растений – темного дыхания и фотосинтеза в начальный период действия стрессовых температур, так как этот вопрос все еще остается мало изученным. Мы исследовали эти реакции на листьях дикорастущих растений разных экологических групп из лесных фитоценозов Боровлянского лесхоза, а также выращенных в условиях фитотрона, на кратковременное (3 и 15 мин) воздействие стрессовых низких положительных (5 и 10 °С) и высокой (40 °С) температур.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являлись представители гигромезофитов – незабудка лесная (*Myosotis sylvatica* L.), валериана лекарственная (*Valeriana officinalis* L.), мезофитов – мелисса лекарственная (*Melissa officinalis* L.), базилик душистый (*Ocimum basilicum* L.), ксерофитов – иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.), гелихризум прицветниковый (*Helichrysum bracteatum* L.), выращенные в условиях фитотрона; гигрофитов – череда трехраздельная (*Bidens*

tripartita L.), череда сrostнолопастная (*Bidens connate* H.L.), горец перечный (*Polygonum hydropiper* L.), посконник коноплевый (*Eupatorium cannabinum* L.), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), мезофитов – ветреница дубравная (*Anemone nemorosa* L.), майник двулистный (*Maianthemum bifolium* L.), купена лекарственная (*Polygonatum odoratum* Mill.), земляника обыкновенная (*Fragaria vesca* L.) ксерофитов – полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), ястребинка волосистая (*Pilosella officinarum* F.W.Sch.) из природных фитоценозов Боровлянского лесхоза и Минского района (череда сrostнолопастная и посконник коноплевый).

В условиях фитотрона растения выращивали в почвогрунте «Терравита» на основе торфа, при люминесцентном освещении, ППФ составляла 110–130 мкмоль/м²·с, фотопериод – 16 ч света / 8 ч темноты, температура 21–23 °С.

Исследование скоростей дыхания и фотосинтеза проводили с помощью прибора PlantVital®5030 фирмы INNO-Concept GmbH (Германия) [21]. Принцип его работы основан на непосредственной регистрации концентрации молекулярного кислорода в среде электродом Кларка.

Прибор измеряет скорость чистой продукции O₂ в процессе фотосинтеза и скорость потребления O₂ в процессе дыхания («темнового») в мг/л·с (рис. 1). Производили пересчет в мкмоль O₂/м²·с.

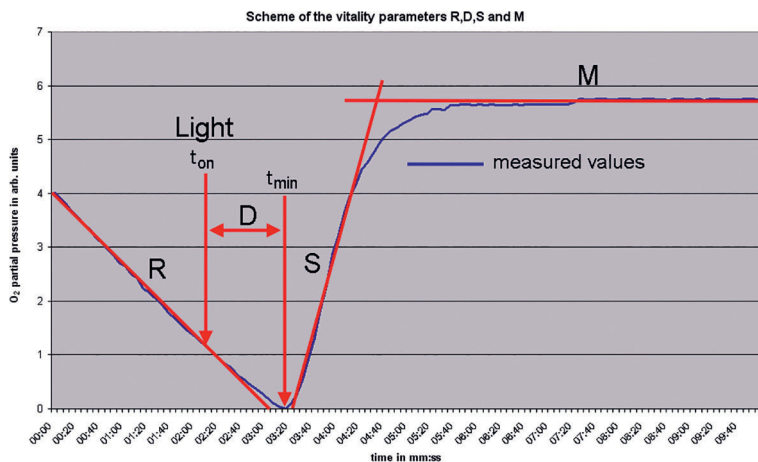


Рис. 1. Схема измеряемых параметров: “R” – респирация, потребление кислорода в темновом дыхании, “D” – временная задержка между включением света и минимумом кривой (пункт световой адаптации), “S” – slope efficiency = выделение кислорода при энзиматическом фотоллизе воды, “M” – максимум = равновесие на сенсорной мембране, “KphA” – $-S/R$; индикатор эффективности первичных процессов.

Из полученных данных по скоростям фотосинтеза и дыхания программой рассчитывали коэффициент виталитета K_{phA} (коэффициент фотосинтетической эффективности) по формуле:

$$K_{phA} = S/R,$$

где S – скорость фотосинтеза, R – скорость дыхания.

Этот показатель отражает состояние растения, обобщая характеристики двух важнейших физиологических процессов – фотосинтеза и дыхания. Установлено, что под действием неблагоприятных факторов среды обитания у растений часто происходит сдвиг в соотношении процессов дыхания и фотосинтеза в сторону увеличения процессов потребления O_2 и уменьшения его синтеза [20].

Кратковременный низкотемпературный стресс создавали непосредственно в камерах прибора PlantVital 5030 (INNO-Concept GmbH, Германия). Сенсоры с исследуемыми образцами (высечками листьев) помещали в камеры прибора, в которых поддерживалась соответствующая температура (5, 10 или 25 °C). Прибор калибровался с учетом парциального давления кислорода при соответствующей температуре. Измеряли интенсивность темнового дыхания (в течение 3 мин) и чистой продукции кислорода (в течение 12 мин) при воздействии температуры. Контролем служили параметры фотосинтеза и дыхания образцов при температуре 25 °C.

Статистическую обработку полученных экспериментальных результатов выполняли стандартными методами вариационной статистики [21]. Использовали программу «Excel» с доверительным интервалом 0,95 из пакета программ *Microsoft Office 2010*. Данные приводятся как среднее арифметическое ($\bar{x}$) $\pm$ ошибка средней величины ($S_{\bar{x}}$). Различия между средними показателями оценивали при уровне значимости (p) не более 0,05.

Результаты и их обсуждение. На рисунках 2–4 представлены данные скоростей темнового дыхания, чистой продукции кислорода (а) и коэффициента K_{phA} фотосинтетической эффективности (б) при кратковременном действии пониженных температур на листья растений незабудки лесной (рисунок 2), мелиссы лекарственной (рисунок 3) и гелихризума прицветникового (рис. 4), выращенных в условиях фитотрона (см. «Объекты и методы исследования»).

Установлено, что при кратковременном (3 мин) действии пониженных температур (5–15 °C) скорость дыхания в листьях представителей всех экологических групп увеличивалась, по сравнению с нормальными условиями (25 °C). Причем при 5 °C у гигромезофита она возрастала на 56,3, у мезофита – на 42,7, у ксерофита – на 27,5 %. Такое повышение скорости дыхания может быть обусловлено адаптивными перестройками в ответ на гипотермию [16, 22], требующими больших энергетических затрат. Источником энергии в данном случае являться должно темновое дыхание, а не цианидрезистентное, так как последнее не сопровождается выделением энергии, т.к. последнее обеспечивает дессипацию избыточной энергии и нейтрализации образующихся при гипотермии активных форм кислорода [27].

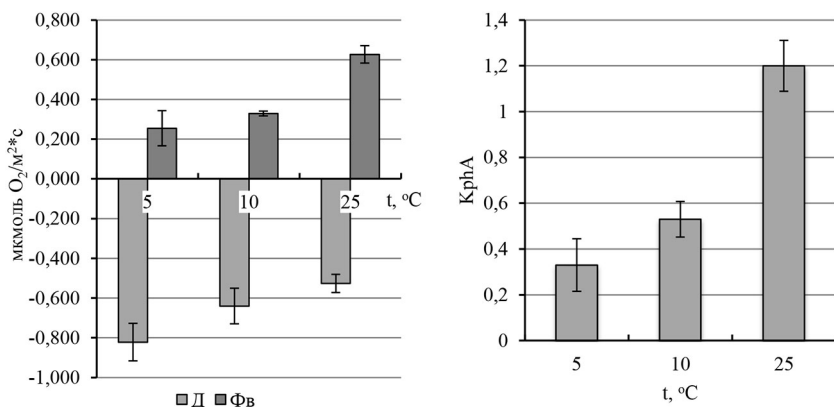


Рис. 2. Скорости темного дыхания и чистой продукции кислорода (а) и коэффициент фотосинтетической эффективности (б) при кратковременном действии пониженных температур на листья растений *Myosotis sylvatica* L.

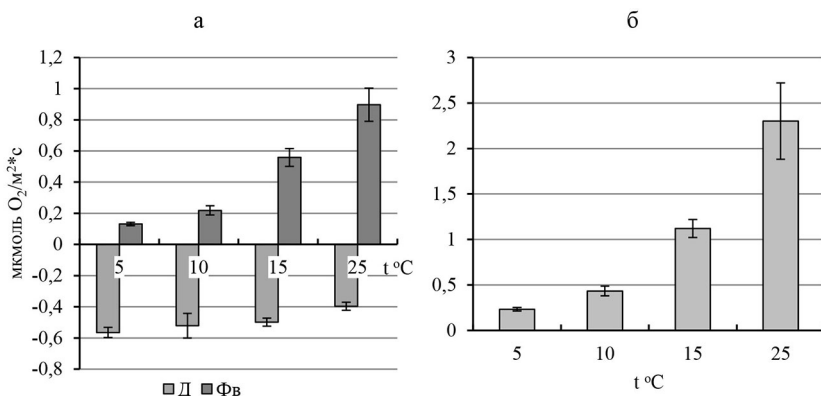


Рис. 3. Скорости темного дыхания и чистой продукции кислорода (а) и коэффициент фотосинтетической эффективности (б) при кратковременном действии пониженных температур на листья *Melissa officinalis* L.

Скорость чистой продукции кислорода при понижении температуры листа снижалась. Так, у незабудки скорость этого процесса была на 59,3 %, у мелиссы – на 85,4, у гелихризума – на 72,8 % ниже, чем при температуре 25 ° (рисунки 2–4). Соответственно, и коэффициент фотосинтетической эффективности, называемый коэффициентом виталитета, снижался очень существенно: у незабудки – на 72,5, у мелиссы – на 90,

у гелихризума – на 78,9 %. Это предполагает, что при резком снижении температуры ответная реакция у растений проявляется довольно быстро, причем чем больше перепад температур между температурой выращивания и температурой действия, тем сильнее она выражена.

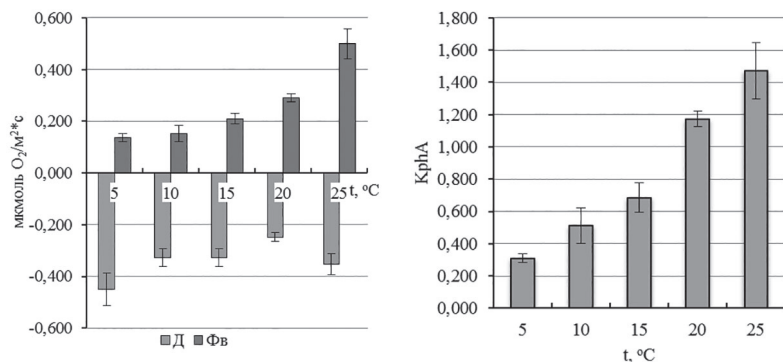


Рис. 4. Скорости темнового дыхания и чистой продукции кислорода (а) и коэффициент фотосинтетической эффективности (б) при кратковременном действии пониженных температур на листья *Helichrysum bracteatum* L.

На рисунке 5 показаны типичные кривые протекания реакции поглощения/выделения кислорода в ячейке прибора на примере растений незабудки.

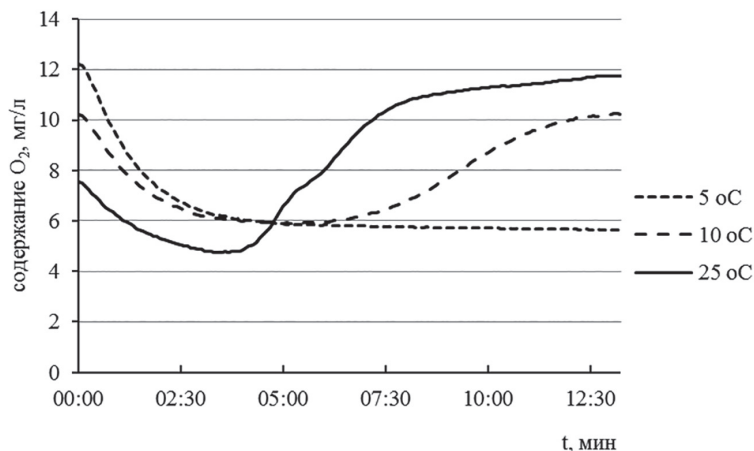


Рис. 5. Типичные кривые реакции выделения/поглощения кислорода в ячейке прибора на примере растений незабудки лесной

Представлялось интересным выяснить, как реагируют на кратковременное понижение температуры растения разных экологических групп из естественных фитоценозов. Для исследования мы выбрали виды, доступные для проведения мониторинга в течение вегетационного периода, произрастающие на территории лесного массива Боровлянского лесхоза: ранневесенний эфемероид ветреницу дубравную (*Anemone nemorosa* L.); мезофиты – кислицу обыкновенную (*Oxalis acetosella* L.), землянику обыкновенную (*Fragaria vesca* L.). Пробы листьев земляники отбирали в сосняке и ельнике, исходя из предположения, что реакция их на кратковременное понижение температуры должна быть сходной.

Ветреница дубравная является ранневесенним эфемероидом, поэтому темновое дыхание на свету у этих растений не подавлено [23–24]. Кроме того, известно, что эти растения очень чувствительны к снижению влажности воздуха, так же, как гигромезофиты. Пробы отбирали утром до 10 ч, помещали в контейнер с влажной фильтровальной бумагой. Отобранные пробы хранили при комнатной температуре. Высечки из листьев помещали в кювету и измеряли скорости темнового дыхания и чистой продукции кислорода при 5, 10, 15 и 25 °С. Результаты представлены на рисунке 6.

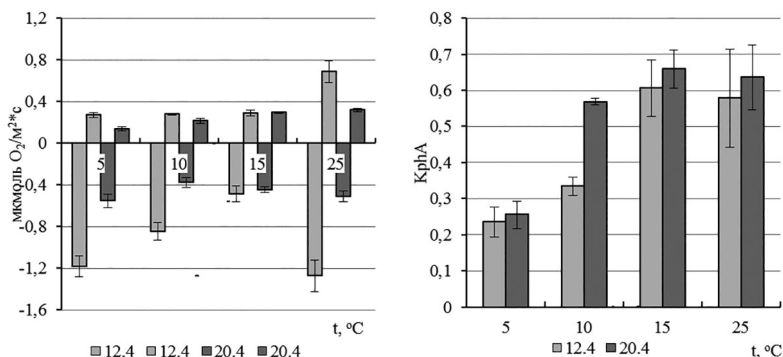


Рис. 6. Динамика скоростей темнового дыхания и чистой продукции кислорода (а) и коэффициента фотосинтетической эффективности (б) при кратковременном действии пониженных температур на листья растений ветреницы дубравной.

В легенде указаны даты отбора проб листьев.

Пробы листьев ветреницы дубравной отбирали в апреле в стадию цветения дважды, чтобы понять, есть ли динамика изменения скоростей дыхания и фотосинтеза. В первом эксперименте (12.04.2017 г.) мы отметили более широкий диапазон изменения скорости дыхания при гипотермии. Так, при снижении температуры до 15 °С скорость дыхания уменьшалась на 61,6 %, при 10 °С – на 33,3, а при 5 °С – всего на 7,2 %. Изменения скорости фотосинтеза при температурах 5–15 °С имели меньшую амплитуду и снижалась она при этих температурах на 52–60 % по сравнению с контролем.

Во втором эксперименте (20.04.2017 г.) мы отметили, что скорость темнового дыхания в листьях ветреницы дубравной при температурах 10–15 °С была ниже, чем при 25 °С, на 12–26 %, а при 5 °С – почти на 9 % выше. Скорость фотосинтеза при понижении температуры снижалась меньше, чем в первом эксперименте.

Такая разница в реакции растений ветреницы дубравной на быстрое снижение температуры может быть обусловлена старением листьев в онтогенезе или тем, что температура обитания растений 12.04.2017 г. была выше (+9 °С), чем 20.04. (+6 °С). Соответственно, ночная температура была +5 и +1 °С. И, таким образом, во втором эксперименте мы имело дело с растениями, адаптированными к более низкой температуре [3].

Еще одним объектом наших исследований были растения кислицы обыкновенной. Известно, что листья кислицы обыкновенной иногда зимуют под снегом. Поэтому в фитоценозе весной можно встретить и темно-зеленые листья растения прошлого года, и новые светло-зеленые. Для проб мы отбирали листья зимовавших растений (старые) и молодых (молодые). Измерили их реакцию на быстрое снижение температуры (рисунк 7). Оказалось, что чем больше была разница температур при измерении (например, 5 и 25 °С), тем больше была амплитуда изменения скорости дыхания у молодых листьев, по сравнению с зимовавшими. При этом скорость выделения кислорода изменялась не столь существенно.

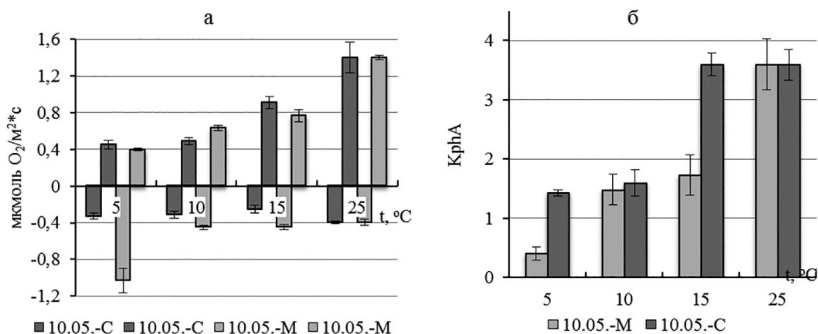


Рис. 7. Скорости темнового дыхания и чистой продукции кислорода (а) и коэффициента фотосинтетической эффективности (б) при кратковременном действии пониженных температур на листья растений кислицы обыкновенной.
С – зимовавшие листья, М – молодые листья.

Учитывая, что местообитание одного и того же вида растения может быть также значимым для реакции его на кратковременное изменение температуры, пробы листьев земляники обыкновенной отбирали в сосняке и ельнике. Оказалось, что у растений земляники, растущей в условиях сосняка, т. е. в более благоприятных для вида условиях (высокая инсоляция, лучшая прогреваемость почвы), амплитуда изменения скоростей темнового дыхания при кратковременном изменении температуры была

больше (рисунок 8, а), чем у растений земляники из ельника (рис. 8, б), а амплитуда скорости чистой продукции кислорода – наоборот, была больше в листьях з.обыкновенной из ельника. Так, скорость темнового дыхания при резком понижении температуры до 10 °С увеличивалась на 16 % в листьях з. обыкновенной в первом эксперименте и на 46 – во втором, а в листьях з. обыкновенной из ельника – на 6 % в первом эксперименте и на 57 % – во втором. При этом скорость чистой продукции кислорода снижалась в обоих экспериментах на 66 и 76 %, соответственно, в листьях з. обыкновенной из сосняка и на 38 и 66 %, соответственно, в листьях з. обыкновенной из ельника. Пробы листьев отбирали дважды – в начале вегетации (4 апреля) и затем в фазу бутонизации – начала цветения (24 мая 2017 г.). Температура в эти дни была: 4 апреля – + 15 °С днем/ + 12 °С ночью, а 25 мая – +21 °С/+18 °С. Как видим, 4 апреля температура была ниже, чем 25 мая, что могло обусловить менее выраженное изменение скоростей темнового дыхания в листьях земляники из обоих фитоценозов, как и в случае с ветреницей дубравной.

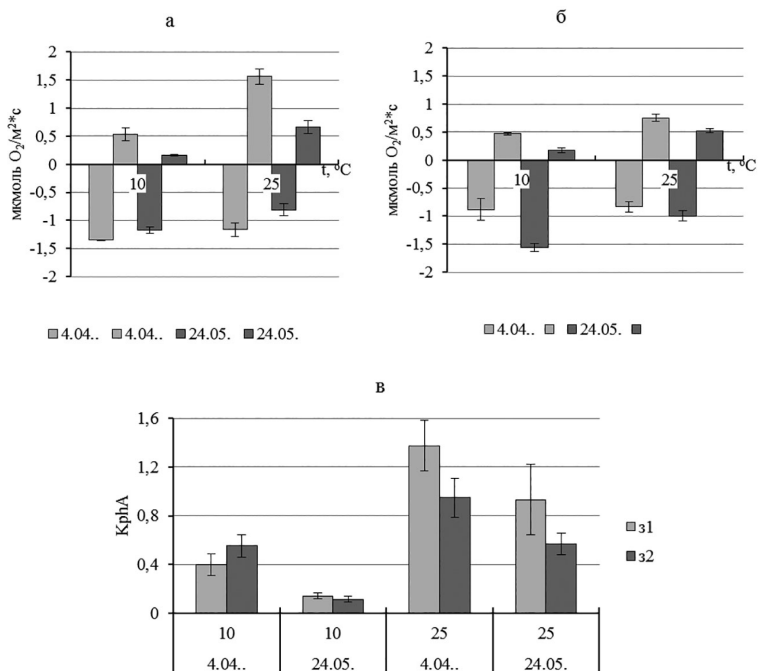


Рис. 8. Динамика скоростей темнового дыхания и чистой продукции кислорода (а и б) и коэффициента фотосинтетической эффективности (в) при кратковременном действии пониженных температур на листья растений земляники обыкновенной, произрастающей в сосняке (а, 31) и в ельнике (б, 32). В легенде указаны даты отбора проб листьев.

Это отразилось на коэффициенте виталитета: при 10 °С он снижался у растений земляники из сосняка в апреле на 70, а в мае – на 85 %, а у растений из ельника – в апреле на 42, а в мае – на 80 %, что также подтверждает наше предположение, что реакция растений на резкое изменение температуры зависит от температуры, предшествующей измерению.

Интересным представлялось определить реакцию дикорастущих растений из разных экологических групп не только на резкое понижение, но и на повышение температуры. Схема эксперимента была такой же, как описано выше: пробы растений отбирали утром до 10 ч и помещали в контейнер с влажной фильтровальной бумагой. Измерения проводили при температурах 10, 25 и 40 °С, создавая температуру непосредственно в кювете прибора. Результаты представлены в таблице 1.

При кратковременном действии температуры 10 °С скорость дыхания у всех исследованных растений увеличивалась: у гигрофитов – на 67–22, у мезофитов – на 29–42, а у ксерофитов – на 72–105 %.

При кратковременном действии повышенной температуры (40 °С) скорость дыхания была больше на 106 % только у череды трехраздельной, у всех остальных исследованных растений она была ниже, чем при 25 °С: у гигрофитов – на 45–79, у мезофитов – на 55 % либо была равной контролю, у ксерофитов – меньше на 69–85 % (табл. 1).

Скорость чистой продукции кислорода при кратковременном действии температуры 10 °С у гигрофитов снижалась на 59–68 %, у мезофитов – на 27–51 %, а у ксерофитов – на 38–56 %. При кратковременном действии температуры 40 °С у гигрофитов скорость чистой продукции кислорода снижалась у ч. трехраздельной на 18 %, у ч. сrostнолопастной – на 9 %, у посконника коноплевого достоверно не отличалась от контроля, а у горца перечного и кислицы обыкновенной увеличивалась на 49 и 35 %, соответственно. У представителей мезофитов действие низкой температуры вызывало снижение скорости фотосинтеза на 27–51 %. При повышенной температуре у майника двулистного наблюдали снижение этого параметра на 29 %, а у купены лекарственной он увеличивался на 23 %. У ксерофитов скорость чистой продукции кислорода при кратковременном действии низкой температуры скорость фотосинтеза снижалась на 38–54 %, а при высокой температуре у полыни горькой возрастала на 36 %, а у ястребинки волосистой достоверно не отличалась от контроля.

Коэффициент виталитета, рассчитываемый как отношение скорости чистой продукции кислорода к скорости темнового дыхания, показывает жизнеспособность растения в условиях обитания. Его величина зависит от интенсивности обоих энергопреобразующих процессов в растениях. У исследованных представителей всех экологических групп при кратковременном действии низкой температуры он был ниже, чем в контроле: у гигрофитов – на 73–92 %, у мезофитов – на 51–65 %, у ксерофитов – на 65–77 %. А при действии повышенной температуры у некоторых представителей гигрофитов (ч.трехраздельной) он был ниже, чем в контроле, на 58 %, а у всех остальных – выше на 15–142 %, у мезофитов – выше на 25–31 %, а у ксерофитов – на 38–62 % (табл. 1).

Таблица 1. Скорости фотосинтеза и дыхания, их соотношение и коэффициенты корреляции при кратковременном (15 мин) воздействии стрессовых температур у дикорастущих растений из разных экологических групп

Экологическая группа	Вид растения	Температура измерения			Коэффициент корреляции
		10 °C	25 °C (K)	40 °C	
Скорость дыхания, мкмоль O ₂ *м ⁻² *с ⁻¹					
Гигрофиты	Черда трехраздельная	1,645 ± 0,0715	0,439 ± 0,0541	0,904 ± 0,1024	-0,661
	Черда сrostнолопастная	1,240 ± 0,0665	0,643 ± 0,0235	0,510 ± 0,0473	-0,939
	Горец перечный	1,432 ± 0,0678	0,787 ± 0,0625	0,571 ± 0,0231	-0,961
	Кислица обыкновенная	1,571 ± 0,1882	0,940 ± 0,0802	0,422 ± 0,0219	-0,998
	Посконник коноплевый	1,214 ± 0,0941	0,533 ± 0,0719	0,389 ± 0,0131	-0,936
Мезофиты	Майник двулистный	0,555 ± 0,1197	0,429 ± 0,0689	0,238 ± 0,0516	-0,993
	Купена лекарственная	0,746 ± 0,1348	0,524 ± 0,0410	0,525 ± 0,0480	-0,864
Ксерофиты	Полынь горькая	1,224 ± 0,0709	0,596 ± 0,0411	0,506 ± 0,0182	-0,918
	Ястребинка волосистая	1,078 ± 0,0542	0,626 ± 0,0796	0,431 ± 0,0247	-0,984
Скорость фотосинтеза, мкмоль O ₂ *м ⁻² *с ⁻¹					
Гигрофиты	Черда трехраздельная	0,267 ± 0,0093	0,840 ± 0,0967	0,685 ± 0,1318	0,752
	Черда сrostнолопастная	0,403 ± 0,0299	1,166 ± 0,1042	1,061 ± 0,1704	0,795
	Горец перечный	0,531 ± 0,0174	1,488 ± 0,0680	2,217 ± 0,0777	0,997
	Кислица обыкновенная	0,478 ± 0,0431	1,173 ± 0,1113	1,581 ± 0,1885	0,989
	Посконник коноплевый	0,347 ± 0,332	0,851 ± 0,0697	0,838 ± 0,1117	0,854
Мезофиты	Майник двулистный	0,180 ± 0,0247	0,245 ± 0,0361	0,175 ± 0,0342	0,593
	Купена лекарственная	0,193 ± 0,0333	0,397 ± 0,0336	0,490 ± 0,0396	0,982
Ксерофиты	Полынь горькая	0,483 ± 0,0332	1,088 ± 0,1228	1,476 ± 0,0364	0,992
	Ястребинка волосистая	0,663 ± 0,516	1,072 ± 0,1080	1,012 ± 0,0879	0,791
Коэффициент KphA = Ф/Д					
Гигрофиты	Черда трехраздельная	0,17 ± 0,012	2,10 ± 0,312	0,88 ± 0,255	0,429
	Черда сrostнолопастная	0,33 ± 0,026	1,83 ± 0,175	2,10 ± 0,313	0,928
	Горец перечный	0,38 ± 0,020	2,03 ± 0,169	3,92 ± 0,180	0,999
	Кислица обыкновенная	0,35 ± 0,058	1,32 ± 0,196	3,19 ± 0,310	0,984
	Посконник коноплевый	0,30 ± 0,031	1,72 ± 0,201	2,14 ± 0,258	0,953
Мезофиты	Майник двулистный	0,36 ± 0,050	0,74 ± 0,131	0,97 ± 0,172	0,990
	Купена лекарственная	0,29 ± 0,032	0,83 ± 0,098	1,04 ± 0,130	0,971
Ксерофиты	Полынь горькая	0,41 ± 0,040	1,82 ± 0,124	2,94 ± 0,143	0,998
	Ястребинка волосистая	0,62 ± 0,043	1,72 ± 0,153	2,38 ± 0,221	0,990

Мы рассчитали коэффициенты корреляции скоростей темнового дыхания, чистой продукции кислорода и коэффициента виталитета с температурой. Получена очень высокая отрицательная корреляция для скорости темнового дыхания и высокая положительная для скорости видимого фотосинтеза и коэффициента виталитета (табл. 1).

Закключение. Полученные нами результаты позволяют предположить, что увеличение скорости темнового дыхания при резком понижении и повышении температуры обусловлено включением механизма адаптации к изменению условий обитания, требующего больших энергетических затрат, поэтому при любой смене этих условий будет наблюдаться увеличение скорости дыхания, обусловленное включением механизма адаптации. Таким образом, вероятнее всего, минимальная скорость темнового дыхания будет наблюдаться, когда растение находится в наиболее благоприятных условиях роста в соответствии с принципом минимизации энергии в онтогенезе [25].

Понятно, что в естественных условиях такие резкие изменения температуры не происходят. Но, например, в диагностических целях представляют интерес, т.к. могут служить основой для разработки методов оценки адаптивного потенциала растений на абиотический стресс – в данном случае температурный.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Природопользование и экология», подпрограмма 2 «Биоразнообразие, биоресурсы, экология».

Литература

1. Головкин, Т.К. Дыхание растений (физиологические аспекты). СПб.: Наука, 1999. 204 с.
2. Pomortsev A.V., Grabelnykh O.I., Dorofeev N.V., Peshkova A.A., Voinikov V.K. Relation Between Frost-Resistance of Winter Grains, Their Respiration Rate and Water – Soluble Carbohydrates Content in Autumn-Spring Period // Journal of Stress Physiology & Biochemistry. 2013. V. 9. N. 4. P. 115–121.
3. Шибаева Т.Г., Икконен Е.Н., Шурдило Е.Г., Титов А.Ф. Особенности реакции растений на ежесуточные понижения температуры в зависимости от их интенсивности и продолжительности // Труды Кар. Научн.центра РАН. 2018. № 12. С. 20–37.
4. Armstrong A., Badger M., Day D., Barthet M., Smith P., Millar A.H., Whelan J., Atkin O. Dynamic changes in the mitochondrial electron transport chain underpinning cold acclimation of leaf respiration // Plant, Cell and Environment. 2008. Vol. 31. P. 1156–1169.
5. Титов А.Ф., Таланова В.В. Локальное действие высоких и низких температур на растения // Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2011. 166 с.
6. Шибаева Т.Н. Реакция растений на кратковременные ежесуточные понижения температуры: феноменология и физиологические механизмы // Автореф. дисс. 2019. Санкт-Петербург. 32 с.
7. Колесниченко А.В., Боровский Г.Б., Войников В.К. Изменения в содержании белка 310 кД при холодовом закаливании проростков озимой пшеницы // Физиология и биохимия культурных растений. 1997. Т. 29. № 5. С. 383–391.
8. Колесниченко А.В., Войников В.К., Боровский Г.Б., Дорофеев Н.В. Содержание стрессового белка 310 кДа в проростках озимой пшеницы при гипотермии и водном стрессе // Физиология и биохимия культурных растений. 1999. Т. 31. С. 145–149.

9. Колесниченко А.В., Войников В.К. Белки низкотемпературного стресса растений. – Иркутск: Арт-Пресс. 2003. 196 с.
10. Grabelnych O.I. The energetic functions of plant mitochondria under stress // *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2005. Vol. 1. N 1. P. 37–54.
11. Титов А.Ф., Акимов Т.В., Таланова В.В., Топчиева Л.В. Устойчивость растений в начальный период действия неблагоприятных температур // Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2006. 143 с.
12. Szabados L., Savoure A. Proline: a multifunctional amino acid // *Trends in Plant Science*. 2010. Vol. 15. No. 2. P. 89–97.
13. Колупаев Ю.Е., Вайнер А.А., Ястреб Т.О. Проллин: физиологические функции и регуляция содержания в растениях в стрессовых условиях // *Вісник Харківського нац. Аграрного університету. Сер. Біологія*. 2014. Вип. 2(32). С. 6–22.
14. Колупаев Ю.Е., Горелова Е.И., Ястреб Т.О. Механизмы адаптации растений к гипотермии: роль антиоксидантной системы // *Вісник Харківського нац. Аграрного університету. Сер. Біологія*. 2018. Вип. 1(43). С. 6–33.
15. Zhivet'ev M.A., Rachenco E.I., Putilina T.E., Krasnobaev V.A., Graskova I.A., Voinikov V.K. Activity and isoenzyme spectrum of peroxidases and dehydrins of some plant species, growing on the shores of lake Baikal, under abiotid stress // *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2010. V. 6. N 4. P. 42–50.
16. Венжик Ю.В., Титов А.Ф., Таланова В.В. Кратковременное охлаждение проростков или корней пшеницы вызывает изменения в ультраструктуре клеток мезофилла листа // *Труды Карельского научного центра РАН*. 2017. № 5. С. 66–78.
17. Sperling O., Earles J.M., Secchi F., Godfrey J., Zwieniecki M.A. Frost Induces Respiration and Accelerates Carbon Depletion in Trees // *PLoS ONE* 10(12): e0144124. doi:10.1371/journal.pone.0144124. 2015.
18. Семихатова О.А., Иванова Т.И., Кирпичникова О.В. Растения Севера: дыхание и его связь с продукционным процессом // *Физиология растений*. 2009. Т. 56, № 3. С. 340–350.
19. Акинышина Н. Г. Новые возможности в оценке состояния растений // *Сибирский экологич. Журн.* 2008. № 2. С. 249–254.
20. Крамер П., Козловский Т. Физиология древесных растений. – М.: Лесн. Пром-сть. 1983. 464 с.
21. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. М.: Высш. шк., 1978. 312 с.
22. Gandin A., K. Koteyeva N., Voznesenskaya E.V., Edwards G.E. & Cousins A. B.. The acclimation of photosynthesis and respiration to temperature in the C3–C4 intermediate *Salsola divaricata*: induction of high respiratory CO2 release under low temperature // *Plant, Cell and Environment*. 2014. Vol. 37. P. 2601–2612.
23. Зубкова Е.К., Мамушина Н.С., Войцеховская О.В., Филиппова Л.А. Особенности дыхательного метаболизма на свету в условиях фотосинтеза у однодольных эфемероидов // *Физиология растений*. 1997. Т. 44. №2. С. 183–191.
24. Мамушина Н.С., Зубкова Е.К. Функционирование основных этапов темнового дыхания на свету у С3 растений с разным сезонным ритмом // *Физиология растений*. 1995. Т.42. № 1. С. 33–37.
25. Рахманкулова З.Ф. Уровни регуляции энергетического обмена в растениях // *Вестник Башкирского университета*. 2009. Т. 14. № 3(1). С. 1141–1154.

Л. В. ОБУХОВСКАЯ, Т. Н. КУДЕЛИНА, Е. С. ЗУБЕЙ
**АКТИВНОСТЬ ТЕМНОВОГО ДЫХАНИЯ И ФОТОСИНТЕЗА
У РАСТЕНИЙ ПРИ РЕЗКИХ ПЕРЕПАДАХ ТЕМПЕРАТУР**

Резюме

Исследовали реакцию растений разных экологических групп, выращенных в условиях фитотрона, а также дикорастущих на резкие перепады температур. Установили, что при резком снижении или повышении температуры скорость темнового дыхания увеличивается, а скорость чистой продукции кислорода падает при снижении температуры, а при повышении – реакция видоспецифична. Отмечена высокая отрицательная корреляция температуры со скоростью дыхания и высокая положительная – со скоростью чистой продукции кислорода и коэффициентом фотосинтетической эффективности.

L. V. OBUKHOVSKAYA, T. N. KUDELINA, E. S. ZUBEI
**THE ACTIVITY OF DARK RESPIRATION AND PHOTOSYNTHESIS IN
PLANTS AT SHARP TEMPERATURE CHANGES**

Summary

We studied the reaction of plants of different ecological groups, grown under phytotron conditions, as well as those growing wild to sudden temperature changes. It was found that with a sharp decrease or increase in temperature, the rate of dark respiration increases, and the rate of pure oxygen production decreases with a decrease in temperature, and with an increase, the reaction is species-specific. A high negative correlation of temperature with the respiration rate and a high positive correlation with the rate of pure oxygen production and the coefficient of photosynthetic efficiency were noted.

Поступила в редакцию 12.10.2020 г.

УДК 582.572 (476)

Д. В. ДУБОВИК, С. С. САВЧУК, А. Н. СКУРАТОВИЧ,
В. Н. ЛЕБЕДЬКО, А. О. САУЛОВ

**О НОВЫХ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯХ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ
ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ**

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. В данной публикации обобщены результаты полевых флористических исследований авторов за последние годы, коллег биологов, а также результаты критического изучения коллекций Гербария Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK). Приводятся местонахождения некоторых редких и охраняемых видов растений в пределах страны и данные о новых для Беларуси таксонах, которые обнаружены в качестве аборигенных, культивируемых и заносных. Многие новые местонахождения видов сосудистых растений приведены для относительно слабо изученных в флористическом отношении административных районов Беларуси. Данная информация дополняет известные сведения о распространении в стране и частоте встречаемости некоторых редких видов растений, актуальна для готовящихся к изданию томов «Флоры Беларуси», «Красной книги Республики Беларусь» и других подобных изданий.

Материалы (объекты) и методы исследования. Исследования проводились традиционным маршрутным методом по всей территории Беларуси. Перечень видов дается согласно Определителя [3]. Номенклатура таксонов принята по электронной базе данных Миссурийского ботанического сада «Tropicos» [4], частично с некоторыми изменениями, которые опубликованы в недавнее время в различных научных изданиях. Все гербарные сборы приведенных в статье видов хранятся в Гербарии ИЭБ НАН Беларуси (MSK – V). За редким исключением виды приведены на основании личных наблюдений авторов или их коллег.

Результаты и их обсуждение. Ниже приводятся конкретные местонахождения выявленных в республике видов сосудистых растений с краткой аннотацией и критическими замечаниями к ним если это необходимо.

Hyperzia selago (L.) Bernh. ex Schrank et Mart. – Березинский р-н, окр. д. Выкрас, 0,8 км к ЮЗ, ельник, М. Колосков, 15.04.2018, фото.

Equisetum variegatum Schleich. ex Web. et D. Mohr – Славгородский р-н, окр. д. Шеломы у Ю окраины, влажные участки на месте меловых выработок, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 20.05.2020. Здесь же собраны *Astragalus cicer* L., *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC., *Malva alcea* L., *Rosa villosa* L.

Botrychium multifidum (S.G. Gmel.) Rupr. – Мозырский р-н, окр. д. Буда Осовецкая, 1,5 км к ЮВ, у дороги в сосняке орляковом, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 04.06.2020. Здесь же встречается

и *Thesium ebracteatum*. Чаусский р-н, окр. д. Долгий Мох, 1,5 км к ЮЗ, в сосняке мшистом, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 10.09.2020. Здесь же отмечен и *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klaskova.

Pulsatilla patens (L.) Mill. – Быховский р-н, окр. д. Прибор, 2,3 км к В, сосняк с березой мшисто-орляково-ландышевый, нередко, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 20.05.2020. Совместно с данным видом отмечены *Thesium ebracteatum* Hayne, *Trifolium alpestre* L., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klaskova, *Hierochloë australis* (Schrad.) Roem. et Schult., *Pulmonaria angustifolia* L., *Lathyrus niger* (L.) Bernh., *Koeleria mollis* W. Mann, *Prunella grandiflora* (L.) Scholl. Быховский р-н, окр. д. Гамарня, 1,3 км к З, сосняк мшистый, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 21.05.2020. Здесь же отмечен и *Thesium ebracteatum*. Быховский р-н, окр. д. Вязьма, 1,8 км к ЮЗ, сосняк мшисто-орляковый, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 21.05.2020. В этом же локалитете найдены *Laserpitium prutenicum* L., *Gypsophila fastigiata* L., *Jurinea cyanoides* (L.) Reichenb., *Platanthera bifolia* (L.) L.C.M. Richard. Червенский р-н, окр. д. Стар. Пруд, 0,9 км к ЮЗ, сосняк мшисто-орляковый, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, 16.07.2020. Здесь же встречается и *Pulmonaria angustifolia* L.

Meconopsis cambrica Vig. – Шкловский р-н, окр. д. Бол. (Вел.) Михайлов, к С, выращивается на дачных участках, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, 14.07.2020. Здесь же в культуре собраны *Magnolia × loebneri* Kache, *Cytisus × boskoopii* Auvray et Le Gloanic, *Hypericum × hidcoteense* Hill. ex Geerinck, *Houttuynia cordata* Thunb., *Erica carnea* L., *Arabis ferdinandii-coburgii* Kellerer et Sund., *Ophiopogon planiscapus* Nakai, *Geranium himalayense* Klotzsch, *G. maculatum* L., *Hylotelephium spectabile* (Boreau) H. Ohba × *H. maximum* (L.) Holub, *Sedum spathulifolium* Hook., *Clematis brevicaudata* Schmalh. ex Lipsky, *Thymus praecox* Opiz, *Acer buergerianum* Miq., *Hakonechloa macra* (Munro) Honda, *Aster ericoides* L., *Ipheion uniflorum* Rafin., *Astilbe × crispa* (Arends) Bergm., *Asplenium scolopendrum* L., *Gentiana × stevenagensis* hort. ex F. Barker, *Adiantum pedatum* L., *Polystichum setiferum* (Forssk.) Moore ex Woyn., *Alchemilla conjuncta* Bab., *Berberis julianae* C.K. Schneid, *Aconitum carmichaelii* Debeaux, *Origanum rotundifolium* Boiss. × *O. scabrum* Boiss. et Heldr. ‘Kent Beauty’, *Euphorbia myrsinites* L. (данный вид размножается самосевом).

Delphinium elatum L. – Шумилинский р-н, окр. о.п. Пуца, у ж.д., В. Ивановский, фото, 2009.

Ranunculus lanuginosus L. – Дятловский р-н, окр. г.п. Козловщина, 1,2 км к З, ольс с березой и елью кисличный, нередко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 08.04.2020.

Pulsatilla patens (L.) Mill. – Борисовский р-н, окр. д. Заручье, сосняк мшистый, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 16.09.2020. В ельниках здесь же найдены *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart. и *Lathyrus laevigatus* (Waldst. et Kit.) Gren.

Broussonetia papyrifera (L.) L'Hér. ex Vent. – г. Брест, ул. Ленина, в городском парке, 10.10.2019, Д. Дубовик, С. Савчук, Н. Вахний.

Melandrium dioicum (L.) Coss. et Germ. – Шкловский р-н, окр. д. Корзуны, у р. Березовка, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 16.06.2020. Здесь же отмечена *Polemonium caeruleum* L. Шумилинский р-н, окр. д. Ходоровка, мелколиственный сырой лес, В. Ивановский, фото, 2009.

Dysphania botrys (L.) Mosyakin et Clemants – Чаусский р-н, д. Высокое, межа по краю огорода, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 08.09.2020.

Parrotia persica (DC.) С.А. Меу. – г. Брест, ул. Ленина, в городском парке, 10.10.2019, Д. Дубовик, С. Савчук, Н. Вахний.

Psylliostachys suworowii (Regel.) Roshk. – Барановичский р-н, г. Барановичи, эколого-биологический центр, выращивается на территории центра, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 10.07.2020.

Очень редкий вид в культуре вид, который стал выращиваться лишь в последние годы, ранее был известен из г. Минска.

Armeria maritima (Mill.) Willd. – Барановичский р-н, г. Барановичи, эколого-биологический центр, выращивается на территории центра, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 10.07.2020.

Hypericum montanum L. – Мозырский р-н, окр. д. Надатки, 1 км к В, опушка дубравы орляковой, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 11.08.2020. Здесь же найдены *Thesium ebracteatum*, *Potentilla alba* L., *Lilium martagon* L.

Viola palmata L. – Минский р-н, окр. д. Петришки, выращивается на дачных участках, дает самосев, редко, Д. Дубовик, 2020.

Viola uliginosa Bess. – Мозырский р-н, окр. д. Буда Казимировская, 0,5 км к З, ольсы приручейные, нередко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 03.06.2020. Мозырский р-н, окр. д. Хомички, 0,8–1,5 км к В, ольсы крапивно-осоковые, нередко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 03.06.2020. В дубравах с сосной здесь же найдены *Potentilla alba* L., *Thesium ebracteatum*, *Genista germanica* L., *Avenella flexuosa* (L.) Drejer.

Dentaria bulbifera L. – Мозырский р-н, окр. д. Балажевичи, 0,6 км к ЮВ, березняк грабово-снытевый, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 05.06.2020. Здесь же одичавшими отмечены *Sedum album* L., *S. pallidum* Bieb., *Petrosedum orientale* ('t Hart) Grulich.

Malva moschata L. – Шкловский р-н, окр. д. Добрейка, у Ю окраины, пустошная луговина, дичает, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, 14.07.2020. Здесь же по мусорным местам отмечена *Lysimachia verticillaris* Spreng., *Geranium sibiricum* L.

Aizopsis aizoon (L.) Grulich – Мозырский р-н, окр. д. Бибики, 1,2 км к ЮЗ, дичает на опушке леса у края дачных участков, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 08.04.2020.

Cotoneaster tomentosus (Ait.) Lindl. – Ушачский р-н, д. Ветче, у дома охотника, в декоративных посадках, изредка, 2016, Д. Дубовик, С. Сав-

чук, В. Лебедько; там же, 24.09.2020. Этот вид ранее был известен лишь в ботанических садах или дендропарках. В данный локалитет возможно попал из Глубокского дендропарка, где выращивается с 1976 г. [2]. От близких видов отличается довольно густо опушенными листьями с обеих сторон.

Potentilla thuringiaca Bernh. – Быховский р-н, ст. Лудчицы, по жд. насыпи, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 22.05.2020. Здесь же собраны *Androsace septentrionalis* L., *Geranium sibiricum* L., *Dracocephalum thymiflorum* L.

Potentilla recta L. – Барановичский р-н, д. Молчадь, у обочины дороги, изредка, В. Лебедько, 09.07.2020.

Rubus hirtus Waldst. et Kit. – Кореличский р-н, окр. г.п. Мир, 1,3 км к СЗ, на опушке сосняка мшистого, нередко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 06.04.2020. Калинковичский р-н, окр. г. Калинковичи. 2 км к С, опушка сосняка с дубом черничного, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 01.06.2020.

Wisteria sinensis (Sims.) Sw. – Ивьевский р-н, д. Липнишки, выращивается у жилья, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, 01.07.2020.

Geranium × *cantabrigiense* Yeo – Смолевичский р-н, окр. д. Волма, на опушке ельника черничного у дачных участков, дичает, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, С. Савчук, 24.07.2020.

Geranium phaeum L. – Дятловский р-н, окр. д. Боцковичи, у р. Промша, лентовидный ольс по берегу реки, нередко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 09.04.2020. Здесь же отмечены *Cardamine impatiens* L., *Arabis nemorensis* (Wolf ex Hoffm.) W.D.J. Koch, а в самой реке – *Batrachium fluitans* (Lam.) Wimm.

Azorella trifurcata (Gaertn.) Pers. – Смолевичский р-н, окр. д. Волма, на дачных участках вблизи п. Сокол, выращивается как декоративное растение, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, С. Савчук, 24.07.2020. Здесь же в культуре отмечены *Campanula punctata* Lam. (дает самосев), *Anemone multifida* Poir., *Vancouveria chrysantha* Greene, *Gentiana septemfida* Pall., *G. acaulis* L., *G. asclepidea* L., *G. paradoxa* Albov, *G. × stevenagensis* hort. ex F. Barker, *Paeonia mlokosewitschii* Lomakin, *Campanula thyrsoides* L., *Pulsatilla styriaca* (Pritz.) Simonk., *Thymus vulgaris* L., *Hutchinsia alpina* R. Br., *Sedum dasyphyllum* L., *Allium cyathophorum* Bureau & Franch. var. *farreri* (Stearn) Stearn., *Penstemon fruticosus* (Pursh) Greene, *Hieracium villosum* Jacq., *Phyteuma scheuchzeri* All., *Edraianthus serpyllifolius* (Vis.) A. DC., *Douglasia laevigata* A. Gray, *Saxifraga aizoides* L., *S. paniculata* Mill., *S. longifolia* Lapeyr., *S. × eudoxiana* Kellerer ex Sünd., *Arabis nordmanniana* Rupr., *A. androsacea* Fenzl, *Veronica schmidtiana* Regel, *V. fruticulosa* L., *V. pectinata* L., *V. peduncularis* M. Bieb., *Veronica petraea* Stev., *Aquilegia flabellata* Siebold et Zucc., *A. saximontana* Rudb., *Semiaquilegia ecalcarata* Maxim., *Draba sphaeroides* Payson, *D. × suendermannii* hort., *D. sphaeroides* Payson, *D. lasiocarpa* Rochel, *D. aizoides* L., *D. bryoides* DC., *Salix serpyllifolia* Scop., *Androsace darvasica* Ovcz., *Sedum lydimum* Boiss., *S. oreganum* Nuttall ex Torr. et Gray, *Potentilla*

villosa Pall. ex Pursh, *Leibnitzia nepalensis* (Kunze) Kitam. (зимует), *Kalmia angustifolia* L., *Pieris japonica* (Thunb.) D. Don ex G. Don, *Androsace sempervivoides* Jacq., *Corydalis cheilanthifolia* Hemsl., *Sempervivum* × *alatum* Scheele, *S. arachnoideum* L., *S. calcareum* Jord., *S. ciliosum* W. G. Craib, *S. wulfenii* Hoppe ex Mertens et W.D.J. Koch, *S. zeblorii* Schott, *Delosperma cooperi* (Hook. f.) L. Bolus, *Crassula setulosa* Harv., *Globularia meridionalis* (Podp.) O. Schwarz, *G. cordifolia* L., *Aubrieta gracilis* Spruner ex Boiss., *A. scardica* (Wettst.) Gustavsson, *Ranunculus alpestris* L., *Chondrosium gracile* Kunth, *Helleborus lividus* Ait. ex Curtis, *Leptinella pyrethrifolia* (Hook.f.) D.G. Lloyd et C.J. Webb, *L. squalida* Hook. f., *Schizachyrium scoparium* (Michx.) Nash, *Eremogone longifolia* (Bieb.) Fenzl, *Valerianella locusta* (L.) Laterrade, *Catananche caerulea* L., *Achillea umbellata* Sm., *Stipa pulcherrima* K. Koch, *Verbena hastata* L., *Stachys affinis* Bunge, *Anemone virginiana* L., *Anemonopsis macrophylla* Siebold et Zucc., *Sisyrinchium californicum* (Ker-Gawl.) Dryander., *Plantago nivalis* Boiss., *P. canescens* Adams, *Digitalis parviflora* Jacq., *Armeria juniperifolia* (Vahl) Hoffmanns. et Link, *Acantholimon glumaceum* (Jaub. et Spach) Boiss., *Hypericum orientale* L., *Osmunda cinnamomea* L., *Coniogramme intermedia* Hieron., *Coniogramme japonica* (Thunb.) Diels, *Blechnum spicant* L., *Dryopteris affinis* (Lowe) Fraser-Jenk., *D. wallichiana* (Spreng.) Hyl., *Woodsia fragilis* (Trevis.) Moore, *Glaucidium palmatum* Siebold et Zucc., *Helleborus lividus* Ait. ex Curtis, *Helleborus orientalis* Lam. × *H. torquatus* Archer-Hind., *Enkianthus campanulatus* (Miq.) G. Nicholson, *Dodecatheon dentatum* Hook. и др.

Berula erecta (Huds.) Cov. – Дятловский р-н, окр. д. Гезгалы, у дамбы на р. Молчадь, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 09.04.2020. Дятловский р-н, окр. д. Серафины, 0,5 км к В, в р. Промша, изредка, Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 09.04.2020. В сосянке мшистом по высокому коренному берегу реки здесь же найден *Polypodium vulgare* L.

Celastrus scandens L. – Минский р-н, окр. д. Зацень, 1,3 км к СЗ, дичает в лесу в нескольких местах, часто, И. Вершицкая, 28.10.2020. Дичание этого вида вне мест прежней культивации отмечено в стране впервые.

Scabiosa atropurpurea L. – Березовский р-н, д. Шилин, выращивается как декоративное растение, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Скуратович, 03.08.2020. Здесь же в культуре собраны *Rhododendron impeditum* Balf. f. et W.W. Sm., *Rh. × kosterianum* C.K. Schneid., *Ceanothus gloriosus* J.T. Howell, *Cornus suecicus* L., *C. kousa* F. Buerger ex Hance, *Teucrium hircanum* L., *Clematis × diverifolia* DC., *C. integrifolia* L. × *C. reticulata* Walter, *C. i. × C. fusca* Turcz., *Veronica armena* Boiss. et A. Huet, *V. peduncularis* M. Bieb., *Orostachys imarengo* (Makino) H. Hara, *Salix lindleyana* Wallich ex Anderss., *Hylotelephium sieboldii* (Regel) H. Ohba, *H. pluricaule* H. Ohba, *Tanacetum haradjanii* (Rech.f.) Grierson, *Hebe odora* (Hook. f.) Cockayne × *H. subsimilis* (Colenso) Ashwin, *Opuntia phaeacantha* Engelm., *Salix × sibylina* F.B. White, *S. arbuscula* L., *S. nakamura* Koidz., *S. udensis* Trautv. et Meyer, *S. gracilistyla* Miq., *S. helvetica* Vill., *Chondrosium gracile* Kunth, *Perovskia abratanoides* Karel., *Isotrema tomentosum* (Sims)

Huber, *I. manshuriense* (Kom.) H. Huber, *Leycesteria formosa* Wall., *Nepeta* × *faassenii* Bergm. ex Stearn, *Hydrangea petiolaris* Sieb. et Zucc., *Halesia carolina* L., *Cyperus eragrostis* Lam., *Parthenocissus tricuspidata* (Siebold et Zucc.) Planch., *Cephalanthus occidentalis* L., *Ilex* × *meserveae* S.Y. Hu, *Potentilla tridentata* Soland., *Pteridophyllum racemosum* Sieb. et Zucc., *Craspedia globosa* (Bauer ex Benth.) Benth., *Verbena bonariensis* L., *Sanguisorba obtusa* Maxim., *Persicaria amplexicaulis* (D. Don) Ronse Decr., *P. capitata* (Buch.-Hamilt. ex D. Don) H. Gross, *Carex grayi* J. Carey, *Aconogonon* × *fennicum* Reiersen, *Chasmanthium latifolium* (Michx.) H.O. Yates, *Orlaya grandiflora* (L.) Hoffm., *Callicarpa bodinieri* H. Lev., *Cercis canadensis* L., *Geranium renardii* Trautv. × *G. platypetalum* Fisch. et C. A. Mey., *Clinopodium nepeta* (L.) Kuntze, *Ratibida columnifera* (Nutt.) Wooton et Standl., *Moluccella laevis* L., *Asperula orientalis* Boiss. et Hohen., *Caryopteris* × *clandonensis* A. Simmonds ex C. H. Curtis, *Lysimachia cletroides* Duby, *Porteranthus trifolius* (L.) Britton, *Argemone grandiflora* Sweet, *Helleborus* × *nigercors* J. T. Wall, *Kirengeshoma palmata* Yatabe, *Silene uniflora* Roth.

Asclepias syriaca L. – Чаусский р-н, ст. Чаусы, пустошь у ж.д., редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 08.09.2020.

Ipomoea batatas (L.) Lam. – Дрогичинский р-н, д. Брашевичи, выращивается как декоративное растение, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Скуратович, 03.08.2020. Также здесь выращивается *Helichrysum petiolare* Hilliard et B.L. Burt.

Verbascum lychnitis L. – Могилевский р-н, д. Добросневици, луговой придорожный склон, нередко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, 16.07.2020. Могилевский р-н, окр. д. Сеньково, 1 км к Ю, луговой придорожный склон, нередко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, 16.07.2020.

Veronica spuria L. – Гомельский р-н, окр. г. Гомель, долина р. Сож, березняк озлакованный, остепненное сообщество, редко, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Саулов, 25.06.2019, MSK.

Вид считался исчезнувшим из состава флоры Беларуси [1], но был собран в окр. г. Гомеля в 1860-ые гг. Н. Довнаром (LE), поэтому данная находка подтверждает наличие вида вблизи Гомеля после отсутствия данных по нему здесь на протяжении более 150 лет. Затем собирался в начале XX-го века в окр. г. Мозыря (LE). После этого достоверные данные о его наличии во флоре республики отсутствовали. Рекомендуется внести его в основной список видов, которые подлежат охране в Беларуси с присвоением I категории охраны.

Agastache rugosa (Fisch. et C. A. Mey.) O. Kuntze – Могилевский р-н, д. Черемушки, дичает на опушке субори мшисто-черничной, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, 15.07.2020. Здесь же собраны *Clematis* × *fargesiioides* hort. (*C. potaninii* Maxim. × *C. vitalba* L.), *C. flammula* L., *Diphylleia grayi* F. Schmidt, *Cimicifuga simplex* Wormsk. ex. Prantl, *Mukdenia rossii* (Oliv.) Koidz., *Helleborus foetidus* L., *Carlina acaulis* L., *Achillea filipendulina* Lam. × *A. clypeolata* Sm., *Gypsophilla*

cerastioides D. Don, *Acer palmatum* Thunb. ex Murray, *A. japonicum* Thunb., *Asimina triloba* (L.) Dunal, *Styphnolobium japonicum* (L.) Schot, *Tamarix parviflora* DC., *Sedum sarmentosum* Bunge, *Dioscorea nipponica* Makino., *Acanthus mollis* L., *Hibiscus moscheutos* L., *Teucrium* × *lucidrus* Boom, *Rheum palmatum* L. var. *tanguticum* Maxim. ex Balf., *Ficus carica* L., *Baptisia australis* (L.) R. Br., *Inula ensifolia* L., *Sempervivum marmoreum* Griseb., *Genista humifusa* L., *Rhodohypoxis baurii* (Baker) Nel., *Meconopsis betonicifolia* Franch., *Penstemon serrulatus* Menzies ex Sm., *Roscoea cauleyoides* Gagnep., *R. purpurea* Sm., *Cyclamen hederifolium* Ait., *Thalictrum ichangense* Lecoy. ex Oliv., *Hylomecon vernalis* Maxim., *Symplocarpus foetidus* (L.) Salisb. ex W.P.C. Barton., *Trillium cuneatum* Raf., *T. grandiflorum* (Michx.) Salisb., *T. luteum* Harb., *Podophyllum hexandrum* Royle, *P. delavayi* Franch. × *P. difforme* (Hemsl. et E.H. Wilson) T.H. Wang, *Pteridophyllum racemosum* Sieb. et Zucc., *Corydalis ochroleuca* W.D.J. Koch, *Cyrtomium fortunei* J. Sm., *Kalmia latifolia* L., *Aster lateriflorus* (L.) Britt., *Osmunda claytoniana* L., *Hypericum kalmianum* L., *Cryptotaenia japonica* Hassk. (успешно дичает), *Angelica gigas* Nakai, *Viola grypoceras* A. Gray., *Hylomecon vernalis* Maxim., *Papaver alpinum* L., *Arctous alpina* (L.) Nied. Большинство из перечисленных видов являются новыми эргазеофитами для флоры республики и требуют внимания, поскольку некоторые из них могут в последствии натурализоваться. В частности, здесь же отмечена пестролистная форма рейнотрии – *Reynoutria japonica* Houtt. ‘*Variegata*’ и сам вид уже является инвазионным растением в Беларуси.

Chelone obliqua L. – Чаусский р-н, г. Чаусы, выращивается как декоративное растение, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 08.09.2020. Здесь же найдены *Macleaya* × *kewensis* Turill, *Liatris spicata* (L.) Willd.

Lamium album L. – Бельничский р-н, д. Туалин, сорное у жилья, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, 16.07.2020. Данный вид в Могилевской области встречается редко и известен преимущественно из г. Могилева и его ближайших окрестностей, в д. Титовка Бобруйского р-на.

Lavandula × *intermedia* Loisel – Могилевский р-н, д. Черемушки, выращивается на приусадебном участке, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, 15.07.2020.

Thymus × *oblongifolius* Opiz – Быховский р-н, окр. д. Тошица, у 3 окраины, обочина дороги в молодом сосняке, часто, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 21.05.2020.

Данный гибрид встречается редко среди популяций родительских видов.

Moluccella laevis L. – Барановичский р-н, г. Барановичи, эколого-биологический центр, выращивается на территории центра, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 10.07.2020.

Linanthus parviflorus (Benth.) Greene – Барановичский р-н, г. Барановичи, эколого-биологический центр, выращивается на территории центра, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 10.07.2020.

Очень редкий в культуре вид, который стал выращиваться лишь в последние годы.

Omphalodes verna Moench – Бельничский р-н, ст. Друть, выращивается на дачном участке, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, 13.07.2020. Здесь же собраны *Euphorbia dulcis* L. ‘Chameleon’, *Centaurea bella* Trautv., *Coreopsis verticillata* L., *Campsis* × *tagliabuana* (Vis.) Rehder, *Onoclea sensibilis* L., *Iris graminea* L., *Pulsatilla vulgaris* Mill., *P. v.* × *P. rubra* Lam., *Clematis terniflora* DC., *Sanguinaria canadensis* L., *Lobelia siphilitica* L., *Eutrochium purpureum* (L.) E. E. Lamont, *Geranium endressii* J. Gay.

Pulmonaria angustifolia L. – Ушачский р-н, окр. п. Мирный, 2,3 км к СЗ, сосняк мшистый, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 24.09.2020. Здесь же отмечены *Vicia cassubica* L., *Astragalus danicus* Retz., *Pulsatilla patens*, *Carex montana*, *Digitalis grandiflora* Mill.

Pulmonaria officinalis L. × *P. obscura* Dumort. – Каменецкий р-н, окр. д. Кустичи, 0,5 км к В, на опушке дубравы орляковой, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, А. Саулов, 10.04.2019. Каменецкий р-н, г. Высокое, парк, под пологом широколиственных деревьев, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, А. Саулов, 09.04.2019.

Данный гибрид имеет б. м. пятнистые листья по всей поверхности (пятнышки особенно заметны у живых растений), прикорневые листья частично зимующие (у *P. obscura* – отмирают), черешок длиннее пластинки (не короче), чашечка практически V-образная, опушенная как простыми, так и довольно частыми железистыми волосками. Подобные гибриды рассматривались ранее [1], как *P. officinalis* и они, обычно характерны для богатых по видовому составу широколиственных и смешанных лесов. В Европе гибриды распространены в местах контакта обоих видов, особенно вблизи восточной границы ареала *P. officinalis*. Гибридизация между обоими видами происходила, вероятно, в период максимального распространения в голоцене *P. officinalis* и в настоящее время сохранились разрозненные популяции этого гибрида в разных частях страны, но без участия типичной *P. officinalis*, особенно в липняках и кленовниках, или производных от них насаждениях. Р. *obscura* в Беларуси является одним из маркерных видов, связанных со свитой липовых лесов, как и *Carex pilosa* Scop., *Galium intermedium* Schult., *Stachys sylvatica* L., *Sanicula europaea* L., *Circaea lutetiana* L., *Campanula trachelium* L., *Epilobium montanum* L., *Corydalis cava*.

Campanula latifolia L. – Шкловский р-н, окр. д. Мал. Уланово, 0,7 км к СЗ, елово-широколиственный крапивный лес в притеррасной части р. Березовка, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 16.06.2020. В лесном массиве здесь же и у реки встречается *Phyteuma spicatum*, *Melandrium dioicum*, *Alliaria petiolata* (Bieb.) Cavara et Grande, *Thalictrum aquilegifolium* L., *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod., *Scrophularia umbrosa* Dumort., *Chaerophyllum bulbosum* L., *Cardamine impatiens*, *Drymochloa sylvatica* (Poll.) Holub, *Digitalis grandiflora* Mill., *Lathyrus niger*, *Vicia sylvatica* L., *Strophostoma sparsiflora* (Mikan. ex Pohl) Turcz., *Huperzia selago*.

Campanula cervicaria L. – Мозырский р-н, окр. д. Белая, 1,2 км к ЮВ, поляна в сосняке кислично-орляковом с грабом, березой, елью, лешиной, 15 генеративных экземпляров, В. Лебедько, 11.08.2020. Здесь же отмечены *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch, *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb., *Genista germanica* L.

Phyteuma spicatum L. – Шкловский р-н, окр. д. Клинь, 0,7 км к Ю, осинник снытевый, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 16.06.2020. Здесь же собраны *Sanicula europaea* L., *Thalictrum aquilegifolium* L., *Hieracium sylvularum* Jord. ex Boreau. Оршанский р-н, окр. г.п. Копысь, 1 км к ССВ, левобережье р. Днепр, крутой склон коренного берега с широколиственным лесом, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 17.06.2020. Здесь же встречается *Carex montana* L., *Genista tinctoria* L., *Hieracium sylvularum*.

Brachyscome iberidifolia Benth. – Барановичский р-н, г. Барановичи, эколого-биологический центр, выращивается на территории центра, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 10.07.2020.

Данный вид стал изредка выращиваться в последние десятилетия и известен также из г. Гомеля и Свислочского р-на.

Ursinia speciosa DC. – Барановичский р-н, г. Барановичи, эколого-биологический центр, выращивается на территории центра, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 10.07.2020.

Очень редкий в культуре вид, который стал выращиваться лишь в последние годы.

Lonas annua (L.) Vines et Druce – Барановичский р-н, г. Барановичи, эколого-биологический центр, выращивается на территории центра, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 10.07.2020.

Очень редкий в культуре вид, который стал выращиваться лишь в последние годы, до этого был известен из г. Минска и его окрестностей.

Arnica montana L. – Бельничский р-н, окр. д. Корытница, 0,7 км к С, в сосняке чернично-мшистом, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 11.09.2020. Смолевичский р-н, окр. д. Заболотье, 2,5 км к СВ, сосняк мшисто-черничный, нередко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 16.09.2020. Здесь же встречается и *Pulsatilla patens*. Борисовский р-н, окр. д. Святое, 0,8 км к ЮЗ, сосняк мшисто-черничный, нередко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 16.09.2020 (наблюдение).

Coreopsis rosea Nutt. – г. Могилев, в культуре как декоративное растение в частном секторе, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, 16.07.2020. Здесь же отмечены *Phlox covillei* E.E. Nelson, *Hypericum androsaemum* L., *Umbilicus oppositifolius* (Ledeb.) Ledeb., *Zigadenus elegans* Pursh, *Penstemon hirsutus* (L.) Wild., *Draba bruniifolia* Stev., *Polygala chamaebuxus* L., *Jeffersonia dubia* (Maxim.) Benth. et Hook. f. ex Baker et Moore, *Vitaliana primuliflora* (L.) Bertol., *Androsace studiosorum* Kress, *Callianthemum anemonioides* (Zahlbr.) Endl., *Noccaea stilosa* (Ten.) Reichenb., *Campanula pulla* L. × *C. waldsteiniana* Roem. et Schult., *Paronychia kapela* (Hack.) A. Kern., *Aethionema saxatile* (L.) R. Br., *Hepatica transsilvanica* Fuss, *Gentiana septemfida* Pall., *Clethra alnifolia* L., *Amsonia tabernaemontana* Walter.

Erechtites hieracifolius (L.) Raf. ex DC. – Мозырский р-н, окр. д. Васюковка, 4,5 км к ЮЗ, у дороги в сосняке мшистом, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 12.08.2020. Мозырский р-н, окр. д. Мелешковичи, 2,5 км к ЮЗ, у дороги в сосняке мшистом у края болота, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 12.08.2020. Также мы наблюдали этот вид к С от д. Махновичи. Чаусский р-н, окр. д. Нежковка, 0,4 км к СЗ, в ельнике кисличном, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 09.09.2020. Чаусский р-н, окр. д. Долгий Мох, 0,9 км к Ю, в сосняке с елью кисличном, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 10.09.2020. Для Могилевской области вид указывается впервые.

Senecio fluviatilis Wallr. – Чаусский р-н, окр. д. Новоалександровка, 1,4 км к СЗ, сырая закустаренная луговина среди ивняка с крапивой и разнотравьем в долине небольшого ручья, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 09.09.2020. Здесь же по ЛЭП найдена *Lycopodiella inundata* (L.) Holub., *Radiola linoides* Roth.

Elodea nuttallii (Planchon) St. John – Шкловский р-н, окр. д. Бол. (Вел.) Михайлов, к С, в пруду у дачных участков, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, 14.07.2020.

Allium ursinum L. – Дятловский р-н, окр. д. Яблынька, 0,5 км к С, грабняк с березой, кленом, осиной снытевый, часто, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 08.04.2020. Совместно с данным видом собраны *Dentaria bulbifera* L., *Carex sylvatica* Huds., *Lathraea squamaria* L., *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart., *Viola reichenbachiana* Jord. ex Boreau, а вблизи леса в канализированном русле ручья – *Berula erecta* (Huds.) Cov. Быховский р-н, окр. д. Нов. Боярщина, 0,3–1 км к ЮЗ, березняки и смешанные широколиственные леса, часто, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 22.05.2020. Здесь же собрана *Corydalis cava* (L.) Schweigg. et Körte.

Gladiolus imbricatus L. – Могилевский р-н, окр. д. Калиновая, у С окраины, правобережье р. Днепр, влажный пойменный луг, нередко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, 14.07.2020. Совместно с ним встречается *Libanotis montana* Crantz, *Avenula pubescens* (Huds.) Dumort.

Cephalanthera longifolia (L.) Fritsch – Калининвичский р-н, окр. д. Булавки, к З, опушка сосняка с дубом орлякового у шоссе, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Саулов, 05.06.2020 (наблюдение).

Platanthera chlorantha (Cust.) Reichenb. – Чаусский р-н, окр. г. Чаусы, 4,6 км к ЮВ, осинник снытевый, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 09.09.2020.

Catabrosa aquatica (L.) P. Beauv. – Шкловский р-н, окр. д. Александрия, 0,9 км к З, вблизи криницы по берегам ручейков, часто, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 17.06.2020. Здесь же встречается *Scrophularia umbrosa*, а в декоративных посадках *Cerasus serrulata* (Lindl.) Loud., *Carpinus betulus* L.

Drymochloa sylvatica (Poll.) Holub – Круглянский р-н, окр. д. Павлово, 1,7 км к СВ, ельник с осиной кисличный, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 18.06.2020. Здесь же отмечены *Hieracium sylvularum*, *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv., *Actaea spicata* L. Круглянский

р-н, окр. д. Еськовщина, 1 км к С, ельник с осиной кисличный, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Саулов, 18.06.2020. Здесь же найдены *Carex globularis* L., *C. disperma* Dew. Мстиславский р-н, окр. д. Ходосы, 5 км к ЮЗ, липняк снытевый, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 09.09.2020. Здесь же собраны *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv., *Neottia nidus-avis* (L.) L.C.M. Richard, *Platanthera chlorantha*.

Hierochloë australis (Schröd.) Roem. et Schult. – Ушачский р-н, окр. д. Сорзово, 1 км к С, сосняк орляково-мшистый, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедько, А. Саулов, 24.09.2020.

Imperata cylindrica (L.) Raeusch. – Минский р-н, окр. д. Дички, у ЮЗ окраины, высажена по берегу пруда, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, 30.06.2020. Здесь же по берегу пруда высажена и *Carex lucorum* Willd. ex Link, а в декоративных посадках отмечены *Cerasus serrulata*, *Aesculus parvifolia* Walt., *Aesculus* × *carnea* Hayne, *Euonymus alatus* (Thunb.) Sieb., *Lonicera* × *brownii* (Regel) Carriere. Последний вид выявлен и в д. Шараи Воложинского р-на.

Bolboschoenus planiculmis (F. Schmidt) T.V. Egorova – Лепельский р-н, д. Воронь, оз. Воронь, по побережью озера и на глубине до 1,2 м, изредка, С. Савчук, В. Лебедько, 31.07.2020.

Очень редкий заносный вид, был известен лишь из Гродненского и Минского районов. Впервые приводится для Витебской области.

Заключение. В аннотированном списке приведены данные о новых и редких для флоры Беларуси адвентивных (включая культивируемые) и аборигенных видах растений, указаны новые местонахождения некоторых охраняемых растений.

Литература

1. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол.: И.М. Качановский [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.
2. Ломако В.А. Дендрологический сад Глубокского лесхоза. – Минск: Ураджай, 1990. – 111 с.
3. Определитель высших растений Беларуси / Т.А. Сауткина [и др.]; под ред. В.И. Парфенова. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. 472 с.
4. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden [Electronic resource]. Date of access: 24 September 2019. Mode of access: <http://www.tropicos.org>.

Д. В. ДУБОВИК, С. С. САВЧУК, А. Н. СКУРАТОВИЧ,
В. Н. ЛЕБЕДЬКО, А. О. САУЛОВ
**О НОВЫХ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯХ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ
СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ**

Резюме

Приведены данные о новых для флоры Беларуси адвентивных и аборигенных видах сосудистых растений, указаны впервые выявленные местонахождения некоторых охраняемых

и редких видов. Многие новые местонахождения видов приведены для относительно слабо изученных во флористическом отношении административных районов Беларуси. Вновь обнаружен вид, считавшийся исчезнувшим в Беларуси – *Veronica spuria* L.

D. V. DUBOVİK, S. S. SAVCHUK, A. N. SKURATOVICH,
V. N. LEBEDKO, A. O. SAULOV
**ABOUT NEW LOCATION OF THE RARE AND PROTECTED SPECIES OF
VASCULAR PLANTS OF BELARUS**

Summary

The data on adventive and aboriginal species of vascular plants, new to the flora of Belarus, are given, the newly discovered localities of some protected and rare species are indicated. Many new species localities are given for relatively poorly studied floristically administrative regions of Belarus. The species, considered extinct in Belarus, was found again – *Veronica spuria* L.

Поступила в редакцию 10.12.2020 г.

Е. Л. МОРОЗ
**LICEA PUSILLA SCHRAD. — НОВЫЙ ДЛЯ БЕЛАРУСИ
ВИД МИКСОМИЦЕТОВ (МУХОМУСЕТЕС)**

Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Миксомицеты – это группа организмов, входящая в состав супергруппы Amoebozoa, включающая немногим более, чем 1000 видов. Они обитают во всех биотопах Земли от тундры до континентальных пустынь и высокогорий, являются активными бактериофагами, играющими значительную роль в регуляции численности и состава микроорганизмов в почве, листовой подстилке, коре и гнилой древесине, и тем самым являются важным звеном в пищевых цепях [1, 2, 3]. Наибольшее видовое разнообразие миксомицетов наблюдается в широколиственных лесах умеренной зоны [4–6]. Жизненный цикл миксомицетов состоит из подвижной вегетативной стадии, представленной зооспорами, миксамебами, объединяющими в плазмодий и стадии спороношения, представленной спорофорами, обладающими разнообразной морфологией. Именно по морфологическому строению спороношений и ведется диагностика видов.

В 1984–1993, 2017–2020 гг. нами проводились исследования по изучению видового состава миксомицетов в различных типах леса Национального парка (НП) «Нарочанский» (Мядельский р-н, Минская обл.) [7–15].

Материалы (объекты) и методы исследования. Полевые исследования и сбор спорофоров проводились маршрутным методом в различных биотопах НП по общепринятым методикам [16]. Таксоновическое изучение проводили на основании изучения морфологических признаков с помощью микроскопов Olympus SZ61, Olympus BX 51, используя в качестве определителей отечественные и зарубежные монографические работы [16–19]. Гербарные образцы хранятся в гербарии лаборатории микологии Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси» (MSK – F).

Результаты и их обсуждение. В ходе изучения собранного гербарного материала был выявлен новый миксомицет, который был определен как *Licea pusilla* Schrad. Это первая находка данного вида в Беларуси. Вид найден на гнилой древесине *Picea abies* (L.) Karst., в ельнике кисличном, в окр. дер. Груминенты, 06 IX 2019, 54°76'77"N, 26°24'09"E, коллектор Мороз Е.Л., MSK – F 43067. Основные, наблюдаемые нами признаки соответствуют описанным в литературе диагностическим признакам.

Описание. Спорангии расположены отдельно или собраны в группы, сидячие, сферические, подушковидные, красно-коричневые, коричнево-черные, блестящие, 0,2–1,5 мм в диам. Перидий тонкий, темный, растрескивается нерегулярно или дольками, края которых с выростами

или бородавками. Споры 13–15 мкм диам., шаровидные, орнаментированы бородавками, в массе темно-оливковые, в проходящем свете коричневые.

По литературным данным, *Licea pusilla* – космополит, широко распространен в Европе, Азии, Северной, Центральной и Южной Америке, Австралии, Новой Зеландии [20]. Встречается на гнилой древесине и на коре живых деревьев, особенно хвойных, преимущественно в районах с умеренным и бореальным климатом, реже в тропиках. Ближайшие известные его местонахождения на сопредельных территориях – Литве [21], Польше [22], России [16] и Украине [23].

Заключение. В результате наших исследований на территории НП «Нарочанский» был выявлен новый вид миксомицетов для Беларуси – *Licea pusilla* Schrad.

Литература

1. Novozhilov Y.K., Rollins A., Schnittler M. Ecology and distribution of Myxomycetes. In: Stephenson, S.L., Rojas, C.A (eds.) Myxomycetes: biology, systematics, biogeography and ecology. Academic Press, London. 2017. P. 253–297.
2. Ing B. // The New Phytologist. 1994. Vol. 126 iss. 2. P. 175–201.
3. Madelin M.F. // Trans. Brit. Mycol. Soc. 1984. Vol. 83, P. 1–19.
4. Novozhilov Y.K., Schnittler M., Erastova D.A., Shchepin O.N. // Nova Hedwigia. 2017. 104. P. 183–209.
5. Stephenson S.L. // Canadian journal of botany. 1988. 66. P. 2187–2207.
6. Stephenson S.L. // Mycologia. 1989. Vol. 81. P. 608–621.
7. Мороз Е. Л. // Сохранение биологического разнообразия Белорусского Поозерья: тез. докл. Регион. науч.-практ. конф., Витебск, 24–27 апр. 1996 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: А. М. Дорофеев [и др.]. Витебск, 1996. С. 145–146.
8. Мороз Е. Л. // Проблемы природоохранной организации ландшафтов. / Материалы международной научно-практической конференции. Новочеркасск, 2018. С. 114–118.
9. Мороз Е. Л., Новожилов Ю. К. // Новости сист. низш. раст. 1988. Т. 25. С. 92–97.
10. Мороз Е. Л., Новожилов Ю. К. Мороз Е. Л., Новожилов Ю. К. // Микология и фитопатология, Т. 28, Вып. 3. 1994. С. 21–27.
11. Moroz E. // Fungi and Lichenes in the Baltic region: Abstract / The 12th International Conference on Mycology and Lichenology. Vilnius, 1993. P. 119.
12. Мороз Е. Л., Новожилов Ю. К. // Ботаника (исследования). Минск: Колос-град, 2018. Т. 47. С. 123–135.
13. Мороз Е. Л., Новожилов Ю. К. // Новости систематики низших растений. 2019. Т. 53 (2). С. 307–314. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2019.53.2.307>
14. Мороз Е. Л., Новожилов Ю. К. // Новости систематики низших растений. 2020. Т. 54(1). С. 261–286. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2020.54.1.261>
15. Шуканов А. С., Мороз Е. Л., Малиновский О. А. // Вестник Бел. Гос. Универ-та. 1988. № 2. С. 23–25.
16. Новожилов Ю. К. Класс Миксомицеты. (Определитель грибов России: отдел Слизевики; Вып 1.) СПб.: Наука, 1993. 288 с.

17. Martin G. W., Alexopoulos C. J. The Myxomycetes. 1969. Iowa Univ. Press, Iowa City. 561p.
18. Poulain M., Meyer M., Bozonnet Les Myxomycètes. Tome 1, guide de détermination. mycologique et botanique Dauphiné-Savoie: Sévrier France. 2011a. 568 p.
19. Poulain M., Meyer M., Bozonnet Les Myxomycètes. Tome 2. Fédération mycologique et botanique Dauphiné-Savoie: Sévrier France. 2011b. 544 p.
20. Danish Myxomycetes. 2020. <http://www.myx.dk/cgi-bin/myxreports?genus=Licea&species=pusilla&acti=seas&count=all> (Дата обращения: 18 XI 2020).
21. Adamonyte G. // Botanica Lithuanica. 1999. Vol. 5(3). P. 271–282.
22. Drozdowicz A., Ronikier A., Stojanowska W., Panek E. 2003. Myxomycetes of Poland. A checklist. Biodiversity of Poland. Vol. 10. 104 p.
23. Leontyev D. V., McHugh R., Fefelov K. A., Kochergina A. V. Nova Hedwigia. 2011. Vol. 92(1-2). P. 245–256.

Е. Л. МОРОЗ

***LICEA PUSILLA* SCHRAD. — НОВЫЙ ДЛЯ БЕЛАРУСИ ВИД
МИКСОМИЦЕТОВ (МУХОМУЦЕТЕС)**

Резюме

В результате наших исследований на территории Национального парка «Нарочанский» был выявлен новый вид миксомицетов для Беларуси – *Licea pusilla* Schrad. Приводится описание морфологических признаков, указана информация о местонахождении (координаты), субстрат, растительность, дата сбора, коллектор, номер гербарного образца.

E. L. MOROZ

***LICEA PUSILLA* SCHRAD. — NEW SPECIES
MYXOMYCETES FOR BELARUS**

Summary

As a result of our research, a new species of myxomycetes for Belarus, *Licea pusilla* Schrad. Was identified on the territory of the Narochansky National Park. A description of morphological characters is given, information on location (coordinates), substrate, vegetation, date of collection, collector, number of the herbarium specimen is indicated.

Поступила в редакцию 10.12.2020 г.

Е. В. КОНДРАТОВ, В. И. ТОРЧИК
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПОНТАННЫХ
СОМАТИЧЕСКИХ МУТАЦИЙ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ
СЕМЕЙСТВА PINACEAE LINDL. ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ИХ ДЕКОРАТИВНЫХ САДОВЫХ ФОРМ**

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Для обеспечения потребностей республики в посадочном материале необходим ассортимент декоративных древесных растений, адаптированных к природно-климатическим условиям Беларуси. В настоящее время большинство используемых в озеленении декоративных растений были получены зарубежными селекционерами, и для их введения в широкую культуру требуется достаточно длительный период проведения экспериментальных исследований.

В связи с чем, в последнее время внимание обращено на использование мутантных «ведьминых метел» для получения новых декоративных форм, которые при вегетативном размножении сохраняют свойства материнской мутации, что значительно сокращает время на селекционный процесс [1–17].

Основной целью настоящей работы был поиск, оценка морфологических особенностей «спонтанных соматических мутаций «ведьмины метла» некоторых представителей семейства Pinaceae Lindl., формирование на их основе фонда перспективных образцов и создание сортов новых декоративных растений.

Материалы и методы исследования. Объектами исследований являлись спонтанные соматические мутации «ведьмины метла» у представителей родов *Abies* Mill., *Pinus* L., *Picea* L. Поиск мутаций проводился путем маршрутных обследований деревьев, произрастающих в лесных массивах, придорожных посадках, городских зеленых насаждениях и парках, а также специализированных дендрариях в период с 2010 по 2019 годы. Всего был обнаружен и изучен 101 экземпляр. При оценке мутаций устанавливали наличие осевого побега, характеризовали форму кроны, измеряли длину годичного прироста, хвои, отмечали окраску хвои, наличие вторичного прироста, а также повреждения болезнями и вредителями. Кроме того, отбирали вегетативный материал для прививки. Сортоиспытание перспективных образцов проводилось по общепринятой методике [18].

Результаты и их обсуждение. Поиск мутаций позволил установить, что они практически не встречаются в лесных массивах, дендрариях и городских парках с высокой густотой стояния древесных растений. Единично были отмечены «ВМ» на окраинах лесных массивов с хорошо освещенной стороны. Основная масса выявлена на одиноко стоящих деревьях, в аллейных посадках, а также в придорожных насаждениях

с высокой интенсивностью движения автотранспорта, что согласуется с исследованиями других авторов [19–20]. Повышенная встречаемость мутаций в придорожных насаждениях с высокой интенсивностью движения автотранспорта, по мнению ряда исследователей, связана с влиянием выхлопных газов на процессы мутагенеза у древесных растений [20].

Среди факторов, влияющих на встречаемость мутаций, следует отметить также освещенность и проветриваемость. Анализ расположения в кроне, выявленных мутаций показал, что чаще всего они образуются в ее верхней части (62%). Причем в 10% «ВМ» замещает собой верхушку. Существенно реже они встречаются в средней части кроны (23%) и еще реже в нижней (15%), что согласуется с результатами других исследований.

Анализ расположения «ВМ» в кроне различных видов позволил установить некоторые особенности. Так представители рода *Abies* обладают большей плотностью кроны и менее выраженной ярусностью [22] по сравнению с сосной обыкновенной, а, следовательно, и худшей освещенностью мутации. В нижней части кроны этих пород «ВМ» не встречались. В средней встречалось около 25%, а основная масса была расположена в верхней части кроны (75%).

На ели европейской прослеживается несколько иная тенденция. Так, некоторая часть обнаруженных «ВМ» (18%) находилась в нижней части кроны. Соотношение мутаций, обнаруженных в средней части кроны было близко к представителям рода *Abies* (26%). В верхней части кроны «ВМ» встречались на 20% реже.

Анализ расположения «ВМ» сосны обыкновенной показал, что, несмотря на меньшую плотность кроны в нижней и средней ее части мутации встречались на 7% и 5% реже, чем у ели европейской. В верхней части, напротив, «ВМ» располагались на 13% чаще.

Таким образом, можно сделать вывод, что у всех видов встречаемость «ВМ» в кроне существенно снижается от верхней части кроны к нижней. Причем эта тенденция, по-видимому, в большей степени обусловлена видовыми особенностями древесных растений, чем условиями освещенности, зависящими от строения кроны. Так, у ели европейской, обладающей более плотной кроной, «ВМ» в нижней и средней части встречались чаще, чем у сосны. Также немаловажную роль играет склонность вида к возрастному очищению от сучьев в нижней части кроны, при котором погибают и «ВМ».

Анализ морфометрических параметров «ВМ» *Pinus sylvestris* L. показал, что 26,3% имеют плотное строение кроны, 52,6 относятся к среднеплотным и 21,1% к рыхлым. Такое соотношение говорит о большей распространенности среднеплотных «ВМ» и меньшей плотных и рыхлых, что, возможно, обусловлено большей их жизнеспособностью.

В группе «плотные» преобладали «ВМ» с округлой формой, а также единично встречались экземпляры с распростертой, зонтичной и кустистой формами. Среди среднеплотных, напротив, чаще всего отмечены эк-

земляры с подушковидной формой, реже с конусовидной и распростертой и единично с кустистой, округлой и стелющейся. В группе рыхлые большая часть образцов имела распростертую форму кроны.

Установлено, что средний прирост побегов у «плотных» «ВМ» существенно ниже (от 38,1 до 90,5 %), чем у нормальной кроны растений. В группе «среднеплотных» этот показатель варьировал в ту или иную сторону. Анализ также показал, что величина прироста побегов в группе «плотных» и «среднеплотных» мутаций у сосны обыкновенной схожи с таковым у «ВМ» представителей рода *Abies* Mill. [23].

Количество почек на однолетних побегах и количество побегов в мутровке в группе «плотных» «ВМ» во всех вариантах выше, чем у нормальной кроны. Первый показатель превышал контроль на 110,5–227,3%, второй на 117,6–192,3%. В группе «среднеплотных» «ВМ» прослеживалась та же тенденция, оба показателя были выше, первый на 11,1–181,3%, второй на 29,4–164,7%. У «рыхлых» «ВМ» количество почек превышало контроль на 73,3–113,3%, а побегов в мутровке – 50–113,3%.

Следует отметить, что хвоя у «плотных» «ВМ» была короче от 28,1 до 113,3%, чем у нормальной кроны, а в группе рыхлых на 11,6 – 55,3 %. У «среднеплотных» также установлены отличия в размерах хвои. Как правило, она короче от 13,5 до 115 %.

Анализ данных табл. 1 показал, что стабильным морфометрическим параметром, отличающим «ВМ» от нормальной части кроны, является толщина осевых и боковых побегов.

У «плотных» «ВМ» осевые побеги были на 100 - 133,3% толще, а боковые на 50-200%. У «рыхлых» «ВМ» этот показатель варьировал для осевых побегов от 33,3% до 66,7%, а боковых на 50%.

Общеизвестно, что степень апикального доминирования у нормальной части кроны варьирует от 48,2 до 64%. Наши исследования показали, что у «плотных» «ВМ» этот показатель колеблется от 90,2 до 100%, что указывает на крайне слабое апикального доминирование, «среднеплотных» от 76,4 до 80,6. У «рыхлых» «ВМ» оно еще ниже (от 72 до 75%) и максимально приближено к нормальной части кроны. Следовательно, показатель степени апикального доминирования является общим морфометрическим параметром всех «ВМ», на основании которого можно классифицировать все «ВМ» *Pinus sylvestris* L. по степени плотности.

Анализ мужской и женской репродуктивной функции «ВМ» показал, что они в большей степени зависят от плотности кроны. Как мужское цветение, так и семяношение было полностью редуцировано у мутаций с максимальным нарушением апикального доминирования. По мере снижения плотности кроны, а соответственно и апикального доминирования чаще встречаются и «ВМ» с семяношением. Следует заметить, что они образуют шишки меньшего размера, часть из которых деформированны (рис. 1). Полнозернистость семян «ВМ» на 25,8 % меньше, чем у нормальной части кроны.

Таблица 1. Морфологические показатели спонтанных соматических мутаций и нормальной части кроны (контроль) *Pinus sylvestris* L.

Вариант	Длина однолетних побегов, см		Апикальное доминирование, %	Толщина, см		Количество боковых почек, шт.		Длина хвой, см	
	Осевых	Боковых		Осевых побегов	Боковых побегов	Осевых побегов	Боковых побегов	Осевых побегов	Боковых побегов
Плотные									
«ВМ»	8,5±0,7	8,3±0,5**	99,7	0,7±0,1**	0,6±0,03**	3,8±0,2**	3,5±0,2**	3,7±0,2**	3,5±0,2**
Контроль	7,4±0,6	3,8±0,8	51,4	0,3±0,01	0,2±0,01	1,2±0,1	1±0,01	5,5±0,2	4,7±0,4
«ВМ»	4,3±0,3**	4,3±0,2**	100	0,6±0,02**	0,5±0,02**	4,3±0,2**	3,8±0,3**	2,1±0,2**	2,3±0,2**
Контроль	5,6±0,3	2,7±0,4	48,2	0,3±0,03	0,2±0,01	2,5±0,2	1,3±0,2	4,8±0,2	4,2±0,2
«ВМ»	5,5±0,7**	5,1±0,6**	92,7	0,6±0,02**	0,5±0,01**	5,0±0,4**	4±0,3**	3,4±0,5**	2,7±0,4**
Контроль	7±0,5	3,5±0,4	50	0,3±0,1	0,2±0,1	1,8±0,1	1,4±0,2	6,8±0,2	5,9±0,3
Среднеплотные									
«ВМ»	5,8±0,2*	4,6±0,1**	79,3	—	—	—	—	—	—
Контроль	5,5±0,1	2,8±0,2	50,9	—	—	—	—	—	—
«ВМ»	3,5±0,1**	2,8±0,2**	80,6	—	—	—	—	—	—
Контроль	7,8±0,7	4,7±0,5	57,7	—	—	—	—	—	—
«ВМ»	12,6±0,3**	9,9±0,1**	78,6	—	—	—	—	—	—
Контроль	10,3±0,7	6,3±0,4	61,2	—	—	—	—	—	—
Рыхлые									
«ВМ»	4,8±0,5**	3,5±0,3	72	0,4±0,02**	0,3±0,02**	3,7±0**3	2,6±0,3**	3,9±0,2**	3,6±0,1**
Контроль	6,4±0,4	3,1±0,2	48,4	0,3±0,1	0,2±0,02	1,8±0,3	1,2±0,1	6,2±0,3	5,6±0,3
«ВМ»	5,7±0,3*	4,2±0,2**	73,7	0,5±0,1**	0,3±0,1**	3,9±0,3**	2,4±0,2**	4,9±0,2**	4,6±0,2**
Контроль	5±0,3	3,2±0,2	64	0,3±0,1	0,2±0,1	1,9±0,3	1,5±0,2	5,9±0,3	5,5±0,3
«ВМ»	6,4±0,5*	4,8±0,4**	75	0,4±0,02**	0,3±0,03**	2,8±0,3**	2,4±0,2**	5,3±0,2**	5±0,2**
Контроль	7,2±0,4	3,5±0,2	48,6	0,3±0,1	0,2±0,1	1,9±0,3	1,2±0,2	7±0,2	6,2±0,2

Примечание: М±m – среднее значение, m – ошибка среднего; * – различия достоверны при P<0,05; ** – при P<0,01. сех «ВМ» на основании, которого можно классифицировать все «ВМ» *Pinus sylvestris* L. по степени плотности.



Рис. 1. Морфологические особенности шишек «ВМ» (внизу) и нормальной части кроны (вверху)..

Таким образом, в группе «плотные» отмечена полная редукция мужской репродуктивной сферы, а в группе «среднеплотных» отмечено регулярное, а иногда обильное мужское цветение и семяношение.

Ель европейская является одной из основных лесообразующих пород в республике (9,2%) [24]. Она и ее декоративные формы, интродуцированные из стран дальнего зарубежья, широко используются в озеленительных насаждениях страны. Учитывая это можно предположить, что полученные на основе «ВМ» декоративные формы будут устойчивыми в условиях республики.

Анализ внешнего вида и плотности кроны выявленных «ВМ» показал, что существенного преобладания мутаций с определенной плотностью кроны не наблюдается, как это было отмечено у сосны обыкновенной. Например, «ВМ» с плотной кроной составляли 36,7% (рис. 2), среднеплотной – 30% (рис. 3) и рыхлой 33,3% (рис. 4).



Рис. 2. Общий вид «ВМ» или европейской из группы «плотные» (А), фрагмент ветвления (Б) и его макет (В).



Рис. 3. Общий вид «ВМ» или европейской из группы «среднеплотные» (А), фрагмент ветвления (Б) и его макет (В).



Рис. 4. Общий вид «ВМ» или европейской из группы «рыхлые» (А), фрагмент ветвления (Б) и его макет (В).

Следует отметить, что в группе «плотные» чаще всего встречались образцы с округлой и подушковидной формой кроны. Кроме того, отмечены единичные экземпляры с зонтичной, конусовидной и кустистой формами кроны. В группе «среднеплотных» «ВМ» несколько чаще встречались образцы с конусовидной, раскидистой и кустистой формами кроны и очень редко с округлой и подушковидной. Среди «рыхлых» преобладали образцы с раскидистой и кустистой и единично встречались с гнездовидной, зонтичной и нисходящей формами.

Анализ морфометрических параметров показал, что побеги всех типов у «плотных» «ВМ» были короче, чем у нормальной части кроны на 11,4–173 %.

В группе «среднеплотных» и «рыхлых» «ВМ» не выявлено определенной закономерности. Различия варьировали в большую или меньшую сторону или же они отсутствовали (табл. 2). Также существенным отличием «ВМ» от нормальной части кроны является толщина однолетних побегов. В группе «плотные» у всех мутаций по сравнению с нормальной частью кроны они были толще на 25-400%, в группе «рыхлые» от 21,1 до 200%.

Таблица 2. Морфологические показатели спонтанных соматических мутаций *Picea abies* L.

Вариант	Длина однолетних побегов, см				Толщина однолетних побегов, см				Длина хвоя, см	
	Осевого	Боковых верхних	Боковых средних	Боковых нижних	Осевого	Боковых верхних	Боковых средних	Осевого	Боковых верхних	Боковых средних
Плотные										
«ВМ»	3,4±0,2**	2,8±0,2**	2,2±0,2**	—	0,2±0,1*	0,2±0,1**	0,2±0,1**	1,2±0,1**	1,0±0,1**	1,0±0,1**
Контроль	6,1±0,2	5,1±0,2	3,8±8,3	—	0,2±0,1	0,1±0,2	0,1±0,1	1,6±0,1	1,3±0,1	1,4±0,1
«ВМ»	1,9±0,1**	1,7±0,2**	1,2±0,1**	1,3±0,1**	—	—	—	1,2±0,1**	1,1±0,1**	0,9±0,1**
Контроль	5,7±0,1	3,8±0,2	3,2±0,3	3,6±0,4	0,2±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1	1,7±0,1	1,4±0,1	1,4±0,1
«ВМ»	2,7±0,2**	2,5±0,2**	1,6±0,1**	2±0,1**	0,4±0,2**	0,3±0,3**	0,1±0,2	1±0,1**	0,9±0,1**	0,9±0,1**
Контроль	7,8±0,4	5±0,4	3,8±0,3	1,4±0,2	0,2±0,2	0,1±0,1	0,1±0,1	1,4±0,1	1,1±0,1	1,1±0,1
«ВМ»	3,2±0,2**	2,9±0,2**	2±0,2**	2,1±0,2	0,4±0,3**	0,3±0,3**	0,2±0,1	1±0,1**	1±0,1**	0,9±0,1**
Контроль	8,6±1	4,4±0,6	3,7±0,4	1,9±0,4	0,2±0,2	0,1±0,2	0,1±0,1	1,6±0,1	1,4±0,1	1,3±0,1
Среднеплотные										
«ВМ»	3,8±0,3**	3,3±0,3**	2,8±0,3**	—	0,2±0,2*	0,1±0,1**	0,1±0,1**	1,5±0,1**	1,3±0,1**	1,3±0,1**
Контроль	8,2±0,8	5,5±0,6	4±0,5	4,9±1	0,3±0,3	0,2±0,1	0,2±0,1	1,9±0,1	1,7±0,1	1,4±0,1
«ВМ»	6,6±0,9**	5,6±0,6	5±0,6	—	0,6±0,8**	0,5±0,9*	0,3±0,6	1,5±0,1**	1,4±0,1**	1,3±0,1**
Контроль	8,6±1,3	5,2±0,5	5,2±0,3	—	0,4±0,6	0,3±0,6	0,3±0,2	1,7±0,1	1,6±0,1	1,7±0,1
«ВМ»	7,7±1	6,7±0,7**	5,3±0,9**	4,4±0,7**	—	—	—	1,4±0,1**	1,4±0,1	1,4±0,1**
Контроль	7,6±0,7	4,3±0,5	3,6±0,2	2,4±0,5	0,1±0,3	0,1±0,2	0,1±0,2	1,7±0,1	1,5±0,2	1,3±0,1
«ВМ»	7,7±0,6**	7±0,5	5,7±0,3**	4±0,3*	0,4±0,3**	0,3±0,2**	0,3±0,2**	1,6±0,1**	1,6±0,1**	1,6±0,1**
Контроль	12±0,7	7,6±0,5	6,7±0,5	6,6±0,5	0,2±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1	2,2±0,1	1,7±0,1	1,8±0,1
Рыхлые										
«ВМ»	4,2±0,3**	5,2±0,1	4,9±0,2	—	0,3±0,1**	0,2±0,1**	0,2±0,1**	1,2±0,1**	1,3±0,1**	1,2±0,1**
Контроль	6,2±0,3	4,9±0,4	5,0±0,2	—	0,2±0,1	0,1±0,2	0,1±0,2	1,5±0,1	1,4±0,1	1,4±0,1
«ВМ»	3,9±0,2**	4±0,3	2,8±0,4**	2±1,4	0,3±0,1**	0,2±0,1**	0,2±0,1**	1,0±0,1**	0,9±0,1**	0,8±0,1**
Контроль	5,9±0,4	3,9±0,3	3,6±0,3	—	0,2±0,1	0,1±0,2	0,1±0,1	1,4±0,1	1,2±0,1	1,1±0,1
«ВМ»	6,7±0,7	6,1±0,5**	4,8±0,4	4,7±3,3	0,4±0,1**	0,4±0,4**	0,3±0,4**	1,4±0,1**	1,3±0,1**	1,3±0,1**
Контроль	6,8±0,6	5±0,4	4,8±0,3	—	0,2±0,3	0,2±0,3	0,1±0,3	1,8±0,1	1,6±0,1	1,6±0,1
«ВМ»	7±0,5**	6,6±0,4**	6,3±0,5*	—	0,5±0,3*	0,3±0,2**	0,2±0,2**	1,9±0,1*	1,9±0,1**	2,0±0,1**
Контроль	8,4±0,5	5,3±0,4	5,4±0,5	5,1±0,5	0,2±0,2	0,1±0,1	0,1±0,1	2±0,1	1,6±0,1	1,6±0,1

Примечание – Отсутствие данных обозначено знаком «—», P < 0,01 – «**», P < 0,05 – «*»

Хвоя на побегах в группе «плотные» была существенно короче. В группе «среднеплотные» и «рыхлые» наряду с образцами с более короткой хвоей были выявлены экземпляры, у которых хвоя была длиннее, чем у нормальной части кроны.

Количество почек на побегах у «плотных» «ВМ» было выше на 57,1–135,7%, чем у нормальной части кроны. В группе «среднеплотных» и рыхлых «ВМ» этот показатель варьировал как в сторону увеличения количества почек, так и его снижения.

Сравнение среднего количества почек на побегах всех типов и среднего количества самих побегов показало, что последних оказалось значительно больше. Более детальное изучение этих параметров на каждом типе побегов в отдельности показало, что основная масса побегов образуется из почек, расположенных на осевых и боковых верхних побегах. Существенное же уменьшение количества почек на побегах всех типов происходило за счет включения в выборку почек на боковых средних и боковых нижних побегах, на которых они встречаются значительно реже. Из этого можно сделать вывод, что учет почек на побегах всех типов не является показателем плотности кроны ели европейской, и в целом оказывается не информативным.

Следует отметить, что у нормальной части кроны степень апикального доминирования варьировала от 45,1 до 80,9%. В группе «плотных» образцов этот показатель колебался от 81,8 до 100%. В группе «среднеплотные» диапазон был в более широких пределах от 62,9 до 90%. В группе «рыхлых» максимальные нарушения были еще выше от 89,1 до 123%, что говорит о меньшей взаимосвязи этого признака и плотности кроны у «ВМ» ели европейской по сравнению с другими видами.

Регулярная оценка семяношения «ВМ» показала, что прослеживается определенная зависимость между плотностью кроны и семяношением. Так, в группе «плотных» «ВМ» как мужское цветение, так и семяношение не отмечено. В группе «среднеплотных» «рыхлых» встречается как обильное мужское цветение, так и семяношение. При этом следует отметить, что шишки по своим размерам могут не отличаться от шишек нормальной части кроны, но иногда бывают мельче.

Так, мутация на сосне Банкса имеет кустовидную форму кроны со среднеплотным ветвлением. Ее морфометрические характеристики отличаются от нормальной части кроны. Например, прирост верхушечных и осевых побегов не имел существенных отличий, а боковых верхних был выше на 38,1%. Длина хвои оказалась выше на 33,3%, как и количество почек и соответственно побегов на 53,3 и 46,7%. У «ВМ» сосны Банкса ежегодно образовывались как микростробилы с жизнеспособной пыльцой, так и шишки с жизнеспособными семенами.

«ВМ» сосны веймутовой имеет зонтичную форму кроны и среднеплотное ветвление. Средний прирост побегов выше на 116,7%, а осевых и боковых верхних на 138,2 и 229,4%. Побеги были толще на 200%. Хвоя, напротив, была короче на 164,7%. Количество почек выше на 430. Следов

мужского цветения не отмечалось, при этом на «ВМ» регулярно образовывались шишки, которые были короче, чем у нормальной части кроны.

Мутация псевдотсуги Мензиса имеет подушковидную форму кроны с плотным ветвлением. Побеги и хвоя короче на 139,8 и 257,1%. Также короче были осевые и боковые верхние побеги (287,5 и 112,5%). При этом хвоя была заужена и имела светло-салатовый оттенок.

В процессе выполненных исследований выявлено более 100 спонтанных соматических мутаций и на их основе сформирован экспериментальный фонд растений, насчитывающий более 50 образцов. В Государственный реестр сортов, разрешенных для выращивания на территории республики, включено 10 сортов декоративных садовых форм хвойных видов, передано на сортоиспытание 7 кандидатов в сорта. Кроме того, по результатам оценки морфологических признаков, устойчивости к факторам среды, болезням и вредителям отобрано 14 перспективных клонов.

Ниже приводится краткая биоэкологическая характеристика сортов и кандидатов в сорта.

Ель европейская ‘Слободка’. Растение с плоской и распростертой формой кроны. В возрасте 10 лет достигает высоты 14,7 см и ширины 47,3 см. Хвоя короткая (0,5 см) плотно располагается на побегах.

Годичный прирост побегов 2 см. На протяжении всего периода наблюдений отмечался вторичный прирост. Повреждений болезнями и вредителями, а также морозами и заморозками не отмечалось. Успешно размножается прививкой на подвой того же вида. Является перспективным почвопокровным растением. Получена прививкой спонтанной соматической мутации «ведьмина метла». На протяжении всего периода наблюдений отмечался вторичный прирост.

Ель европейская ‘Находка’. Карликовая форма с шаровидной, плоской формой кроны и плотным ветвлением. В возрасте 9 лет достигает высоты 49,6 см и диаметра 65,9 см. Годичный прирост 5,3 см. Хвоя средней длины (1,1 см), светло-зеленая.

Успешно размножается прививкой на подвой того же вида. Получена прививкой спонтанной соматической мутации «ведьмина метла». Устойчива к болезням и не повреждается вредителями.

Ель европейская ‘Колобок’. Карликовое растение. Форма кроны близкая к округлой. Отличается густым ветвлением. Осевой побег не выражен. В возрасте 9 лет высота растения 19,3 см, диаметр кроны 26,4 см. Годичный прирост 2,6 см. Хвоя зеленая, плотно расположена на побегах, прижатая, длина 0,9 см. Получено путем прививки мутации «ведьмина метла». Отличается устойчивостью к болезням и не повреждается вредителями.

Ель европейская ‘Орел’. Низкорослое растение с раскидистой, ассиметричной кроной и поднимающимися побегами. Осевой побег не образуется. В возрасте десяти лет высота 46 см, диаметр 51 см. Годичный прирост 3,7 см. Хвоя темно-зеленая, средней длины (1,2 см). На единичных экземплярах отмечено образование вторичного прироста. Получена черенкованием спонтанной соматической мутации типа «ведьмина мет-

ла». Успешно размножается как прививкой, так и черенкованием. Может использоваться для посадки на газонах, а также одиночных и групповых посадках. Отличается устойчивостью к болезням и не повреждается вредителями.

Ель европейская ‘Речицкая’. Низкорослое растение. Форма кроны коническая. Ветвление средней густоты. Осевой побег выражен. В возрасте 9 лет высота растения 111,9 см, диаметр кроны 67,9 см. Годичный прирост 10,6 см. Хвоя зеленая, плотно расположенная на побегах, прижатая, длиной 1,4 см. Получено путем прививки мутации типа «ведьмина метла».

Ель европейская ‘Сизая’. Карликовое растение. Форма кроны кустистая. Ветвление средней густоты. Осевой побег не выражен. В возрасте 9 лет высота растения 71 см, диаметр кроны 83 см. Годичный прирост 9,3 см. Хвоя сине-зеленая, жесткая, плотно расположенная на побегах, прижатая (рис. 6 Б), длина 1 см. Получено путем прививки мутации типа «ведьмина метла».

Пихта корейская ‘Доктор Шкутко’. Карликовое растение с густым ветвлением и близкой к округлой формой кроны. В условиях достаточного освещения осевой побег не выражен, однако при недостаточном освещении крона приобретает вытянутую форму. В возрасте 5 лет высота растения 11 см, диаметр 17,3 см, годичный прирост 2,2 см. Хвоя голубовато-зеленая, 1,1 см длиной. Отличается высокой зимостойкостью и устойчивостью к болезням и вредителям. Форма получена прививкой спонтанной соматической мутации типа «ведьмина метла».

Сосна обыкновенная ‘Толстушка’. Карликовая форма с неравномерно округлой ассиметричной кроной. Ветвление плотное. Осевой побег не выражен. В возрасте 12 лет высота и диаметр кроны 100–110 см. Годичный прирост 17–22 см. Побеги зеленовато-коричневые. Хвоя зеленая, изогнутая, средней ширины, длиной 6–7 см, густо расположенная на побегах, зимой на кончиках желтоватая. Почки красно-коричневые, конусовидные, длиной 1,0–1,5 см. Лучшим ростом и декоративностью характеризуется на открытых местах с хорошей освещенностью. Малотребовательна к влажности и плодородию почвы, предпочтительными являются свежие, средне- и слабокислые супеси, и легкие суглинки. Декоративна формой кроны, окраской хвои.

Сосна обыкновенная ‘Кустистая’. Карликовая форма, крона близка к округлой. Осевой побег слабо выражен. В возрасте 12 лет высота растения 60–70 см, диаметр 70–80 см. Годичный прирост 10–12 см. Побеги зеленовато-коричневые. Хвоя зеленая, узкая, прямая или слегка изогнутая, длиной 4–6 см, густо расположенная на побегах, зимой кончики хвоинок желтеющие. Почки коричневые, вытянутые, длиной 1,0–1,7 см. Лучшим ростом и декоративностью характеризуется на открытых местах с хорошей освещенностью. Малотребовательна к влажности и плодородию почвы, предпочтительными являются свежие, средне- и слабокислые супеси, и легкие суглинки.

Сосна обыкновенная ‘Имени Челюскинцев’. Карликовая форма с шаровидной кроной. Ветвление плотное. Осевой побег не выражен. В возрасте 12 лет высота растения 60–70 см, диаметр 70–80 см. Годичный прирост 14–17 см. Побеги зеленовато-коричневые. Хвоя зеленая, прямая, длиной 6–7 см, густо расположенная на побегах. Почки светло-коричневые, вытянутые, длиной 1,0–1,2 см. Лучшим ростом и декоративностью характеризуется на открытых местах с хорошей освещенностью. Малотребовательна к влажности и плодородию почвы, предпочтительными являются свежие, средне- и слабокислые супеси, и легкие суглинки. Декоративна формой кроны, окраской хвои.

Пихта одноцветная ‘Якуб Колас’. Образец получен путем вегетативного размножения спонтанной соматической мутации типа «ведьмина метла» пихты одноцветной. Обладает подушковидной формой и повышенной плотностью кроны. В пятилетнем возрасте достигает высоты 19,1 см и ширины 28,6 см. Годичный прирост 3,5 см, однолетние побеги несколько утолщены (0,3 см). Отсутствие осевого побега и укороченная по сравнению с основным видом хвоя (1,6 см, рис. 6.12 В) придает данному экземпляру особую декоративность.

Видимые повреждений болезнями и вредителями отсутствуют, что позволяет рассматривать образец как кандидат в сорта. Зиму переносит без повреждений. Размножается путем прививки на подвой того же вида. Черенкование положительного результата не дало. Вторичный прирост не отмечен.

Пихта Вича ‘Блинчик’. Образец с распростертой формой кроны. Растет медленно, годичный прирост 3,1 см. К 5-летнему возрасту достигает высоты 18,6 см и диаметра кроны 13,5 см. Скелетные ветви равномерно распростерты, отходят от ствола почти под тупым углом. Хвоя мягкая 1 см длиной, с верхней стороны темно-зеленая, снизу с двумя бело-серебристыми устьичными полосами. Отходит от однолетних побегов под острым углом, благодаря чему заметна нижняя часть, что придает растению особую декоративность.

Получена на основе спонтанной соматической мутации типа «ведьмина метла». Успешно размножается прививкой. При черенковании образуется каллус, без последующего укоренения. Декоративна формой кроны и расположением хвои.

Пихта сибирская ‘Медвежонок’. Образец с раскидистой ассиметричной кроной. В возрасте 5 лет имеет высоту 13,2 см и диаметр 17,8 см. Годичный прирост 2,7 см. Хвоя 1 см длиной, сверху светло-салатовая, снизу имеет слабо выраженные серебристо-белые устьичные полосы.

Получена на основе спонтанной соматической мутации типа «ведьмина метла». Размножается прививкой на подвой того же вида и черенкованием. При черенковании показывает крайне низкий процент укоренившихся черенков.

Ель европейская ‘Глобус’. Растение с правильной округлой формой кроны без осевого побега, достигающая в пятилетнем возрасте высоты 10,4 см и ширины 13,4 см. Годичный прирост 1,7 см. Характерной осо-

бенностью этого экземпляра является повышенная толщина однолетних побегов (0,3 см) и однолетней хвои, хвоя короткая (0,5 см), с голубоватым оттенком.

Плотность кроны в большей степени обусловлена образованием большего количества по сравнению с видовыми растениями боковых верхних (3,7 шт./мутовку), а также боковых средних (2,1 шт./мутовку) и боковых нижних (2,7 шт./мутовку) побегов.

Получено путем вегетативного размножения «ведьминой метлы» ели европейской. Размножается достаточно просто путем прививки на подвойные растения того же вида. При весеннем черенковании образует каллус, однако корнеобразование не происходит. Зимой в природно-климатических условиях РБ переносит без видимых повреждений. В 2019 году в середине августа отмечалось набухание осевых почек, без образования прироста. В 2020 этого отмечено не было.

Ель европейская ‘Облако’. Образец с ярко-голубой окраской хвои, которая существенно короче основного вида (0,8 см). Имеет подушковидную форму кроны. В пятилетнем возрасте достигает высоты 15,6 см и ширины 23,3 см. Годичный прирост 2,8 см. Достаточно плотный, болезнями и вредителями не поражался. Растение получено на основе «ведьминой метлы». Зимой на территории ЦБС НАН Беларуси переносит без видимых повреждений.

Размножается только прививкой по стандартной методике. Плотность кроны обусловлена образованием большего количества боковых верхних побегов (8,3 шт./мутовку). В середине августа на отдельных клонах было отмечено образование вторичного прироста.

Ель европейская ‘Мстиславская’. Растение получено при вегетативном размножении «ведьминой метлы». Осевой побег отсутствует, форма кроны округлая, достигает высоты 16 см в пятилетнем возрасте. Немного уплощенная 23,3 см в ширину, длина хвои существенно короче по сравнению с видовыми растениями (0,6 см) и имеет более светлый оттенок. Плотность кроны высокая. Годичный прирост 1,9 см.

Размножается прививкой, черенкование не дает положительного результата. Повреждение вредителями, болезнями, а также комплексом зимних факторов не отмечено. Вторичный прирост не образует.

Ель европейская ‘Ежик’. Растение с округлой формой кроны. Осевой побег отсутствует. Получено путем вегетативного размножения «ведьминой метлы» ели европейской. Характерной его особенностью является исключительная карликовость и плотность кроны, обусловленные очень небольшим годичным приростом (1 см) и образованием большого количества боковых верхних побегов в мутовке (4,2 шт./мутовке). В пятилетнем возрасте достигает высоты 6,5 см и ширины 9 см. Боковые почки очень плотно расположены на однолетних побегах.

От видовых растений отличается также короткой (0,6 см) и насыщенно-зеленой окраской хвои, густо расположенной на однолетних побегах. Видимых повреждений вредителями и болезнями не отмечено. Черенкованием не размножается, прививка по стандартной методике осложне-

на малой длиной однолетнего прироста, что существенно сказывается на приживаемости. Повреждений характерных для зимнего периода не отмечалось. Не имеет склонности к образованию вторичного прироста.

Растение перспективно, для использования его для контейнерного озеленения, а также высадки на малых территориях (клумбах, альпийских горках).

Заключение.

Поиск мутаций у представителей семейства Pinaceae показал, что наиболее часто они встречаются на одиноко стоящих деревьях, в аллейных посадках, а также в придорожных насаждениях с высокой интенсивностью движения автотранспорта. При этом в большинстве случаев они располагаются в верхней части кроны. Причем эта тенденция, по-видимому, в большей степени обусловлена видовыми особенностями древесных растений, чем условиями освещенности. Так, у ели европейской обладающей более плотной кроной «ВМ» в нижней и средней части встречались чаще, чем у сосны. Существенную роль играет также склонность вида к возрастному очищению кроны, при котором погибают и «ВМ».

Средний прирост побегов у «плотных» «ВМ» существенно ниже, чем у нормальной кроны растений, «среднеплотных» этот показатель варьирует в ту или иную сторону. Величина прироста побегов в группе «плотных» и «среднеплотных» мутаций у сосны обыкновенной схожи с таковым у «ВМ» представителей рода *Abies* Mill. Крона «ВМ» формируется за счет осевых и боковых верхних побегов. Боковые средние и боковые нижние побеги участвуют в уплотнении кроны.

Генеративная функция «ВМ» у большинства видов зависит от плотности кроны и степени нарушения апикального доминирования. Так, плотность «ВМ» различных видов пихт, а также сосны обыкновенной напрямую зависит от степени нарушения апикального доминирования. При этом мужское цветение «ВМ» пихт не редуцируется при максимальной степени апикального доминирования, а наличие семеношения и качество семян снижается при усилении этого нарушения. У сосны обыкновенной по мере увеличения степени апикального доминирования редуцируются оба показателя.

Побеги всех типов в группе «плотных» «ВМ» короче, чем у нормальной части кроны на 11,4–173 %, у «среднеплотных» и «рыхлых» «ВМ» определенной закономерности не выявлено. Существенным отличием «ВМ» от нормальной части кроны является толщина однолетних побегов. В группе «плотные» у всех мутаций они были толще на 25–400%, в группе «рыхлые» от 21,1 до 200%.

Литература

1. «Ведьмины мётлы» мутационного типа как перспективный источник для получения новых декоративных форм хвойных растений / М. С. Ямбуров [и др.]. // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА». 2011. Вып. 44. Часть IV. С. 153–160.

2. Горошкевич С. Н., Жук Е.А., Васильева Г.В. Соматические мутации у сибирских видов хвойных как исходный материал для селекции декоративных культиваров // Лесные генетические ресурсы Сибири : материалы 4-ого международного совещания, Барнаул, Россия, 24–29 августа 2015 г. / Учреждение Российской академии наук Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН ; редкол.: В. В. Таранов [и др.]– Барнаул, 2015. С. 42–44.

3. Похильченко О. П., Бойко Н.М. Відмінності в біометрії однорічних пагонів «Відьминих мітел» та кроні материнських дерев у двох видів роду *Рісеа* A. Dietr (Pinaceae) // Збереження та реконструкція ботанічних садів і дендропарків в умовах сталого розвитку: Матеріалі 4 міжнародної наукової конференції до 225-річчя дендрологічного парку «Олександрія» НАН України, Біла Церква, 23–26 верасня 2013 р. / Рада ботанічних садів та дендропарків України державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України білоцерківський національний аграрний університет ; Біла Церква, 201. С. 42–44.

4. Собченко В.Ф. // Збірник наукових прац / Національна академія наук України Національний дендрологічний парк “Софіївка”; Софіївка, 2006. Випуск 2. С. 74–80.

5. Торчик В.И. Биологические основы формирования и использования ассортимента древесных растений для контейнерного озеленения городов Беларуси : автореф. дис.... д-ра биол. наук : 03.02. 02; 06.03.; ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купровича НАН Беларуси». Минск, 2012. 38 с.

6. Усольцев В. А. // Эко-потенциал. 2013. № 4. С. 111–115.

7. Усольцев В. А. Лесные арабески или Этюды из жизни наших деревьев. Изд. 2-е, дополненное. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2014. 162 с.

8. Хиров А. А. // Бот. журн. 1973. Т. 58, вып. 3. С. 433–436.

9. Шульга В. В. О карликовой форме сосны и «ведьминой метле» // Лесоведение. 1979. № 3. С. 82–86.

10. Ямбуров М. С., Горокевич С.Н. // Хвойные бореальной зоны. 2007. № 2–3. С. 317–324.

11. Ямбуров М. С. «Ведьмины метлы» мутационного типа у некоторых видов семейства PINACEAE : автореф. дис.... канд. биол. Наук : 03.02.01. ГОУ ВПО «Томский государственный университет». Томск, 2010. 21 с.

12. Ямбуров М. С., Хихлова О.В. // Труды Томского государственного университета. Сер. Биологическая : Ботанические сады. Проблемы интродукции. 2010. Т. 274. С. 453–456.

13. Ямбуров М. С. // Фундаментальные проблемы новых технологий в 3-м тысячелетии : Материалы 3-й Всероссийской конференции молодых учёных. Томск, 3–6 марта 2006 г. / Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН. Томск, 2006. С. 443–446.

14. Ямбуров М. С., Федорова О.А., Хихлова О.В. // Современный ландшафтный дизайн : новые перспективы : Материалы международной конференции. Санкт-Петербург, 2010. С. 135–136.

15. Ямбуров М. С. // Роль ботанических садов и дендропарков в сохранении и обогащении биологического разнообразия урбанизированных территорий. Материалы международной научной конференции, Киев, 28–31 мая 2013 г. : Нацио-

нальная академия наук Украины совет ботанических садов и дендропарков Украины научный центр экомониторинга и биоразнообразия мегаполиса национальный ботанический сад им. Н. Н. Гришка; Киев, 2013. С. 301–303.

16. Yamburov M. S., Goroshkevich S. N., Hihlova O. V. // Book of abstract 4th UIFRO conference “Breeding and Genetic Resources of Five-Needle Pines. Tomsk, Russia. 2011. P. 84–85.

17. Zhuk E., Vasilyeva G., Goroshkevich S. // Trees. 2015. № 29. С. 1079–1090.

18. Положение о порядке проведения государственного испытания сортов, порядке включения сортов в государственный реестр сортов, исключения их из этого реестра и порядке его ведения : Постановление Совета Министров Республики Беларусь 05.09.2006 № 1135 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь 08.11.2013 № 961) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 19.11.2013, 5/38009

19. Торчик В. И. // Наука и инновации. 2011. № 8. С. 67–70.

20. Кондратов Е. В., Торчик В.И. // Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН / редкол.: А. В. Димитриев (глав. ред.) – Чебоксары, 2019. Вып. 13. С. 77–80.

21. Ямбуров М. С. // V Международный симпозиум «Контроль и реабилитация окружающей среды». Материалы симпозиума, Томск, 2006 г. / редкол.: М. В. Кабанова, А. А. Тихомирова. Томск, 2006. С. 86–88.

22. Полякова О. И., Жук Е. А., Горошкевич С. Н // Лесной вестник. 2020. Т. 24, № 3. С. 74–80.

23. Кондратов Е. В., Торчик В. И. // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. 2016. Т. 64, № 1. С. 28–31.

24. Лесной фонд. Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mlh.gov.by/ru/forestry/resources.html> – Дата доступа: 5.12.2016.

Е. В. КОНДРАТОВ, В. И. ТОРЧИК
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПОНТАННЫХ СОМАТИЧЕСКИХ МУТАЦИЙ
У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА *PINACEAE* LINDL.
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ САДОВЫХ ФОРМ**

Резюме

В статье приводятся сведения о распространении, расположении в кроне, сортах и кан-
дидатах в сорта декоративных растений некоторых видов семейства *Pinaceae* Lindl., полу-
ченных на основе спонтанных соматических мутаций «ведьмина метла». Исследования по-
казали, что мутации чаще встречаются на одиноко стоящих деревьях, в аллейных посадках,
а также в придорожных насаждениях с высокой интенсивностью движения автотранспорта.
При этом в большинстве случаев они располагаются в верхней части кроны. Причем эта
тенденция, по-видимому, в большей степени обусловлена видовыми особенностями древес-
ных растений, чем условиями освещенности. Генеративная функция «ВМ» у большинства
видов зависит от плотности кроны и степени нарушения апикального доминирования. Так,
плотность «ВМ» различных видов пихт, а также сосны обыкновенной напрямую зависит
от степени нарушения апикального доминирования. При этом мужское цветение «ВМ»

пихт не редуцируется при максимальной степени апикального доминирования, а наличие семеношения и качество семян снижается по мере увеличения этого нарушения. У сосны обыкновенной по мере увеличения степени апикального доминирования редуцируются оба показателя.

Y. V. KANDRATAU, V. I. TORCHIK
**USING OF SPONTANEOUS SOMATIC MUTATIONS ON *PINACEAE* LINDL.
FAMILY REPRESENTATIVES DECORATIVE GARDEN FORMS**

Summary

The article provides information on the distribution, location in the crown, varieties and candidates for ornamental plant varieties of some species of the *Pinaceae* Lindl. family, obtained on the basis of «witch's brooms» – spontaneous somatic mutations. Studies have shown that mutations are more common in lonely trees, in alley plantings, as well as in roadside plantations with high traffic volumes. Moreover, in most cases, they are located in the upper part of the crown. This tendency, apparently, is more due to the specific characteristics of woody plants than the conditions of illumination. The generative function of «witch's brooms» in most species depends on the density of the crown and the degree of impairment of apical dominance. Thus, the density of «witch's brooms» of various types of fir, as well as Scots pine, directly depends on the degree of disturbance of apical dominance. At the same time, the male flowering «witch's brooms» of fir is not reduced at the maximum degree of apical dominance, and the presence of seed production and the quality of seeds decreases as this disturbance increases. In Scots pine, as the degree of apical dominance increases, both indicators decrease.

Поступила в редакцию 07.12.2020 г.

Юбиляры

ОЛЕГ МЕЧИСЛАВОВИЧ МАСЛОВСКИЙ (к 60-летию со дня рождения)



26 декабря 2020 года исполняется 60 лет со дня рождения известного ученого, бриолога, заведующего сектором кадастра растительного мира Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, кандидата биологических наук Масловского Олега Мечиславовича.

Олег Мечиславович родился в Минске в 1960 году. Учился в школе № 35, где уже в старших классах увлекся ботаникой, посещая станцию юннатов. В 1978 году поступил на вечернее отделение биологического факультета Белорусского государственного университета и одновременно начал работать в Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси в должности лаборанта в лаборатории флоры и систематики растений.

С 1979 по 1981 годы проходил службу в рядах Советской Армии. Служил в Афганистане. В 1986 году окончил Белорусский государственный университет (кафедра ботаники). В лаборатории флоры и систематики растений прошел путь от лаборанта до старшего научного сотрудника.

С 2000 по 2001 годы исполнял в Институте обязанности заместителя директора по научной работе. В 2002 г. перешел в сектор информационных технологий и баз биологических данных в должности старшего научного сотрудника.

В 1997 году Олег Мечиславович защитил кандидатскую диссертацию по специальности 03.00.05 «Ботаника» на тему «Системный анализ бриофлоры и оценка современного состояния биогеографического разнообразия мохообразных Белорусского Поозерья». Его руководителями были академик НАН Беларуси, доктор биологических наук Виктор Иванович Парфенов и доктор биологических наук Геннадий Феодосиевич Рыковский. Впервые было проведено целостное исследование бриофлоры Белорусского Поозерья, ее состава, системной организации и структуры, выявлен характер антропогенного воздействия на бриофлору, разработаны мероприятия по сохранению биоразнообразия мохообразных.

Работая в Институте, Олег Мечиславович принимал активное участие в развитии направления, связанного с созданием ботанических информационных систем. Совместно с Г.В. Вынаевым и Г.Н. Антоновым была разработана информационно-поисковая система «Флора и растительность БССР», а уже в 2001 году под руководством самого Олега Мечиславовича была проведена инвентаризация и создана информационная система «Флора», которая содержала информацию более чем по 70 параметрам о 1500 популяциях редких и исчезающих видов растений Беларуси. В этом же году была создана компьютерная система Herbarium, представлявшая собой гербарий в электронном виде.

Следующим шагом в развитии информационного обеспечения обращения с объектами растительного мира стала разработка, создание нормативно-правовой базы и ведение Государственного кадастра растительного мира Республики Бе-

ларусь. Кадастр является уникальной информационной системой, содержащей сведения о распределении объектов растительного мира на территории Беларуси, их количественные и качественные характеристики и множество других данных. В 2004 году для научного обеспечения разработки и ведения кадастра в Институте экспериментальной ботаники был создан сектор кадастра растительного мира, который возглавил Олег Мечиславович. Под его руководством коллектив сектора проводит обширную исследовательскую работу и успешно развивает это важное научное направление.

Область научных интересов Масловского Олега Мечиславовича весьма широка – это флора (в том числе бриофлора), фитогеография, охрана растений, биоразнообразие и экология.

Олег Мечиславович – руководитель более 100 научных проектов, в том числе 6 международных. Неоднократно принимал участие в подготовке обоснований и организации ряда особо охраняемых природных территорий, им подготовлено множество экспертных заключений и нормативных актов, получено большое число внедрений.

Помимо научной деятельности, Олег Мечиславович вовлечен и в образовательный процесс. Он регулярно выступает консультантом при подготовке школьных экологических работ для городских и республиканских конкурсов, руководил курсовыми и дипломными работами студентов различных вузов страны.

Олег Мечиславович ведет активную международную научную деятельность. Является национальным координатором по Международной программе «Ключевые ботанические территории Европы» (Important Plant Areas). Принимал участие в разработке двух Европейских стратегий сохранения растений (European Strategy of Plant Conservation), новой редакции Красной книги Европы Международного союза охраны природы (IUCN European Red Book, 2011) и Красной книги мохообразных Европы. Является членом Распорядительного комитета Планта Европа (Planta Europa Steering Committee) и Европейского комитета по сохранению мохообразных (European Commission of Conservation of Bryophytes). Неоднократно выступал на различных международных научных форумах как в Беларуси, так и за рубежом (Великобритания, Швеция, Норвегия, Швейцария, Германия, Чехия, Румыния, Польша, Литва, Россия, Украина, Эстония, Словакия, Португалия, Греция, Латвия, Молдова, Франция и др.).

Олег Мечиславович – автор свыше 140 научных работ (более 20 опубликовано в зарубежных изданиях), в том числе 16 монографий. Особо следует отметить его работу над фундаментальным изданием «Флора Беларуси. Мохообразные» (в 2 томах).

Олег Мечиславович награжден 6 правительственными наградами СССР, Республики Беларусь и Демократической Республики Афганистан, а также медалью «Серебряный лист» Планта Европа. В 2011 г. он был удостоен премии Национальной академии наук Беларуси.

Олег Мечиславович всегда сохраняет жизнелюбие и оптимизм. Коллектив института от всей души поздравляет Олега Мечиславовича с юбилеем и желает ему крепкого здоровья, личного счастья и благополучия, реализации всех научных планов и успешной защиты докторской диссертации!

*А. В. Пугачевский, А. В. Левкович, Л. С. Чумаков,
сотрудники сектора кадастра растительного мира*

ЛЮДМИЛА ВЛАДИМИРОВНА ОБУХОВСКАЯ (к 60-летию со дня рождения)



В июле 2020 года отметила юбилейную дату – 60 лет со дня рождения Обуховская Людмила Владимировна, ведущий научный сотрудник лаборатории водного обмена и фотосинтеза растений Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси.

Людмила Владимировна родилась 22 июля 1960 года в Минске. В 1983 году окончила Белорусский государственный университет. С 1977 года по настоящее время работает в Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси. Начала работу с должности секретаря-машинистки (1977–1981 гг.), затем прошла путь от старшего лаборанта до ведущего научного сотрудника. В 2014 г. успешно исполняла обязанности заведующего лабораторией водного обмена и фотосинтеза растений Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси. В 2000 г. Людмила Владимировна защи-

тила диссертацию на тему «Влияние митохондрий на энерготрансформирующие функции хлоропластов *in vitro*» с присвоением степени кандидата биологических наук по специальности «физиология растений». Диссертационные исследования Л.В. Обуховская выполняла под руководством известного ученого, заведующего лабораторией фотосинтеза Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, доктора биологических наук, профессора Валентина Матвеевича Иванченко.

Людмила Владимировна является квалифицированным специалистом в области физиологии растений, постоянно повышает профессиональную компетентность, осваивая новые методы и совершенствуя методологию исследований, поддерживает информированность о достижениях отечественных и зарубежных исследователей по специальности, а также тенденциях развития научных направлений. Характеризуется творческим подходом к решению задач и способностью внедрять полученные результаты в производственный процесс. Неоднократно выступала экспертом диссертационных работ, подаваемых на соискание степени кандидата биологических наук по специальности «физиология и биохимия растений».

Областью научных интересов Л.В. Обуховской являются взаимодействие процессов дыхания и фотосинтеза у растений в условиях влияния стресс-факторов, механизмы адаптации микроклонально размноженных растений древесных пород к условиям *ex vitro*, рост и развитие растений в условиях светодиодного освещения, а также исследование механизмов формирования высокоузурчатой древесины у растений карельской березы.

В течение ряда лет Людмила Владимировна руководила заданиями ГПНИ «Природопользование и экология»: «Физиолого-биохимические закономерности индуцирования стрессоустойчивости растений, взаимовлияние процессов фотосинтеза, дыхания и водообмена при реализации их адаптивного потенциала в условиях водного и температурного стресса» и «Зависимость адаптивного по-

тенциала растений от соотношения скоростей фотосинтеза и дыхания при кратковременном действии стрессовых температур».

Важным достижением Л.В. Обуховской явилось руководство и внедрение результатов НИОКР, финансируемой инновационным фондом Минского городского исполнительного комитета «Разработать конструкцию светодиодных излучателей, установить оптимальные технологические параметры их светового потока, регламенты работы в режиме досветки растений и внедрить данные высокоэффективные источники света на опытно-производственном участке тепличного хозяйства» в 2013–2015 гг. В результате выполнения данного инновационного проекта под ее руководством совместно с ЦСОТ НАН Беларуси был создан опытно-промышленный участок на КУП Минская овощная фабрика, оснащенный системой светодиодной досветки, проводились исследования влияния LED-освещения на процессы роста и развития высокостебельных растений томата, были установлены спектральный состав и уровень PPFD света, позволяющие эффективно контролировать рост растений, их развитие, урожайность и качество продукции. Результаты завершённого инновационного проекта используются в экономике страны: в производственном процессе КУП «Минская овощная фабрика» с реализацией продукции. В настоящее время при ее активном участии проводится разработка регламентов LED-освещения растений в интересах тепличных хозяйств и производителей светотехники.

Результаты проводимых Л.В. Обуховской исследований нашли отражение в 45 научных работах и 4 патентах.

Благодаря ее активной позиции поддерживается творческое сотрудничество с Институтом леса Карельского научного центра РАН.

Вклад Людмилы Владимировны в развитие науки в Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси отмечен многочисленными грамотами, среди которых Грамота за исследования взаимодействия фотосинтеза и дыхания микроклональных регенерантов древесных культур при адаптации к условиям *ex vitro* и в связи с 80-летием со дня образования Института (2011 г.); Почетная Грамота за высокие научные достижения в области изучения влияния светодиодных источников на рост, развитие и продукционный процесс растений и в связи с 55-летием со дня рождения (2015 г.); Почетная грамота за исследования формирования фотосинтетического аппарата микроклонов древесных растений при LED-освещении и в связи с 60-летием со дня рождения (2020 г.).

От имени всего нашего коллектива поздравляем Людмилу Владимировну со знаменательным юбилеем, желаем крепкого здоровья, счастья, бодрости и благополучия, дальнейших успехов в научной работе, новых творческих планов.

*О.В. Молчан,
сотрудники лаборатории водного обмена и фотосинтеза растений
Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси*

ВАЛЕРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ПРОХОРОВ (к 60-летию со дня рождения)



13 апреля 2020 года исполнилось 60 лет со дня рождения главного научного сотрудника Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, доктора биологических наук, доцента Валерия Николаевича Прохорова. В.Н. Прохоров родился в 1960 году в г. Павлодаре Казахской ССР. В 1975 году семья переехала на родину матери в д. Будоболь Шумилинского района Витебской области.

После окончания в 1977 году Обольской средней школы Валерий Николаевич поступил на агрономический факультет Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, которую с отличием закончил в 1982 году. Будучи студентом, награжден почетным дипломом студенческого научного общества БГСХА за актив-

ное участие в проведении научных исследований. В 1981 году становится победителем олимпиады «Студент и научно-технический прогресс» по специальности «Агрономия» среди студентов ВУЗов СССР сельскохозяйственного профиля. В 1982 году по распределению В.Н. Прохоров приходит на работу в Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича, где по настоящее время он трудится в лаборатории роста и развития растений. С первых дней работы в Институте значительная часть исследований В.Н. Прохорова была посвящена изучению физиолого-экологических особенностей формирования и прогнозирования продуктивности и устойчивости агрофитоценозов зерновых культур. Результаты, выполненных под руководством академика Н.А. Ламана, исследований обобщены в кандидатской диссертации «Физиологическое обоснование критериев оценки агроценозов хлебных злаков в связи с формированием их хозяйственной продуктивности», которая успешно защищена им в 1992 году после окончания заочной аспирантуры. В 2006 году после окончания докторантуры В.Н. Прохоров успешно защитил докторскую диссертацию на тему «Физиолого-экологические закономерности продукционных процессов в смешанных агрофитоценозах» по специальностям 03.00.12 – физиология и биохимия растений и 03.00.16 – экология. В 2011 году Валерию Николаевичу присвоено ученое звание доцента.

В.Н. Прохоров – известный ученый в области экологической физиологии растений. Им установлены критерии прогнозирования потенциальной продуктивности агрофитоценозов зерновых культур, физиолого-экологические закономерности продукционных процессов в смешанных агрофитоценозах и разработаны модели конкурентных отношений растений, что внесло существенный вклад в развитие общей теории продукционного процесса. Крупным научным достижением В.Н. Прохорова является новая теоретическая база для управления биологической продуктивностью и качеством продукции в смешанных агрофитоценозах, различающихся по видовому составу и пространственной структуре.

Начиная с 1982 года, более 20 лет В.Н. Прохоров принимал активное участие в широкомасштабном внедрении новой посевной машины, создании «Клуба 100 центнеров» и проведении на его основе учебы специалистов, поставивших целью получение высоких и рекордных урожаев зерновых культур, подготовке ряда методических пособий и рекомендаций по освоению интенсивных технологий («Биологические основы интенсивных технологий возделывания зерновых культур» (1991) и др.). Участвовал в изучении, создании коллекции, разработке рекомендаций и внедрении в производство многолетней высокобелковой культуры – галеги восточной.

В настоящее время В.Н. Прохоров активно занимается изучением биолого-экологических особенностей адвентивных видов с высокой инвазионной активностью (борщевик Сосновского, золотарник канадский, эхиноцистис лопастной и др.), разработкой экологически безопасных способов ограничения их распространения и искоренения, поиском путей использования инвазионных видов в хозяйственно-полезных целях. По результатам исследований им разработаны научные основы применения регуляторов роста для ограничения распространения борщевика Сосновского и контролирования банка жизнеспособных семян этого растения в плодородном слое почвы, используемой для закладки и ремонта газонов, которые изложены в брошюре, буклетах и 14 патентах на изобретения, а также в «Методике определения засоренности почвы жизнеспособными семенами борщевика» и экспресс-методе определения жизнеспособности семян. Им совместно с другими авторами подготовлены рекомендации по применению на городских газонах препаратов, ингибирующих рост и развитие одуванчика лекарственного, которые широко внедряются в г. Минске.

В.Н. Прохоров ведет большую научно-организационную, научно-педагогическую и просветительную работу, имеет высокий международный научный авторитет, научные связи с ведущими зарубежными научными центрами, такими как Tokyo University of Agriculture and Technology (Япония), университет г. Вагенинген (Нидерланды), Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур (Россия), Всероссийский НИИ зернобобовых и крупяных культур (Россия), Сибирский государственный университет (Красноярск, Россия), Житомирский агроэкологический университет (Украина) и природоохранными организациями в области экологии растений.

Валерий Николаевич является автором более 200 научных работ, в том числе монографии, учебного пособия, 4 книг, 95 научных статей, 14 патентов и изобретений, 13 внедрений в учебную и производственную практику, 3-х энциклопедических изданий. В.Н. Прохоров автор 73 энциклопедических статей и более 20 книг по биологии, возделыванию и использованию в хозяйственно-полезных целях различных видов культурных и дикорастущих растений. Валерию Николаевичу присущи любознательность, любовь к природе, увлеченность проблемой фитодизайновой ландшафтной архитектуры, что позволило ему стать известным специалистом и в этой области. Наряду с успешной научной деятельностью он подготовил и опубликовал в соавторстве ряд ценных научно-популярных изданий, среди которых «Энциклопедия лекарственных растений», «Фитокосметика», «Фитокулинария», цикл брошюр серии «Сад и огород» и др., а также десятки статей для «Белорусской энциклопедии» и центральных научно-популярных жур-

налов по ландшафтному дизайну и декоративному садоводству. В.Н. Прохоров имеет 5 свидетельств селекционера.

Он подготовил 2-х кандидатов наук и 3-х магистров. С 2007 по 2015 годы по совместительству работал в должности профессора кафедры плодовоощеводства УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». В.Н. Прохоров является членом Государственного экспертного совета Государственного комитета по науке и технологиям (ГЭС №1 – Естественные науки), ГЭК биологического факультета БГУ, Совета Д 01.38.01 по защите докторских диссертаций при ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Ученого совета Института.

Неоднократно награждался Почетными грамотами Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси. Награжден Почетными грамотами Национальной академии наук Беларуси (2010, 2020 г), Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований. В 2009 г. удостоен персональной надбавки Президента Республики Беларусь за выдающийся вклад в социально-экономическое развитие Республики Беларусь.

Валерий Николаевич отличается высокой ответственностью за порученное дело, доброжелательностью и в то же время принципиальностью в общении с коллегами и молодыми сотрудниками, пользуется заслуженным авторитетом в коллективе.

Сотрудники Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси и лаборатории роста и развития растений желают юбиляру крепкого здоровья, творческого вдохновения и новых успехов на благо развития биологической науки.

*А.В. Пугачевский, Н.А. Ламан, Ж.Н. Калацкая;
сотрудники лаборатории роста и развития растений.*

АНАТОЛИЙ ВИКЕНТЬЕВИЧ ПУЧИЛО (к 60-летию со дня рождения)



10 августа 2020 года исполнилось 60-лет со дня рождения заведующего лабораторией геоботаники и картографии растительности Института экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси, кандидата биологических наук Анатолия Викентьевича Пучило.

А.В. Пучило родился в многодетной дружной семье в д. Ждановичи Новогрудского района Гродненской области. С детства он познал, что такое крестьянский труд: научился пахать, косить, ухаживать за домашними животными. После окончания Новогрудской средней школы №1 Анатолий Викентьевич поступает на заочную форму обучения в Белорусский политехнический институт на строительный факультет. Одновременно с учебой начинает трудовую деятельность слесарем в родном колхозе. В 1979 году был призван в ряды Советской Армии, служил в Московском общевоинском училище им. Верховного Совета СССР, где не только закалил характер и приобрел хорошую физическую подготовку, но и познал чувство мужской дружбы, обрел познания в технике, которые часто выручают его в повседневной жизни. Анатолий Викентьевич всегда с особой теплотой вспоминает солдатские будни и свою службу в качестве инструктора, обучавшего молодых курсантов военного училища технике дневного и ночного вождения, плавания на боевых машинах. Однако в конце двухлетнего срока службы он отказывается от предложения начальника училища построить военную карьеру и возвращается на свою малую родину. Его увлечение рыбалкой и охотой, любовь к лесу навсегда предопределили выбор профессии.

В 1982 году Анатолий Викентьевич поступает в Белорусский технологический институт имени С.М. Кирова на факультет лесного хозяйства, который успешно заканчивает в 1987 году и получает специальность «инженер лесного хозяйства». На распределении выпускников ВУЗа член комиссии к.б.н. В.С. Адерихо, научный руководитель группы широколиственных лесов, пригласил А.В. Пучило на работу в Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси. Дальнейшая его судьба, профессиональный рост и научная карьера связаны с этим старейшим академическим учреждением.

В должности инженера А.В. Пучило проработал более 4 лет. Благодаря своему упорству, трудолюбию и высокой ответственности за порученные дела, он снискал уважение в институте. Руководитель научной группы В.С. Адерихо разглядел в Анатолии Викентьевиче задатки лидера и всячески способствовал профессиональному росту своего ученика.

В январе 1991 года А.В. Пучило избирается на должность младшего научного сотрудника лаборатории геоботаники и картографии растительности, а также оформляется соискателем для подготовки кандидатской диссертации. В 2000 году под научным руководством заведующего лабораторией д.б.н. Д.С. Голода Анатолий Викентьевич успешно защищает кандидатскую диссертацию по теме: «Особенности формирования и продуктивность лесных фитоценозов Новогрудской возвышенности» и ему присваивается учёная степень кандидата биологических наук.

В начале третьего тысячелетия в связи с «перестройкой» и распадом СССР финансовое положение большинства научно-исследовательских институтов НАН Беларуси становится катастрофическим. Растет текучесть кадров, численность научных сотрудников в академических институтах значительно сокращается, а оставшиеся работают на неполную ставку. Тяжелый период прошла лаборатория геоботаники и картографии растительности после ухода из жизни д.б.н. Д.С. Голода, а затем и выхода на пенсию по состоянию здоровья к.б.н. В.С. Адеприх.

В ноябре 2003 года в связи с переходом на преподавательскую работу д.б.н. А.Л. Ефремова сектор биогенности почв фитоценозов присоединяют к лаборатории геоботаники, а его руководителем назначают к.б.н. А.В. Пучило.

10 октября 2005 года руководством Института принимается решение о назначении А.В. Пучило временно исполняющим обязанности заведующего лабораторией геоботаники и картографии растительности.

Коммуникабельность, оптимизм, целеустремленность, высокий научный профессионализм и трудолюбие молодого руководителя позволили в течение короткого времени не только стабилизировать финансовое положение лаборатории, но и завоевать доверие у сотрудников, сформировать в дальнейшем крепкий, творческий, работоспособный коллектив. Он смог наладить тесное сотрудничество с Государственной инспекцией охраны растительного и животного мира при Президенте РБ, Министерствами лесного хозяйства, природных ресурсов и охраны окружающей среды, с профильными организациями и учреждениями. Это позволило сохранить закрепленные за лабораторией основные направления фундаментальных и прикладных исследований, и по результатам тайного голосования членов Ученого совета Института 5 декабря 2006 года А.В. Пучило на конкурсной основе избирается ее заведующим.

В настоящее время лаборатория геоботаники и картографии растительности является одним из ведущих структурных подразделений Института экспериментальной ботаники. В ней работает 19 научных сотрудников, из них – 9 кандидатов наук. Она вносит весомый вклад в выполнение показателей социально-экономического развития Института путём привлечения большого объема дополнительного финансирования. За 15-летний период заведования лабораторией было выполнено 174 задания в различных государственных программах, международных проектах, бюджетных и хозяйственных договорах, из которых: в ГПНИ – 9; ГП – 39; ГНТП – 11; ОНТП – 1; Космос СГ – 3; международных проектах – 16; бюджетных договорах – 39; хозяйственных договорах – 56. По результатам исследований А.В. Пучило в соавторстве с сотрудниками опубликовано 113 научных работ, включая 5 монографий, 10 брошюр, 98 статей в профильных научных сборниках, отечественных и зарубежных журналах.

В рамках основных направлений исследований растительного покрова Беларуси, закрепленных за лабораторией, были разработаны теоретические принципы и методы: построения региональных кадастров типов леса и составления кадастра основных типов сосновых лесов; созологической оценки растительных сообществ и составления каталога редких, особо ценных и эталонных растительных сообществ; выделения и типизации антропогенно-производных ассоциаций сосновых лесов; геоботанического и экологического картографирования расти-

тельности с использованием данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий. Учитывая значительный научный задел, в том числе и по использованию аэрокосмических технологий в изучении растительного покрова страны, сотрудниками лаборатории с 2016 года выполняются научно-исследовательские работы по масштабному проекту «Создание цифровой карты растительности Беларуси».

Отдельное место в научных интересах А.В. Пучило занимают исследования зонально-типологических особенностей формирования широколиственных лесов на территории страны. Основное внимание им уделено изучению закономерностей распространения, продуктивности, восстановления и охраны дубовых, кленовых и ильмовых лесов, эколого-фитоценотической характеристике их типов и ассоциаций. Наиболее значимые результаты работ по геоботанической характеристике и продуктивности насаждений основных типов дубовых лесов освещены им в соавторстве с сотрудниками в серии статей, опубликованных в отечественных научных изданиях «Ботаника (исследования)» и «Природные ресурсы».

Широко известно активное участие А.В. Пучило в общественной жизни Института, ответственной и плодотворной работе на протяжении ряда лет в составе профсоюзного комитета Института и Республиканского комитета профсоюзов работников НАН Беларуси.

За значительный вклад в развитие геоботанической науки, фундаментальных и прикладных исследований в области экологии растительных сообществ, внедрение достижений науки в производство Анатолий Викентьевич неоднократно награждался Почётными грамотами Министерства лесного хозяйства РБ, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ, Национальной академии наук Беларуси, Института ботаники.

От всего научного коллектива поздравляем Анатолия Викентьевича с юбилеем. Желаем крепкого здоровья, творческих успехов, личного счастья и благополучия.

А.В. Пугачевский, В.И. Парфенов, Н.А. Ламан,

В.П. Шуканов, В.В. Сарнацкий;

сотрудники лаборатории геоботаники и картографии растительности

СВЕТЛАНА ЮРЬЕВНА ШУСТОВА (к 60-летию со дня рождения)



Шустова Светлана Юрьевна родилась 24 мая 1960 года в г. Минске. После окончания средней школы училась на лесохозяйственном факультете Белорусского лесотехнического института им. С.М. Кирова, который с отличием окончила в 1982 г. Свою трудовую деятельность Светлана Юрьевна начала с должности референта-секретаря Белорусского республиканского ботанического общества при Академии наук Беларуси. В 1986 году она зачисляется на должность старшего лаборанта в лабораторию флоры и гербария Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича АН БССР, а затем в лабораторию геоботаники

этого института, где достойно проходит научный путь в должностях младшего научного сотрудника (1989 г.), научного сотрудника (2005 г.), а в 2011 году избирается на должность старшего научного сотрудника лаборатории геоботаники и картографии растительности.

Практически с самого начала научной деятельности наибольший интерес Светлана Юрьевна проявляла к исследовательской работе, связанной с изучением дубрав Беларуси. Одновременно с работой по тематическим проблемам лаборатории, она принимала активное участие в исследованиях дубрав, что позволило ей собрать интереснейший материал по геоботанической характеристике дубовых лесов заповедных территорий и ходе их естественного возобновления, данные о закономерностях формирования и структуре подлеска в дубравах и производных от них фитоценозах. Результаты проведенных исследований и их анализ легли в основу диссертации на тему «Зонально-типологические особенности формирования дубрав Беларуси в условиях антропогенного воздействия», которую Светлана Юрьевна Шустова в 2005 году успешно защитила с присуждением степени кандидата биологических наук по специальности «ботаника».

Дальнейшая научная деятельность Светланы Юрьевны тесно связана с изучением формационно-типологической структуры и проблемами восстановления широколиственных лесов, изучением биологического разнообразия растительности, с участием в подготовке планов управления республиканскими заказниками и Рамсарскими территориями, разработке программы мер по устойчивому развитию рекреационной деятельности в лесном хозяйстве республики, инвентаризации биологического разнообразия национальных парков «Нарочанский» и «Беловежская пушта».

Активно развивая фундаментальные и прикладные геоботанические исследования, Светлана Юрьевна освоила картографические методы анализа биоразнообразия растительности. Большое внимание уделялось ею внедрению в народ-

ное хозяйство результатов исследований, выполненных в рамках государственных и научно-технических программ, хозяйственных договоров.

В целом по результатам научных исследований ею опубликовано свыше 50 научных и научно-популярных работ. Среди наиболее значимых публикаций С.Ю. Шустовой следует назвать такие работы фундаментального плана как «Формационная структура и современное состояние лесов Беларуси» (2006 г.) в соавторстве с Н.Ф. Ловчим, А.В. Пучило, В.Д. Гуцевичем, Н.О. Суменковым; «Эколого-фитоценоотические особенности типологической дифференциации дубрав» (2008 г.) и «Особенности формирования дубрав Беларуси и основные резервы повышения их продуктивности» (2010 г.) в соавторстве с А.В. Пучило; Карта для Национального атласа Республики Беларусь (Карта лесааднаўлення і лесаразвядзення ў Беларусі. Масштаб 1 : 6000000).

Светлана Юрьевна пользуется заслуженным уважением среди ученых и лесоводов республики, обладая, наряду с высокими профессиональными качествами, глубокой эрудицией, творческим подходом к решению научных задач, постоянным интересом к новым направлениям и методикам в изучении биологического разнообразия.

Много времени С.Ю. Шустова уделяет общественной работе. На общественных началах длительное время работает референтом-казначеем Белорусского ботанического общества. За активную научно-исследовательскую и общественную работу, за высокие производственные показатели неоднократно премировалась дирекцией Института.

От имени коллектива сотрудников лаборатории геоботаники и картографии растительности поздравляем Светлану Юрьевну с юбилеем и от всей души желаем крепкого здоровья, дальнейших успехов в научной работе, долголетия и большого человеческого счастья.

А. В. Пучило, С. А. Новик

Потери науки

АЛЕКСАНДР ПОТАПОВИЧ ВОЛЫНЕЦ

(1935–2020)



30 октября 2020 г. ушел из жизни известный физиолог и биохимик растений, доктор биологических наук, профессор Александр Потапович Волюнец.

Александр Потапович родился в деревне Беркозы Пинского района Брестской области в семье путевого обходчика. Его детские и юношеские годы прошли в период суровых испытаний для страны в условиях немецкой оккупации и тяжелого послевоенного времени. После окончания средней школы А.П. Волюнец поступает на химико-биологический факультет Брестского госуниверситета, который с отличием закончил в 1960 году и как перспективный молодой исследователь был направлен в аспирантуру при Институте биологии АН БССР (ныне Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси). Уже в 1964 г. Александр Потапович защитил кандидатскую диссертацию, в которой были раскрыты анатомо-морфологические причины избирательности действия гербицидов на сорта льна-долгунца. Установление молекулярных механизмов избирательности действия гербицидов на примере комплекса эндогенных регуляторов роста явилось основой докторской диссертации А.П. Волюнца «Эндогенные регуляторы роста и избирательность действия гербицидов», с успехом защищенной на Спецсовете при Вильнюсском госуниверситете в 1974 г.

Александр Потапович Волюнец – основатель и лидер известной далеко за пределами республики белорусской школы исследователей эндогенных регуляторов роста растений, становлению и развитию которой отдал многие годы активной и плодотворной жизни. За 60 лет творческой работы Александр Потапович прошел путь от аспиранта до главного научного сотрудника. Он был руководителем исследовательской группы «Люцерна», долгое время (1982–2006 гг.) работал заведующим лабораторией физиологии большого растения. Им подготовлено 9 кандидатов биологических наук, опубликовано более 370 научных работ, в том числе 11 монографий, 3 брошюры, он автор 10 патентов и ряда методов анализа эндогенных регуляторов роста, повышения продуктивности и качества урожая,

защиты растений от болезней и сорняков. В 1997 г. А.П. Волынцу было присвоено ученое звание профессора по специальности «Биология».

За большой вклад в развитие биологической науки, педагогическую и общественную работу А.П. Волынец был награжден медалью «За освоение целинных и залежных земель», Почетной грамотой Верховного Совета БССР, Почетными грамотами Высшей аттестационной комиссии и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, юбилейной медалью «80 лет НАН Беларуси», был удостоен Премии президентов НАН Украины, АН Беларуси и АН Молдовы (1996 г.) и Премии НАН Беларуси (2007 г.).

Имя Александра Потаповича Волынца навсегда останется в истории биологической науки, в памяти его учеников и коллег, работавших вместе с ним.

*В.И. Парфенов, Н.А. Ламан, А.В. Пугачевский,
В.П. Шуканов и сотрудники лаборатории патогенеза
и болезнеустойчивости растений*

НИКОЛАЙ ФЕДОРОВИЧ ЛОВЧИЙ

(1930–2020)



17 декабря 2020 года ушел из жизни известный ученый-геоботаник, почвовед и эколог, доктор биологических наук, лауреат Государственной премии БССР в области науки Николай Федорович Ловчий.

Н.Ф. Ловчий родился 1 ноября 1930 г. в д. Каменка Шкловского района Могилевской области Республики Беларусь. Выпускник Белорусского лесотехнического института им. С.М. Кирова, после прохождения аспирантской подготовки на кафедре почвоведения и ботаники БЛТИ в 1963 году успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Процессы заболачивания почв и их влияние на произрастание лесных насаждений».

Более 50-ти лет творческой деятельности на ниве ботанической науки отдано Николаем Федоровичем Ловчим старейшему биологическому учреждению Национальной академии наук Беларуси – Институту экспериментальной ботаники, где он прошел путь от младшего научного сотрудника до заведующего основанной академиком В.Ф. Купревичем лабораторией почвенной энзимологии, которую Николай Федорович возглавлял с 1982 по 2001 гг. В 2002–2011 гг. продолжил работу в должности главного научного сотрудника лаборатории геоботаники и картографии растительности, завершив выход на заслуженный отдых в 2012 году изданием 9-ой по счету в списке его монографических работ книги «Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Полесья».

Широкую научную известность Н.Ф. Ловчому принесли работы в области геоботаники, почвоведения и экологии. В 1991 году он защищает докторскую диссертацию «Эколого-географический анализ и кадастровая оценка типов сосновых лесов Белоруссии», в которой был дан глубокий анализ структуры сосновых фитоценозов, выявлены зональные особенности их формирования, исследованы закономерности роста и продуктивности в связи с почвенными условиями.

В опубликованных за весь период научной деятельности более, чем 180 работах Н.Ф.Ловчего, включая 9 фундаментальных монографий, всесторонне проанализировано влияние комплекса природных экологических факторов на структуру и продуктивность лесной растительности, что легло в основу многих конкретных разработок для почвенно-типологического обследования лесов и лесохозяйственного проектирования, а также нашло практическое применение в лесохозяйственном производстве и учебном процессе.

В 1972 г. Николаю Федоровичу Ловчему в составе группы сотрудников лаборатории геоботаники за цикл работ по изучению структуры растительного покрова Беларуси и рационального использования растительных ресурсов присуждена Государственная премия БССР в области науки. За успешную научно-исследовательскую работу, внедрение научных разработок в практику, крупный вклад в развитие ботанической науки и большую общественную работу Н.Ф.Ловчий награждался почетными грамотами Президиума Верховного Совета БССР, ЦК ЛКСМБ, Минлесхоза БССР, Президиума АН БССР и Института. В связи с 80-летием со дня рождения Президиумом НАН Беларуси он был награжден нагрудным знаком «Юбилейный медаль «У гонар 80-годдзя НАН Беларусі».

Светлая память об известном ученом, разносторонне талантливом человеке, добром друге и коллеге Николае Федоровиче Ловчем навсегда сохранится в наших сердцах.

*А.В. Пугачевский, В.И. Парфенов, Н.А. Ламан,
коллектив сотрудников
лаборатории геоботаники и картографии растительности*

СОДЕРЖАНИЕ

Флора и систематика

РЫКОВСКИЙ Г. Ф. К ПРОБЛЕМЕ ГЕНЕЗИСА СЕКЦИЙ СФАГНОВЫХ МХОВ	3
--	---

ВАСЮКОВ В. М., САКСОНОВ С. В. ЗАМЕТКА О РОДЕ <i>TRIPOLIUM</i> (ASTERACEAE)	11
---	----

ЛЕБЕДЬКО В. Н. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ ОБЗОР РОДА <i>CALTHA</i> L. (<i>RANUNCULACEAE</i> ADANS.) В БЕЛАРУСИ	15
--	----

СКУРАТОВИЧ А. Н. ПРЕДСТАВИТЕЛИ РОДА МАК (<i>PAPAVER</i> L.) ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ ...	28
---	----

Фитоценология

ГРУММО Д. Г., ЗЕЛЕНКЕВИЧ Н. А., РУСЕЦКИЙ С. Г. К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ КАРТЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ И ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ.....	37
---	----

ГАРБАРУК Д. К., УГЛЯНЕЦ А. В., ШУМАК С. В. ОСОБЕННОСТИ ЛЕСООБРАЗОВАНИЯ НА БЫВШИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ В ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС.....	50
--	----

ЕРМОХИН М. В., БАРСУКОВА Т. Л., КОРОТКЕВИЧ Н. А., ЛУКИН В. В., КУРПАТОВ А. М. ЭКСПАНСИЯ ДУБА КРАСНОГО (<i>QUERCUS ROBUR</i> L.) В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕЛАРУСИ.....	62
--	----

ЗЕЛЕНКЕВИЧ Н. А., ГРУММО Д. Г. УРОЖАЙНОСТЬ И ЗАПАСЫ КЛЮКВЫ (<i>OXOCOCCUS PALUSTRIS</i> PERS.) НА ТЕРРИТОРИИ ОЛЬМАНСКИХ БОЛОТ	73
--	----

ЛЕВКОВИЧ А. В., МАСЛОВСКИЙ О. М. МЕТОДОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА ЭПИФИТНЫХ МОХООБРАЗНЫХ НА ПРИМЕРЕ <i>ESKERA PENNATA</i> HEDW.	86
---	----

МАСЛОВСКИЙ О. М. АЛЬПИЙСКИЙ (МОНТАННЫЙ) ГЕОЭЛЕМЕНТ БРИОФЛОРЫ БЕЛАРУСИ	99
---	----

МЯЛІК А. М., ДАШКЕВІЧ М., ГАЛУЦ В. А. НАЗАПАШВАННЕ ЦЯЖКІХ МЕТАЛАЎ НЕКАТОРЫМІ ГАСПАДАРЧА КАРЫСНЫМІ ДЗІКАРОСЛЫМІ РАСЛІНАМІ	110
--	-----

РУСЕЦКИЙ С. Г., ЖИЛИНСКИЙ Д. Ю., ГРУММО Д. Г. РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ПИРОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕСОБОЛОТНОГО КОМПЛЕКСА «ОЛЬМАНСКИЕ БОЛОТА» НА ОСНОВЕ ДЗЗ	124
---	-----

СУДНИК А. В., ВОЗНЯЧУК И. П., ГОЛУШКО Р. М., ЕФИМОВА О. Е. СОСТОЯНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЭП И ПРОДУКТОПРОВОДОВ	134
--	-----

СУДНИК А. В., ЯКОВЛЕВ А. П., ВОЗНЯЧУК И. П., РЫБИНСКИЙ А. Г. РИСКИ СОЗДАНИЯ И ПОДХОДЫ К СОДЕРЖАНИЮ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ВДОЛЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	145
--	-----

ПУГАЧЕВСКИЙ А. В. ТИПИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ СОСТОЯНИЙ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ДИНАМИЧЕСКИХ (СУКЦЕССИОННЫХ) РЯДАХ.....	161
---	-----

Микология и фитопатология

БЕЛОМЕСЯЦЕВА Д. Б., ШАБАШОВА Т. Г. ПРЕДСТАВИТЕЛИ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ГРУППЫ <i>COELOMUSCETES</i> GROVE В КОНСОЦИИ СОСНЫ И ЕЛИ	172
---	-----

ГУЛИЕВ Ф. А., ГУСЕЙНОВА Л. А. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ГРАНАТА (<i>PUNICA GRANATUM</i> L.).....	177
---	-----

КОРИНЯК С. И. ФИТОПАТОГЕННЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА «ПРИЛЕПСКИЙ»	188
--	-----

ЛЕМЕЗА Н. А., ГИРИЛОВИЧ И. С., БРОДА Е. А. ФИТОПАТОГЕННЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА СТОЛБЦЫ	195
--	-----

МОРОЗ Е. Л., НОВОЖИЛОВ Ю. К. МИКСОМИЦЕТЫ (МУХОМУСЦЕТЕС) СОСНОВЫХ ЛЕСОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»	207
--	-----

ШАБАШОВА Т. Г., БЕЛОМЕСЯЦЕВА Д. Б., КАРМАНОВА В. В. ДЕНДРОФИЛЬНЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»	220
--	-----

Физиология и экология растений

ВОЛЫНЕЦ А. П. НАКОПЛЕНИЕ И ВЫДЕЛЕНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАСТЕНИЯМИ	227
---	-----

АВЕРИНА Н. Г., САВИНА С. М., ЕМЕЛЬЯНОВА А. В., ДРЕМУК И. А., ПРИЩЕПЧИК Ю. В., УСАТОВ А. В. ФОРМИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К ХЛОРИДНОМУ ЗАСОЛЕНИЮ У РАСТЕНИЙ СОРГО (<i>SORGHUM</i>) СОРТОВ ЕФРЕМОВСКАЯ 2А И САРВАШ	236
---	-----

БАЛЮК Н. В., КАЛАЦКАЯ Ж. Н., ГЕРАСИМОВИЧ К. М., МИНКОВА В. В., НЕДВЕДЬ Е. Л., РЫБИНСКАЯ Е. И., ЯРУЛЛИНА Л. Г., ЛАМАН Н. А. ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИЙ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ СМЕСЯМИ ИММУНОСТИМУЛЯТОРОВ В УСЛОВИЯХ ВОДНОГО ДЕФИЦИТА ...	246
--	-----

ДЖУС Л. Л., НЕБЫКОВ М. В. ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ РЕЛИКТОВОГО ВИДА СМОЛЕВКИ БУГСКОЙ (<i>SILENE HYRANICA</i> КЛОКОВ)	254
--	-----

ДОМАШ В. И., ГРИБ С. И., ИВАНОВ О. А., ШАРПИО Т. П., ЗАБРЕЙКО БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА	265
---	-----

КАБАШНИКОВА Л. Ф., САВЧЕНКО Г. Е., АБРАМЧИК Л. М., ДОМАНСКАЯ И. Н., ВИКС Т. Н., ПАШКЕВИЧ Л. В., ПИЛИПОВИЧ Т. С., ДОВБНЮК Ю. Н., ШПИЛЕВСКИЙ С. Н., МАРТЫСЮК А. В. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ХЛОРОПЛАСТОВ В СВЯЗИ С ФОРМИРОВАНИЕМ ИММУННОГО ОТВЕТА ПРИ ИНФИЦИРОВАНИИ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ГРИБНЫМ ПАТОГЕНОМ <i>BIPOLARIS SOROKINIANA</i>	275
--	-----

МОЛЧАН О. В., ЕРМОЛА Е. Н., КУРНУШКО А. С., КУДЕЛИНА Т. Н., ГОЛУБОВИЧ В. П. ВЛИЯНИЕ ФУЛЛЕРЕНА И КОМПЛЕКСА ФУЛЛЕРЕН-ХИТОЗАН НА РОСТ ПРОРОСТКОВ ЯЧМЕНЯ В ПРИСУТСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ	291
--	------------

НЕДВЕДЬ Е. Л., КАЛАЦКАЯ Ж. Н., МИНКОВА В. В., ОВЧИННИКОВ И. А., ГИЛЕВСКАЯ К. С., КУЛИКОВСКАЯ В. И., КРАСКОВСКИЙ А. Н., ЛАМАН Н. А. АКТИВНОСТЬ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ И ИХ ИНГИБИТОРОВ В ПРОРОСТКАХ ОГУРЦА ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН СМЕСЯМИ ХИТОЗАНА С ОКСИКОРИЧНЫМИ КИСЛОТАМИ	300
--	------------

ПОЛЯНСКАЯ С. Н., ШУКАНОВ В. П., КОРЫТЬКО Л. А., МЕЛЬНИКОВА Е. В., МАШКИН И. А., ГОНЧАРУК В. М. УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ОБРАБОТКЕ ПРЕПАРАТАМИ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ.....	309
---	------------

ПРОХОРОВ В. Н. ИНВАЗИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕДОТРОГИ МЕЛКОЦВЕТКОВОЙ (<i>IMPATIENS PARVIFLORA</i> DC.)	323
---	------------

РУПАСОВА Ж. А., ЯКОВЛЕВ А. П., БУЛАВКО Г. И., БЕЛЫЙ П. Н., ЗАДАЛЯ В. С., ДОМАШ В. И., АЗИСБЕКЯН С. Г., ЛИШТВАН И. И., КАРБАНОВИЧ Т. М. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИКРОБИОТЫ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ ПОД ПОСАДКАМИ ГОЛУБИКИ НА ВЫРАБОТАННОМ ТОРФЯНИКЕ НИЗИННОГО ТИПА	334
--	------------

ОБУХОВСКАЯ Л. В., КУДЕЛИНА Т. Н., ЗУБЕЙ Е. С. АКТИВНОСТЬ ТЕМНОВОГО ДЫХАНИЯ И ФОТОСИНТЕЗА У РАСТЕНИЙ ПРИ РЕЗКИХ ПЕРЕПАДАХ ТЕМПЕРАТУР.....	355
--	------------

Ботанические находки

ДУБОВИК Д. В., САВЧУК С. С., СКУРАТОВИЧ А. Н., ЛЕБЕДЬКО В. Н., САУЛОВ А. О. О НОВЫХ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯХ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ	369
--	------------

МОРОЗ Е. Л. <i>LICEA PUSILLA</i> SCHRAD. — НОВЫЙ ДЛЯ БЕЛАРУСИ ВИД МИКСОМИЦЕТОВ (МУХОМУСЕТЕС).....	381
---	-----

КОНДРАТОВ Е. В., ТОРЧИК В. И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПОНТАННЫХ СОМАТИЧЕСКИХ МУТАЦИЙ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА PINACEAE LINDL. ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИХ САДОВЫХ ФОРМ.....	384
--	-----

Юбиляры

ОЛЕГ МЕЧИСЛАВОВИЧ МАСЛОВСКИЙ (К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)	400
--	-----

ЛЮДМИЛА ВЛАДИМИРОВНА ОБУХОВСКАЯ (К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)	402
---	-----

ВАЛЕРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ПРОХОРОВ (К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)	404
---	-----

АНАТОЛИЙ ВИКЕНТЬЕВИЧ ПУЧИЛО (К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)	407
---	-----

СВЕТЛАНА ЮРЬЕВНА ШУСТОВА (К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)	410
--	-----

Потери науки

АЛЕКСАНДР ПОТАПОВИЧ ВОЛЫНЕЦ (1935–2020)	412
--	-----

НИКОЛАЙ ФЕДОРОВИЧ ЛОВЧИЙ (1930–2020).....	414
--	-----

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Представляемые работы должны содержать новые, ранее не публиковавшиеся данные. Объем статьи (**текст, литература, резюме на русском и английском языках с Ф.И.О. авторов и названием статьи, таблицы, рисунки**) не должен превышать **16 страниц** (поля верхнее и нижнее 2 см, левое 3 см, правое 1,5 см), количество рисунков – не более 4, резюме – до 10-12 строк. Статья подписывается всеми авторами. На отдельных листах прилагаются: 1) сведения с фамилиями, именами, отчествами авторов, электронным адресом и телефоном для сообщений, полным названием учреждений; 2) акт экспертизы; 3) направление учреждения, в котором выполнялась работа. Статьи принимаются редакцией и издаются на русском, белорусском и английском языках в зависимости от того, на каком языке сданы авторами. Статьи рецензируются и при необходимости передаются авторам на доработку.

Все материалы представляются распечатанными на белой бумаге (**в 2-х экземплярах через 1 интервал, 14 шрифт Times New Roman**) и в электронном варианте. Электронный вариант сообщения должен быть набран в Word для Windows, абзацы: отступ 1 см, выравнивание по ширине, автоматические переносы – отключены, для формул – формульный редактор Word. Вставку специальных символов выполнять через меню «Вставка/Символ». Верхний и нижний индексы (C^4 , C_2) выполнять через меню «Формат/Шрифт/Верхний индекс», «Формат/Шрифт/Нижний индекс». Греческие символы и латинские буквы набираются курсивом. Греческие буквы брать из гарнитуры «Symbol», а не «Times New Roman». **Графический материал и таблицы вставляются в основной текст и дополнительно предоставляются в электронном виде как отдельные файлы.** Формат файлов: для таблиц Word, для растровых изображений – jpg или bmp, для векторных – в формате wmf (Windows meta file) или cdr (Coreldraw). Заголовки таблиц печатаются **12 шрифтом Times New Roman**, шрифт таблиц должен быть не менее **12 пунктов**, в исключительных случаях **11 пунктов**. Подпись под рисунок дается **12 шрифтом Times New Roman**. Список литературы – **12 шрифт Times New Roman через 1 интервал**, нумерация не автоматическая.

Если статья оформляется несколькими учреждениями, то после ФИО автора ставится верхний цифровой индекс (¹, ², ...), он же ставится перед названием учреждения.

Статья должна иметь УДК и включать рубрики «**Введение**», «**Материалы (объекты) и методы исследования**», «**Результаты и их обсуждение**», «**Заключение**». В названии статьи необходимо давать на латыни типовое название вида растения, **латинское название родов и видов печатается курсивом**. Ссылки в тексте на литературные источники приводятся порядковым номером в квадратных скобках. Список литературы оформляется следующим образом: для книг – фамилия и инициалы автора, полное название книги, место и год издания, количество страниц; для книг с авторским коллективом – полное название книги / под редакцией – фамилия и инициалы редактора, место и год издания; для журнальных статей – фамилия и инициалы автора // название журнала, год издания, том, номер, страницы ссылки; для материалов конференций – фамилия и инициалы автора // название конференции : материалы... (указывается место и время проведения конференции), место и год издания, страницы ссылки.

Бумажные варианты статей с сопроводительными документами **высылать по адресу:** Беларусь, 220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси», отв. секретарь Т.А.Будкевич. **Электронный вариант** – e-mail: nan-botany@yandex.by.

Статьи с материалами о новых таксонах обязательно должны сопровождаться присылкой типа или изотипа этих таксонов. Со статьями о новых флористических находках должны быть представлены дубликаты образцов.

Научное издание

**БОТАНИКА
(ИССЛЕДОВАНИЯ)**

Выпуск 49

Ответственный за выпуск *Е. С. Пате́й*
Компьютерная верстка *А. А. Микулеви́ч*

Подписано в печать 21.12.2020. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 23,7.
Уч.-изд. л. 24,7. Тираж 160 экз. Заказ 19154.

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, г. Минск.
www.segment.by

