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 46

Минск
«Колорград»
2017

УДК 582

Ботаника (исследования) : Сборник научных трудов. Выпуск 46 / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск : 2017. – 360 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. В. Н. Прохоров
к. б. н. А. В. Пугачевский
д. б. н. Г. Ф. Рыковский
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», 2017
© Оформление. ЧПТУП «Колорград», 2017

220072, г. Минск, ул.Академическая, 27,
Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси.
Факс +375 (17) 284–18–53, e-mail: nan-botany@yandex.by

Флора и систематика

УДК 582.32.575.8

Г. Ф. РЫКОВСКИЙ

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА МОХООБРАЗНЫХ

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

Введение. В последние десятилетия большое внимание уделяется изучению различных групп растений на молекулярном уровне. Такое изучение, конечно же, имеет большие перспективы для познания структуры геномов, их генной организации. Вместе с тем не следует недооценивать продолжение исследований растений как целостных структурно-функциональных систем. Действительно, растение вступает в непосредственный контакт с экзогенной средой, прежде всего, своим фенотипом. Это – морфоструктура и физиологическая реакция. Они как бы прикрывают генотип от непосредственных экзогенных воздействий, что обеспечивает более гармоничное протекание микроэволюционного процесса.

Материалы (объекты) и методы исследования. Материалом исследования является специфика организации мохообразных в историческом аспекте. Основным в методологическом подходе послужил сравнительно-морфологический метод относительно филогенезов мохообразных.

Результаты и их обсуждение. Мохообразные (Bryobionta) в основном являются пойкилогидрическими растениями как не имеющими эффективно функционирующих покровных и проводящих специализированных тканей, так и коррелятивно связанной с наземными органами корневой системы [1]. Особую сложность для познания представляет двуединость организации мохообразных, у которых спорофит в своем развитии неразрывно связан с родительским гаметофитом. При этом, хотя спорофит имеет более или менее редуцированное вегетативное тело, но всё же это – новое поколение, обязанное в принципе своим возникновением генеративному процессу. Иной характер возникновения спорофита – вторичное, производное явление как результат многовекового структурно-функционального сцепления в развитии гаметофита и зависящего от него спорофита.

Несмотря на пожизненное функционирование на родительском гаметофите спорофит имеет собственную программу развития, т. е. в различной степени он как бы автономен. В воздушной среде спорофит у менее редуцированных форм проявляет фотосинтезирующую функцию, т. е. создает органику за счет световой энергии и минеральных веществ, поступающих из гаметофита. Утрата у мохообразных спорофитом способности к фотосинтезу – вторичное явление как реакция на экстремальные экзогенные условия.

Отсутствие корневой системы при пойкилогидричности позволило этим организмам заселять разнообразные природные и антропогенные

субстраты в различных экотопах разных климатических зон и горных поясов.

Структурно-функциональная организация бриофитов и зачастую ее морфологическое упрощение и минимизация тела связаны с их основными жизненными стратегиями. Это – уклонение от конкуренции с более мощными организмами (сосудистыми растениями) и в таком аспекте вынужденно происходит повышение их выносливости к прямому воздействию менее благоприятных абиотических факторов в условиях более свободных мест произрастания. Такое усложнение условий произрастания во многих случаях приводит к упрощению у мохообразных их структурной организации и минимизации размеров тела.

Относительная автономность в развитии спорофита предопределяет собственную, хотя и скоординированную с гаметофитом, программу его формирования и жизнедеятельности. При этом может проявляться разновозрастность в формировании структур как гаметофита, так и спорофита и различная степень их редукции вплоть до полной дегенерации определенных вегетативных структур, функция которых утрачивается.

Чрезвычайно большая трудность в изучении филогенеза бриофитов вызвана, как известно, сложностью в разграничении примитивных (первичных) и продвинутых (вторичных) признаков на фоне широкого проявления редукционных процессов. Для такого разграничения приходится применять обширный арсенал моделирования признаков организации мохообразных. Этому способствует широкое использование эколого-морфологического подхода при прослеживании генезиса различных систематических групп мохообразных. Согласно Ю. В. Мамкаеву [2], морфологическая база организма, обусловленная внешними факторами, закономерно изменяется в ходе филогенеза. Об этом уже упоминалось в нашем фундаментальном труде, представляющем оригинальную концептуальную модель происхождения и эволюции мохообразных, начиная с первичных архегониат [1], не имеющей аналога в мировой бриологии.

При вышеуказанном подходе к изучению мохообразных важнейшую роль играет климатическая обстановка. Это вызвано отсутствием у подавляющего большинства бриофитов, как отмечено выше, эффективных покровной и проводящей тканей в связи с их пойкилогидричностью.

В процессе долговременного изучения нам удалось, как мы полагаем, с большей или меньшей достоверностью подразделить признаки организации мохообразных на относительно первичные и вторичные (производные). Это является самой сложной проблемой в реконструкции генезиса бриофитов. Наше моделирование не претендует на завершенность филогенетической реконструкции относительно данной группы эмбриофитов, начиная от гаплоидных водорослевидных предков (примитивных архегониат земноводной экологии), но не следует и недооценивать эту попытку прослеживания далекого прошлого. Целесообразно подчеркнуть, что мохообразные представляют собой важнейший объект, своего рода ключ для выявления процесса возникновения наземных (высших) растений и прогноза их дальнейшего генезиса. Без этого теоретическое воссо-

здание процесса возникновения и раннего этапа развития эмбриофитов представляется нам фактически бесперспективным.

По нашей реконструкции, первичными колонистами суши из высших растений можно считать такую своеобразную группу как антоцеротовые (отдел Anthocerotophyta). Им уступают в этом отношении печеночники (отдел Marchantiophyta) с их вторично упрощенным спорофитом и примитивной структурной организацией гаметофита. Особое место в филогенетической системе бриофитов занимают мхи (отдел Bryophyta) – наиболее продвинутая их группа в структурно-функциональном отношении и вместе с тем – самая поздняя в своем развитии (как среди сосудистых растений покрытосеменные, хотя у бриофитов ситуация более сложная). Однако среди мхов особое место занимают такакиевые, трактуемые в настоящее время как класс (Takakiopsida) отдела мхов, учитывая структуру их спорофита и генеративные органы. Не оспаривая это акцентирование, нами уделяется первостепенное внимание строению вегетативного тела гаметофита такакиевых, а оно носит печать несомненного морфологического примитивизма. В этом аспекте B. Crandall-Stotler [3] справедливо допускает предположение о сходстве такакиевых с примитивными архегониатами. С этой трактовкой нельзя не согласиться, исходя из того, что наибольшая разновременность в формировании различных структур организма у бриофитов проявляется в обстановке выражено экстремальных экологических условий. Не случайно, что такакиевые в отсутствии информации о их спорофите и антеридиях первоначально причисляли [4] к печеночникам типа калобриевых (Calobryales).

По нашему представлению, такакиевые – древнейшая группа в составе отдела мхов, между которой и другими группами мхов в ранге классов не целесообразно ставить знак равенства из-за огромного филогенетического расстояния. Полагаем, что такакиевые заслуживают возведения в ранг подотдела отдела мхов. Более того, базируясь на особенностях строения вегетативного тела гаметофита такакиевых, мы предприняли попытку реконструкции процесса дифференциации листовой структуры у остальных мхов как своего рода революционный шаг в ходе филогенеза мхов. Возможность для такой реконструкции у такакиевых сохранилась, вероятно, вследствие консервации признаков вегетативного тела гаметофита (точнее – гаметофора) в крайне экстремальных условиях в далекой древности. В этом отношении (по радиально-симметричному морфотипу) не исключено, что такакиевые в некоторой мере воссоздают еще более далекого предка мохообразных, чем антоцеротовые с их простым слоевищным гаметофором как, возможно, вторичным образованием.

Каждая из этих групп в ранге отдела, также, как и каждый класс данных отделов, имеют свою исходную климатическую определенность. Предположительно, их предшественники обладали более сложной анатомо-морфологической структурой, по крайней мере, гаметофита. В отличие от отделов сосудистых растений теоретически связать их в некое единство не удается, если не считать сходства жизненного цикла, но это может быть лишь проявлением независимого параллелизма, восходящего

к амфибийным предшественникам (примитивным архегониатам) развития. Их генезис характеризуется процессами дифференциации и дегенерации (структурного упрощения и специализации) по мере предположительного перехода от проявления эндогидричности к экзогидричности, а у части форм не исключен и обратный процесс. Это связано с их основными жизненными стратегиями, приводящими не столько к процветанию, сколько к выживанию в условиях жесткой конкуренции со стороны сосудистых растений и особенно «победителей в борьбе за существование» – покрытосеменными, начиная с мелового периода мезозоя.

Конкурентное давление на мохообразные сосудистых растений было ослаблено в четвертичный период кайнозоя, хотя многие представители мохообразных и пострадали от этого климатического экстремума на обширных территориях материков земного шара. К этому добавилось, в основном за последнее минувшее столетие, все возрастающее антропогенное воздействие на всю биосферу планеты, активно продолжающееся и в настоящее время.

Заключение. В изучении высших растений прежде всего необходимо базироваться на фундаментальном познании растительного покрова как единого целого со всеми составляющими его в современном состоянии и прогнозе дальнейшего развития во взаимодействии с фаунистическим комплексом и с учетом законов и закономерностей природы, установленных в других областях науки. В такой связи весьма актуальна и жизненно важна разработка системы природоохранных мероприятий во внутригосударственном и межгосударственном масштабах с учетом закономерностей развития природы в её сложнейшем комплексе. При этом мохообразные находятся в наиболее сложном положении, так как происходит неуклонное сокращение их аборигенного биоразнообразия на фоне фактического отсутствия пополнения их флоры за счет адвентивных видов, в чем проявляется фундаментальное различие динамики их флоры с флорой сосудистых растений. Происходящая дигрессия в составе бриофлоры касается не только ценофилов, но и ценофобов в различной мере стенотопного характера.

Литература

1. Рыковский Г.Ф. Происхождение и эволюция мохообразных. Минск: Беларуская навука, 2011. 433 с.

2. Мамкаев Ю.В. // Методологические проблемы эволюционной теории. Тарту: АН ЭССР, 1984. С. 60–62.

3. Crandall-Stoter B. // J. Bryol. 1986. Vol. 14, N 1. P. 1–23.

4. Schuster R.M. Niht Hepaticae and Anthocetorotae of North America, east of the Hundredth Meridian / N.Y. Columbia Univ. Press. Vol.1. 802 p.

Г. Ф. РЫКОВСКИЙ

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА МОХООБРАЗНЫХ

Резюме

Статья посвящена одной из сложнейших проблем ботаники – генезису мохообразных. Кратко рассматриваются эколого-морфологические особенности организации этой группы высших растений. Обращается внимание на то, что для изучения генезиса мохообразных определяющим остается сравнительно-морфологический метод в экологическом аспекте. Детерминирующая роль в становлении типов организации высших таксонов мохообразных отводится климатическим показателям. Это связано с отсутствием у них эффективной регуляции водного режима. Предлагается подходить к исследованию высших растений как к целостной системе с едиными, глубинно разошедшимися генетическими корнями.

G. F. RYKOVSKY

ACTUAL ISSUES OF GENESIS OF BRYOBIOTA

Summary

The article is devoted to one of the most complicated problems of botany – the genesis of bryobionta. The ecological and morphological features of the organization of this group of higher plants are briefly considered. Attention is drawn to the fact that for studying the genesis of bryobionta the comparative morphological method in the ecological aspect remains an important one. Determinative role in the formation of the types of organization of higher taxa of bryobiota is given to climatic indices. This is due to their lack of effective regulation of the water regime. It is proposed to approach the study of higher plants as an integral system with single, deeply divergent genetic roots.

Поступила в редакцию 15.11.2017 г.

УДК 582.32(476.2)

Г. Ф. РЫКОВСКИЙ, М. С. ШАБЕТА

МОХООБРАЗНЫЕ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ПОДЗОНЫ ЕЛОВО-ГРАБОВЫХ ДУБРАВ В ПРЕДЕЛАХ БЕЛАРУСИ

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

Введение. В природном комплексе на территории Беларуси к наиболее сложным экологическим сообществам относятся широколиственные леса. В подзоне елово-грабовых дубрав особенностью является примесь такой зональной древесной породы, как ель обыкновенная, усложняющая их структуру. Для подлинного познания закономерностей функционирования этих ценотически сложных образований необходимо изучение всех их составляющих и в частности, такого неотъемлемого компонента, как мохообразные. Спецификой широколиственных лесов в отличие от хвойных сообществ является эпифитная бриосоставляющая, исторически связанная с широколиственными лесами, тогда как напочвенный моховой ярус в них менее развит, чем в хвойных лесах и носит часто фрагментарный характер.

Нами проведено изучение бриокомпонента широколиственных лесов подзоны елово-грабовых дубрав, составляющих южную часть той же зоны. Это изучение представляет особый интерес в том аспекте, что данная подзона по структуре растительного покрова, в сущности, имеет переходный характер между типичной частью зоны темнохвойных и зоны широколиственных лесов. Происходящие здесь процессы представляют значительный интерес во флористическом и ценотическом отношениях, особенно с учетом наблюдающихся общеклиматических изменений. Такое изучение важно для оценки состояния (индикационная роль бриофитов), восстановления и прогнозной характеристики широколиственных лесов в стране.

Подзона елово-грабовых дубрав на территории Беларуси представляет собой южную часть зоны темнохвойных лесов и вместе с тем переходную полосу к зоне широколиственных лесов. В такой связи здесь сочетаются виды, которые характерны для каждой из этих зон. Переходный характер этой подзоны в отношении растительного покрова привлекает к ней особое внимание, что связано с происходящими общеклиматическими изменениями, наиболее затрагивающими флору территорий с переходным её характером. Изучение их бриофлоры может быть важно для оценки ее состояния, современной динамики и прогнозной характеристики. Что касается бриокомпонента широколиственных лесов, то ее современное состояние является результатом сильного сокращения площади данных лесов вследствие широкого освоения под полевые культуры и рубок из-за ценной древесины.

В пределах данной подзоны наиболее сохранившийся лесной массив – Беловежская пуща, заповедный режим которой насчитывает около 600 лет. Здесь сложились наиболее благоприятные условия для растений, хотя ее коснулись и осушение заболоченных участков и местами рубки. В таком аспекте бриофлора пущи может служить моделью для бриофлоры широколиственных лесов подзоны. Здесь наибольшего развития достигают эпифиты, зачастую сплошь покрывающие стволы старовозрастных деревьев. Данные леса в относительно наибольшей мере, вероятно, воссоздают позднетретичные широколиственные лесные сообщества. Здесь проходит линия раздела западной и восточной бриофлор.

Материалы и методы исследований. В качестве материалов исследования использованы собственные бриологические сборы [7]; Определение мохообразных проводилось по стандартным методикам с использованием фундаментальных изданий цикла «Флора Беларуси» по мохообразным [4–5], а также монографической работы М. С. Игнатова, Е. А. Игнатовой [1–2].

Классификация таксонов и цитирование видовых названий приводятся согласно современной таксономии мхов [8], печеночников и антоцеротовых [3] с некоторой корректировкой [6, 9]. Авторы таксонов не указываются, но соответствуют данным источникам.

Результаты и обсуждение. На основе анализа полевых описаний и гербарного материала представлен таксономическая структура бриокомпонента широколиственных лесов изучаемой подзоны (табл. 1).

В широколиственных лесах вывлено 168 видов мохообразных (отдел Briobionta), из которых 29 – печеночники (отдел Marchantiophyta) и 139 – мхи (отдел Bryophyta). Печеночники представлены 2 классами – юнгерманниевыми (Jungermanniopsida) и маршанциевыми (Marchantiopsida), мхи – только 1 классом – бриевыми (Bryopsida).

По видовой насыщенности выделяются семейства брахитециевых (Brachytheciaceae), бриевых (Bryaceae), ортотриховых (Orthotrichaceae), амблистегиевых (Amblystegiaceae), мниевых (Mnuaccae), дикрановых (Dicrananaceae), плагиотециевых (Plagiotheciaceae), политриховых (Polytrichaceae).

Закономерно с экологических позиций отсутствие представителей семейств поттиевых, гриммиевых, а также сфагновых и других болотных мхов, как и слабая представленность пионерных видов-эпигеидов – характерных для открытых участков, особенно среди печеночников. Эти виды как бы объединяет приуроченность к экстремальным или свободным местам произрастания, что не свойственно широколиственным лесам.

Здесь сосредоточены эпифитные мохообразные (в том числе фактически все облигатные эпифиты, которые известны во флоре Беларуси) на стволах деревьев (особенно высоковозрастных, существенно не нарушенных антропогенными факторами). Из них многие своими флорогенетическими корнями исходят из состава предшествующего антропогену третичного периода (плиоцена).

Таблица 1. Таксономическая структура мохообразных широколиственных лесов подзоны елово-грабовых дубрав Беларуси

Семейство	Род	Вид
Отдел Marchantiophyta Класс Marchantiopsida 1. Порядок Blasiales		
2. Порядок Marchantiales		
1. Conocephalaceae	1. *Conocephalum*	1. *Conocephalum conicum* (L.) Dumort.
Класс Jungermanniopsida 3. Порядок Pelliales		
2. Pelliaceae	2. *Pellia*	2. *Pellia epiphylla* (L.) Corda
		3. *Pellia neesiana* (Gottsche) Limpr.
4. Порядок Metzgeriales		
3. Metzgeriaceae	3. *Metzgeria*	4. *Metzgeria furcata* (L.) Dumort.
5. Порядок Porellales		
4. Porellaceae	4. *Porella*	5. *Porella platyphylla* (L.) Pfeiff.
5. Radulaceae	5. *Radula*	6. *Radula complanata* (L.) Dumort.
6. Frullaniaceae	6. *Frullania*	7. *Frullania dilatata* (L.) Dumort.
7. Lejeuneaceae	7. *Lejeunea*	8. *Lejeunea cavifolia* (Ehrh.) Lindb.
6. Порядок Ptilidiales		
8. Ptilidiaceae	8. *Ptilidium*	9. *Ptilidium pulcherrimum* (Weber) Vain.
7. Порядок Jungermaniales		
9. Pseudolepicoleaceae	9. *Blepharostoma*	10. *Blepharostoma trichophyllum* (L.) Dumort.
10. Lepidoziaceae	10. *Lepidozia*	11. *Lepidozia reptans* (L.) Dumort.
11. Lophocoleaceae	11. *Chiloscyphus*	12. *Chiloscyphus latifolius* (Nees) J. J. Engel et R. M. Schust.
		13. *Chiloscyphus pallescens* (Ehrh. Ex Hoffm.) Dumort.
		14. *Chiloscyphus polyanthos* (L.) Corda
		15. *Chiloscyphus profundus* (Nees) J. J. Engel et R. M. Schust.
12. Plagiochilaceae	12. *Plagiochila*	16. *Plagiochila porelloides* (Torr. Ex Nees) Lindenb.
13. Jamesoniellaceae	13. *Jamesoniella*	17. *Jamesoniella autumnalis* (DC.) Steph.
14. Cephaloziaceae	14. *Cephalozia*	18. *Cephalozia bicuspidata* (L.) Dumort.
		19. *Cephalozia lunulifolia* (Dumort.) Dumort.
15. Cephaloziaceae	15. *Nowellia*	20. *Nowellia curvifolia* (Dicks.) Mitt.
16. Scapaniaceae	16. *Scapania*	21. *Scapania nemorea* (L.) Grolle

Продолжение таблицы 1

Семейство	Род	Вид
	17. *Tritomaria*	22. *Tritomaria quinquedentata* (Huds.) H. Buch
17. Calypogeiaceae	18. *Calypogeia*	23. *Calypogeia azurea* Stotler et Crotz
		24. *Calypogeia integristipula* Steph.
		25. *Calypogeia muelleriana* (Schiffn.) Muell. Frib.
		26. *Calypogeia neesiana* (C. Massal. et Carestia) Muell. Frib.
18. Jungermanniaceae	19. *Liochlaena*	27. *Liochlaena lanceolata* Nees
19. Geocalycaceae	20. *Geocalyx*	28. *Geocalyx graveolens* (Schrad.) Nees
20. Gymnomitriaceae	21. *Solenostoma*	29. *Solenostoma gracillimum* (Sm.) R. M. Schust.
Отдел Bryophyta Класс Sphagnopsida 8. Порядок Sphagnales		
21. Sphagnaceae	22. *Sphagnum*	30. *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw.
		31. *Sphagnum fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr.
		32. *Sphagnum fimbriatum* Wilson
		33. *Sphagnum magellanicum* Brid.
		34. *Sphagnum palustre* L.
		35. *Sphagnum russowii* Warnst.
		36. *Sphagnum squarrosum* Crome
Класс Bryopsida 9. Порядок Polytrichales		
22. Polytrichaceae	23. *Atrichum*	37. *Atrichum angustatum* (Brid.) Bruch et al.
		38. *Atrichum flavisetum* Mitt.
		39. *Atrichum tenellum* (Roehl.) Bruch et al.
		40. *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv.
	24. *Polytrichastrum*	41. *Polytrichastrum formosum* (Hedw.) G. L. Sm.
		42. *Polytrichastrum longisetum* (Sw. ex Brid.) G. L. Sm.
	25. *Polytrichum*	43. *Polytrichum commune* Hedw.
		44. *Polytrichum juniperinum* Hedw.
10. Порядок Tetraphidales		
23. Tetraphidaceae	26. *Tetraphis*	45. *Tetraphis pellucida* Hedw.

Продолжение таблицы 1

Семейство	Род	Вид
11. Порядок Funariales		
24. Funariaceae	27. *Funaria*	46. *Funaria hygrometrica* Hedw.
12. Порядок Dicranales		
25. Dicranaceae	28. *Dicranella*	47. *Dicranella cerviculata* (Hedw.) Schimp.
		48. *Dicranella heteromalla* (Hedw.) Schimp.
		49. *Dicranella schreberiana* (Hedw.) Hilf. ex H.A. Crum & L.E. Anderson
	29. *Dicranum*	50. *Dicranum flagellare* Hedw.
		51. *Dicranum montanum* Hedw.
		52. *Dicranum polysetum* Sw.
		53. *Dicranum scoparium* Hedw.
26. Rhabdoweisiaceae	30. *Dicranoweisia*	54. *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb.
	31. *Hymenoloma*	55. *Hymenoloma crispulum* (Hedw.) Ochyra
27. Pottiaceae	32. *Didymodon*	56. *Didymodon fallax* (Hedw.) R.H. Zander
	33. *Tortula*	57. *Tortula subulata* Hedw.
	34. *Weissia*	58. *Weissia controversa* Hedw.
28. Fissidentaceae	35. *Fissidens*	59. *Fissidens adianthoides* Hedw.
		60. *Fissidens bryoides* Hedw.
		61. *Fissidens osmundoides* Hedw.
		62. *Fissidens taxifolius* Hedw.
13. Порядок Orthotrichales		
29. Orthotrichaceae	36. *Orthotrichum*	63. *Orthotrichum affine* Brid.
		64. *Orthotrichum gymnostomum* Bruch ex Brid.
		65. *Orthotrichum lyellii* Hook. & Taylor
		66. *Orthotrichum obtusifolium* Brid.
		67. *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid.
		68. *Orthotrichum patens* Bruch ex Brid.
		69. *Orthotrichum pumilum* Sw.
		70. *Orthotrichum speciosum* Nees
		71. *Orthotrichum stramineum* Hornsch. ex Brid.
		72. *Orthotrichum striatum* Hedw.
		73. *Orthotrichum tenellum* Bruch. Ex Brid.
	37. *Ulota*	74. *Ulota crispa* (Hedw.) Brid.
14. Порядок Bryales		
30. Bryaceae	38. *Bryum*	75. *Bryum algovicum* Sendtn. ex Muell. Hal.
		76. *Bryum amblyodon* Muell. Hal.
		77. *Bryum bimum* (Schreb.) Turner

Продолжение таблицы 1

Семейство	Род	Вид
		78. *Bryum caespiticium* Hedw.
		79. *Bryum capillare* Hedw.
		80. *Bryum creberrimum* Taylor
		81. *Bryum elegans* Nees
		82. *Bryum pallescens* Schleich. ex Schwaegr.
		83. *Bryum rubens* Mitt.
		84. *Bryum schleicheri* DC.
		85. *Bryum turbinatum* (Hedw.) Turner
	39. *Rhodobryum*	86. *Rhodobryum roseum* (Hedw.) Limpr.
31. Mielichhoferiaceae	40. *Pohlia*	87. *Pohlia cruda* (Hedw.) Lindb.
		88. *Pohlia filum* (Schimp.) Martensson
		89. *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb.
32. Mniaceae	41. *Mnium*	90. *Mnium hornum* Hedw.
		91. *Mnium lycopodioides* Schwaegr.
		92. *Mnium marginatum* (Dicks.) P. Beauv.
		93. *Mnium stellare* Hedw.
	42. *Plagiomnium*	94. *Plagiomnium affine* (Blandow ex Funck) T. J. Kop.
		95. *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. J. Kop.
		96. *Plagiomnium elatum* (Bruch et al.) T. J. Kop.
		97. *Plagiomnium ellipticum* (Brid.) T. J. Kop.
		98. *Plagiomnium medium* (Bruch et al.) T. J. Kop.
		99. *Plagiomnium rostratum* (Schrad.) T. J. Kop.
		100. *Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T. J. Kop.
	43. *Rhizomnium*	101. *Rhizomnium punctatum* (Hedw.) T. J. Kop.
33. Bartramiaceae	44. *Bartramia*	102. *Bartramia pomiformis* Hedw.
34. Aulacomniaceae	45. *Aulacomnium*	103. *Aulacomnium androgynum* (Hedw.) Schwaegr.
		104. *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr.
15. Порядок Hypnales		
35. Plagiotheciaceae	46. *Herzogiella*	105. *Herzogiella seligeri* (Brid.) Z. Iwats.
	47. *Plagiothecium*	106. *Plagiothecium cavifolium* (Brid.) Z. Iwats.

Продолжение таблицы 1

Семейство	Род	Вид
		107. *Plagiothecium denticulatum* (Hedw.) Bruch et al.
		108. *Plagiothecium laetum* Bruch et al.
		109. *Plagiothecium nemorale* (Mitt.) A. Jaeger
		110. *Plagiothecium undulatum* (Hedw.) Bruch et al.
36. Leucodontaceae	48. *Leucodon*	111. *Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwaegr.
37. Hypnaceae	49. *Hypnum*	112. *Hypnum cupressiforme* Hedw.
	50. *Taxiphyllum*	113. *Taxiphyllum wissgrillii* (Garov.) Wijk & Margad.
38. Pylaisiadelphaceae	51. *Platygyrium*	114. *Platygyrium repens* (Brid.) Bruch et al.
39. Anomodontaceae	52. *Anomodon*	115. *Anomodon attenuatus* (Hedw.) Huebener
		116. *Anomodon longifolius* (Brid.) Hartm.
		117. *Anomodon viticulosus* (Hedw.) Hook. & Taylor
40. Neckeraceae	53. *Homalia*	118. *Homalia trichomanoides* (Hedw.) Bruch et al.
	54. *Neckera*	119. *Neckera complanata* (Hedw.) Huebener
		120. *Neckera pennata* Hedw.
	55. *Thamnobryum*	121. *Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Gang.
41. Climaciaceae	56. *Climacium*	122. *Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr
42. Antitrichiaceae	57. *Antitrichia*	123. *Antitrichia curtipendula* (Hedw.) Brid.
43. Hylocomiaceae	58. *Ctenidium*	124. *Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt.
	59. *Hylocomium*	125. *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al.
	60. *Pleurozium*	126. *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.
	61. *Rhytidiadelphus*	127. *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst.
44. Lembophyllaceae	62. *Isothecium*	128. *Isothecium alopecuroides* (Lam. ex Dubois) Isov.
45. Brachytheciaceae	63. *Brachytheciastrum*	129. *Brachytheciastrum velutinum* (Hedw.) Ignalov & Huttunen
	64. *Brachythecium*	130. *Brachythecium campestre* (Muell. Hal.) Bruch et al.
		131. *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp.
		132. *Brachythecium rivulare* Bruch et al.
		133. *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Bruch et al.

Продолжение таблицы 1

Семейство	Род	Вид
		134. *Brachythecium salebrosum* (F. Weber & D. Mohr) Bruch et al.
	65. *Cirriphyllum*	135. *Cirriphyllum piliferum* (Hedw.) Grout
	66. *Eurhynchiastrum*	136. *Eurhynchiastrum pulchellum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen
	67. *Eurhynchium*	137. *Eurhynchium angustirete* (Broth.) T. J. Kop.
	68. *Homalothecium*	138. *Homalothecium lutescens* (Hedw.) H. Rob.
		139. *Homalothecium sericeum* (Hedw.) Bruch et al.
	69. *Kindbergia*	140. *Kindbergia praelonga* (Hedw.) Ochyra
	70. *Oxyrrhynchium*	141. *Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske
	71. *Sciuro-hypnum*	142. *Sciuro-hypnum oedipodium* (Mitt.) Ignatov & Huttunen
		143. *Sciuro-hypnum populeum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen
		144. *Sciuro-hypnum starkei* (Brid.) Ignatov & Huttunen
46. Calliergonaceae	72. *Calliergon*	145. *Calliergon cordifolium* (Hedw.) Kindb.
	73. *Sanionia*	146. *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske
47. Pylaisiaceae	74. *Callicladium*	147. *Callicladium haldanianum* (Grev.) H.A. Crum
	75. *Calliergonella*	148. *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske
	76. *Homomallium*	149. *Homomallium incurvatum* (Schrad. ex Brid.) Loeske
	77. *Pylaisia*	150. *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Bruch et al.
	78. *Stereodon*	151. *Stereodon fertilis* (Sendtn.) Lindb.
48. Pseudoleskeellaceae	79. *Pseudoleskeella*	152. *Stereodon pallescens* (Hedw.) Mitt. 153. *Pseudoleskeella nervosa* (Brid.) Nyholm
49. Leskeaceae	80. *Leskea*	154. *Leskea polycarpa* Hedw.
50. Thuidiaceae	81. *Haplocladium*	155. *Haplocladium microphyllum* (Hedw.) Broth.
	82. *Pelekium*	156. *Pelekium minutulum* (Hedw.) Touw
	83. *Thuidium*	157. *Thuidium assimile* (Mitt.) A. Jaeger
		158. *Thuidium delicatulum* (Hedw.) Bruch et al.
		159. *Thuidium recognitum* (Hedw.) Lindb.
		160. *Thuidium tamariscinum* (Hedw.) Bruch et al.
51. Amblystegiaceae	84. *Amblystegium*	161. *Amblystegium juratzkanum* Schimp.

Окончание таблицы 1

Семейство	Род	Вид
		162. *Amblystegium serpens* (Hedw.) Bruch et al.
	85. *Campyliadelphus*	163. *Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.) R. S. Chopra
	86. *Drepanocladus*	164. *Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Warnst.
		165. *Drepanocladus polygamus* (Bruch et al.) Hedenaes
	87. *Hygroamblystegium*	166. *Hygroamblystegium varium* (Hedw.) Moenk.
	88. *Serpoleskea*	167. *Serpoleskea confervoides* (Brid.) Loeske
		168. *Serpoleskea subtilis* (Hedw.) Loeske

Значительная часть видов – 42 являются в настоящее время в разной степени редкими или давно уже не обнаруживаются:

Porella platyphylla, Scapania nemorea, Tritomaria quinquedentata, Solenostoma gracillimum, Geocalyx graveolens, Atrichum flavisetum, Atrichum angustatum, Dicranella schreberiana, Dicranoweisia cirrata, Hymenoloma crispulum, Weissia controversa, Orthotrichum lyellii, Orthotrichum patens, Orthotrichum pallens, Orthotrichum tenellum, Orthotrichum stramineum, Bryum turbinatum, Bryum schleicheri, Bryum rubens, Pohlia cruda, Pohlia filum, Mnium hornum, Mnium lycopodioides, Mnium marginatum, Plagiomnium medium, Plagiomnium rostratum, Bartramia pomiformis, Aulacomnium androgynum, Plagiothecium undulatum, Taxiphyllum wissgrillii, Neckera pennata, Thamnobryum alopecurum, Antitrichia curtipendula, Ctenidium molluscum, Homalothecium lutescens, Sciuro-hypnum starkei, Homomallium incurvatum, Stereodon fertilis, Haplocladium microphyllum, Pelekium minutulum, Campyliadelphus chrysophyllus, Serpoleskea confervoides.

Заключение. Полученные данные дополняют характеристику широколиственных сообществ в пределах подзоны переходного характера – елово-грабовых дубрав на территории Беларуси. Этот компонент данных сообществ может иметь индикационное значение как чувствительный показатель экологического режима и современного состояния исследуемых экосистем, а также их прогнозной характеристики.

Литература

1. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части европейской России. Том 1. Sphagnaceae – Hedwigiaceae. М.: КМК, 2003. С. 1–608. (Arctoa том 11, приложение 2).

2. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части европейской России. Том 2. Fontinalaceae – Amblystegiaceae. М.: КМК, 2004. С. 609–944. (Arctoa том 11, приложение 1).

3. Потемкин А.Д., Софронова Е.В. Печеночники и антоцеротовые России. Т.1. СПб.-Якутск: Бостон-спектр, 2009. 368 с.

4. Рыковский Г.Ф., Масловский О.М. Флора Беларуси. Мохообразные. В 2 т. Т. 1: Andreaeopsida–Bryopsida. Минск: Тэхналогія, 2004. 437 с.

5. Рыковский Г.Ф., Масловский О.М. Флора Беларуси. Мохообразные. В 2 т. Т. 2: Hepaticopsida – Sphagnopsida. Минск: Беларуская навука, 2009. 213 с.

6. Рыковский Г.Ф. Происхождение и эволюция мохообразных. Минск: Белорус. навука, 2011. 433 с.

7. Рыковский Г.Ф. // Бриология: традиции и современность: сборник статей по материаам муждународной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения З.Н. Смирновой и К.И. Ладыженской. СПб: Изд-во ЗАО «АТТАШЕ», 2010. С. 120–123.

8. Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // Arctoa. 2006. T. 15. P. 1–130.

9. Stebel A., Ochyra R., Voncina G. Mosses of the pieniny range (Polish Western Carpatians). Poland, 2010. 214 p.

Г.Ф. РЫКОВСКИЙ, М.С. ШАБЕТА

МОХООБРАЗНЫЕ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ПОДЗОНЫ ЕЛОВО-ГРАБОВЫХ ДУБРАВ В ПРЕДЕЛАХ БЕЛАРУСИ

Резюме

В статье представлена таксономическая структура бриокомпонента широколиственных лесов подзоны елово-грабовых дубрав в пределах Беларуси. Здесь выявлено 168 видов мохообразных (отдел Briobionta), из которых 29 – печеночники (отдел Marchantiophyta) и 139 – мхи (отдел Bryophyta). 42 вида являются в настоящее время в разной степени редкими или давно уже не обнаруживаются.

G.F. RYKOVSKY, M.S. SHABETA

BRYOFLORA OF BROADBAND FORESTS OF THE BRANCH OF THE CROWN-HERBAL DUBRAU IN BELARUS

Summary

The taxonomic structure of the briocomponent of deciduous forests of the subzone of spruce and hornbeam oak forests within Belarus is shown in the article. There are 168 species of bryophytes (Briobionta), 29 of which are liverworts (Marchantiophyta) and 139 mosses (Bryophyta). 42 species are at present to varying degrees rare or have long been not found.

Поступила в редакцию 15.11.2017 г.

УДК 582.998.2: 581.524.2–19 (476)

Д. В. ДУБОВИК, А. О. САУЛОВ

СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИЕ ВИДЫ РОДА *SOLIDAGO* L. (ASTERACEAE) ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

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

Введение. Североамериканские виды рода *Solidago* L. культивируются в республике уже длительный период как декоративные и поздноцветущие растения. Однако они привлекли дополнительное внимание как специалистов-ботаников, так и населения в последние десятилетия в связи с их агрессивными свойствами. Растения за относительно короткий период смогли успешно «ускользнуть» из культуры и стали наряду с борщевиком Сосновского, эхиноцистисом шиповатым и некоторыми другими растениями-агрессорами наиболее опасными инвазионными растениями во флоре Беларуси.

До настоящего времени не было единой позиции в понимании вопроса о том, какие часто встречающиеся виды или гибриды американских золотарников произрастают в Беларуси. Обычно указывались или два широко распространенных таксона – *Solidago canadensis* L. и *S. gigantea* Aiton (*S. serotinoides* Á. Löve et D. Löve) [1], или высказывалось предположение, что здесь произрастают гибриды нескольких таксонов, которые нельзя отнести с уверенностью к *S. canadensis* и *S. altissima* [2] (таксономический статус *S. gigantea* был менее дискуссионным). В природе при визуальных наблюдениях нами было замечено, что дичающие золотарники, относимые к *Solidago canadensis,* отличаются по срокам вегетации и морфологическим признакам. Поэтому вопрос о систематической принадлежности американских видов рода *Solidago* в Беларуси весьма актуален.

Род *Solidago* L. (Asteraceae) широко представлен преимущественно в Северной Америке. Всего известно порядка 120 видов рода, из которых в Евразии встречается от шести до десяти дикорастущих видов [3]. Некоторые американские виды успешно натурализовались на других континентах, в том числе и в Европе. Особенно трудная ситуация в Европе сложилась с идентификацией североамериканских таксонов этого рода, которые относятся к *S. subsect.* Triplinerviae (Torr. et A. Gray) G. L. Nesom, или известны как представители сложного в систематическом отношении комплекса *S. canadensis* s. l., объем которого дискуссионный и в Северной Америке [3,4]. По одним данным (доминировавшим до последнего времени), в Европе чаще всего в качестве натурализовавшегося растения с опушенным стеблем встречается *S. altissima* и реже *S. canadensis* [5]; по другим данным, более обычен *S. canadensis*, а *S. altissima* выявлен в последние годы лишь в Бельгии [6]. В отношении систематической принадлежности голостебельных растений к *S. gigantea* таких сложностей обычно не возникало, однако подчеркивалась их вариабильность в опушении листовой пластинки [7–9].

Материалы (объекты) и методы исследования. Виды этого рода на протяжении длительного периода (более 25 лет) изучались нами как в природе, так и в гербарных коллекциях Беларуси (MSK, MSKU, MSKH), Российской Федерации (LE, LECB, MW), Литвы (WI), Украины (KW), Польши (KRAM, WA). На представленных далее карто-схемах отображены изученные нами таксоны в гербарных коллекциях. Американские виды золотарников распространены в стране гораздо шире, однако приоритет отдавался именно их достоверным гербарным сборам. В природе мы обращали внимание на экологическую приуроченность видов, морфологическую изменчивость внутри популяции, степень натурализации видов в разных частях республики. Номенклатура таксонов приведена преимущественно по электронной базе растений Миссурийского ботанического сада «Tropicos» [10]. Всего было проанализировано 117 гербарных листов *S. canadensis*, 81 лист *S. gigantea*, и 2 листа гибрида *S. canadensis* x *S. virgaurea*. Гибридов между *S. gigantea* x *S. virgaurea* нами не было выявлено.

Результаты и их обсуждение. В Беларуси из североамериканских представителей рода широко известны в качестве культивируемых и дичающих растений *S. canadensis* и *S. gigantea* [1]. В последние годы для г. Витебска в качестве дичающего вида указан *S. rugosa* Mill. [11], а на плантациях клюквы крупноплодной недавно был найден *S. graminifolia* (L.) Salisb., который в настоящее время обычно рассматривается как *Euthamia graminifolia* (L.) Nutt. [12,13].

S. canadensis представляет собой многолетнее поздноцветущее растение 30–150 (200) см высотой с коротким ползучим корневищем. Стебель от верхушки до середины покрыт волосками, вверху он плотно-ворсистый. Прикорневые листья отсутствуют. От середины стебля листовые пластинки постепенно увядают к соцветиям. Листья с сидячим основанием, узкие, овально-ланцетные, 50–190 мм дл. и 5–25 мм шир., по краю резко зазубренные (до почти цельнокрайних), с тремя жилками, на верхушке заостренные. Листовые пластинки снизу от почти голых до опушенных вдоль основных жилок, сверху голые или слегка шероховатые от середины до верхушки, наиболее широкие у основания. Соцветие б. м. одностороннее, пирамидально-метельчатое (иногда яйцевидное), с многочисленными мелкими корзинками, ветви расходящиеся и изогнутые, опушенные. Цветоножки 3–3,4 мм дл., прицветников 0–3, они линейно-треугольные. Обертки узко-колокольчатые, 1,7–2,5 (3) мм дл. Листочки обертки 3–4 рядные, разной длины, от острых до тупых; наружные ланцетовидные, внутренние линейно-ланцетовидные. Язычковых цветков в корзинке (5) 8–14 (18); их пластинки 0,5–1,5 мм дл. и 0,15–0,3 (0,5) мм шир. Трубчатых цветков (2) 3–6 (8); они 2,2–2,8 (3) мм дл., их доли 0,4–0,8 (1) мм дл. Семянки узко обратно-конические, 1–1,5 мм дл., ребристые, редко щетинистые; паппус 1,8–2,2 мм дл. [4,14,15].

Вид был описан из Виржинии и Канады; лектотип: Herb. Linn.– 998.2. (LINN). Типовой образец из гербария Линнея представляет собой растение с сильно раскидистой метелкой с мелкими корзинками, верхние листья (имеющиеся на образце) с редкими отстоящими зубцами.

В Европе абсолютно доминируют диплоидные (2n=18) особи, которые относятся к *S. canadensis* s.str., а гексаплоиды (2n=54) пока известны лишь из Бельгии и они относятся к *S. altissima* [6].

S. canadensis отличается от *S. altissima* более низкой высотой растений, более узкими листьями и более ранними сроками цветения. *S. altissima* цветет очень поздно (даже в Западной Европе зацветает в октябре). Гексаплоидные растения также получили широкое распространение в Восточной Азии. Таким образом, ранее доминировавшее представление, что в Европе чаще встречается *S. altissima*, оказалось ошибочным и более сильно опушенные растения, которые ассоциировались с этим таксоном, должны относится к *S. canadensis* var. *hargeri* Fernald. [6].

На основании анализа гербарных данных S. *canadensis* s.l. из Беларуси можно выделить 2 его разновидности: var. *canadensis* и var. *hargeri*. Первая отличается голыми или рассеянно опушенными стеблями в нижней и средней частях, вторая имеет умеренно опушенные стебли в их нижней половине. Иногда очень сложно точно определить разновидность из-за сильно перекрывающихся признаков. Встречаются образцы как с более ланцетными листьями (до 10 мм шир. и 120 мм дл.), так и с более широкими листовыми пластинками (до 30 мм шир. и 100 мм дл.). Иногда варьирует степень опушения листовой пластинки сверху, высота растений, а также характер зубчатости листьев. Довольно сильно изменчива и форма соцветия – от более узкого (почти яйцевидного) до широко метельчатого.

Наши наблюдения в природе показали, что даже в пределах одной ценопопуляции (например, заброшенный огород) наблюдается высокая изменчивость растений по форме соцветий и срокам начала цветения отдельных особей. Это может быть вызвано как экологическими факторами (степень притенения, почвенные условия и т. д.), так и внутривидовой изменчивостью, в результате мутаций или гибридизации селекционных форм.

В процессе интродукции этого вида в республику (особенно после 1997 г.) были привлечены многочисленные сорта золотарника канадского (*Dzintra, Goldking, Goldtanne, Friegold, Golden Baby, Perkeo, Strahlenkrone* и др.) из различных регионов Европы, Азии и Северной Америки, которые отличаются габитусом, сроками цветения и т. д.

В Германии, Великобритании и др. странах Центральной и Западной Европы многочисленные сорта *S. canadensis* были получены в 1925–1936 гг. в период увлечения этим растением садоводами (например, широко известна фирма Г. Арендса в Германии, которая занималась выведением сортов). Эти сорта затем распространялись по всей Европе. Возможно, что часть сортов, особенно полученных в последние десятилетия, могут быть гибридами с близкими видами золотарников. Например, в литературе [8] имеется предположение, что в Великобритании часть дичающих растений могут представлять гибриды с *S. gigantea* и *S. rugosa*.

В Европе вид впервые появился в Англии (1645 г.), впервые отмечен одичавшим в Польше в 1872 г., в Латвии – в 1805 г., в европейской ча-

сти России – в 1855 г. [15]. В сопредельных регионах с Беларусью после 1927 г. *S. canadensis* отмечена одичавшей у Варшавы и Влодавы в Польше, а также в Трокском уезде Литвы [16].

Что касается истории интродукции *S. canadensis* в Беларуси, этот вид впервые был указан в каталоге интродуцированных растений в усадьбе Большие Летцы Витебского р-на в 1915 г. [17], позднее указывается по закустаренному торфянику в окр. г. Несвиж в 1934 г. [18]. Последнее указание сомнительное и не подтверждено гербарными данными. Вид отсутствует в каталогах семян из ботанического сада в г. Горки в 20–30-е гг. XX-го века [19,20]. Можно считать, что до середины XX-го века он в Беларуси был очень редок. В Центральном ботаническом саду (ЦБС) АН Беларуси вид выращивается с 1947 г. (семена были получены из Швеции, Чехии, Украины, России, Югославии) [21], в это же время получены и гибридные сорта. В 1954 и 1955 гг. Н. В. Козловской *S. canadensis* был собран в ЦБС НАН Беларуси (морфотип с довольно узкой метелкой и красноватым стеблем, MSK). Во «Флоре БССР» (1959 г.) [22] указано, что «вид встречается довольно часто, разводится, иногда дичает», а годом позже Н. В. Козловская констатирует [23], что он «дичает и активно распространяется в ЦБС» [24]. В 1960–70-е гг. из ботанического сада в г. Минске вид стал быстро распространяться по окрестным цветникам и дачным участкам. Вероятно, г. Минск, и ЦБС в частности, явились основными центрами распространения золотарника канадского в Беларуси в этот период.

С 1973 г. *S. canadensis* стал дичать с дачных участков в Смолевичском р-не (устное сообщение А. Н. Скуратовича), а в 1975 г. в окр. г. Минска (д. Сухорукие) собран в качестве одичавшего растения (MSK). В этот же период (1978 г.) золотарник канадский указывается как часто встречающееся растение по садам, паркам, огородам [25], но, вероятно, это было характерно для г. Минска и его окрестностей. Так же в качестве одичавшего растения в 1977 г. *S. canadensis* был отмечен (по неопубликованным данным) Г. В. Вынаевым по ул. Столетова в г. Минске и в 1979 г. как редкое рудеральное растение в условиях г. Гомеля. В 1982 г. Г. В. Вынаев описывает этот вид (в дневниковых записях) как одичавшее и хорошо натурализовавшееся растение вдоль ж. д. ветки Минск-Степянка – о. п. Садовый (на протяжении до 15 км от г. Минска) и характеризует его как вид с высокой жизненностью и встречаемостью: «растет по склонам ж. д. и шоссейных насыпей, в придорожных лесозащитных полосах, опушках, у дорог, в разреженных сосново-березовых лесах, прилегающих к ж. д., изредка, местами нередко, одиночными экземплярами, куртинами и небольшими группами». Вид был отмечен Г. В. Вынаевым и у ст. Михановичи Минского р-на, но всего 5 экземпляров.

Фактически 70-е и 80-е гг. XX-го века были периодом первичного проникновения и закрепления вида. Он стал особенно популярным растением после бума дачного строительства в 1990–1994 гг., когда еще не было широкого ассортимента декоративных растений для озеленения, а этот вид был относительно новым и позднецветущим, к тому же и не-

прихотливым. Из-за активного распространения вегетативным способом он стал объектом обмена и дарения у цветоводов- любителей и вскоре вышел за пределы участков. Из-за своей неприхотливости, наряду с *Hemerocallis fulva*, многолетними видами рода *Aster* и др. широко использовался так же на кладбищах, откуда быстро расселился по окрестностям. Дополнительным условием к его быстрому распространению послужили пустошные земли (дачный долгострой, самовольно распаханные заброшенные участки вблизи населенных пунктов, которые часто отторгались в 90-е гг. XX-го века.

В 1990-е гг., но особенно после 2000 г., массовое дичание вида отмечено уже в различных частях республики, но особенно в окрестностях г. Минска, других крупных городов и поселков. В настоящее время вид встречается очень часто по всей республике, но особенно в её центральной части. В некоторых районах Минской области (Смолевичский, Минский, Логойский, Дзержинский, Молодечненский, Пуховичский, Червенский и др.) он является настоящим бедствием для природной флоры. Более редок золотарник канадский пока в некоторых регионах Белорусского Полесья и Поозерья, однако и здесь наблюдается его неизбежная экспансия.

Отдельные дичающие морфотипы *S. canadensis* зацветают в разные сроки. Более низкорослый морфотип с менее раскидистой метелкой обычно зацветает (в окр. г. Минска) в первой декаде июля и уже к 15 июля наблюдается его массовое цветение. Более поздние сроки цветения этого морфотипа отмечены в годы с затяжной прохладной весной (например, в 2017 году), когда растения зацвели в конце июля. Средняя продолжительнось цветения растений около 45 дней. Более высокорослый морфотип с широкой раскидистой метелкой зацветает обычно позже (чаще в начале августа), однако в одной и той же популяции растения могут зацветать с разницей около 15 дней.

Кроме *S.canadensis* в республике несколько реже культивируется близкий североамериканский вид *S. gigantea* Ait., Hort. Kew, 1789, 3: 211.

Solidago gigantea довольно хорошо отличается от *S. canadensis* голым сизоватым стеблем (кроме области соцветия), часто с антоциановой окраской, меньшим количеством крупных головок – 40–600 (вместо 150–1300 и более у *S. canadensis*), большим количеством язычковых (8–18) и трубчатых (6–10) цветков. Цветоножки у него мельче (1,5–3 мм, а не 3–3,4 мм дл.), листочки обертки более крупные (2) 2,5–4 (5) мм дл., а не 1,7–2,5 (3) мм, как у *S. canadensis*). По экологии эти виды слабо различимы, но *S. gigantea*, вероятно, чаще встречается в более влажных местах.

Вид описан по культивируемым в Англии растениям, происходящим из Северной Америки: Type: «Nat. North America, Cult. 1758, by Mr. Philip Miller.» Hort. Kewensis 1778 [back of sheet] (holotype: BM).

В пределах естественного ареала у *S. gigantea* довольно изменчивый морфотип и из его состава был выделен ряд внутривидовых таксонов [7, 26]. Они отличаются шириной листовой пластинки, степенью опушения основных жилок листьев снизу листовой пластинки и т. д. В пределах

Беларуси растения изменчивы по степени опушения жилок на нижней поверхности листьев, форме соцветия, характеру зубчатости листьев. Типичная разновидность – var. *gigantea* имеет опушенные по главной жилке листья (в разной пропорции), а var. *serotina* (Kuntze) Cronquist отличается совершенно голыми снизу листьями. На нашем материале четко выделить указанные разновидности сложно, поскольку эти признаки нередко перекрываются. Обе разновидности в республике встречаются с одинаковой частотой.

В Северной Америке известны диплоидные, тетраплоидные и гексаплоидные расы этого вида. Для белорусских растений установлено С. А. Дмитриевой (неопубликованные данные) триплоидное число хромосом 2n=36 из Кореличского р-на Гродненской области (д. Еремичи). Оно характерно для var. *serotina*, а var. *gigantea* является диплоидом.

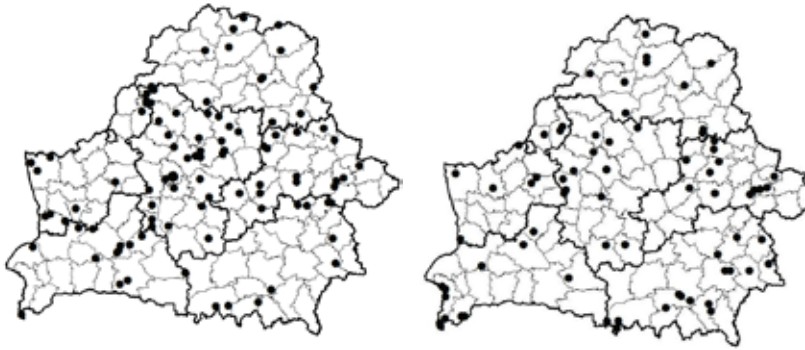
Этот вид появился в Беларуси гораздо раньше *S. canadensis*. Он выращивался в 1833 г. в д. Щорсы Новогрудского района (усадьба Хрептовичей) (30.06.1833, Кобылинский, KRAM), затем был собран В. В. Пашкевичем в городском саду г. Минска «близ здания летнего театра на возвышенном месте в большом количестве, в других местах не приходилось встречать, В. Пашкевич, 1877–1881 гг.» (LECB). В 1948 г. он был собран на усадьбе Язвинского лесничества в Беловежской пуще по сыроватому месту среди ивняка (В. М. Николаева, 1948, LE), а в 1963 г. найден Н. С. Смирновым в Свислочском р-не Гродненской области (также в Беловежской пуще), на месте кордона в Бровском лесничестве (MSK).

Для Беловежской пущи вместо *S. gigantea* ранее ошибочно был указан *S. canadensis* [27], что было установлено при просмотре гербарных материалов.

Дальнейшая история распространения *S. gigantea* схожа с *S. canadensis*, однако вид был более редок в культуре. Его частая натурализация отмечена после 1995 г., а после 2000 г. он стал довольно распространенным натурализовавшимся видом почти по всей республике. Основным источником распространения вида явились частные подворья и дачные участки, вид активно привлекался в качестве декоративного растения, вероятно, из России, Польши и Литвы, а затем активно распространялся по республике.

S. gigantea зацветает нередко раньше *S. canadensis* (по крайней мере раньше некоторых его морфотипов), обычно во второй декаде июля и к середине августа (например, в Беловежской пуще) уже часто бывает в начале плодоношения и отцветания. Период цветения у *S. gigantea* менее растянутый.

Крайне редко, всего из двух локалитетов, в республике известны гибриды между аборигенным (*S. virgaurea*) и адвентивным (*S. canadensis*) видами золотарников – *S.* x *niederederi* Khek. Они были собраны в г. Минске (парк Челюскинцев, 1980, Д. Третьяков, MSK) и в д. Шлыки Витебского р-на (Д. Дубовик, А. Саулов, 2017, MSK). Данные гибриды отличаются промежуточными морфологическими признаками и собраны в смешанных популяциях родительских видов по нарушенным местам.



S. canadensis *S. gigantea*

Рис. 1. Карто-схемы распространения американских видов рода *Solidago* в Беларуси.

Заключение. Наиболее часто в качестве натурализовавшихся американских видов золотарников в Беларуси встречаются *S. canadensis* и *S. gigantea*, однако данные виды внешне довольно сильно изменчивы. Выделение внутривидовых таксонов у этих растений вызывают трудности из-за наличия многочисленных селекционных форм, культиваров. *S. altissima* не был обнаружен в качестве одичавшего растения в Беларуси. Ранее определенный гербарный материал как *S. altissima* ввиду отсутствия признаков, характерных для этого таксона, был переопределен нами как *S. canadensis*.

Литература

1. Определитель высших растений Беларуси / Т.А. Сауткина [и др.]; под ред. В.И. Парфенова. Минск: Дизайн ПРО, 1999. 472 с.
2. Поликсенова В.Д. и др. // Вестник БГУ. Сер. 2. Хим., биол., геогр. 2016. № 3. С. 60–67.
3. Semple J.C. et all. // Phytoneuron. 2014. V. 10. P. 1–31.
4. Semple J.C., Cook R.E. 2006. *Solidago* // Flora of North America. Vol. 20. P. 107–166.
5. Weber E. // Bot. Jor. Linn. Soc. 1997. V. 123. P. 197–210.
6. Verloove F. et all. // Willdenowia. 2017. V. 47. P. 69–75.
7. Morton H.G. // Canadian Journal of Botany. 1984. V 62(№ 6). P. 1279–1282
8. Sell P, Murrell G. Solidago L. // Flora of Great Britain and Ireland, V. 4. Campanulaceae–Asteraceae. Cambridge University Press, 2006. P. 440–443.
9. Weber E. // Nord. J. Bot. 1997. V. 17. P. 631–638.
10. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. [Electronic resource]. 20 November 2017. Mode of access: http: / www.tropicos.org.
11. Тихомиров Вал. Н., Шимко И.И. Золотарник морщинистый (*Solidago rugosa* Mill.) – новый адвентивный вид во флоре Беларуси // Актуальные пробле-

мы изучения и сохранения фито- и микобиоты: сб. ст. II-й междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12−14 ноября 2013 г. Минск, 2013. С. 74–76.

12. Дубовик Д.В., Скуратович А.Н., Третьяков Д.И. // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. Ин-та эксперим. ботаники им.В.Ф.Купревича НАН Беларуси. Минск : Институт радиологии, 2013. Вып. 42. С. 3–28.

13. Джус М.А. // Бот. журн. 2014. Т. 99, № 5. С. 540–554.

14. Szymura M., Szymura T. H., Kreitschitz A. // Biodivers. Res. Conservation. 2015. V. 38. P. 41–49.

15. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet Solidago canadensis. [Electronic resource]. 20 November 2017. Mode of access: http: / www.nobanis.org.

16. Trzebiński J. // Acta Soc. Bot. Poloniae. 1930. Vol. 7. S. 81–86.

17. Index plantarum in horto Adamowiano Letce-Wielkie (Rossiae Occident. prov. Witebsk) crescentium nec circa eum partium in loco natali lectarum pro voluntaria reciproca permutatione. Offertis. 1915. 39 p.

18. Sinicynowna Z. // Prace Tow. Przyj. nauk w Wilnie. Wyd. nauk matem. i przyr. 1936. T. 10, № 13. C. 115–175.

19. Пералік насенья, якое прапануецца да абмену Батанічным садам Беларускай Дзяржаўнай Акадэміі сельскае Гаспадаркі: 1926 г. Горкі, БССР: Типо-литография Академии, 1926. 12 с.

20. Пералік насеньня, якое Батанічны сад Беларускай Дзяржаўнай Акадэміі сельскай Гаспадаркі прапануе да абмену (асобны адбітак) / Зап-кі Белар. Дзярж. Акад. Горкі: БССР, друкарня Акадэмі. 1930. Т. 11. 24 с.

21. Главная книга по интродукции растений ЦБС НАН Беларуси № 1 15.02.1947–17.02.1948.

22. Флора БССР. В 5-ти т. / Гл. ред. Б. К. Шишкин. Т. 5. Минск : Изд-во АН БССР, 1959. 267 с.

23. Козловская Н.В. // Сб. ботан. работ. Минск.1960. Вып. 2. С. 196–204.

24. Козловская Н.В. // Ботаника (исследования). Минск. 1978. Вып. XX. С. 88–95.

25. Semple J.C. et all. // Phytoneuron. 2013. V. 58. P. 1–20.

26. Николаева В.М., Зефиров Б.М. Флора Беловежской пущи. Минск: Ураджай, 1971. С. 140–144.

Д. В. ДУБОВИК, А. О. САУЛОВ

СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИЕ ВИДЫ РОДА *SOLIDAGO* L. (ASTERACEAE) ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

Резюме

Наиболее часто в качестве натурализовавшихся американских видов золотарников в Беларуси встречаются *S. canadensis* и *S. gigantea*, однако данные виды внешне довольно сильно изменчивы. Выделение внутривидовых таксонов у этих растений вызывает трудности из-за наличия многочисленных селекционных форм, культиваров. *S. altissima* не был обнаружен в качестве одичавшего растения в Беларуси.

D. V. DUBOVIK, A. O. SAULAU

NORTHAMERICAN SPECIES OF *SOLIDAGO* L. (ASTERACEAE) IN THE FLORA OF BELARUS

Summary

Most often as the naturalized American species of goldenrods in Belarus meet *S. canadensis* and *S. gigantea*, however these species are externally quite strongly changeable. Allocation of intraspecific taxons in these plants is caused by difficulties because of existence of numerous selection forms. *S. altissima* hasn't been found as the adventive plant in Belarus.

Поступила в редакцию 14.11.2017 г.

УДК 581.524.2:581.9:502.72(477)

Л. В. ЗАВЬЯЛОВА

ИНВАЗИОННЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ ВО ФЛОРЕ ЗАПОВЕДНЫХ ОБЪЕКТОВ УКРАИНЫ

Институт ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины, г. Киев

Введение. Активизация разного рода антропогенной деятельности повсеместно приводит к существенным потерям аборигенного биоразнообразия, выражающемся не только в вымирании или заметном сокращении популяций отдельных видов, но и в исчезновении, а также фрагментации природных растительных сообществ, что неизбежно нарушает равновесие экосистем. Наряду с прямым уничтожением, инвазии неаборигенных организмов являются одной из объективных угроз природному биоразнообразию [18]. Природное фиторазнообразие подвержено влиянию видов адвентивных растений не только на урбанизированных, но также и на охраняемых природно-заповедных территориях [1, 17].

Влияние инвазий на биоразнообразие заповедных объектов в том числе связано и с некоторыми аспектами структуры и функционирования природно-заповедного фонда (далее, ПЗФ) Украины, краткий предварительный анализ которых проведен на основе общедоступных сведений [8]. В последние десятилетия фонд претерпевает существенные положительные качественные и количественные изменения, в частности, его площадь возросла почти втрое. Так, по результатам учета на 01.01. 2015 фонд состоит из 8154 территорий и объектов общей площадью 3992521,0 га в пределах наземной территории Украины, а также 402500,0 га в пределах акватории Черного моря, что составляет 6,15% общей площади государства [8]. Таким образом, коэффициент заповедности – один из важных количественных показателей эффективного развития фонда под которым понимают соотношение площади территорий ПЗФ к общей площади государства проявляет позитивную динамику. В период создания новых объектов значительно изменились также категориальная и типологическая структуры фонда. В настоящее время заповедание сконцентрировано на образовании объектов большей площади с высокими категориями: национальных природных парков, заповедников, а на региональном уровне – региональных ландшафтных парков. Вместе с тем, в условиях возрастания антропогенного влияния (приводящего к изменению условий существования отдельных видов, базовых составляющих и функций природных биотопов в густо населенных, преобразованных хозяйственной деятельностью регионах Украины) до 85–90% экосистем являются вторичными, производными или значительно трансформированными. К тому же, в состав экосистем признанных условно нетронутыми, как например буковые пралеса Карпат, входит некоторое количество чужеродных элементов (в случае пралесов – до семи видов адвентивных растений североамериканского и центральноазиатского происхождения), под влиянием которых происходят функ-

циональные изменения параметров систем [4]. Таким образом, изучение и оценка воздействия фитоинвазий особенно актуальны в связи со стремительным развитием ПЗФ Украины, сопровождающимся не только количественными, но и качественными преобразованиями в самом фонде. Исследование чужеродных элементов, их влияния на аборигенное биоразнообразие объектов ПЗФ Украины и, особенно, мониторинг, имеют также теоретическое и практическое значение: от роли в формировании и развитии растительного покрова природных зон до организации менеджмента отдельных заповедных объектов.

Материалы (объекты) и методы исследования. Изучение видового разнообразия растительного покрова заповедных объектов проведено на основе сравнительного морфолого-эколого-географического метода исследований. Полевые исследования проведены автором традиционным маршрутно-экспедиционным методом в 2012–2016 гг. В работе использованы литературные данные и материалы гербариев Института ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины (*KW*), Днепропетровского национального университета имени Олеся Гончара (*DSU*), Херсонского государственного университета (*KHER*) и др. Оценка участия видов инвазионных растений в растительных сообществах исследуемых объектов основана на изучении растительности и её классификации методом J. Braun-Blanke. Уровни влияния инвазионных видов на природное биоразнообразие объектов ПЗФ Украины соответствуют [19]. Проанализирован видовой состав флоры более 50 объектов ПЗФ Украины общегосударственного значения. Объектом исследования являются виды инвазионных растений в составе сообществ растительного покрова заповедных объектов. Данная работа основана на предложенном ранее конспекте из 100 наиболее опасных чужеродных видов [3], является частью их анализа и посвящена результатам изучения их представленности во флорах объектов ПЗФ Украины наивысших категорий, а также участию в растительном покрове модельных объектов (Голосеевского национального природного парка (далее, НПП) и Казантипского природного заповедника (далее, ПЗ)). В предыдущей работе также более детально описаны использованные методы, приведены перечень исследуемых объектов ПЗФ и полный список основных литературных источников.

Результаты и их обсуждение. Модельные заповедные объекты исследований: Голосеевский НПП и Казантипский ПЗ – расположены в разных ботанико-географических зонах, имеют ряд других различий (территориальная организация, площадь, продолжительность существования, основные типы растительности, флористический состав и др.).

Казантипский ПЗ находится на севере Керченского полуострова АР Крым, создан в 1998 г. общей площадью 450,1 га из которой 56 га – акватория Азовского моря. Расположен в Крымском степном крае Южной степной подзоны Степной зоны и входит в состав Керченско-Таманского округа разнотравно-злаковых степей, солончаков и растительности карбонатных обнажений [14]. Охраняемой является часть мыса Казантип – возвышенность, которая окружает глубокую котловину эллиптической

формы, таким образом, заповедник имеет внешние границы – морскую акваторию и внутренние – наземные, с урочищем Котловина, соединенные с Керченским полуостровом низким, узким перешейком протяженностью 2 км [6]. До 2013 г. рассматривался вопрос об организации охранной зоны заповедника на территории урочища Котловина, однако он так и не был урегулирован. На территории урочища, подчиненного Мысовскому сельскому совету, проводились работы по нефтедобыче, а также сельскохозяйственная деятельность (в 2013 г. во время проведенных автором исследований и ранее). Исследованию растительного покрова заповедника посвящены работы В. В. Корженевского, В. В. Новосада, В. П. Исикова, Н. В. Корниловой и др. [14]. Растительный покров Казантипского ПЗ очень разнообразен, что обусловлено в первую очередь природными условиями, в частности, мозаичностью рельефа и пестротой почвенного покрова, представленного в основном южными черноземами и каштановыми солонцеватыми грунтами. Основным типом растительности является степной, который широко представлен сообществами кл. *Festuco-Brometea* Br. – Bl. et Tx. ex Soo 1947 (общая площадь степей составляет в заповеднике 297 га). На склонах Казантипа, подверженных оползням, представлены сообщества кустарников ас. *Swido-Sambucetum* Korzh. et Klyukin 1990, по периметру п-ова на известковых обрывах – сообщества галофитной растительности ас. *Puccinellio-Limonietum,* на поверхностях псевдотерасс – сообщества *Aro-Talictretum*, на известковых обнажениях – сообщества ас. *Alysso-Ephedretum*. Петрофитная растительность в заповеднике хорошо сохранена, более трети площади под ней составляют ценозы со *Stipa capillata* L. [14]. Флористическое богатство Казантипского ПЗ составляют 617 видов сосудистых растений [6], в т. ч. 44 – редких [14] и 65 – адвентивных. Автором проанализирована структура адвентивной фракции флоры Казантипского ПЗ, определены степень её адвентизации (10,5 %) и модернизации (38,4 %), выявлены инвазионные растения, наиболее опасные для аборигенного фиторазнообразия и степень их влияния, проанализирована частота их встречаемости. В общем, структурный анализ адвентивной фракции показал преобладание в спектре ведущих семейств *Asteraceae* и *Chenopodiaceae* (количество видов последнего в настоящее время начало увеличиваться, что было отмечено в процессе инвентаризации флоры [6]). Это обусловлено значительной представленностью в заповеднике биотопов с галофильными условиями, а также увеличением числа антропогенных биотопов и активным распространением в них разных видов маревых, связанное с антропогенным влиянием. Другие семейства во флоре заповедника, такие как Poaceae, Brassicaceae, Fabaceae представлены незначительным количеством видов (1–4).

Также следует отметить, что ранее не проводилось специальное сравнение количественного состава хроноэлементов адвентивных фракций флоры объектов ПЗФ, однако этот показатель является весьма важным и в дальнейшем такое сравнение может способствовать более глубокому пониманию флорогенетических процессов заповедных территорий и их особенностей. Например, количественное соотношение археофи-

тов и кенофитов в составе флоры лишь нескольких объектов в Полесье, Лесостепи и Карпатах [5, 7, 10, 16] показывает незначительное преобладание кенофитов над археофитами. В адвентивной фракции флоры Казантипского ПЗ по времени заноса преобладают археофиты (40 видов), кенофитов всего 25. Такое распределение, на наш взгляд, свидетельствует о значительной роли древних мигрантов в истории развития флоры заповедника, а также обусловлено сохранением природного растительного покрова, наличием резистентности экосистем и растительных сообществ, что не позволяет чужеродным видам преодолеть ценотический барьер в скором времени после проникновения. Такое распределение хроноэлементов адвентивной фракции флоры Казантипского ПЗ нашло отражение и во флорогенетической структуре, в которой, в частности, отмечено преобладание видов средиземноморского происхождения (23%). Для большинства археофитов свойственно такое происхождение, поэтому их преобладание в структуре усиливает средиземноморские черты такой флоры. Следует отметить, что в адвентивной фракции флоры Крыма больше кенофитов, но при этом преобладает средиземноморская флорогенетическая группа [11, 20], таким образом, обеим адвентивным фракциям свойственны зональные черты. По степени натурализации стабильный компонент (агриофиты и эпекофиты) составляет почти половину видового состава адвентивной фракции флоры Казантипского ПЗ. Это объяснимо как высокой резистентностью природных растительных сообществ, так и наличием значительного числа местообитаний со специфическими условиями, в частности, галофильными, что сдерживает реализацию инвазионного потенциала чужеродными видами, особенно не являющимися галофитами. Одной из особенностей флористического разнообразия Казантипского ПЗ в сравнении, например с Опукским ПЗ (расположенным в другой части Керченского п-ова), является наличие ряда опасных инвазионных или потенциально инвазионных растений североамериканского происхождения, таких как *Amaranthus albus* L., *A. retroflexus* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Erigeron canadensis* L., *Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal, *Amaranthus blitoides* S. Watson.; среди видов азиатского происхождения – *Lycium barbarum* L. Потенциально опасными и/или широко распространенными в антропогенных и полуприродных местообитаниях являются виды, объединенные происхождением из Средиземноморья: *Centaurea diffusa* Lam., *C. solstitialis* L., *Portulaca oleracea* L., *Peganum harmala* L., *Zygophyllum fabago* L., *Tribulus terrestris* L. Важно отметить, что опасность этой группы видов, в частности, состоит как раз в происхождении, которое в целом соответствует зональным чертам флоры Казантипского ПЗ, которая по характеру структуры относится к средиземноморскому типу. Известно, что занос и распространение растений вышеупомянутых чужеродных видов скорее всего был спонтанным, вероятнее всего связан с хозяйственной деятельностью в урочище Котловина, что постоянно создавало и продолжает способствовать возрастанию антропогенного воздействия на растительный покров заповедника. Большинство упоминаемых видов встречаются спорадически, большой численностью

почти исключительно в рудеральных или рудерализованных местообитаниях, что связано, на наш взгляд, с мозаичностью рельефа и других условий. Некоторые из них были занесены относительно недавно, как например, *Grindelia squarrosa,* обнаруженная в заповеднике в 2011 г. (20 растений) [6]), в июне 2013 г. мною найдено 12 растений вида в состоянии вегетации. Учитывая возможность преодоления данным видом ценотического барьера, его потенциальную способность к формированию ценозов [12], а также влияние на растительные сообщества кл. *Festuco-Brometea* в других регионах, следует считать его потенциально опасным для аборигенного фиторазнообразия Казантипского ПЗ. Поскольку *Grindelia squarrosa* занесена на территорию заповедника сравнительно недавно, не преодолела ценотический барьер и не обладает пока другими известными механизмами влияния на аборигенные виды или их сообщества, её влияние следует считать не выраженным. Большинство других чужеродных видов адвентивной фракции флоры Казантипского ПЗ имеют низкий уровень влияния (численность растений невелика, как правило, не превышает 20 особей в локалитете, у *Lycium barbarum* – 10 на локалитет). В рудеральных местообитаниях численность растений таких видов как *Ambrosia artemisiifolia, Portulaca oleracea* иногда превышала 30. *Centaurea diffusa* обнаружена в растительных сообществах с участием *C. sterilis* Steven, что в дальнейшем может способствовать элиминаци последней из-за высокой вероятности гибридизации [12]. Всего было обнаружено три локалитета с растениями обоих видов и со значительным преобладанием по численности *Centaurea diffusa*, гибридов не выявлено. Средний уровень влияния имеет лишь один вид – *Peganum harmala*, широко распространенный в юго-восточной части мыса. *Peganum harmala* – травянистый многолетник, гемикриптофит, ксерофит/мезоксерофит, гелиофит, эпекофит, происхождение – европейско-древнесредиземноморско-восточноазиатское. Сведений относительно времени появлений на территории заповедника не обнаружено, широкое распространение связано с выпасом домашних животных на степных участках. Растения ядовиты, устойчивы к выпасу, природных врагов в заповеднике, как и в Крыму в целом, скорее всего не имеют. В нарушенных степных ценозах может доминировать вместо обычных для таких сообществ видов родов *Stipa* и *Festuca*. На начальных этапах внедрения в различные сообщества петрофитных степей влияние *P. harmala* состоит в угнетении и снижении ценотической роли доминантных видов злаков и изменении виталитетной структуры их популяций. Так как растения этого чужеродного вида в условиях первичного ареала участвуют в сообществах другого типа растительности, в частности, пустынных степей, то внедрение и изменение структуры растительных сообществ петрофитной растительности может свидетельствовать о наличии в них демутационно-дигрессионных процессов. Следствием этих процессов может стать фрагментация природной петрофитной растительности сообществами другого типа, в частности, пустынных степей.

Таким образом, во флоре Казантипского ПЗ выделено 13 видов инвазионных растений, большинство из них имеют низкий уровень влия-

ния на природное фиторазнообразие, распространены преимущественно в полуприродных и/или антропогенных местообитаниях, имеют небольшую численность, встречаются спорадически. Только *Peganum harmala* обладает средним уровнем влияния, исходя из широкого распространения на территории заповедника и участия в сообществах основного типа растительности.

Национальный природный парк «Голосеевский» расположен в южной части г. Киева, на севере Лесостепи, правобережье Днепра и относится к двум округам Восточноевропейской степной провинции. Общая площадь парка составляет 4525, 52 га. Только три четверти парка – целостная территория, также в состав НПП входят урочища (Теремки, Бычок, Голосеевский лес) и Голосеевский парк, которые разделены участками не относящимися к заповедному объекту [15].

Флора и растительность НПП исследуются давно (до основания парка), что обусловлено прежде всего его расположение в городе с высокой концентрацией научно-исследовательских учреждений, и в целом, достаточно хорошо изучена [9]. Основным типом растительности Голосеевского НПП является лесной (занимает 93 % площади). Растительный покров отличается ценотическим разнообразием: от широко представленных лесных сообществ до рудеральных и сегетальных, наличие которых обусловлено значительным антропогенным влиянием и на территорию самого парка и на сопредельные участки. Флористическое богатство Голосеевского НПП составляют 753 вида сосудистых растений, 105 из которых – адвентивные. Таким образом, индекс адвентизации, под которым понимаем процентное участие чужеродных видов во флоре, составляет 7,2 %. Из числа опасных своей инвазионной активностью видов в растительном покрове парка отмечено 39, что в целом составляет 37 % адвентивной фракции флоры НПП. Менее половины из них (15) – опасные инвазионные растения, остальные – потенциально инвазионные. Среди них *Pistia stratiotes* L. (отмечена в водоёмах Голосеевского леса, в которых в 2009 р. обнаружена также и *Azolla caroliniana* Willd., однако позже не найденная, поэтому её произрастание в парке требует уточнения); *Symphoricarpos albus* (L.) S. F. Blake (является скорее всего беглецом из культуры, т. к. на территории парка хорошо представлены культурфитоценозы и лесные культуры, к тому же растения до сих пор используются в городском озеленении Киева); *Potentilla indica* (Andrews) Th. Wolf. (=*Duchesnea indica* (Andr.) Focke) (также типичный беглец из культуры, культивируется и дичает в ботанических садах г. Киева, впервые в Украине обнаружена в 1927 г. В. Г. Викторовским в окрестностях г. Житомира). Не все чужеродные виды адвентивной фракции флоры Голосеевского НПП по уровню влияния инвазионные, большинство из них преодолело Е-барьер, однако в то же время имеют незначительное распространение и частоту встречаемости меньшую или равную 1 % (*Amaranthus albus, A. retroflexus, Heracleum mantegazzianum* Sommier et Levier*, H. sosnowskyi* Manden*, Ambrosia artemisiifolia, Iva xanthiifolia* Nutt.*, Echinocystis lobata* (Mixch.) Torr. et A. Gray, *Lupinus polyphyllus* Lindl., *Reynoutria japonica*

Houtt., *Ptelea trifoliata* L., *Typha laxmannii* Lepech., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) – их влияние можно оценить как не выраженное. Некоторые виды имеют низкий уровень влияния (*Erigeron canadensis, Phalacroloma annuum* (L.) Dumort, *Solidago canadensis* L., *S. gigantea* Aiton, *Asclepias syriaca* L.) – имеют наивысшую частоту встречаемости в рудеральных сообществах на антропогенно трансформированных местообитаниях, ценотически приурочены к кл. *Molinio-Arrhenatheretea* Tx. 1937, флористический состав которого отличается значительным участием чужеродных видов. Высокий уровень влияния на фиторазнообразие Голосеевского НПП имеют следующие виды:

– *Acer negundo* L. (распространен по всей территории парка, частота встречаемости на участках разная, в основном высокая, может составлять от 37 до 100 %; встречается в прибрежно-водных, лесных, кустарниковых, антропогенных местообитаниях; в составе сообществ мезофитных кустарников, а также заболоченных, влажных широколиственных, нитрофильных, светлых широколиственных лесов (в сообщесвах синтаксонов *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novák 1941, *Crataego-Prunetea* Tx. 1962, *Robinietea* Jurko ex Hadač et Sofron 1980, *Salicetea purpurea* Moor 1958, *Alnetea glutinosae* Br. – Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946, пор. *Quercetalia pubescentis* Klika 1933, союза *Alnion incanae* Pawłowski et al. 1928); отличается широкой эколого-ценотической амплитудой, быстрым и мощным наращиванием фитомассы, высокой семенной продуктивностью, позволяющими вытеснять природные виды, что также отмечалось и ранее [1];

– *Impatiens parviflora* DC. (распространен по всей территории НПП, отличается высокой частотой встречаемости в рудеральных ценозах (сосновые и дубово-сосновые леса кл. *Pyrolo-Pinetea sylvestris* Korneck 1974; светлые широлиственные леса пор. *Quercetalia pubescenti-petraeae* Klika 1933; темные мезофильные широколиственные леса чаще всего грабово-дубовые союза *Carpinion betuli* Issler 1931; заболоченные леса кл. *Alnetea glutinosae* Br. – Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946; ивовые и тополевые леса кл. *Salicetea purpurea*; рудеральные сообщества с доминированием двулетников и многолетников из кл. *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. in Tx. ex von Rochow 1951; прибрежно-водные сообщества кл. *Phragmito-Magnocaricetea*; луговых ценозов кл. *Molinio-Arrhenatheretea*; мезофильных ценозов кустарников кл. *Crataego-Prunetea*; отличается высокой семенной продуктивностью и ценотической активностью, что также было отмечено ранее [1].

Таким образом, во флоре Голосеевского НПП выявлены более трети опасных чужеродных видов из предложенных ранее Черного, Серого и Тревожного списков [3], в т. ч. инвазионные и потенциально инвазионные. Большинство из выявленных видов не имеют значительного влияния на природное биоразноообразие парка, что в целом свидетельствует о сохранении природного растительного покрова, особенно в условиях возрастающего антропогенного воздействия. Также необходимо отметить, что внедрению, натурализации и реализации инвазионного потенциала

чужеродными видами на территории парка способствует фрагментация сообществ основного типа растительности, а также других типов, что совместно с возрастающим антропогенным давлением ослабляет устойчивость природных растительных сообществ к инвазиям.

Сведения о представленности видов инвазионных растений во флоре объектов ПЗФ Украины и их влиянии на природное фиторазнообразие собраны автором во время экспедиционных исследований. В работе учтены гербарные и литературные данные, приведенные в предыдущих публикациях, посвященных данному вопросу [3]. Представленность фитоинвазий изучена во флоре объектов общегосударственного значения разных категорий, в том числе, трех биосферных (БЗ) и шести природных заповедников (ПЗ), 24 национальных природных парков (НПП). Отмечу, что из-за ряда причин, данные все же нельзя считать полными для всех объектов, особенно недавно созданных, флористический состав которых, в частности, его неаборигенный компонент, изучены недостаточно. В первую очередь речь идет об НПП, т. к. в последнее время расширение ПЗФ Украины чаще осуществляется именно за счет объектов этой категории. Комплексно и последовательно изучается биоразнообразие объектов ПЗФ Украины имеющих длительную историю своего существования и соответствующую научную базу, как правило, это биосферные и природные заповедники. Однако, следует отметить, что проведенный анализ, не смотря на вышеизложенное, все же позволил выявить некоторые особенности исследуемой группы видов инвазионных растений [3].

Почти все исследованные виды растений [3] представлены во флоре проанализированных объектов ПЗФ, но не для всех охраняемых объектов они являются инвазионными. Реализация инвазионного потенциала адвентивными растениями в первую очередь обусловлена определенными зональными и эколого-ценотическими особенностями, которые в последствие препятствуют или способствуют преобразованию случайного заноса в фитоинвазию, так же, как и степень деструкции либо фрагментации растительного покрова. Среди анализируемых объектов ПЗФ отсутствуют такие, во флористическом составе которых не оказалось бы ни одного из опасных чужеродных видов растений. Наибольшим количеством инвазионных видов растений в составе флоры, согласно с предложенными Черным, Серым и Тревожным списками самых опасных [3], характеризуются охраняемые объекты ПЗФ Украины, расположенные в зоне Лесостепи. В частности, это три НПП: Подольские Товтры (47 видов), Голосеевский (39), Ичнянский (38). Это в значительной степени обусловлено антропогенной трансформацией территории самих парков, природным экотонным эффектом, фрагментацией природных сообществ, наличием (или существенным преобладанием) пластичных и инертных (в понимании Я. П. Дидуха [2]) экосистем.

Близкой по количеству инвазионных видов оказалась и флора объектов, расположенных в других природных зонах. Это НПП Бужский Гард (36 видов) и Днепровско-Орельский ПЗ (34) расположенные в степной зоне, а также НПП Деснянско-Старогутский (30) и Мезинский (29) – на

Полесье. Во флоре природных и биосферных заповедников в целом представлено от семи до 34 опасных видов адвентивных растений. В результате исследования установлено, что флора охраняемых объектов, расположенных в разных природных зонах или в разных регионах Украины, отличается видовым составом адвентивных инвазионных растений. Также выявлена еще одна особенность фитоинвазий: некоторые широко распространенные, известные своим влиянием на природные сообщества опасные чужеродные виды лишь представлены во флоре исследуемых объектов ПЗФ и не оказывают какого-либо влияния, не представляют угроз природному фиторазнообразию. В то же время, во флоре большинства охраняемых объектов, представлены локальные либо региональные фитоинвазии неаборигенных видов или же видов со смешанным статусом (в понимании Morse et al. [9]), а также виды с высоким инвазионным потенциалом из обеих групп (неаборигенные и со смешанным статусом). Такие виды адвентивных растений опасны своим реальным или потенциальным влиянием на природное, в т. ч. раритетное, биоразнообразие, в первую очередь на низших территориальных уровнях. Например, это такие виды как *Peganum harmala* L. в Казантипском ПЗ, *Coryneforus canescens* (L.) Beauv. в Черноморском БЗ и НПП Алешковские пески [5], *Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch в Деснянско-Старогутском НПП, *Syringa vulgaris* L. в Ичнянском НПП и др.

Наименьшее количество инвазионных видов выявлено во флоре объектов ПЗФ Карпатского региона: ПЗ Горганы (13): *Acer negundo*, *Heracleum sosnowskyi*, *Bidens frondosa* L., *Erigeron canadensis*, *Phalacroloma annuum*, *Impatiens parviflora*, *Quercus rubra* L., *Elodea canadensis* Michx., *Oenothera biennis* L. и др.; НПП Вижницкий (7): *Sisyrinchium septentrionale* Bicknell*, Impatiens parviflora*, *Solidago canadensis* L., *Erigeron canadensis, Heracleum sosnowskyi, Echinocystis lobata, Lupinus polyphyllus;* НПП Черемошский (4): *Sisyrinchium septentrionale*, *Juncus tenuis*, *Galinsoga parviflora, G. quadriradiata* Ruiz & Pav. Основной тип растительности для всех трех объектов – лесной, также присутствуют лесные культуры. Опасными для сообществ этого типа растительности являются *Acer negundo, Quercus rubra* и *Impatiens parviflora* – все три вида из Черного Списка [3]. Последний из упомянутых видов, представлен во флоре двух анализируемых объектов Украинских Карпат, имеет широкую эколого-ценотическую амплитуду, в пределах первичного ареала отличается приуроченностью к умеренно освещенным лесным и кустарниковым влажным биотопам, глубоким ущельям в горных районах. В целом, представлен во флоре 24 исследуемых объектов ПЗФ всех природных зон Украины, является трансформером во флоре Буковинского Предкарпатья [13]. *I. parviflora* среди исследуемых инвазионных видов чаще других внедряется в состав разнообразных природных сообществ разных типов растительности. На территории вторичного ареала отдает предпочтение культурфитоценозам (парки, лесопарки, лесные культуры) и рудеральным местообитаниям. Достаточно часто встречается в широколиственных листопадных лесах кл. *Carpino-Fagetea sylvaticae* Jakucs ex Passarge 1968, которые пред-

ставлены в ПЗ Горганы небольшими участками в нижнем лесном поясе и в долинах рек. Это дает основания предполагать, что высокого или среднего уровня влияния в природном биоразнообразии заповедника этот вид не достигнет. В Вижницком НПП – части «буковинського острова» пихтового леса [16], значительную территорию занимает также буковый и грабово-дубовый лес, а также посадки *Quercus rubra*, поэтому угроза экспансии *I. parviflora* весьма высока. Для Вижницкого НПП также характерно высокое синтаксономическое разнообразие луговой растительности [14, 15]. Именно для сообществ этого типа растительности в растительном покрове охраняемых объектов существует объективная угроза от представленных в их флоре инвазионных видов, т. к. большинство ценотически приурочено к сообществам кл. *Molinio-Arrhenatheretea*.

Среди исследуемых чужеродных видов растений наиболее широко представлены во флоре анализируемых объектов ПЗФ инвазионные и представляющие угрозу для природного биоразнообразия большинства заповедников и национальных парков, состоящие в Черном и Сером списках. Так, *Erigeron canadensis* представлен во флорах 26 объектов, *Impatiens parviflora* – 24*, Acer negundo* – 21, *Echinocystis lobata* – 20*, Salix fragilis* L.– 19, *Galinsoga parviflora* и *Solidago canadensis* – 18*, Ambrosia artemisiifolia*, *Quercus rubra* и *Elaeagnus angustifolia* L.– 17, *Elodea canadensis* и *Oenothera biennis* – 16, *Phalacroloma annuum* и *Amaranthus retroflexus* – 15, *Portulaca oleracea*, *Bidens frondosa, Grindelia squarrosa* и *Robinia pseudoacacia* L.– 14. Почти две трети видов представлены во флоре 10 и менее объектов. Потенциально инвазионные виды, представленность которых требует уточнений, были разделены на три группы:

– не представленные во флоре исследуемых объектов ПЗФ Украины: *Gaillardia pulchella* Foug.*, Helianthus subcanescens* (A. Gray) E. Watson*, Rudbeckia hirta, Symphyotrichum novae-angliae* (L.) Nesom*, Oxybaphus nyctagineus* (Michx.) Sweet*, Reynoutria* × *bohemica* Chrtek & Chrtkova;

– мало представленные (во флоре 1–5 объектов): *Centaurea solstitialis, Heliopsis helianthoides* (L.) Sweet*, Galinsoga quadriradiata, Rudbeckia laciniata* L.*, Solidago gigantea* и др.;

– представленные во флоре 6–12 объектов: *Asclepias syriaca, Centaurea diffusa, Cuscuta campestris* Yunck.*, Parthenocissus inserta* (A. Kern.) Fritsch. и др.

Заключение. Большинство неаборигенных видов растений, инвазионных или потенциально инвазионных выявлено во флоре охраняемых объектов ПЗФ Украины, расположенных в лесостепной зоне, недавно созданных, находящихся в густонаселенных регионах, обладающих значительной фрагментацией природного растительного покрова (особенно, сообществ основного типа растительности) и территорий самих объектов в целом. В настоящее время ПЗФ Украины интенсивно развивается: пополняется новыми объектами с ценным, хорошо сохранившимся природным биоразнообразием, требующим новой организации территории и определенной инфраструктуры согласно статусу. Зачастую это не снижает антропогенную нагрузку, а лишь качественно ее изменяет, что

может способствовать проникновению инвазионных видов. Поэтому управление заповедными объектами должно включать предупреждение, выявление, мониторинг и контроль фитоинвазий для сохранения ценного природного биоразнообразия и обеспечения устойчивого развития.

Литература

1. Бурда Р.І., Пашкевич Н.А., Бойко Г.В., Фіцайло Т.В. Чужорідні види охоронних флор Лісостепу України. – К.: Наукова думка, 2015. 116 с.

2. Дідух Я.П. Оцінка стійкості та ризиків втрати екосистем // Наукові записки НАУКМА. 2014. Т. 158. С. 54–61.

3. Зав'ялова Л.В. Види інвазійних рослин, небезпечні для природного фіторізноманіття об'єктів природно-заповідного фонду України // Біолог. системи. 9. Вип. 1 . 2017. С. 88–107.

4. Кагало О.О. Природно-заповідний фонд України та перспективи його функціонування у контексті сучасних підходів до охорони біотичного й ландшафтного різноманіття // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Природно-заповідний фонд України – минуле, сьогодення, майбутнє» присвяченої 20-річчю природного заповідника «Медобори» (смт. Гримайлів, 26-28 травня 2010 р.). Тернопіль: Підручники і посібники, 2010. С. 57–70.

5. Коваленко О.А. Флора, рослинність та фітосозологічні аспекти НПП «Пирятинський»: автореф. дис. … канд. біол. наук: спец. 03.00.05 «Ботаніка». Київ, 2016. 25 с.

6. Летопись природы Казантипского природного заповедника: Растительность. 4.1. Флора / Н.А. Литвинюк. – Щелкино: [б. в.] 2013. С.55–76.

7. Лукаш О.В. Синантропізація флори природно-заповідних територій Східного Полісся // Заповідна справа в Україні. 2008. Т. 14, вип.. 2. С. 40–44.

8. Міністерство екології та природних ресурсів України [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pzf.menr.gov.ua/

9. Онищенко В.А., Прядко О.І., Вірченко В.М., Арап Р.Я., Орлов О.О., Дацюк В.В. Судинні рослини і мохоподібні національного природного парку «Голосіївський». Київ: Альтерпрес, 2016. 94 с.

10. Панченко С.М. Флора національного природного парку «Деснянсько-Старогутський» та проблеми охорони фіторізноманіття Новгород-Сіверського Полісся. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2005. 170 с.

11. Протопопова В.В., Шевера М.В., Багрікова Н.О., Рифф Л.Е. Види-трансформери у флорі Південного берега Криму // Укр. ботан. журн. 2012. 69, № 1. С. 54–68.

12. Протопопова В.В., Шевера М.В., Мосякін С.Л., Соломаха В.А., Соломаха Т.Д., Васильєва Т.В., Петрик С.П. Інвазійні види у флорі Північного Причорномор'я. Київ: Фітосоціоцентр, 2009. 56 с.

13. Протопопова В.В., Шевера М.В., Чорней І.І., Токарюк А.І., Буджак В.В., Коржан К.В. Види-трансформери у флорі Буковинського Передкарпаття // Укр. ботан. журн. 2010. 67, № 6. С. 852–863.

14. Фіторізноманіття заповідників і національних природних парків України / Колектив авторів під ред. В.А. Онищенка і Т.Л. Андрієнко. Ч. 1. Біосферні заповідники. Природні заповідники. К.: Фітосоціоцентр, 2012. 406 с.

15. Фіторізноманіття заповідників і національних природних парків України/ Колектив авторів під ред. В.А. Онищенка і Т.Л. Андрієнко. – Ч. 2. Національні природні парки. К., 2012. 580 с.

16. Чорней І.І., Буджак В.В., Якушенко Д.М., Коржик В.П., Соломаха В.А., Сорокан Ю.І., Токарюк А.І., Соломаха Т.Д. Національний природний парк «Вижницький». Рослинний світ. – Природно-заповідні території України. Рослинний світ. Вип. 4. Київ: Фітосоціоцентр, 2005. 248 с.

17. Foxcroft L. C., Pyšek P., Richardson D. M. Genovesi P., MacFadyen S. Plant invasion science in protected areas: progress and priorities // Biol. Invasions. 2017. P. 1–26. DOI 10.1007/s10530-016-1367-z

18. Global Strategy on Invasive Alien Species // Convention of Biological Diversity, SBSTTA Sixth Meeting. – Montreal, 2001. – ix + 52 p.

19. Morse L.E., J.M. Randall, N. Benton, R. Hiebert, and S. Lu. An Invasive Species Assessment Protocol: Evaluating Non-Native Plants for Their Impact on Biodiversity. Version 1. Nature Serve, Arlington, Virginia, 2004. 40 p.

20. Rubtsov, N.I., Privalova, L.A., Flora of the Crimea and Its Geographical Interrelations, 150 let Gosud. Nikitskomu botan. sadu: sb. nauk. Trudov (Proceedings, Dedicated to the 150th Annivesary of the State Nikita Botanical Garden), Moscow: Kolos, 1964, vol. 37, P. 16–35.

Л. В. ЗАВЬЯЛОВА

ИНВАЗИОННЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ ВО ФЛОРЕ ЗАПОВЕДНЫХ ОБЪЕКТОВ УКРАИНЫ

Резюме

Обобщены сведения о влиянии на природное фиторазнообразие видов инвазионных растений модельных объектов и их участии во флоре более 50 других заповедных территорий ПЗФ Украины. Во флоре Казантипского ПЗ установлено 13 видов инвазионных растений с низким уровнем влияния (*Peganum harmala* со средним уровнем влияния, широкого распространена на территории заповедника, участвует в сообществах основного типа растительности) распространенных небольшой численностью преимущественно в полуприродных и/или антропогенных местообитаниях, встречающихся спорадически. Во флоре Голосеевского НПП выявлены более трети опасных чужеродных видов из предложенных ранее Черного, Серого и Тревожного списков, преимущественно не имеющих значительного влияния на природное биоразнооообразие парка, что свидетельствует о сохранении природного растительного покрова НПП. Большинство из них преодолело Е-барьер, однако в то же время имеет незначительное распространение и частоту встречаемости меньшую или равную 1 %, кроме *Acer negundo* и *Impatiens parviflora* влияния которых соотвествует высокому уровню. Наибольшее количество неаборигенных видов растений, инвазионных или потенциально инвазионных установлено для флоры охраняемых объектов ПЗФ Украины, расположенных в лесостепной зоне, недавно созданных, находящихся в густонаселенных регионах, обладающих значительной фрагментацией природного растительного покрова (особенно, сообществ основного типа растительности) и территории объектов в целом. Наименьшее количество фитоинвазий отмечено во флоре охраняемых объектов Украинских Карпат. Среди анализируемых объектов не выявлено ни одного, в растительном покрове которого не были

бы обнаружены чужеродные виды, в т. ч. и опасные инвазионные. Отмечено, что большинство исследуемых видов не оказывают влияния на аборигенное фиторазнообразие, соответствующее уровням «высокий» или «средний» (чаще всего их влияние отвечает уровням «низкий» или «не выраженный»), при этом около трети – преодолели ценотический барьер в растительном покрове исследуемых заповедных объектов.

L. V. ZAVIALOVA

INVASIVE PLANT SPECIES IN THE FLORA OF PROTECTED AREAS OF UKRAINE

Summary

The data about participation and representation of Invasive Alien Species (IAS) of Black, Grey, and Watch lists (the most harmful for the natural biodiversity non-native vascular plants) in the floras of Protected Areas (PAs) of Ukraine are generalized. The participation of the studied species in the composition of plant communities that belong to 32 classes of mainly native vegetation was established, as well as their representation on the territory of more than 50 protected areas of Ukraine of different categories.We have found 13 IAS in the plant cover of Kazantyp Nature Reserve. Most of them have a Low level of impact, insignificant abundance, current widely distributed in the anthropogenic or semi-natural habitats. *Peganum harmala* species has a Medium level of impact in Kazantyp Nature Reserve and this species represents a severe threat to native species and plant communities to the main vegetation type. A third of IAS from the proposed earlier Black, Grey, and Watch lists were identified in the flora of «Holosiyvsky» National Nature Park. Most of them do not have a significant impact to the Park's natural biodiversity, because the plant cover of this PA is well preserved. At the same time, the majority of them overcame the E-barrier, but their abundance and distribution are insignificant (except for *Acer negundo* and *Impatiens parviflora*, because they have High level of impact on the Park's natural biodiversity).We have found the largest quantity of IAS from our Black, Grey, and Watch lists in the PAs with short history since their foundation; located in the Forest Steppe zone and in the regions of Ukraine with high population density. These PAs have significant fragmentation of their natural plant cover (first of all, the fragmentation of the plant communities of the main vegetation type) and the fragmented territory in general. The insignificant quantity of IAS was identified in the PAs of the Ukrainian Carpathians. We have found out that all of the analyzed PAs have some of IAS, but most of them do not have significant impact to the aboriginal phytodiversity. Most of the studied IAS has Low or Insignificant levels of impact, but some of them have Medium or High levels too.

Поступила в редакцию 10.11.2017 г.

УДК 581.5

А. Н. МЯЛИК

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА АБОРИГЕННОЙ ФЛОРЫ БАССЕЙНА РЕКИ ЯСЕЛЬДЫ

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест

Введение. В настоящее время при изучении разнообразия растительного мира и его динамики все большее внимание уделяется выбору территории, в пределах которой будет дана оценка видового состава флоры. Последняя должна быть инвентаризирована не в политико-административных и других искусственных границах, а в естественных природных рубежах, которыми зачастую выступают физико-географические, ландшафтные, геоботанические районы различного ранга. Все большую популярность при изучении природных ресурсов (в том числе и флоры) постепенно приобретает бассейновая концепция [1, 2]. Ее приоритет заключается в том, что почти вся суша в геоморфологическом плане представляет собой макросистему бассейнов, каждый из которых имеет единый генезис и естественные природные границы. В пределах юго-западной части Беларуси удобным объектом для флористических исследований является бассейн реки Ясельды, расположенный в центральной части Брестской области. Водосбор этой средней реки, являющейся левым притоком Припяти, имеет площадь более 7700 км^2 [3] и расположен в переходной полосе двух геоботанических подзон: грабово-дубово-темнохвойных и широколиственно-сосновых лесов [4]. Для данной территории свойственно генетическое единство геоморфологических, почвенных и гидрологических условий, а также аборигенной флоры, которая с одной стороны отражает специфику флоры всего Белорусского Полесья, а с другой имеет ряд особенностей, обусловленных как естественными, так и антропогенными факторами.

При анализе флористических систем одним из важнейших способов, позволяющих объяснить взаимосвязь растений со средой их обитания и выяснить степень приспособленности этих видов к различным структурным элементам экотопа, является эколого-биологический анализ. Он заключается в выявлении специфических групп растений, обладающих сходными биологическими свойствами и экологическими требованиями – биоморф и экоморф соответственно. Цель данной работы – выявление особенностей эколого-биологической структуры аборигенного компонента флоры бассейна реки Ясельды. Для достижения последней необходимо установить видовой состав современной флоры, ее биоморфологическую структуру и экологическую приуроченность видов по отношению к следующим прямодействующим факторам: зональному режиму тепла, континентальности климата, водному и трофическому режимам почв, а также освещенности местообитаний.

Материалы (объекты) и методы исследования. При оценке видового состава аборигенной флоры бассейна реки Ясельды использованы гербар-

ные материалы Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси (MSK), Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина (BRTU) и Белорусского государственного университета (MSKU); а также флористические сводки, литературные источники по данной территории [5–8] и результаты собственных исследований.

Биологическая структура флоры установлена в системе жизненных форм растений по Раункиеру и согласно классификации биоморф, основанной на эколого-морфологических признаках видов. При выделении жизненных форм в системе Раункиера (согласно размещению почек возобновления относительно уровня почвы или снежного покрова) использована усовершенствованная схема, где все виды подразделяются на фанерофиты, хамефиты, гемикриптофиты, водные гемикриптофиты, геофиты, водные геофиты, гидрофиты, терофиты и водные терофиты [9]. При выделении биоморф по эколого-морфологическим признакам за основу принята система жизненных форм растений, разработанная И. Г. Серебряковым. В соответствии с ней выделяются древесные (деревья, кустарники, кустарнички, полукустарники, полукустарнички и лианы) и травянистые (стержнекорневые, кистекорневые, коротко- и длиннокорневищные, плотно- и рыхлодерновинные, луковичные, клубневые, наземностелющиеся и столонообразующие многолетники, двулетники и однолетники) биоморфы [10]. Отдельно выделяется гидрофильный компонент: эугидатофиты, аэрогидатофиты и плейстофиты [11].

Выделение экоморфогрупп во флоре бассейна Ясельды выполнено согласно экологическим шкалам, разработанным Я. П. Дидухом [12], поскольку они наиболее удобны для анализа флоры Беларуси. В зависимости от прямодействующих факторов, отношение к режимам которых характеризуют частные экоморфы, среди них удобно различать: гидроморфы – отношение растений к водному режиму почв (ксерофиты, субксерофиты, субмезофиты, мезофиты, гигромезофиты, гигрофиты, пергигрофиты, субгидрофиты, гидрофиты, гипергидрофиты); трофоморфы – отношение растений к трофическому режиму почв (олиготрофы, семиолиготрофы, мезотрофы, семиэвтрофы, эвтрофы, субгликотрофы, гликотрофы, мезогалотрофы); омброморфы – отношение растений к режиму континентальности климата (океанические, субокеанические, гемиокеанические, гемиконтинентальные, субконтинентальные, континентальные, эуконтинентальные); термоморфы – типы отношения растений к зональным режимам тепла (микротермофиты, субмикротермофиты, субмезотермофиты, мезотермофиты, макротермофиты, субмегатермофиты); гелиоморфы – отношение растений к местным световым режимам местообитания или режимам затенения особей (ультрасциофиты, сциофиты, гемисциофиты, субгелиофиты, гелиофиты).

При отнесении вида к той или иной экологической или биоморфологической группе использованы следующие литературные источники [7, 12–15].

Результаты и их обсуждение. Согласно нашим подсчетам, современная аборигенная флора бассейна реки Ясельды представлена 668 видами

сосудистых растений. Все они характеризуются различным происхождением, биологическими особенностями и отношением к экологическим факторам окружающей среды. В системе жизненных форм растений по Раункиеру аборигенные виды распределены по биоморфологическим группам следующим образом (табл. 1).

Таблица 1. Распределение видов растений по жизненным формам в системе Раункиера [9]

Жизненная форма	Кол-во видов	%
Фанерофиты	57	8,5
Хамефиты	43	6,4
Геофиты	85	12,7
из них водные геофиты	27	4,0
Гидрофиты	19	2,8
Гемикриптофиты	410	61,4
из них гемикриптофиты водные	4	0,6
Терофиты	49	8,1
из них терофиты водные	5	0,8
Всего	668	100

Анализ таблицы показывает, что в регионе количественно преобладают гемикриптофиты (410 видов или 61,4%). Из них 406 видов – наземные гемикриптофиты, которые в условиях сезонного климата лучше всего приспособлены к перенесению неблагоприятного периода года. Представлены они разнообразными травянистыми многолетниками и двулетниками (*Aquilegia vulgaris*, *Carex cespitosa*, *Crepis biennis* и др.). Водных гемикриптофитов только 4 (0,6%) вида: *Hottonia palustris*, *Glyceria maxima* и некоторые другие.

Группа геофитов представлена 85 видами, что составляет 12,7% от их общего числа. Из них 27 видов относятся к подгруппе водных геофитов (представители родов *Nymphaea*, *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Typha* и некоторых других). К группе наземных геофитов (всего их 58 таксонов) относятся клубневые (*Trientalis europaea*, *Gladiolus imbricatus* и др.), луковичные (*Allium ursinum*, *Lilium martagon* и др.), а также различные корневищные (*Epipactis helleborine*, *Trientalis europaea*, *Calla palustris* и др.) травянистые растения.

Терофитов в сумме насчитывается 49 видов (8,1%), представлены они однолетними растениями, которые переносят неблагоприятный период в виде семян (преимущественно представители семейств *Scrophulariaceae*, *Caryophyllaceae* и *Cruciferae*). Из них только 5 видов являются водными терофитами: *Callitriche palustris*, *Caulinia minor* и некоторые другие.

Группа фанерофитов насчитывает 57 видов (8,5%), среди них наиболее многочисленны деревья (*Betula pendula*, *Acer platanoides* и др.) и ку-

старники (*Salix aurita*, *Viburnum opulus* и др.). К хамефитам также относятся преимущественно древесные растения, всего их насчитывается 43 вида (6,4% от общего количества). В их числе некоторые кустарнички (*Vaccinium myrtillus*, *Arctostaphylos uva-ursi* и др.), большинство полукустарничков (*Pyrola media*, *Moneses uniflora* и др.), а также единственная древесная лиана – *Hedera helix*. К хамефитам относятся также все известные в составе флоры бассейна Ясельды плаунообразные (*Lycopodiella inundata*, *Diphasiastrum complanatum*, *Lycopodium annotinum* и др.), а также некоторые травянистые растения (*Comarum palustre*, *Dianthus pseudosquarrosus*, *Scleranthus perennis* и др.).

Самой малочисленной биоморфой в системе жизненных форм растений по Раункиеру является группа гидрофитов, представленная только 19 видами, обитающими в воде: *Alisma gramineum*, *Stratioites aloides* и другими.

Более разнообразным выглядит спектр жизненных форм при выделении биоморф с учетом эколого-морфологических признаков растений. В таблице 2 показано распределение аборигенных видов флоры бассейна реки Ясельды по биоморфологическим группам, сопровождаемое характерными примерами.

Таблица 2. Распределение видов по биоморфологическим группам

Жизненная форма	Кол-во видов	%	Характерные примеры
Древесные биоморфы			
Деревья	25	3,7	*Quercus robur, Populus tremula*
Кустарники	27	4,0	*Salix cinerea, Rosa majalis*
Кустарнички	12	1,8	*Ledum palustre, Vaccinium myrtillus*
Полукустарники	1	0,2	*Rubus idaeus*
Полукустарнички	13	2,0	*Pyrola minor, Chimaphila umbellata*
Лианы	1	0,2	*Hedera helix*
Травянистые биоморфы			
Стержнекорневые	55	8,2	*Senecio jacobaea, Hypochoeris radicata*
Кистекорневые	46	6,9	*Poa palustris, Dianthus deltoides*
Короткокорневищные	121	18,1	*Centaurea jacea, Briza media*
Длиннокорневищные	155	23,2	*Carex hirta, Phragmites australis*
Плотнодерновинные	30	4,5	*Eriophorum vaginatum, Carex vulpina*
Рыхлодерновинные	14	2,1	*Ranunculus acris, Epilobium montanum*
Луковичные	4	0,6	*Allium ursinum, Gagea lutea*
Клубневые	17	2,5	*Corydalis cava, Platanthera bifolia*
Наземностелющиеся	5	0,8	*Lycopodium clavatum, Ajuga reptans*
Столонообразующие	25	3,7	*Fragaria vesca, Potentilla reptans*

Окончание таблицы 2

Жизненная форма	Кол-во видов	%	Характерные примеры
Двулетники	29	4,3	*Silene lithuanica, Verbascum nigrum*
Однолетники	54	8,1	*Peplis portula, Arenaria serpyllifolia*
из них гидрофильный компонент			
Эугидатофиты	16	2,4	*Ceratophyllum demersum, Najas major*
Аэрогидатофиты	16	2,4	*Nymphaea candida, Stratioites aloides*
Плейстофиты	2	0,3	*Utricularia vulgaris*
Всего:	668	100	

Наиболее многочисленными в составе аборигенного компонента флоры бассейна Ясельды являются травянистые растения (589 видов или 88,2%); группа древесных насчитывает только 79 видов (11,8% от общего числа). Среди последних более многочисленны кустарники, представленные 27 видами и деревья – 25 таксонами. К группе кустарничков относятся преимущественно виды из семейств Ericaceae и Vacciniaceae, а к полукустарничкам – Pyrolaceae. Типичным полукустарником является только *Rubus idaeus*. Древесная лиана также представлена только 1 видом – *Hedera helix*.

Среди травянистых биоморф преобладают длиннокорневищные растения (155 видов), имеющие высокую вегетативную подвижность. Немногим (121 вид) им уступает группа короткокорневищных многолетников, отличающихся экологической пластичностью и способностью адаптироваться к различным экологическим условиям. Достаточно многочисленна (55 видов) группа стержнекорневых растений, приуроченных к задернованным и уплотненным субстратам (луга, обочины дорог, нарушенные местообитания). Почти не уступает им по численности видов группа однолетников (54 представителя). За ними в порядке убывания следуют кистекорневые, плотнодерновинные, двулетние, столонообразующие и растения других биоморфологических групп (табл. 2). Наиболее малочисленна группа луковичных и наземностелющихся растений, а также плейстофитов (растений с плавающими на поверхности воды листьями) из гидрофильного компонента флоры.

Таким образом, биоморфологическая структура аборигенной флоры бассейна реки Ясельды является отражением как исторически обусловленных факторов, так и современных экологических условий данной территории. Она близка структуре биоморф флоры центральной части Белорусского Полесья [16], в пределах которой находится бассейн Ясельды. В системе жизненных форм растений по Раункиеру здесь также преобладают гемикриптофиты и терофиты – наиболее приспособленные к перенесению неблагоприятного периода (зимы) в условиях сезонного климата. В целом, в составе аборигенной фракции флоры этого региона доминируют травянистые растения, среди которых более многочисленны короткокорневищные и длиннокорневищные многолетники, способные приспосабливаться

к разнообразным экологическим условиям, что наряду с высокой вегетативной подвижностью способствует их широкому распространению в лесных, болотных и луговых биоценозах, характерных для бассейна Ясельды.

При выполнении экологического анализа флоры наиболее часто рассматриваются эдафотопические (гидроморфы и трофоморфы) экологические группы растений [13]. Именно они в большей степени позволяют объяснить связь состава флоры с природными условиями территории. Анализируя спектр гидроморф можно отметить (рис. 1), что аборигенная флора бассейна Ясельды имеет гигромезофитный характер, отражая тем самым влажно- и сухолуговой типы местообитаний. Наиболее многочисленными являются гигромезофиты (*Ficaria verna*, *Prunella vulgaris*, *Swida sanguinea* и др.) и мезофиты (*Viola mirabilis*, *Fragaria vesca*, *Carex pilosa* и др.), насчитывающие в сумме 362 вида (более 54 % от их общего числа). Их превосходство объясняется тем, что для изучаемой территории более характерны умеренно увлажненные экотопы.

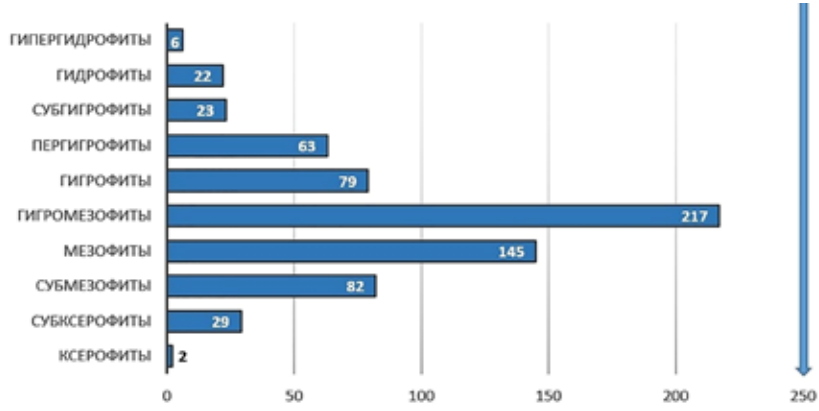


Рис. 1. Спектр гидроморф.

К субмезофитам – растениям луговостепного типа местообитаний – относится 82 вида (*Silene nutans*, *Thymus pulegioides* и др.), а к субксерофитам (*Antennaria dioica*, *Helichrysum arenarium* и др.) – видам сухостепных местообитаний – только 29. Ксерофиты вовсе представлены только 2 видами (*Sedum acre* и *Sedum sexangulare*), характеризующими полупустынный тип местообитаний.

Участие влаголюбивых видов в сложении флоры рассматриваемого региона более значительно (более 22 % в сумме), поскольку переувлажненные экотопы (низинные и переходные болота, заболоченные поймы рек и т. д.) являются здесь типичными. К гигрофитам относятся *Equisetum hyemale*, *Galium uliginosum*, *Carex riparia* и другие болотно-луговые виды; к пергидрофитам, видам болотных местообитаний – *Iris*

pseudacorus, *Lycopus europaeus* и др.; к субгидрофитам – *Comarum palustre*, *Hottonia palustris* и другие прибрежно-водные растения. Гидрофиты (*Nymphaea candida*, *Potamogeton nodosus*) и гипергидрофиты (*Ceratophyllum submersum*, *Stuckenia pectinata*) в составе флоры региона менее значительны. Доля этих водных растений составляет всего 4,2%.

Важнейшим экологическим фактором, оказывающим непосредственное влияние на состав флоры, является трофность местообитаний. Она обусловливает их биологическую продуктивность и зависит от количества биогенных элементов (в первую очередь азота), содержащихся в почве (воде). На рисунке 2 представлен спектр трофоморф аборигенной флоры бассейна реки Ясельды.

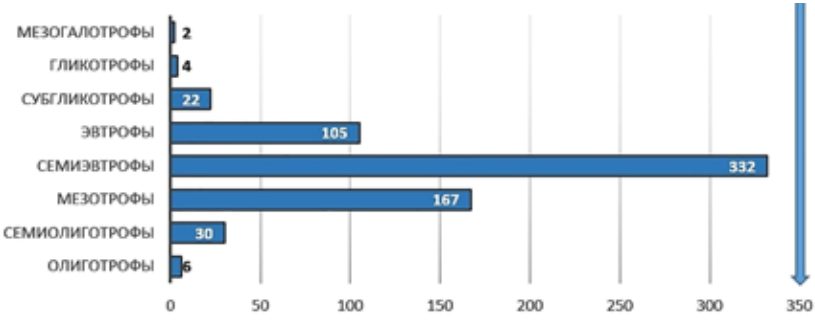


Рис. 2. Спектр трофоморф.

Наиболее многочисленными являются семиэвтрофы (332 вида или 49,7%) – виды, предпочитающие относительно богатые почвы: *Polygonatum odoratum*, *Stellaria holostea*, *Ulmus scabra* и многие другие.

Доля мезотрофов (*Veronica officinalis*, *Sorbus aucuparia*, *Pilosella officinarum* и др.), видов, произрастающих на небогатых почвах, широко распространенных на изучаемой территории, составляет 25%. Менее многочисленны семиолиготрофы (30 видов), произрастающие на бедных почвах (*Teesdalia nudicaulis*, *Juniperus communis* и др.) и олиготрофы (6 видов) – виды особо бедных азотом почв (*Drosera anglica*, *Carex limosa* и др.). Среди растений, предпочитающих плодородные почвы, наиболее представительна группа эвтрофов (105 видов) – *Campanula glomerata*, *Inula salicina* и др. Субгликотрофов только 30 видов: *Butomus umbellatus*, *Trifolium fragiferum* и др. Гликотрофы (*Stuckenia pectinata*, *Crypsis alopecuroides*) и мезогалотрофы (*Ranunculus repens*, *Leymus arenarius*) представлены только 4 и 2 видами растений соответственно.

По отношению растений к режиму континентальности климата, наиболее многочисленной является гемиконтинентальная экогруппа (рис. 3), которая объединяет 316 видов, что составляет более 47%. Эти преимущественно евразиатские (*Ribes nigrum*, *Galium odoratum*), евросибирские (*Betula pendula*, *Genista tinctoria*) и центральноевропейские (*Centaurea ph-*

rygia, *Serratula tinctoria*) виды представляют полуконтинентальный (переходный от морского к континентальному) тип климата по Г. Мойзелю [17].

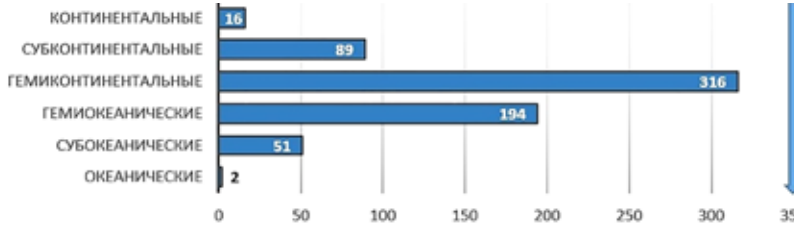


Рис. 3. Спектр омброморф.

К гемиокеанической экогруппе (соответствует субокеаническому типу климата) относится 194 вида (29%). Среди них более многочисленны евросибирские (*Campanula trachelium*, *Acinos arvensis*) и европейско-малоазийские (*Viscum album*, *Euonymus europaeus*) таксоны. В субокеанической группе насчитывается 51 вид (7,6%). В их числе представители европейско-американского (*Carex flava*, *Sagina nodosa*) и атлантическо-европейского (*Sieglingia decumbens*, *Carex pilulifera*) геоэлементов. Среди субконтинентальных (13,3%) и континентальных (2,4%) экогрупп наиболее многочисленны евросибирско-аралокаспийские (*Ranunculus polyanthemos*, *Bromopsis inermis*, *Festuca arietina* и др.) виды. В целом в спектре омброморф выделяется значительное преобладание в составе флоры гемиконтинентальных видов, приуроченных к умеренно-континентальному климату (рис. 3).

Анализ распределения видов по отношению к тепловому режиму территории (рис. 4) показывает преобладание группы субмезотермофитов (умеренно-теплолюбивых видов), характерных для субмеридиональной солярно-климатической зоны. В составе данной группы насчитывается 383 таксона, что составляет более 57% от всех аборигенных видов флоры бассейна Ясельды. Представлены они преимущественно умеренно-теплолюбивыми температными и субмеридиональными видами: *Silene borysthenica*, *Trifolium alpestre*, *Thalictrum lucidum*, *Humulus lupulus*, *Leontodon danubialis* и многими другими.

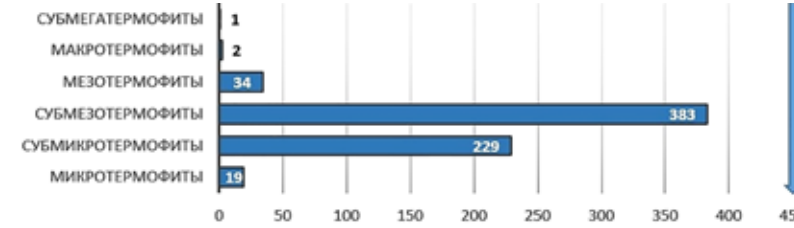


Рис. 4. Спектр термоморф.

На втором месте (229 видов или 34,3 %) находятся субмикротермофиты (умеренно-холодостойкие неморальные виды). Среди них преобладают плюризональные (*Rumex acetosa*, *Crepis paludosa*, *Salix aurita* и др.), бореально-температные (*Carex cespitosa*, *Pimpinella saxifraga*, *Poa angustifolia* и др.) и температные (*Carex montana*, *Polygala comosa*, *Anemone sylvestris* и др.) виды, характерные для зоны хвойно-широколиственных лесов. Группа микротермофитов насчитывает только 19 представителей (2,8 %): *Picea abies*, *Naumburgia thyrsiflora*, *Oxycoccus palustris* и некоторые другие аркто-бореальными и бореальными виды.

Группа мезотермофитов представлена 34 теплолюбивыми субмеридиональными (*Viscum album*, *Vincetoxicum hirundinaria* и др.) и меридиональными (*Carlina intermedia*, *Trifolium fragiferum* и др.) видами. К макротермофитам и субмегатермофитам относится в сумме только 3 таксона: *Callitriche palustris*, *Caulinia minor* и *Salvinia natans*.

В целом спектр термоморф и значительное участие в нем субмикротермофитов (более 34 %), а также микротермофитов (2,8 %) указывает на характерную особенность флоры бассейна Ясельды (в сравнении с флорой всего Припятского Полесья [18]) – ее тесную связь с бореальной зоной Европы.

Одним из важнейших экологических факторов, оказывающих наибольшее влияние на характер растительности и состав флоры региона, является солнечный свет. На рисунке 5 представлен спектр гелиоэкогрупп флоры бассейна Ясельды.

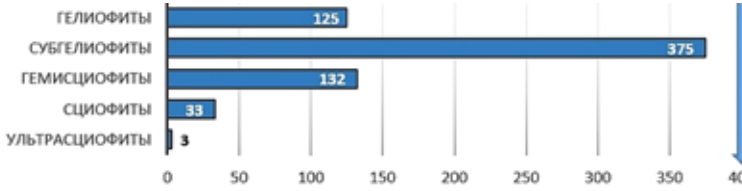


Рис. 5. Спектр гелиоморф.

Наиболее многочисленной является группа субгелиофитов, представленная 375 светолюбивыми видами (или 65,1 %), выдерживающими кратковременное затенение: *Equisetum arvense*, *Hypericum perforatum*, *Salix lapponum*, *Inula britannica* и многие другие. Группа гелиофитов насчитывает 125 таксонов (18,7 %), характеризующих световой тип обитания: *Trifolium dubium*, *Carex cinerea*, *Scheuchzeria palustris* и др.

Теневыносливые растения (гемисциофиты) представлены 132 видами, имеющими широкую экологическую амплитуду, что позволяет им произрастать как на хорошо освещенных лесных опушках и полянах, так и в затененных хвойных и лиственных лесах. К ним относятся: *Athyrium filix-femina*, *Ficaria verna*, *Platanthera bifolia* и другие виды. К сциофитам (тенелюбивым растениям) относится 33 вида, а к ультрасциофитам – только 3. Они произрастают в тенистых широколиственных (*Lathraea*

squamaria, *Dentaria bulbifera*, *Hedera helix*), смешанных (*Gymnocarpium dryopteris*, *Dryopteris filix-mas*) и еловых (*Hypopitys monotropa*, *Oxalis acetosella*) лесах и отражают теневой тип освещения.

Проведенный экологический анализ показывает, что большинство отмеченных видов являются гигромезофитами и семиэвтрофами в отношении влажности и трофности почвы и тем самым характеризуют влажнолуговой тип местообитаний с относительно небогатыми почвами. Выделенные климатопические экоморфы (преобладание гемиконтинентальных субмикротермофитов) представляют умеренный тепловой и континентальный режимы климата и субсветовой режим освещения местообитаний.

Заключение. Выполненный эколого-биологический анализ аборигенного компонента флоры бассейна реки Ясельды позволил установить биологические и экологические особенности флоры этой территории, представляющей собой отдельный природный регион, расположенный в юго-западной части Беларуси. Такая эколого-биологическая структура флоры сформировалась на протяжении второй половины голоцена и является отражением природных условий естественных ландшафтов всего Белорусского Полесья. Некоторые различия обусловлены в первую очередь географическим положением территории бассейна реки Ясельды (в северо-западной части Припятского Полесья) и проявляются в насыщенности отдельных климатопических экогрупп, связанных с континентальностью климата и термическим режимом территории.

Литература

1. Шереметова С.А. // Вестник Кемеровского гос. ун-та. 2013. № 2 (54). Том 1. С. 26–32.

2. Истомина Е.Ю. Конспект флоры бассейна реки Инзы: учебное пособие. Ульяновс, 2013. 159 с.

3. Блакітная кніга Беларусі : (Водныя аб'екты Беларусі): Энцыкл. / рэдкал.: Н. А. Дзісько і інш. Мінск, 1994. 414 с.

4. Нацыянальны атлас Беларусі / Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь. Мінск, 2002. 292 с.

5. Флора Беларуси. Сосудистые растения: в 6 т. / под общ. ред. В. И. Парфенова. Минск, 2009. 199 с.

6. Флора Беларуси. Сосудистые растения: в 6 т. / под общ. ред. В. И. Парфенова. Минск, 2013. 447 с.

7. Флора БССР : в 5 т. / редкол. Б. К. Шишкин. Минск, 1959.

8. Парфенов В.И. Флора Белорусского Полесья: современное состояние и тенденции развития. Минск, 1983. 295 с.

9. Raunkiaer C. Plant life forms / C. Raunkiaer. – Oxford, 1937. 104 p.

10. Серебряков, И.Г. Экологическая морфология растений. Москва, 1962. 378 с.

11. Гейны С. Жизненные формы водных макрофитов и их классификация // Макрофты – индикаторы изменения природной среды. Киев : Наук. Думка, 1993. С. 21–27.

12. Didukh Ya.P. The ecological scales of the species of ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv, 2011. 176 p.

13. Цыганов Д.Н. Экоморфы флоры хвойно-широколиственных лесов. Москва, 1976. 60 с.
14. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Gottingen, 1974. 97 S.
15. Екофлора України : в 6 т. / відпов. ред. Я. П. Дідух. Київ: Фітосоціоцентр. 2010. 6 т.
16. Мялик А.Н. // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. 2016. № 1. С. 46–54.
17. Meusel H. Vergleichende Chorologie der zentraleuropaischen Flora. Bd 1. Jena, 1965. 583 s.
18. Мялик А.Н. // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. Естественные науки. 2016. № 3 (96). С. 40–47.

А. Н. МЯЛИК

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА АБОРИГЕННОЙ ФЛОРЫ БАССЕЙНА РЕКИ ЯСЕЛЬДЫ

Резюме

В статье представлен экологический и биологический анализ аборигенной флоры бассейна реки Ясельды. Биоморфологический анализ, выполненный в системе жизненных форм растений по Раункиеру и с учетом эколого-морфологических признаков растений, показывает превосходство травянистых многолетников, наиболее приспособленных к перенесению неблагоприятного периода года. Экологическая структура флоры, установленная в отношении эдафотопических (влажность и плодородие почвы), климатопических (термический режим территории и континентальность климата) и ценотопических (освещенность местообитания) факторов, характеризуется преобладанием умеренно-теплолюбивых видов растений, предпочитающих освещенные местообитания с умеренно увлажненными и относительно небогатыми почвами.

A. M. MIALIK

ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL STRUCTURE OF THE NATIVE FLORA IN BASIN OF THE JASELDA RIVER

Summary

The article presents environmental and biological analysis of the native flora of the basin of the river of Jaselda. Biomorphological analysis performed in the system of life forms of plants on Raunkiaer and taking into account ecological and morphological features of plants. It shows the superiority of herbaceous perennials best adapted to endure adverse season (winter). Ecological structure of flora, set against the edaphotop (humidity and soil fertility), climatop (temperature regime of the territory and continental climate), and cenotop (light habitat). It is characterized by a predominance of moderately thermophilic species of plants, prefer-lit habitats with moderately moist and relatively poor soils.

Поступила в редакцию 04.19.2017 г.

УДК 583.669.25 (477)

Т. А. САУТКИНА, А. И. ПАЦЕВИЧ

К ИЗУЧЕНИЮ РОДА *DIANTHUS* L. – ГВОЗДИКА (CARYOPHYLLACEAE) В БЕЛАРУСИ

Белорусский государственный университет, г. Минск

Введение. Род *Dianthus* L. крупный и достаточно трудный в систематическом отношении род покрытосеменных растений, о чем свидетельствуют различные данные об объеме рода [1, 2, 3, 4], диаметрально противоположные сведения о статусе отдельных таксонов [5, 6, 7], отсутствие монографической обработки рода в мировом масштабе.

В роде *Dianthus* L. наиболее трудными для идентификации являются виды секции Carthusiani (Boiss.) F. Williams подрода Carthusianastrum F. Williams [8], а также секции Fimbriati (Boiss.) F. Williams подрода Dianthus [9, 10, 11].

Как свидетельствуют имеющиеся научные данные, в этих секциях есть, так называемые «критические» таксоны, объем, а также номенклатурный статус которых являются проблематичными. К таким таксонам относятся в первую очередь комплексы *Dianthus carthusianorum* L. s.l.[8] и *Dianthus arenarius* L. s.l. [9. 10, 11]

Неоднозначно трактуется также статус таких видов как *Dianthus superbus* L. и *Dianthus stenocalyx* Juz. Если одни авторы рассматривают их как самостоятельные виды [12, 13. 14. 15], то другие включают *Dianthus stenocalyx* Juz. в состав *Dianthus superbus* L. в различных подвидовых категориях [5, 6, 16].

В Беларуси сведения о видовом составе рода *Dianthus* L., приводимые в основополагающих работах белорусских флористов [12, 13, 15, 17], неполные. В связи с активизацией флористических исследований [18, 19, 20, 21], а также с критико-систематической обработкой так называемых «критических» таксонов [10, 11] число видов гвоздики, собранных как в естественных фитоценозах, так и на антропогенно нарушенных территориях, значительно возросло. Это потребовало составления нового дихотомического ключа для определения видов рода *Dianthus* L., выявленных на территории Беларуси.

Материалы (объекты) и методы исследования. В дихотомический ключ внесены виды, собранные нами при обследовании Воложинского, Мядельского, Смолевичского районов Минской области, а также выявленные в результате критической обработки гербарных материалов Гербариев БГУ (MSKU), Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН РБ (MSK), Гомельского, Гродненского и Брестского университетов, а также в личных сборах доцента кафедры ботаники БГУ М. А. Джуса. При указании распространения видов гвоздик учитывали как данные гербарных этикеток, так и данные литературы.

При критической обработке гербарных материалов было просмотрено с использованием стереоскопического микроскопа Stemi 2000 фирмы

Zeiss (Германия) около 700 гербарных листов. Среди них были как дикорастущие виды, так и культивируемые декоративные гвоздики, вышедшие из культуры, и в той или иной степени натурализовавшиеся в нарушенных местообитаниях.

Результаты и их обсуждение. В дихотомическом ключе представлено 17 видов, зафиксированных на данный момент на территории Беларуси. Ранее в определителях [12, 13] приводилось по 9 видов гвоздики, однако видовой состав их несколько различен. Так в [13] наряду с 6 дикорастущими видами включено 3 культивируемых: *D. barbatus* L., *D. caryophyllus L.* и *D. chinensis L.*, причем, если для *D. barbatus* указывается «… изредка дичает», то *D. caryophyllus* и *D. chinensis* приводятся только как культивируемые декоративные растения. В [12] в ключе отсутствуют *D. caryophyllus* и *D. chinensis*, но появляются *D. fischeri* Spreng. как «заносный хорошо натурализовавшийся вид» и *D. carthusianorum* L., получивший статус охраняемого вида. Кроме того в [12] в примечании приведена в качестве заносного вида гвоздика равнинная (*D. campestris Bieb*.).

В составленный нами дихотомический ключ вошли как дикорастущие, так и культивируемые виды, но вышедшие из культуры, местонахождение которых документально подтверждено гербарными материалами.

При характеристике видов в ключе кроме традиционно используемых признаков указывались также признаки прицветных чешуй, которые были изучены нами для всех таксонов и, по нашему мнению, являются важным диагностическим признаком.

Дихотомический ключ для определения видов рода *Dianthus* L. – Гвоздика (Caryophyllaceae), выявленных на территории Беларуси

1. Листья широкие около 2 см шир. и до 10 см дл., голые, по краю слегка шероховатые, с коротким черешком и коротким влагалищем. Цветки разнообразной окраски, на очень коротких цветоножках, скучены в сложное щитковидное соцветие. Чашечка зеленая с длиннозаостренными зубцами и 4 травянистыми эллиптическими прицветными чешуями, длинное травянистое шероховатое острие которых достигает или даже превышает основание зубцов чашечки. Лепестки венчика по краю слегка выемчатые, с бородкой волосков.

D. barbatus L. – Г. бородатая

Культивируется как декоративное растение. Часто дичает и легко натурализуется. Встречается в различных регионах республики в нарушенных местообитаниях.

\+ Листья узкие, около 0,5 см шир., линейные или линейно-ланцетные, сизые или зеленые 2

2. Листья сизые с сильным восковым налетом 3
\+ Листья зеленые 6

3. Пластинки лепестков венчика менее чем наполовину рассечены на узкие линейные доли. Цветки крупные, с сильным ароматом, одиночные или на длинных цветоносах в рыхлых 2–3 -цветковых соцветиях. Чашечка темно-зеленая или наполовину пурпурная, в основании более темная с восковым налетом и 2–4 неравными эллиптическими прицветными чешуями. Прицветные чешуи травянистые, темно-зеленые с коротким (около 1 мм) острием, окрашенные в тон чашечки. В основании цветоносных побегов есть многочисленные розетки вегетативных побегов, отходящих от горизонтального корневища.

D. plumarius L. – Г. перистая

Культивируется как декоративное растение. Иногда выходит из культуры и произрастает в рудеральных и близких к естественным, но нарушенных местообитаниях.

+ Пластинки лепестков венчика по краю зубчатые. 4
4. Пластинки лепестков венчика с верхней стороны с более или менее выраженной бородкой волосков 5

+ Пластинки лепестков венчика с верхней стороны без бородки волосков. Цветки простые или махровые с приятным ароматом, одиночные или по нескольку на концах длинных цветоносов. Чашечка широкая (около 10 мм шир.), цилиндрическая с 4 травянистыми широкими (до 10 мм) светлыми, неравными по величине, коротко остроконечными прицветными чешуями, прикрывающими ¼ часть трубки чашечки.

D. caryophyllus L. – Г. садовая

Широко культивируется как многолетнее декоративное растение. Изредка дичает и удерживается в синантропных местообитаниях.

5. Однолетние растения. Цветки крупные, скученные на верхушке цветоносов в немногоцветковое соцветие. Чашечка продолговато-цилиндрическая 18–20 мм дл. и 7–10 мм шир. с острыми зубцами и 2 прицветными чешуями в основании. Прицветные чешуи эллиптические, светло-желтые или беловатые, прозрачные, плавно переходящие в длинное широкое в основании травянистое, зеленое с многочисленными жилками остроконечие, достигающее основания или верхушки зубцов чашечки.

D. chinensis L. – Г. китайская

Часто выращивается как декоративная культура. Изредка выходит из культуры и встречается в рудеральных местообитаниях.

+ Многолетние растения до 20 см высотой. Листья узкие, около 2 мм шир. Цветки крупные чаще одиночные, реже по 2–3 на длинных цветоносах. Чашечка около 20 мм дл. и 5–7 мм шир. с 4 прицветными чешуями. Прицветные чешуи широкоэллиптические, наружные до 4 мм шир.,

внутренние – до 7 мм, светлые, по краю широкопленчатые, с коротким, 1–2 мм дл., зеленым заострением и хорошо заметными жилками.

***D. gratianopolitanus* Vill. (*D. caesius Sm.*) – Г. гренобльская**

Культивируется как декоративное растение. Иногда встречается вне культуры в рудеральных местообитаниях.

6 (2). Пластинки лепестков венчика глубоко рассечены на нитевидные доли. 7

+ Пластинки лепестков венчика по краю зубчатые. 11

7. Пластики лепестков венчика рассечены более чем наполовину, на узкие нитевидные доли. 8

+ Пластики лепестков венчика рассечены меньше, чем до середины пластинки, при основании с бородкой волосков 10

8. Каудекс хорошо выражен и в зависимости от возраста растения имеют разную толщину. Прикорневые вегетативные побеги многочисленные, короткие, сближенные, в результате чего образуется плотная подушка. Листья вверх направленные, короткие, 18–19 мм дл. и около 1 мм шир., на верхушке притупленные. Цветоносы 14–15 см дл. с 1–3 цветками.

***D. arenarius* L. – Г. песчаная**

Гербарными материалами подтверждены единичные местонахождения в различных частях республики. Распространение вида требует дальнейшего изучения. По сухим песчаным местам, дюнам, в сосняках, на опушках сосняков.

+ Каудекс отсутствует, корневище горизонтальное или вертикальное. Прикорневые вегетативные побеги расположены рыхло, не образуют подушки. Листья длиннее, чем у предыдущего вида, прямые или слегка дугообразно отклоненные, на верхушке заостренные. 9

9. Корневище горизонтальное. Листья прикорневых вегетативных побегов прямые, 23–24 мм дл., 1,0–1,2 мм шир., вверх направленные. Прикорневые вегетативные побеги крупнее побегов *D. arenarius* L. Цветоносные побеги 20–21 см высотой, с 3–5 белыми цветками. Чашечка зеленая, 23–23,5 мм дл. и 3,0 мм шир.

***D. borussicus* Vierh. – Г. прусская**

В сосновых и смешанных лесах, на песчаных лесных опушках, дюнах, приречных песчаных участках. По всей территории республики. Изредка.

+ Корневище вертикальное, тонкое, многоглавое. Листья прикорневых вегетативных и цветоносных побегов слегка серповидно изогнутые, отклоненные от стебля, 35–37 мм дл., 1,7–2,0 мм шир. Прикорневые бесплодные вегетативные побеги крупнее побегов *D. arenarius* L. и *D. borus-*

sicus с расставленными листьями. Цветоносные побеги 25–27 см высотой, сильно разветвленные, с 5–8 белыми цветками. Чашечка зеленая, 23–24 мм дл. и 3,0 мм шир.

D. pseudosquarrosus (Novák) Klok. – Г. ложнорастопыренная

В разреженных сосняках, смешанных лесах, на сухих опушках, открытых песчаных косогорах. По всей территории республики. Изредка.

10 (7). Цельная часть пластинки лепестка широкая, обратно-яйцевидная. Цветки светло-розовые или беловатые, на длинных цветоносах, душистые. Чашечка цилиндрическая, слегка фиолетово-окрашенная, до 25 мм дл. и около 4 мм шир. Прицветные чешуи узко-продолговатые, прозрачные, в центральной части зеленые с хорошо заметными 7 жилками. Наружные чешуи около 1 мм шир., в 2 раза короче внутренних, внутренние – около 3 мм. Острие чешуй короткое около 1 мм, темно-зеленое.

D. superbus L. – Г. пышная

На лугах разного типа, по опушкам и лесным полянам, в зарослях кустарников. Встречается преимущественно в юго-западной части республики. В центральной и восточной частях очень редко

+ Цельная часть пластинки лепестка узкая, овально-продолговатая. Цветки светло-розовые, лиловато-белые, душистые, по несколько на концах длинных цветоносов. Чашечка светло-зеленая или слегка пурпурово-окрашенная, узкоцилиндрическая, до 25 мм дл., около 2,5 мм шир., кверху заметно сужающаяся. Прицветные чешуи обратно-яйцевидные, по краю с широкой белой пленчатой каймой, которая начинается от верхушки остроконечия. Наружные чешуи около 4 мм дл. и 2 мм шир., внутренние – около 7 мм дл. и 4 мм шир. Острие короткое, около 1 мм дл., светлое.

D. stenocalyx Juz. – Г. узкочашечная

В разреженных широколиственных и смешанных лесах, по опушкам, закустаренным луговинам. Преимущественно по югу Брестской и Гомельской областей.

11 (6). Стебли в верхней части и листья густо опушенные. Цветки на коротких цветоножках скучены в небольшие компактные головчатые соцветия, расположенные на верхушке длинных цветоносов. Лепестки пурпурные с волосками на верхней стороне. Чашечка с длинными почти равными ее трубке ланцетно-шиловидными зубцами, густо опушена короткими мягкими волосками. Прицветные чешуи зеленые, травянистые, ланцетные, шиловидно-заостренные, равны или длиннее чашечки.

D. armeria L. – Г. армериевидная

По закустаренным берегам рек, опушкам смешанных лесов. В южных и юго-восточных частях республики, очень редко.

+ Стебли и листья голые, или стебли только в основании слабо опушенные 12

12. Прицветных чешуй 2, они эллиптические с шиловидным основанием, доходят до середины чашечки. Чашечка голая или коротко опушенная с продолговато-ланцетными острыми зубцами. Лепестки темно-розовые или красные с более темными точками в основании пластинки и редкими длинными волосками. Стебли и листья с коротким, шероховатым опушением. Кроме цветоносных стеблей образуется большое количество бесплодных олиственных побегов, поэтому в основании растения формируются многочисленные рыхлые дерновинки.

***D. deltoides* L. – Г. травянка**

В разреженных сосновых и мелколиственных лесах, по опушкам, песчаным обочинам дорог, на суходольных лугах. По всей территории республики, часто.

+ Прицветных чешуй 4 13

13. Цветки по одному, реже по 2, на длинных разветвленных цветоносах, отходящих от вертикального многоглавого корневища. Бесплодных побегов у основания надземной части нет. Стебли в нижней части коротко опушенные. Листья коротко опушенные или голые. Прицветные чешуи почти равные по величине, не доходят до середины чашечки, обратно-яйцевидные, около 7 мм дл. и 3 мм шир., светло-соломенные, по краям пленчатые, в центре с коротким пурпурным остроконечием. Пластинка лепестков сверху розовая с бородкой белых волосков, снизу зеленовато-желтоватая или зеленовато-беловатая.

***D. campestris* Bieb. – Г. полевая**

Южно-европейский, западно-сибирский вид. Как заносное растение вид выявлен в Добрушском районе Гомельской области на песчаном участке вблизи железнодорожного полотна.

+ Цветки скучены в пучковидные плотные или рыхлые соцветия, содержащие до 20 цветков 14

14. Чашечки цветков темно-пурпурные, прицветные чешуи темно-коричневые или соломенно-желтые 15

+ Чашечки цветков зеленые, иногда у основания зубцов светло-пурпурные, прицветные чешуи продолговато-эллиптические, доходят до половины чашечки 16

15. Прицветные чешуи темно-коричневые, продолговато-эллиптические до 12 мм дл., с узким пленчатым окаймлением, которое начинается от основания остроконечия, или вблизи него. Остроконечие длинное, до 4 мм, достигает или немного не достигает основания зубцов чашечки.

Вегетативные побеги у основания многочисленные, расставленные, или отсутствуют. Соцветия из 2–5 цветков.

D. carthusianorum L. **– Г. картузианская**

Местонахождения сосредоточены преимущественно в Гродненской области в пределах Гродненской возвышенности. Единичные сборы известны с Волковысской возвышенности, а также центральной и западной частей Брестской области. Очень редко. Требуется дальнейшее морфологическое и хорологическое наблюдение и изучение вида.

+ Прицветные чешуи соломенно-желтые, обратно-яйцевидные до 9 мм дл., с широкой белой пленчатой каймой, которая начинается, примерно, от середины острия. Острие короткое, до 2,5 мм дл., не превышает половины длины чашечки. У основания цветоносных побегов вегетативные побеги немногочисленные, плотно расположенные и образуют вместе с цветоносными плотную дерновинку. Соцветие плотное, головчатое из 3–20 цветков.

D. polonicus Zapal. **– Г. польская**

Вид приурочен преимущественно к юго-западной части Брестской области. Несколько местонахождений известно из южной части Гродненской области. Редко. Требуется дальнейшее морфологическое и хорологическое наблюдение и изучение вида.

16 (14). Прицветные чешуи беловатые, 6–9 мм дл. и около 3 мм шир., по краю бело-перепончатые с коротким центральным острием. Из острия переходят на чешую 3 четко заметные расходящиеся жилки. Цветки собраны в немногоцветковое плотное головчатое соцветие. Стебли с 4–6 парами листьев. Влагалище значительно длиннее ширины листа.

D. borbasii Vandas**– Г. Борбаша**

В сухих сосняках, по вересковым пустошам, на суходольных и пойменных лугах. По всей территории, но не часто, особенно в северной части республики.

+ Прицветные чешуи соломенно-желтые, более темные в центральной части, до 10 мм дл. и около 4 мм шир. Из острия на чешую переходит 5–7 жилок. Цветки одиночные или по 2 на концах цветоносов. Стебли густо олиственные. Влагалище почти равно ширине листа.

D. fischeri Spreng. **– Г. Фишера**

На суходольных лугах, опушках сосняков, по склонам ж. – д. насыпей. Единичные местонахождения в Минской, Гродненской и Могилевской областях, редко. Заносный, хорошо натурализовавшийся вид.

Примечание: 1. Кроме видов, документально подтвержденных гербарными данными и включенными в дихотомический ключ, во «Флоре Восточной Европы» (т.XI, стр. 284) – *D. collinus* Waldst. et Kit. – Г. холмо-

вая приводится для юга Гомельской области. Мы этого вида не наблюдали, поэтому не сочли возможным включать его в дихотомический ключ.

2. Рассматривать особенности строения чешуй (особенно число и характер расположения жилок, наличие пленчатого окаймления) желательно при большом увеличении.

Заключение. Приведенные нами сведения значительно расширяют представление об объеме рода *Dianthus* L. на территории республики и позволяют идентифицировать ряд видов, которые ранее не были включены в определители высших растений Беларуси.

Литература

1. Кузьмина М. Л. Гвоздика – Dianthus L. // Флора Восточной Европы. Т XI. М. – СПб.: Товарищество научн. изданий КМК, 2004. С. 273–297.

2. Князев М. С. Dianthus L. – Гвоздика //Конспект флоры Восточной Европы. Т. 1. М. – СПб.: Товарищество науч. изданий КМК, 2012. С. 255–265.

3. Куранова Н. Г. География рода Dianthus L. // Современные проблемы популяционной экологии, геоботаники, систематики и флористики: Материалы Междунар. науч. конф., посвященной 110-летию А. А. Уранова. Кострома, 31 октября – 3 ноября 2011 г., в 2 т. Кострома, 2011. Т. 2. С. 160–163.

4. Лазьков Г. А. Гвоздика – Dianthus L. // Семейство Гвоздичные (Caryophyllaceae) во флоре Кыргызстана. М.: Товарищество научн. изданий КМК, 2006. С. 141–148.

5. Федорончук М. М. // Укр. бот. журн.. 1998. Т. 55. № 5. С. 519–523.

6. Федорончук М. М., Чорней И. И. // Заповідна справа в Україні. 2005. Т. 11, вып. 2 . С. 9–18.

7. Шишкин Б. К. Гвоздика – Dianthus L. // Флора СССР., Т. VI. М. Л.: Академия Наук СССР, 1936. С. 803–861.

8. Kuzmina M. L. // Komarovia. Vol. 3. 2003. S. 85–98.

9. Миняев Н. А., Самутина М. Л. // Новости систематики высших растений. Л.: Наука, 1985. Т. 22. С. 118–123.

10. Сауткина Т.А., Пацевич А.И. // Ботаника (исследования) : Сб. науч. трудов Ин-та эксперим. бот. им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси. Минск : Колорград, 2016. Вып. 45. С. 90–98;

11. Сауткина Т.А., Пацевич А.И. // Журнал БГУ. Биология. 2017. №1. С. 98–105.

12. Млынарчик М.П. *Dianthus* L. – Гвоздика. // Определитель высших растений Беларуси. Минск : Дизайн ПРО, 1999. С. 79–80.

13. Протасевич Р.Т. *Dianthus* L. – Гвоздика // Определитель растений Беларуси. Минск: Вышэйшая школа, 1967. С. 263–266.

14. Станков С.С., Талиев В.И. *Dianthus* L. – Гвоздика // Определитель высших растений европейской части СССР. М.: Советская наука, 1957. С. 134–186.

15. Шишкин Б. К. Гвоздика – *Dianthus.* // Флора БССР. Т. 2. Минск : Изд. АН БССР, 1949. С. 270–276

16. Тихомиров В. Н. Dianthus L. – Гвоздика // Определитель растений Мещеры. Часть 1. М., МГУ. 1986. С. 172–174.

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

18. Дубовик Д.В., Скуратович А.Н. Болото Званец – уникальный природный комплекс Белорусского Полесья // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны. Материалы международного научно-практического семинара. Минск. 2009. С. 155.

19. Маленок М. В., Матусов Г. Д., Шамро А. В. Новые виды сосудистых растений флоры Полесского государственного радиационно-экологического заповедника // Экосистемы и радиация. Аспекты существования и развития. Сб. научн. трудов, посвященный 25-летию Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Минск, 2013. С. 175.

20. Биологическое разнообразие Национального парка «Браславские озера»: сосудистые растения /Д. В. Дубовик [и др.]; под ред. В. И. Парфенова. Минск , 2011. С. 49.

21. Биологическое разнообразие Национального парка «Нарочанский»: сосудистые растения /Д. В. Дубовик [и др.]; под ред. В. И. Парфенова. Борисов, 2014. С. 58.

Т. А. САУТКИНА, А. И. ПАЦЕВИЧ

К ИЗУЧЕНИЮ РОДА *DIANTHUS* L. – ГВОЗДИКА (CARYOPHYLLACEAE) НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Резюме

Уточнен видовой состав рода *Dianthus* L. на территории Беларуси. Приведен оригинальный дихотомический ключ, позволяющий идентифицировать 17 видов дикорастущих, а также вышедших из культуры, выявленных в антропогенно нарушенных местообитаниях, что документально подтверждается гербарным материалом, и в разной степени натурализовавшихся гвоздик.

T.A. SAUTKINA, A.I. PATCEVICH

TO THE STUDY OF *DIANTHUS* L. – CARNATION (CARYOPHYLLACEAE) IN THE TERRITORY OF BELARUS

Summary

The species composition of *Dianthus* L. in the territory of Belarus was clarified. The given original dichotomous key allows identification of 17 species of wild-growing plants, as well as those that were emerged from the culture, revealed in anthropogenically disturbed habitats, which is documented by the herbarium materials and proved by denizen to different extend carnations.

Поступила в редакцию 11.10.2017 г.

УДК 583.669.25 (477)

А. И. ПАЦЕВИЧ, Т. А. САУТКИНА

МОРФОЛОГИЯ ПРИЦВЕТНЫХ ЧЕШУЙ КАК ТАКСОНОМИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЙ ПРИЗНАК В РОДЕ *DIANTHUS* L. (CARYOPHYLLACEAE)

Белорусский государственный университет

Введение. Род *Dianthus* L. – единственный род в семействе Caryophyllaceae (Гвоздичные), для представителей которого характерно наличие прицветных чешуй. Они расположены в основании чашечки цветка и могут быть представлены различным количеством, имеют разную окраску, строение, консистенцию и т. п. Однако многие из указанных особенностей прицветных чешуй не используются или крайне недостаточно используются в целях диагностики видов этого рода. Чаще всего в дихотомических ключах указывается число прицветных чешуй и насколько они соотносятся с длиной чашечки цветка [1–6].

Количество прицветных чешуй у разных видов гвоздик преимущественно варьирует от двух до четырех, а у некоторых видов (*D. plumapius* L.) – до шести. Согласно имеющимся данным, прицветные чешуи могут равняться 1/4–1/2 длины чашечки (*D. borbasii, D. fischeri* Spreng., *D. deltoides* L. и др.), доходить до основания зубцов чашечки, а также быть равными ей по длине либо превышать ее (*D. armeria* L., *D. barbatus* L.) [1–6].

По консистенции прицветные чешуи бывают кожистыми и травянистыми, с пленчатым окаймлением или без него. Различаются прицветные чешуи и по форме. Они могут быть обратно-яйцевидными, яйцевидными или эллиптическими, на вершине с острием (остью), длина и строение которого у разных видов различная [1–6].

В научной литературе конкретные морфологические особенности строения прицветных чешуй (форма, число и особенности расположения жилок, длина острия (остей) для каждого вида) мало информативны или вообще отсутствуют.

Материал (объекты) и методы исследования. Для выявления морфологических и морфометрических особенностей прицветных чешуй цветки разных видов гвоздики размачивали в воде (первоначальная температура около 100 °С, время экспозиции 24–48 часов), а затем препарировали. Чтобы по возможности сохранить целостность чешуй и чашечки цветка, препарирование цветка проводили под бинокулярным микроскопом Stemi 2000 фирмы Zeiss (Германия). Для наглядной демонстрации соотношения длины чашечки цветка и прицветных чешуй отпрепарированные материалы наклеивали с помощью клея ПВА на цветную бумагу, высушивали под прессом, а затем фотографировали. В статье под каждым рисунком приведена масштабная линейка размером 1 см (по 0,5 см в каждом делении).

Результаты исследования и их обсуждение. Как показали наши исследования, особенно целесообразно использовать признаки цветочных чешуй при разграничении внешне похожих видов. Большое морфологическое сходство присуще *D. deltoides* и *D. campestris* Bieb. По строению цветков эти виды практически неотличимы, но они хорошо различаются по числу прицветных чешуй: у *D. deltoides* 2 прицветные чешуи, у *D. campestris*.– 4 (рис. 1а, б). У этих видов выявлены также различия по форме, размерам и строению прицветных чешуй. У *D. deltoides* прицветные чешуи прозрачные, эллиптические с наибольшей шириной в центральной части и узким бело-перепончатым окаймлением, которое начинается почти от основания острия. Острие зеленое с 5–7 хорошо заметными белыми жилками (рис. 1а). У *D. campestris* прицветные чешуи кожистые, обратно-яйцевидные с широким бело-перепончатым окаймлением, которое начинается почти от верхушки острия. Острие, как и чешýи, светлое без жилок или с едва заметными тремя жилками (рис. 1б). Прицветные чешуи у *D. campestris* немного крупнее чешуй *D. deltoides*.



Рис. 1. Чашечки и прицветные чешуи: а – *D. deltoides*; б – *D. campestris.*

Для *D. barbatus* и *D. armeria* (рис. 2 а, б) характерны травянистые эллиптические чешуи, переходящие на верхушке в длинную ость, длина которой больше остальной части чешуи. У *D. armeria* две эллиптические чешуи с довольно широким пленчатым окаймлением, на верхушке постепенно переходящие в длинную у основания слегка расширенную ость (рис. 2 б). Длина чешуи несколько превышает длину чашечки или равна ей. Окраска чешуй беловатая, ость зеленовато-беловатая с хорошо выраженными зелеными жилками, доходящими до середины чешуи. *D. armeria* – единственный вид на территории Беларуси, у которого прицветные чешуи густоопушенные.

У *D. barbatus* четыре обратно-яйцевидных чешуи с узко-пленчатым краем и тремя светлыми жилками, достигающими верхней трети чешуи. Ость нитевидная, длиннее самой чешуи, достигает верхушки чашечки или слегка превышает ее (рис. 2 а).



Рис. 2. Чашечки и прицветные чешуи: а – *D. barbatus*; б – *D. armeria.*

Из широко культивируемых видов (*D. caryophyllus* L., *D. gratianopolitanus* Vill., *D. chinensis* L.) самые крупные прицветные чешуи обнаружены у *D. caryophyllus*. У указанных видов чешуи кожистые. У *D. chinensis* две прицветные чешуи, у остальных видов – 4 (рис. 3 а, б, в).

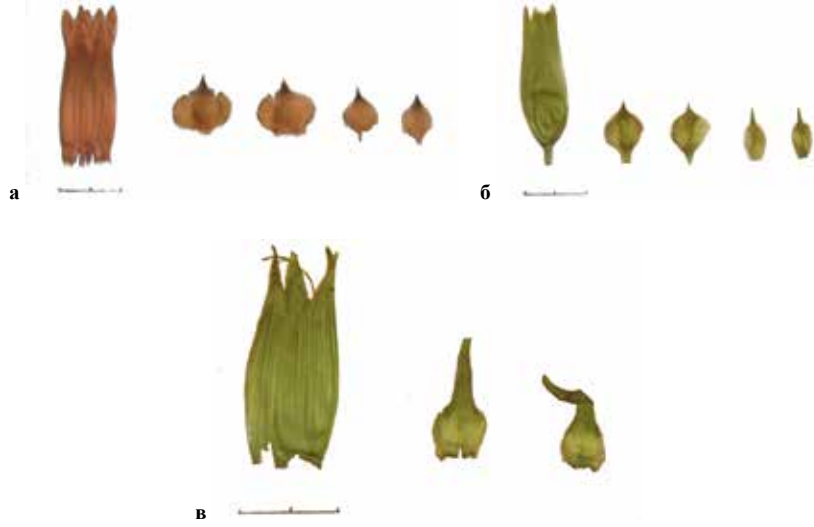


Рис. 3. Чашечки и прицветные чешуи: а – *D. caryophyllus*; б – *D. gratianopolitanus*; в – *D. chinensis.*

У *D. chinensis* чешуи эллиптические или широкоэллиптические с длинным, широким, темноокрашенным острием. На острие и верхней части чешуи видны многочисленные жилки.

У *D. caryophyllus* и *D. gratianopolitanus* наружные чешуи значительно меньше внутренних чешуй. У *D. caryophyllus* чешуи широкоэллип-

тические, светлые, с темным коротким острием и дуговидно расходящимися семью жилками, почти доходящими до основания чешуи, белоперепончатые края отсутствуют. У *D. gratianopolitanus* чешуи округло-эллиптические с более темным коротким острием и пятью светлыми жилками, заметными на острие и в верхней половине чешуи. Острие короткое, по краю острия и в верхней части чешуи имеется узкая белая перепончатая кайма.

Значительное сходство по строению цветков и соцветий характерно для *D. carthusianorum* L., *D. polonicus* Zapal., *D. borbasii* Vandas из секции Carthusiani, однако для этих видов нами отмечено существенное отличие в строении прицветных чешуй (рис. 4 а, б; рис. 5), что позволяет использовать этот признак для надежного разграничения этих видов.



Рис. 4. Чашечки и прицветные чешуи: а – *Dianthus carthusianorum*, б – *Dianthus polonicus.*



Рис. 5. Чашечка и прицветные чешуи *Dianthus borbasii.*

D. fischeri относится к секции Barbulatum, для которой характерно наличие метельчатых соцветий. В типичном случае у *D. fischeri* образуются рыхлые, малоцветковые метельчатые соцветия, но иногда цветки могут быть одиночными или собраны в соцветия головчатого типа из 2–3 цветков, что делает этот вид похожим на *D. borbasii* из секции Carthusiani. Однако эти виды хорошо различимы по морфологии прицветных чешуй. У *D. borbasii* прицветные чешуи продолговато-ланцетные, беловатые, од-

нородно окрашенные (рис. 5), у *D. fischeri* чешуи обратно-яйцевидные, светло-желтые в центральной части, а в основании, в верхней части и на острие более темные. Жилки практически незаметные, перепончатое окаймление отсутствует (рис. 6).



Рис. 6. Чашечка и прицветные чешуи *D. fischeri.*

D. superbus L. и *D. stenocalyx* Juz., относящиеся к секции Fimbriati, по форме прицветных чешуй схожи между собой: у обоих видов они обратно-яйцевидные, на верхушке плавно переходящие в короткое заострение, наружные чешуи меньше по размеру, чем внутренние (рис. 7 а, б). Однако у *D. stenocalyx* чешуи бело-зеленые, по краю беловато-перепончатые, со слегка заметными жилками, а у *D. superbus* чешуи светло-зеленые, часто пурпурные по верхнему краю и боковым участкам, жилки практически незаметны, перепончатого края нет. Наружные чешуи у *D. superbus* значительно крупнее, чем у *D. stenocalyx*.

У остальных видов секции Fimbriati (*D. arenarius* L., *D. borussicus* Vierh., *D. pseudosquarrosus* (Novák) Klok.) чешуи пленчатые, внешне похожие, что, по нашему мнению, не позволяют использовать их морфологические признаки при разграничении этих видов.

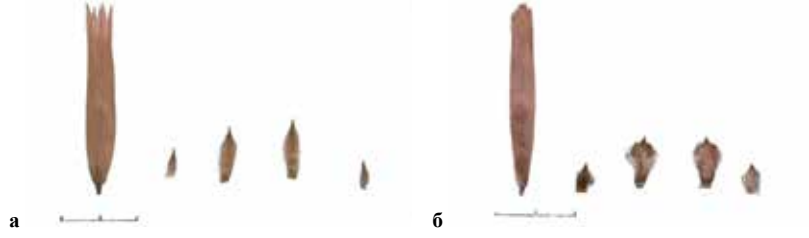


Рис. 7. Чашечки и прицветные чешуи: а – *D. superbus*; б – *D. stenocalyx.*

Таким образом, мы полагаем, что для большинства видов гвоздик, выявленных на территории Беларуси, особенности прицветных чешуй можно использовать в качестве таксономически значимого признака.

Примечание: Для выявления особенностей строения прицветных чешуй рассматривать их надо при большом увеличении.

Заключение. Таким образом, изучение морфологических особенностей прицветных чешуй у естественно произрастающих и культивируемых, но вышедших из культуры видов, обнаруженных нами в нарушенных местообитаниях, показало, что для ряда таксонов, особенно близкородственных, признаки прицветных чешуй являются надежным диагностическим признаком.

Литература

1. Клоков М. В. Флора УРСР, т. 4. Київ: Вид. АН Укр. РСР. 1952. С. 507–513.

2. Кузьмина М. Л. Гвоздика – Dianthus L. // Флора Восточной Европы. Т XI. М.– СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. С. 273, 280–297.

3. Млынарчик М. П. Dianthus L. – Гвоздика. //Определитель высших растений Беларуси. Минск: Дизайн ПРО, 1999. С. 79–80.

4. Протасевич Р. Т. Dianthus L. – Гвоздика. //Определитель растений Беларуси. Минск: Вышэйшая школа, 1967. С. 263–266.

5. Шишкин Б. К. Гвоздика – Dianthus L. //Флора СССР. Т. VI. М. – Л.: Академия Наук СССР, 1936. С. 803–861.

6. Шишкин Б. К. Гвоздика – Dianthus. //Флора БССР. Т. 2. Минск : Изд. АН БССР, 1949. С. 270–276.

А. И. ПАЦЕВИЧ, Т. А. САУТКИНА

МОРФОЛОГИЯ ПРИЦВЕТНЫХ ЧЕШУЙ КАК ТАКСОНОМИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЙ ПРИЗНАК В РОДЕ *DIANTHUS* L. (CARYOPHYLLACEAE)

Резюме

Изучены морфологические особенности прицветных чешуй у всех видов гвоздик, выявленных на территории Беларуси в естественных фитоценозах и антропогенно нарушенных местообитаниях. Выявлены различия по форме, строению, окраске прицветных чешуй, величине острия, числу и степени выраженности жилок. Установлено, что признаки прицветных чешуй позволяют надежно отличать близкие виды.

A. T. PATSEVICH, A. SAUTKINA,

MORPHOLOGY OF EPICALYX SCALES AS A TAXONOMICALLY SIGNIFICANT CHARACTERISTIC IN *DIANTHUS* L. GENUS (CARYOPHYLLACEAE)

Summary

The morphological features of epicalyx scales in all carnation species found on the territory of Belarus in natural phytocenoses and anthropogenically disturbed habitats were studied. The differences in the shape, structure, color of epicalyx scales, the size of the tip, the number and the degree of veins manifestation were revealed. It was established that the signs of epicalyx scales can be a reliable way to distinguish the allied species.

Поступила в редакцию 11.10.2017 г.

Фитоценология

УДК 630.1:502.4(476.7)

М. В. ЕРМОХИН, В. Е. МЫЧКО, Н. В. КНЫШ, В. В. ЛУКИН

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ВЫСОКОВОЗРАСТНЫХ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩИ

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

Введение. Широколиственные леса Беловежской пущи считаются одним из эталонов естественных лесных экосистем равнинной Европы. Сложная структура насаждений, наличие мертвой древесины, разнообразие видов флоры и фауны – все это выделяет беловежские леса среди окружающих лесных массивов. Однако, несмотря на их почти естественный облик в настоящее время, они на протяжении всей истории своего развития неоднократно претерпевали изменения, вызванные как природными, так и антропогенными факторами [11]. За последние 200 лет в лесах пущи неоднократно проводились рубки леса, в том числе вырубались и старые широколиственные леса. Поэтому участки леса, сохранившиеся нетронутыми до настоящего времени, являются особенно уникальными экосистемами.

Задачей нашего исследования была реконструкция истории развития нескольких модельных многовидовых высоковозрастных древостоев с участием или доминированием широколиственных пород и определение основных факторов, вызывающих изменение их состава и структуры. Основными критериями отбора объектов было доминирование в первом ярусе широколиственных пород деревьев с возрастом не менее 100 лет и отсутствие следов хозяйственной деятельности (пней, старых механических повреждений стволов).

Объекты и методы исследований. Анализ динамики прироста деревьев различных пород проведен для четырех пробных площадей, заложенных в насаждениях разного возраста и состава: двух липняках кисличных, одном кленовнике и одном пихтарнике. Насаждение пихты использовано в данной работе как пример многоярусного, сложного по составу насаждения, в котором широколиственные породы доминируют в трех из четырех ярусов. На рисунке 1 приведена схема размещения пробных площадей, а в таблице 1 – краткая характеристика объектов исследования.

Для анализа динамики радиального прироста разработаны четырнадцать древесно-кольцевых хронологий по семи древесным породам:

– ППП № 4 – пихте белой (*Abies alba* Mill.), ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.), дубу черешчатому (*Quercus robur* L.), клену остролистному (*Acer platanoides* L.), липе сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), грабу обыкновенному (*Carpinus betulus* L.);

– ТПП № 118 – липе сердцевидной, грабу обыкновенному; взяты образцы древесины у единичных деревьев клёна остролистного;

– ТПП № 119 – клену остролистному, грабу обыкновенному, ели европейской;

– ТПП № 122 – липе сердцевидной, осине (*Populus tremula* L.), ели европейской; взяты образцы древесины у единичных старых деревьев дуба черешчатого и граба обыкновенного.

Таблица 1. Краткая характеристика объектов исследования

№ ПП	Лесничество	Кв/выд	Широта/долгота	Тип леса	Состав	Средний возраст, лет
№ 118	Никорское	534/12	N52° 40′ 00″ E23° 57′ 00″	ЛП кис.	I – 10ЛП+Кл+Е+Г II – 10Г+ЛП	120
№ 119	Хвойникское	379/9	N52° 43′ 48″ E23° 59′ 46″	КЛ сн.	I – 8Кл2Е+Я II – 10Г+Лп	190
№ 122	Свислочское	82/28	N52° 52′ 27″ E24° 10′ 21″	Ос кис.	I – 10Ос+Е, Д II – 8Лп2Г	100
№ 4	Никорское	562/13	N52° 39′ 39″ E24° 00′ 27″	Пб кис.	I- 8Пб2Е+Д II – 4Д2Кл2Лп2Ос+Е, Олч, Г III – 6Г 2Кл2Лп+Д, В, Е, Ос ед.Я IV – 4Лп3В3Г1Кл	165

Всего образцы отобраны у 241 дерева, но для построения хронологий не использовались деревья с аномалиями в приросте, а также те, которые не прошли верификацию. Таким образом, общее количество деревьев, вошедших в хронологии, составляет 212. Характеристика древесно-кольцевых хронологий приведена в таблице 2.

Образцы древесины (керны) отбирали приростным буром у 11–23 деревьев каждой породы. Такое количество модельных обеспечивает высокую достоверность результатов в расчетах средней ширины годичных колец. Минимальное количество образцов было отобрано у граба, поскольку процесс их получения является очень трудоемким из-за высокой плотности древесины. Керны (по два у каждого дерева) отбирали из стволов на высоте 1,3 м.

В камеральных условиях подготовленные (подрезка и контрастирование мелом) образцы древесины сканировались на сканере HP ScanjetG4010 с разрешением 1200 dpi. Измерение ширины годичных колец выполнено по отсканированному изображению в программном обеспечении ArcGIS с точностью 0,01 мм.

При наличии годичных колец шириной менее 0,5 мм или невозможности их достоверной идентификации по изображению (в частности для граба) их измерение выполнено с использованием бинокулярного микроскопа MicrosMZ1000. Для каждого дерева из двух измеренных кернов получали усредненный ряд. Перекрестное датирование, выявление ложных и выпавших колец проведено с использованием кросскорреляционного анализа [4].

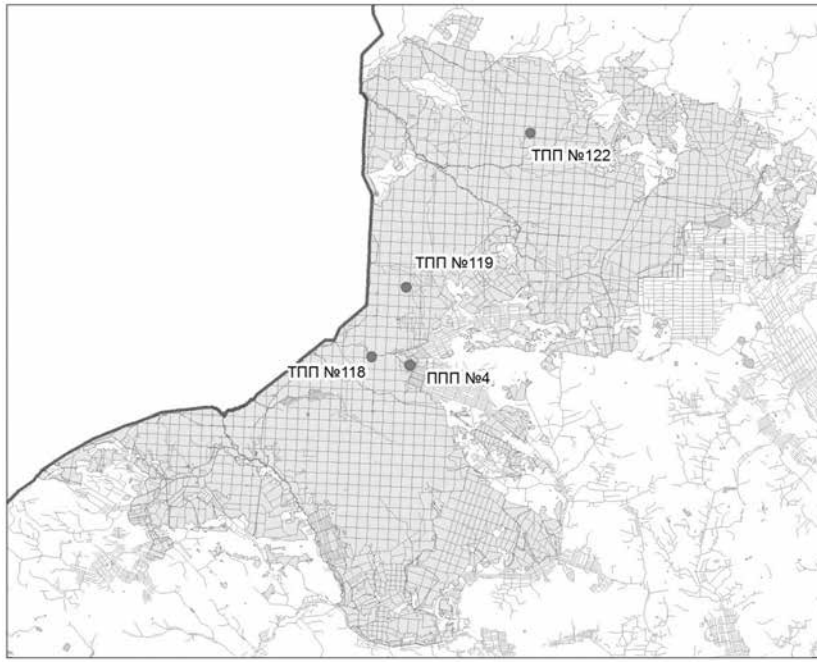


Рис. 1. Схема расположения объектов исследования.

Средний межсериальный коэффициент корреляции использован для оценки взаимосвязи между множеством деревьев при тестировании индивидуальных серий и отдельных хронологий [4]. Для оценки взаимосвязи между разных хронологий использовался также коэффициент синхронности [6]:

$$K_c = n^+ 100 / n - 1,$$

где, n+ – количество совпавших по направлению годичных отрезков сравниваемых кривых, n – длительность сравниваемого интервала времени.

и t-критерий [7]:

$$t = r\sqrt{(n-2)},$$

где r – коэффициент корреляции между сравниваемыми рядами, n – длительность сравниваемого интервала времени. До расчета коэффициента корреляции между рядами, они преобразуются в значения натурального логарифма и нормируются к сплайну с шириной окна 5 лет.

Амплитуду погодичной изменчивости прироста характеризует среднеквадратическое отклонение.

Стандартизация изменчивости радиального прироста проводилась для каждого дерева с дальнейшим усреднением индексов по объекту (пробной площади и древесной породе) и построением стандартизированной хронологии (STD) [3].

Для сглаживания возрастных кривых отдельных деревьев использованы линейная или экспоненциальная кривые, а также функция Хагершофа, разработанная специально для сглаживания возрастной кривой в приросте деревьев. В отдельных случаях для сглаживания использована сплайн-функция (кусочно-сопряженная функция) с заданным окном сплайна и уровнем подавления дисперсии 50 %.

Индивидуальная изменчивость абсолютных и индексированных значений радиального прироста может содержать значительную автокорреляционную составляющую [3]. В нашем случае эта составляющая была смоделирована авторегрессионным (AR) процессом [1].

Для количественной характеристики годичных колебаний прироста использован коэффициент чувствительности, введенный в дендрохронологию А. Е. Дуглассом [2]:

$$K_r = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{t=n-1} \left(\frac{2\left(x_{t+1} - x_t\right)}{x_{t+1} + x_t} \right),$$

где, x – ширина годичного кольца, или индекс прироста за год t,

а n – длительность ряда (лет).

Серия колец считается чувствительной, когда средний коэффициент превышает 0,3

Для анализа климатических данных в реперные годы использованы данные метеорологической станции «Пружаны» о среднемесячных температурах воздуха и месячных суммах осадков. Перекрестное датирование отдельных серий годичных колец и древесно-кольцевых хронологий выполнено в программе COFECHA 6.06P [5], с визуальной проверкой по графикам, построенным в программном пакете Microsoft Excel. Расчеты кривых для элиминирования возрастных трендов, индексов прироста и авторегрессионное моделирование выполнены в программе ARSTAN40c [5]. Кластерный анализ древесно-кольцевых хронологий выполнен в программе Statistica 7.0.

Таблица 2. Характеристика древесно-кольцевых хронологий

№ пробной площади	№ хронологии	Древесная порода	Количество деревьев	Диапазон, годы	Длина хронологии, лет	Количество годичных колец	Хронологии	Коэффициент чувствительности	Среднеквадратическое отклонение	Межсериальный коэффициент корреляции	Максимальный прирост, мм	Автокорреляция 1-го порядка	Доли дисперсии объяснённые AR-моделью, %
ППП№ 4	NPBP02fir	Пб	23	1859–2015	157	2742	raw	-	1,60	0,70	10,80	0,73	-
							std	0,24	0,27	0,48	-	0,51	25,5
							res	0,29	0,23	-	-	-	-
	NPBP03o	Д	20	1925–2015	91	1436	raw	-	1,06	0,65	8,60	0,66	-
							std	0,15	0,17	0,44	-	0,46	21,1
							res	0,18	0,16	-	-	-	-
	NPBP04s	Е	21	1824–2015	192	2690	raw	-	0,94	0,64	7,26	0,75	-
							std	0,19	0,23	0,50	-	0,41	23,5
							res	0,23	0,20	-	-	-	-
	NPBP05h	Г	11	1838–2015	178	1376	raw	-	0,80	0,60	4,45	0,80	-
							std	0,26	0,31	0,52	-	0,52	23,6
							res	0,31	0,26	-	-	-	-
	NPBP62t	Лп	11	1928–2016	89	825	raw	-	1,22	0,52	8,11	0,82	-
							std	0,19	0,25	0,58	-	0,58	36,6
							res	0,23	0,20	-	-	-	-
	NPBP63m	Кл	13	1937–2016	80	914	raw	-	1,01	0,71	5,90	0,61	-
							std	0,28	0,29	0,45	-	0,46	18,8
							res	0,30	0,26	-	-	-	-
ТПП 118	NPBP66t	Лп	15	1904–2016	113	1487	raw	-	1,25	0,59	9,55	0,84	-
							std	0,19	0,25	0,57	-	0,58	35,4
							res	0,23	0,20	-	-	-	-

№ пробной площади	№ хронологии	Древесная порода	Количество деревьев	Диапазон, годы	Длина хронологии, лет	Количество годичных колец	Хронологии	Коэффициент чувствительности	Среднеквадратическое отклонение	Межсериальный коэффициент корреляции	Максимальный прирост, мм	Автокорреляция 1-го порядка	Доли дисперсии объяснённые AR-моделью, %
ТПП 118	NPBP67h	Г	11	1917–2016	100	930	raw	-	0,85	0,59	4,88	0,80	-
							std	0,22	0,23	0,30	-	0,30	10,3
							res	0,25	0,21	-	-	-	-
ТПП 119	NPBP68m	Кл	17	1833–2016	184	2620	raw	-	0,84	0,61	6,40	0,64	-
							std	0,28	0,31	0,47	-	0,47	20,4
							res	0,30	0,27	-	-	-	-
	NPBP69h	Г	11	1853–2016	164	1112	raw	-	0,72	0,54	4,65	0,76	-
							std	0,22	0,24	0,32	-	0,34	9,3
							res	0,27	0,23	-	-	-	-
	NPBP70s	Е	14	1820–2016	197	2014	raw	-	1,05	0,57	7,19	0,80	-
							std	0,18	0,23	0,49	-	0,50	21,6
							res	0,23	0,20	-	-	-	-
ТПП 122	NPBP73t	Лп	15	1922–2016	95	1298	raw	-	0,99	0,64	5,51	0,81	-
							std	0,25	0,34	0,68	-	0,87	47,6
							res	0,24	0,23	-	-	-	-
	NPBP74s	Е	18	1885–2016	132	1573	raw	-	0,99	0,61	8,12	0,79	-
							std	0,19	0,29	0,61	-	0,64	42,1
							res	0,23	0,22	-	-	-	-
	NPBP75asp	Ос	12	1924–2016	93	928	raw	-	1,32	0,58	9,8	0,72	-
							std	0,17	0,21	0,50	-	0,50	21,8
							res	0,20	0,18	-	-	-	-

Результаты и их обсуждение. Наиболее протяженные хронологии построены по ели на ППП № 4 (192 года) и ТПП № 119 (197 лет), немного меньшей протяженности хронологии клёна на ППП № 119 (184 года) и граба на ППП № 4 (178 лет), ТПП № 119 (167 лет). Протяженность хронологии по пихте белой составляет 157 лет (табл. 2).

Отличительной особенностью радиального прироста липы является большое количество выпавших годичных колец в крайне неблагоприятные для роста годы. Особенно это касается периода 1990–2008 гг. у деревьев, находящихся в подчинённом положении. На некоторых образцах древесины может отсутствовать до 5–10 % годичных колец. Однако и у хорошо развитых деревьев первого яруса в отдельные годы могут встречаться выпавшие годичные кольца.

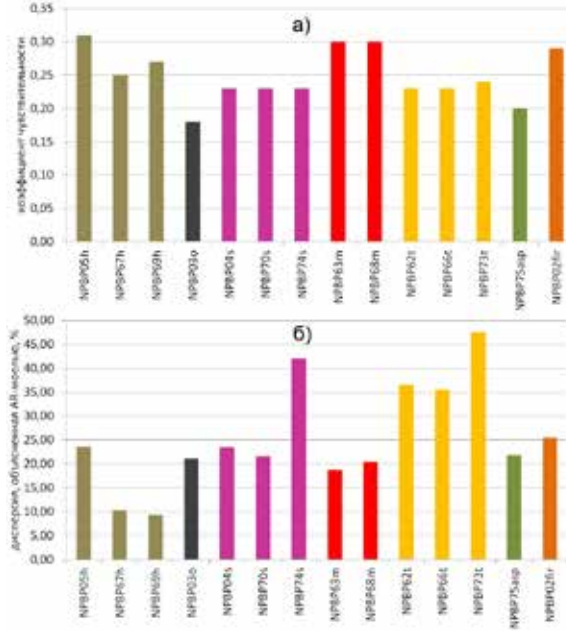


Рис. 2. Доли дисперсии, объяснённые авторегрессионной моделью в стандартизированных хронологиях (а) и коэффициент чувствительности остаточных (RES) хронологий (б).

Все стандартизированные хронологии отличаются средней и высокой автокорреляционной составляющей первого порядка (0,30–0,87): максимальный – у всех хронологий липы и хронологии ели на ПП № 122, минимальный – у хронологий граба на ПП № 118 и № 119 (табл. 2, рис. 2а). Т.е. прирост деревьев липы в большей степени обладает инертностью, что позволяет деревьям сглаживать неблагоприятные погодные условия,

проявляющиеся в течение одного года и, в то же время, медленно реагировать на улучшение условий.

Анализ коэффициентов чувствительности остаточных хронологий (табл. 2, рис. 2б) показывает, что наибольшей чувствительностью к внешним факторам отличаются хронологии пихты белой (коэффициент чувствительности составляет 0,29), граба (0,25–0,31) и клёна (0,30). Наименьшая чувствительность у хронологий дуба (0,18) и осины (0,20). Высокая чувствительность деревьев пихты, граба и клёна сравнима с чувствительностью деревьев ели европейской на территории Беларуси за границей её сплошного распространения [8] и сосны обыкновенной на верховых болотах [9]. Высокие коэффициенты чувствительности позволяют использовать хронологии этих пород для прогноза и реконструкции климатических изменений.

Наибольшей схожестью в приросте отличаются хронологии одной и той же породы из разных насаждений, а также хронологии пихты и ели (даже из разных насаждений) (табл. 3). Более чёткую картину схожести хронологий показывают результаты кластерного анализа.

Независимо от используемого метода кластеризации хронологии разбиваются на четыре группы: в первую из них попали хронологии липы, дуба и осины; во вторую – хронологии граба; в третью – хронологии клёна; в четвертую – ели и пихты. Причём деление на группы происходит на большой дистанции, что свидетельствует о различной реакции деревьев разных пород на климатические факторы даже в пределах одного насаждения. Наибольшая корреляция наблюдается между всеми хронологиями ели (t-критерий достигает 17,8) и всеми хронологиями граба (t-критерий – до 11,9).

Следует отметить хорошую схожесть прироста пихты белой и ели европейской, что позволяет использовать хронологии ели в качестве контрольных для оценки влияния разнообразных факторов на пихту из схожих условий произрастания в регионе Беловежской пущи.

История развития насаждений.

ПП № 4 (по [10]). Наиболее старые деревья в урочище «Тисовик» – это деревья ели европейской и отдельные деревья граба второго яруса. На высоте 1,3 м прирост древесины у отдельных деревьев ели начался в 1824 году, это позволяет оценить абсолютный возраст деревьев в 205–210 лет, граба – в 185–190 лет. В то время, как максимальный возраст сохранившихся деревьев пихты белой составляет 165–170 лет (более половины деревьев пихты). Этот же возраст имеет и большинство деревьев ели (13 из 22 исследованных деревьев). Т.е. появление деревьев, формирующих нынешний первый и частично второй ярус древостоя, приурочено к 1845–1850 гг.

Уже в первые годы жизни рост подроста пихты белой был более интенсивным, чем ели (рис. 3), что, скорее всего, обусловлено её большей теневыносливостью под пологом граба. Но к моменту описания Пачоского в 1920-х годах она все еще преимущественно находилась во втором ярусе древостоя.

Таблица 3. Корреляция (t-критерий) и синхронность между стандартизированными древесно-кольцевыми хронологиями

№ пробной площади	t-критерий/ синхронность	ППП № 4						ТПП № 118		ТПП № 119			ТПП № 122		
		NPBP 02fir	NPBP 03o	NPBP 04s	NPBP 05h	NPBP 62t	NPBP 63m	NPBP 66t	NPBP 67h	NPBP 68m	NPBP 69h	NPBP 70s	NPBP 73t	NPBP 74s	NPBP 75as
ППП № 4	NPBP02fir		58	75	64	56	62	71	75	69	75	75	62	70	60
	NPBP03o	2,34		62	59	67	53	60	62	49	64	56	70	56	55
	NPBP04s	5,72	2,25		55	55	58	64	66	70	63	82	66	71	59
	NPBP05h	3,58	3,42	3,04		71	55	67	80	70	77	63	60	58	59
	NPBP62t	3,56	5,46	2,75	3,99		58	64	63	53	58	58	71	47	62
	NPBP63m	1,55	1,67	2,42	2,05	1,16		51	58	73	60	66	44	60	62
ТПП № 118	NPBP66t	3,55	3,43	2,36	4,22	6,58	-0,80		70	55	64	62	70	56	69
	NPBP67h	4,16	1,56	1,84	8,13	4,00	0,67	3,26		64	85	69	66	63	56
ТПП № 119	NPBP68m	4,08	1,93	3,59	3,41	1,56	6,27	0,25	1,81		70	73	48	70	58
	NPBP69h	4,72	3,99	2,84	11,85	5,05	3,45	3,16	9,12	4,85		71	60	66	48
	NPBP70s	5,74	2,32	17,81	4,27	3,37	2,83	2,22	2,98	3,47	4,64		60	77	56
ТПП № 122	NPBP73t	1,01	4,71	3,18	1,66	4,72	0,55	5,11	0,13	1,43	1,17	3,45		63	59
	NPBP74s	6,66	2,76	8,92	5,08	3,56	2,31	3,10	3,61	4,69	5,86	10,67	2,91		51
	NPBP75asp	1,34	3,50	1,07	2,76	3,10	1,05	2,07	0,85	2,40	3,16	1,18	2,68	0,94	



Резкое изменение в составе и структуре насаждения произошло в 1929–1930-х гг. Деревья пихты скачкообразно увеличили годичный прирост, в среднем более чем в два раза. В течение 6 лет пихта белая обогнала в росте ель, вышла в первый ярус и с тех пор доминирует в насаждении. К этому же периоду приурочен и выход дуба, клёна, липы и большинства деревьев граба, из подроста в древесный ярус.

Такие резкие изменения могли быть связаны только с распадом первого яруса древостоя и, возможно, второго яруса из граба. В 1929–1930 гг. произошла радикальная трансформация насаждения в результате рубки или ветровала, что и привело к доминированию пихты белой в древесном ярусе, способствовало благополучному выходу из подроста и развитию коренных широколиственных пород, которые в настоящее время формируют нижние яруса древостоя. Об этом свидетельствует и устойчиво высокий прирост деревьев дуба на протяжении всех последних 90 лет. Фактически в настоящее время насаждение является ступенчато-разновозрастным с несколькими поколениями: I поколение – ель (210 лет), II поколение – пихта белая, граб (170–190 лет), III поколение – дуб, граб, липа, клён (100 лет), к IV поколению относятся деревья IV яруса и подрост (20–40 лет).

Деревья дуба, липы и клёна пород отличаются стабильно высоким приростом в последние годы, что свидетельствует об их хорошем жизненном состоянии, несмотря на происходящие климатические изменения. Только у деревьев липы отмечалось сильное угнетение в 2003–2008 гг. и в 2015–2016 гг., связанное с сильными засухами. Прирост деревьев граба низкий, но достаточно устойчивый. Он не способен конкурировать в росте с более быстро растущими породами и поэтому будет продолжать доминировать в III и участвовать в сложении II яруса. В случае гибели оставшихся деревьев пихты белой насаждение трансформируется в трехъярусное широколиственное насаждение с доминированием дуба, которое может существовать в таком состоянии на протяжении нескольких сотен лет.

ПП № 118. Представляет собой чистое липовое насаждение с небольшой долей в составе клена и вторым ярусом граба. Наиболее старые деревья в насаждении – это деревья клёна остролистного. Их возраст достигает 165–170 лет. Эти деревья чётко зафиксировали период распада основного полога древостоя – 1892–1894 гг. (рис. 3). В эти годы радиальный прирост деревьев клёна резко увеличился более чем два раза и продолжал сохраняться на высоком уровне до 1930-х годов.

К периоду резкого увеличения прироста приурочено и появление деревьев граба и липы. Их возраст в настоящее время составляет 120 лет. Липа за счёт большей скорости сформировала первый ярус древостоя, а граб – второй.

В хронологии липы отмечается сильное угнетение, аналогичное угнетению липы в насаждении на ПП № 4, но более продолжительное в период 1992–2007 гг., а также в последние 2 года. У клёна и граба отмечено незначительное увеличение прироста в последние 10–20 лет, что может быть связано с выпадением из состава древостоя деревьев первого яруса.

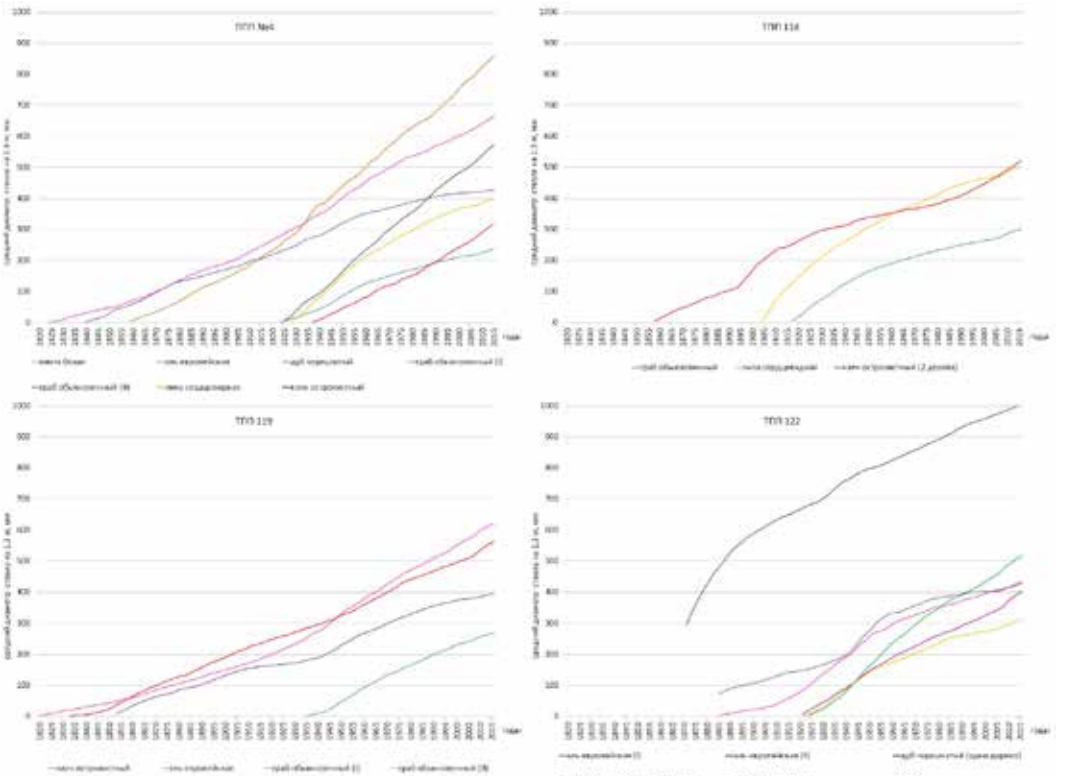


Рис. 3. Динамика среднего прироста стволов деревьев по диаметру.

Учитывая невысокий возраст деревьев липы и граба, их хорошее состояние, можно заключить, что в ближайшие десятилетия структура и состав насаждения останутся без изменений.

ПП № 119. Представляет собой смешанное елово-кленовое насаждение со вторым ярусом граба. Это одно из наиболее старых обследованных насаждений. Возраст ели достигает 210 лет, клёна – 190, отдельных деревьев граба – 170 (рис. 3).

Отличительной особенностью насаждения является то, что все деревья клёна одного возраста (различия на высоте 1,3 м в пределах 15 лет). Распад предыдущего насаждения произошел около 1850 года. Это чётко видно в резком увеличении радиального прироста деревьев клёна (в 3 раза).

У деревьев ели постоянное увеличение прироста наблюдалось до 1940 года, после чего прирост стабилизировался. Динамика изменения прироста ели показывает, что до этого времени она находилась в подчинённом положении и только в период 1940-х годов она стала доминировать в пологе. В эти же годы произошло резкое увеличение прироста у деревьев граба первого поколения и в составе древостоя появились деревья граба второго поколения. В динамике прироста деревьев клёна таких чётких изменений нет.

Наиболее вероятно, что к 1940-м годам на этом месте существовало двухъярусное сомкнутое насаждение с доминированием ели и клёна в первом ярусе и грабом во втором. Но в 1940-х годах произошла почти полная гибель елового элемента леса, что и нашло отражение в увеличении прироста угнетенных деревьев ели и граба и бурном развитии второго поколения граба. Рубку, вероятно, следует исключить, поскольку сохранилось большое количество деревьев клёна и ели первого яруса.

В настоящее время прирост у деревьев стабильный, свидетельствующий о том, что в ближайшие десятилетия структура насаждения останется без изменений. В случае продолжительных засушливых периодов из состава насаждения могут полностью выпасть деревья ели. Так в 2016 году наблюдалось резкое падение прироста после засушливых 2015–2016 вегетационных периодов.

ПП № 122. По запасу древостоя насаждение можно отнести к смешанному осиново-липовому насаждению, однако по структуре в древостое чётко выделяется два яруса: первый – монодоминантный из осины с единичными деревьями дуба и ели; и второй – смешанный из липы и ели с единичными деревьями граба. Таким образом, в настоящее время насаждение можно отнести к осиннику.

В древостое чётко выделяется два поколения. Первое из них представлено единичными деревьями дуба, граба и ели возрастом 140–160, сохранившимися от предыдущего насаждения. Второе поколение – осина, липа и ель возрастом 100 лет (рис. 3).

Формирование нынешнего насаждения началось после рубки/распада предшествующего насаждения в 1920-х годах. Его распад чётко виден в динамике прироста сохранившихся старых деревьев дуба, граба и ели. И о нём свидетельствует дружное появление и активный рост деревьев

осины, липы и ели. Осина, отличаясь высокой энергией роста, быстро обогнала прочие породы и сформировала первый ярус. В настоящее время её возраст составляет 100 лет, что является почти предельным возрастом для осины. Все деревья осины, из которых были отобраны керны, поражены стволовой гнилью, а на многих деревьях – многочисленные плодовые тела трутовых грибов. Смена доминанта в первом ярусе с осины на липу уже началась, о чём свидетельствуют и свежий валёж осины и увеличение прироста липы, граба и ели, начиная с 2008 года. В последние два очень засушливых года состояние деревьев ели и липы несколько ухудшилось, однако при благоприятных условиях 2017 года оно быстро восстановится. Как и в выше описанных насаждениях в приросте липы в 1990–2000 гг. наблюдалась сильная депрессия, связанная с частыми засухами.

Учитывая особенности динамики прироста деревьев, в ближайшие 10–20 лет можно ожидать смены доминанта в первом ярусе древостоя с осины на липу и формировании чистого липового насаждения с единичными деревьями ели в первом ярусе и разреженным вторым ярусом граба. Т.е. насаждение по своей фитоценотической структуре через 20–30 лет будет схоже с насаждением на ПП№ 118 в настоящее время.

Влияние метеорологических факторов на динамику радиального прироста деревьев. Для анализа влияния климатических факторов на радиальный прирост деревьев были разработаны корреляционные функции и функции отклика прироста на климат для обобщённых хронологий липы, клёна, дуба, граба, ели, пихты, осины.

Функция отклика для пихты белой объясняет 67,0% изменчивости радиального прироста в остаточной хронологии [10]. Это один из наиболее высоких показателей для деревьев, произрастающих на территории Беларуси. Обычно такие показатели более характерны для деревьев, растущих в горах и на северных границах леса. Находясь за границей своего естественного ареала, пихта белая гораздо более четко реагирует на все происходящие климатические изменения по сравнению с аборигенными породами деревьев.

Наиболее чувствительна она к зимним и ранневесенним температурам воздуха (рис. 4а). Положительные коэффициенты корреляции прироста с температурами декабря-марта составляют 0,43–0,52, что является исключительно высоким показателем для древесных пород на территории Беларуси. Это свидетельствует о том, что распространение пихты на восток в зоны с континентальным климатом ограничено более суровыми зимами.

Высокие температуры мая и июня наоборот ведут к угнетению прироста. Среди осадков ведущая роль принадлежит осадкам марта и апреля (положительная корреляция), мая (отрицательная корреляция) и июля-августа (положительная корреляция). Большое количество осадков в начале и середине вегетационного сезона положительно сказывается на росте пихты.

Потепление климата, начавшееся в 1990-х годах, отличается резким повышением именно зимних температур воздуха при сохранении количества осадков. Это создало исключительно благоприятные условия для усиления роста пихты белой и улучшения перезимовки подроста. Однако

холодные зимы и резкие падения зимних температур приводят к ослаблению деревьев в гораздо большей степени, чем изменение гидрологического режима территории [10].

У деревьев ели, находящихся в пределах своего ареала, хотя и у его границы, таких четких зависимостей с климатическими факторами нет. Доля дисперсии, объясненная моделью «климат-прирост» составляет 36,5 %. Из значимых факторов можно отметить положительную корреляцию с температурами февраля, марта, апреля и сентябрем, октябрем предыдущего года и высокую положительную корреляцию с осадками в середине вегетационного сезона – в июне-августе (рис. 4б). Т.е. ель в гораздо большей степени, чем пихта, чувствительна к засухам в летний период и изменению гидрологического режима.

У липы нет чётко выраженных корреляционных связей с температурой воздуха. Отмечена только положительная корреляция со среднемесячными температурами мая (рис. 4в). Но липа одна из наиболее чувствительных пород к осадкам летних месяцев и, в первую очередь, июня-июля. Корреляция прироста с осадками превышает 0,3 для каждого из этих месяцев. Поэтому неудивительно, что десятилетие 1990–2000 гг. и два последних года стали для липы крайне неблагоприятными. Тем не менее, липа способна успешно выдерживать такие периоды и восстанавливать свой прирост.

Клён остролистный наиболее чувствителен к поздневесенним и раннезимним температурам воздуха (рис. 4г). Коэффициенты корреляции прироста с температурами ноября и декабря предыдущего года составляют 0,25 и 0,29 соответственно. В то же время не выявлено значимых связей прироста с осадками, в том числе и с осадками летних месяцев.

Граб сочетает в себе чувствительность к температурам декабря предыдущего года, в чем он схож с клёном и пихтой белой, с чувствительностью к летним засухам (рис. 4д). В этом он схож с липой, поскольку коэффициенты корреляции прироста с осадками июня-июля достигают 0,3.

Дуб черешчатый (рис. 4е) и осина (рис. 4ж), отличаются наименьшей чувствительностью к климатическим факторам. Значимая положительная корреляция отмечена только между приростом и среднемесячными температурами мая у дуба и осины, а также осадками июня у дуба. И дуб, и осина гораздо слабее реагируют на продолжительные засушливые периоды, что обеспечивает их высокую устойчивость и стабильный прирост на протяжении всей жизни. Так у осины даже в столетнем возрасте абсолютный радиальный прирост выше, чем у граба, липы и ели того же возраста.

Разная реакция на одни и те же климатические факторы различных древесных пород обеспечивает повышенную устойчивость смешанных насаждений к внешним воздействиям по сравнению с монодоминантными. Устойчивые продолжительные климатические изменения соответственно приводят к сменам в составе и структуре насаждений, создавая благоприятные условия для одних пород и угнетая другие.

Заключение. При исследовании особенностей прироста деревьев различных пород, произрастающих в широколиственных насаждениях на территории Беловежской пущи мы постарались рассмотреть ряд во-

просов: от реконструкции динамики древостоев до влияния на прирост климатических факторов. Это позволило установить ряд особенностей, на которые исследователи до сих пор обращали мало внимания.

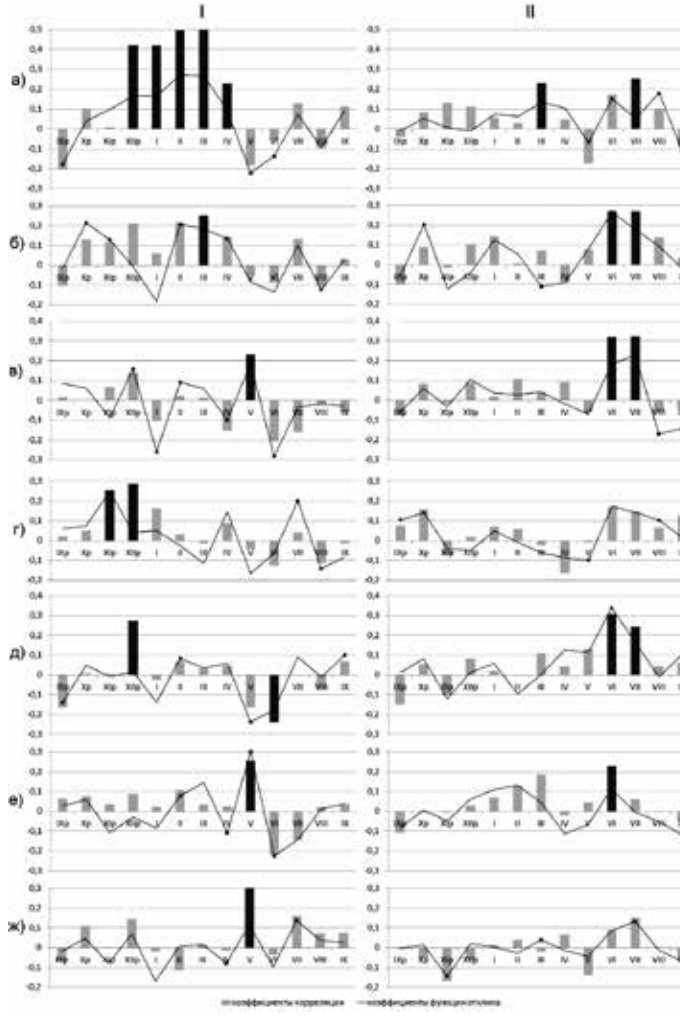


Рис. 4. Коэффициенты корреляции и функции отклика радиального прироста с месячными суммами осадков и среднемесячными температурами воздуха. Значимые при $p < 0.05$ выделены темным цветом и маркерами: а) пихта белая, б) ель европейская, в) липа сердцевидная, г) клен остролистный, д) граб обыкновенный, е) дуб черешчатый, ж) осина.

Во-первых, причиной начала формирования всех обследованных древостоев стал одномоментный (в течение 1–3 лет) распад полога предшествующих насаждений в разные периоды времени: на ПП № 4 – в 1929–30-х годах, на ПП № 118 – в 1892–1894 гг., ПП № 119 – в 1840-х и 1940-х годах, на ПП № 122 – в 1920-х годах. Причём только о насаждении на ПП № 119 можно говорить, что в 1940-х годах происходил естественный распад насаждения в течение нескольких лет. Во всех остальных насаждениях результатом гибели предшествующих насаждений были либо рубки леса, либо массовое усыхание еловых древостоев.

Во-вторых, во всех насаждениях сохранились единичные деревья от предшествующих насаждений возрастом до 210 лет. Наиболее старые деревья ели европейской (до 210 лет), клёна остролистного (до 190 лет) и граба (190 лет). Причём отдельные деревья граба даже в этом возрасте отличаются хорошим состоянием. У всех из них в радиальном приросте чётко фиксируются периоды распада насаждений.

В-третьих, поскольку распад древостоев происходил одномоментно, то все обследованные насаждения являются одновозрастными с небольшой долей деревьев более высокого возраста. Некоторым исключением является насаждение в урочище «Тисовик», где в настоящее время сформировалось многоярусное разновозрастное насаждение из семи пород деревьев.

В-четвертых, в ближайшие десятилетия можно ожидать, что состав и структура обследованных насаждений останутся без существенных изменений. На ПП № 119 возможно выпадение из состава сохранившихся деревьев ели. На ПП № 122 произойдет смена доминанта в первом ярусе с осины на липу (осина полностью выпадет из состава первого яруса древостоя). На ПП № 4 возможна гибель крупных деревьев пихты, что приведет к трансформации пихтарника в смешанное широколиственное насаждение с доминированием дуба.

В-пятых, в условиях происходящих и прогнозируемых климатических изменений из исследованных пород преимущество в скорости роста получают те из них, для которых: 1) благоприятны теплые поздняя осень и зима; 2) летние засухи не являются основным лимитирующим фактором. К первым из них из числа исследованных пород относятся пихта белая, клён и граб, ко вторым – осина, дуб, клён.

Литература

1. Briffa K., Cook E. // Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences. Boston, 1990. P. 240–247.

2. Fritts H. C. // Trans. Amer. Geolog. Union., 1969, V. 50. P. 22–29.

3. Fritts H.C. Tree-rings and climate.London; N.Y.; San Francisco:Acad. Press,1976. 576 p.

4. Holmes R.L. // Tree-Ring Bull., 1983. № 44. P. 69–75.

5. Holmes R.L. Dendrochronology program library. Users manual. Tucson, Arizona, 1984. 51 p.

6. Huber B. Holz als Roh und Werkstoff, 1943. P. 263-268.

7. Pilcher J.R., Baillie M., Schmidt B. and Becker B. // Nature. 1984. V. 312. P. 150–152.

8. Ермохин М.В., Пугачевский А.В. // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. Навук. 2009. № 1. С. 51–55.

9. Ермохин М.В., Савельев В.В. // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. 2011. Вып. 6. С. 28–44.

10. Ермохин М.В. и др. // Беловежская пуща. Исследования. Брест: Альтернатива, 2016. Вып. 14. С. 57–81.

11. Пармузина И.С., Черкас Н.Д. Царские охоты в Беловежской пуще. Страницы истории. Изд-во «Беларусь». 2017. 127 с.

М. В. ЕРМОХИН, В. Е. МЫЧКО, Н. В. КНЫШ, В. В. ЛУКИН

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ВЫСОКОВОЗРАСТНЫХ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩИ

Резюме

Установлено, что причиной начала формирования всех обследованных древостоев стал одномоментный (в течение 1–3 лет) распад полога предшествующих насаждений в разные периоды времени с конца XIX до середины XX века. Только в кленовнике кисличном происходил естественный распад насаждения в 1940-х годах. Во всех древостоях других видов результатом гибели предшествующих насаждений были либо рубки леса, либо массовое усыхание еловых древостоев.

В условиях происходящих и прогнозируемых климатических изменений из исследованных пород преимущество в скорости роста получают те из них, для которых: 1) благоприятны теплые поздняя осень и зима; 2) летние засухи не являются основным лимитирующим фактором. К первым из них из числа исследованных пород относятся пихта белая, клён и граб, ко вторым – осина, дуб, клён.

M. V. YERMOKHIN, V. E. MYCHKO, N. V. KNYSH, V. V. LUKIN

RECONSTRUCTION OF THE DYNAMIC OF OLD-AGED BROADLEAVED FORESTS OF BELOVEZHSKAYA PUSHCHA

Summary

It was determined that the causes of all examined stands formation were one-time (within 1–3 years) breakdowns of the previous stands canopy at the different periods from the end of XIX up to middle of XX centuries. The maple stand is only one where breakdown of canopy was gradual (in 1940s). All other stands came into the world after the death of the previous stands as a result of cutting or unfavorable weather conditions (windfalls or droughts).

The current and the predicted climatic conditions is/will be favorable for those tree species: 1) which growth increases in the warm late previous autumn and warm winter; 2) which growth is not strictly limited by summer draughts. The first of them are Silver fir, Norway maple and hornbeam, the second are English oak, Norway maple and aspen.

Поступила в редакцию 24.11.2017 г.

УДК 581.52; 574.38

С. А. ЖДАНОВИЧ [1], И. Н. ВЕРШИЦКАЯ [2]

ДИНАМИКА ЗАРАСТАНИЯ КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ В ЛЕСАХ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАЦИЙ

[1]Белорусский государственный технологический университет, г. Минск
[2]Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Крупные древесные остатки (КДО) – важный компонент лесных экосистем, включающий в естественно развивающихся лесах валежник, сухостой и их части. В лесах КДО являются местообитанием многочисленных видов грибов, растений и животных, выполняют определенные экологические функции: увеличение разнообразия условий обитания под пологом и на вырубках, накопление органики древесных отходов, обогащение почвы и пр. Доля КДО в лесах, не затронутых хозяйственной деятельностью, в среднем составляет около 20 % от общего запаса растущего древостоя и отпада [1].

В процессе биогенной деструкции, а также в результате воздействия абиотических факторов (увлажнение, сезонные колебания температур) КДО претерпевают существенные изменения водно-физических и химических свойств [2,3,4]. Эти преобразования сопровождаются повышением влажности древесины, ее размягчением и фрагментацией [3,5], изменением концентрации минеральных элементов [6], делая доступным КДО в качестве субстрата для многочисленных видов высших сосудистых растений, мхов и лишайников в лесах [7, 8, 9].

Целью настоящей работы было изучение видового состава высших сосудистых растений, поселяющихся на КДО в лесах Беларуси, а также исследование динамики проективного покрытия растительности в процессе деструкции КДО.

Объекты и методы исследования. Исследования проводили на пробных площадях, заложенных в малонарушенных лесных экосистемах, характеризующихся естественным запасом и распределением по стадиям разложения КДО. Обследованные насаждения были расположены в Национальном парке «Беловежская пуща», Березинском биосферном заповеднике, Полоцком, Полоцком учебно-опытном и Борисовском опытном лесхозах и представлены 7 типами леса 4 лесных формаций: сосняками мшистыми (*Pinetum pleuroziosum*) и черничными (*P. myrtillosum*); ельниками черничными (*Piceetum myrtillosum*) и папоротниковым (*P. filicosum*), дубравой снытевой (*Quercetum aegopodiosum*), ясенниками крапивным (*Fraxinetum urticosum*) и снытевым (*F. aegopodiosum*). К КДО относили валеж с максимальным диаметром 8 см и более и длиной (высотой) не менее 1 м, на котором и проводили учет растений. Дифференциацию валежа всех древесных пород по степени деструкции осуществляли с помощью шкалы разложения валежной древесины [10] на основе шкалы стадий

разложения валежа ели, предложенной В. Г. Стороженко [11]. Всего обследовано 748 валежных колод различных стадий разложения.

Для каждого вида высших сосудистых растений, выявленного на валеже, устанавливали проективное покрытие как отношение площади проекции частей растения к площади горизонтальной проекции валежа, которая рассчитывалась на основании измеренных двух диаметров и длины колоды по формуле площади равносторонней трапеции. Среднее проективное покрытие и встречаемость рассчитывались для каждого вида в разрезе стадий разложения валежа. В зависимости от встречаемости устанавливалось постоянство вида на основании следующей шкалы: I (1–19 %); II (20–49 %); III (50–79 %); IV (80–100 %) [12]. Для оценки обилия вида использован индекс фитоценотической значимости В. М. Понятовской и И. В. Сырокомской [13], который рассчитывался по формуле (1).

$$l = B \times D, \quad (1)$$

где B – среднее проективное покрытие вида, %;

D – встречаемость вида, %.

Для мохообразных определяли общее проективное покрытие и доминирующие виды.

Результаты и их обсуждение. В обследованных насаждениях на валеже было отмечено произрастание 55 видов высших сосудистых растений, которые практически все были представлены в составе живого напочвенного покрова, подлеска и подроста обследованных насаждений и являлись обычными для данных типов леса. Исключение составили несколько сорных видов: *Conyza canadensis*, *Galeopsis bifida*, *Taraxacum officinale*, *Stellaria media*. В целом для всех типов леса отмечена тенденция увеличения фитоценотической значимости видов по мере возрастания степени разложения валежа (табл. 1).

Таблица 1. Постоянство и индекс фитоценотической значимости высших сосудистых растений, произрастающих на валеже различных стадий разложения

Латинское наименование вида растения	Стадия разложения									
	1		2		3		4		5	
	Постоянство, балл | Индекс фитоценотической значимости									
Дубрава снытевая / Д3										
Acer platanoides L.					II	11,8	I	2,7	II	6,3
Conyza canadensis (L.) Cronq.					II	9,1				
Dryopteris carthusiana (Vill.) H. P. Fuch			I	10,7						
Galeobdolon luteum Huds.							I	9,4		
Galeopsis bifida Boenn.			I	2,1						
Galium odoratum (L.) Scop.							I	5,6		
Geranium robertianum L.							I	9,2		

Продолжение таблицы 1

Латинское наименование вида растения	Стадия разложения									
	1		2		3		4		5	
	Постоянство, балл | Индекс фитоценотической значимости									
Mycelis muralis (L.) Dumort.			I	6,4			I	19,4		
Oxalis acetosella L.			I	41,4	II	141,8	II	115,9	II	37,5
Populus tremula L.							I	0,4		
Stellaria holostea L.							I	1,8	II	18,8
Stellaria media (L.) Vill.									II	19,7
Taraxacum officinale Wigg.			I	2,1						
Urtica dioica L.							I	1,8		
Viola riviniana Reichenb.			I	2,1						
Ельник папоротниковый / C_4										
Alnus glutinosa (L.) Gaertn.					I	1,6				
Chrysosplenium alternifolium L.					I	1,6				
Dryopteris carthusiana (Vill.) H. P. Fuch			I	0,2	I	5,0	I	1,4	I	4,8
Glechoma hederacea L.			I	3,0						
Impatiens noli-tangere L.					I	0,8				
Luzula pilosa (L.) Willd.			I	0,1			I	0,1	I	2,4
Lycopodium annotinum L.			I	0,1						
Majanthemum bifolium (L.) F. W. Schmidt			I	0,2						
Molinia caerulea (L.) Moench			I	0,2						
Oxalis acetosella L.			I	25,5	II	65,6	II	10,2	II	63,9
Picea abies (L.) Karst.			I	0,9	I	4,1	II	32,8	II	85,3
Rhodococcum vitis-idaea (L.) Avror.							I	0,3		
Solanum dulcamara L.					I	0,8				
Urtica dioica L.					I	0,8				
Vaccinium myrtillus L.			I	2,8	I	0,8	I	0,6		
Veronica officinalis L.								8,3		
Ельник черничный / C_2										
Athyrium filix-femina (L.) Roth							I	12,2	–	–
Betula pendula Roth			I	2,1					–	–
Calamagrostis arundinacea (L.) Roth					II	4,3	I	9,5	–	–
Carex digitata L.							I	6,8	–	–
Dryopteris carthusiana (Vill.) H. P. Fuch							I	27,1	–	–
Luzula pilosa (L.) Willd.			I	0,6					–	–
Lycopodium annotinum L.			I	4,4					–	–
Oxalis acetosella L.			I	1,3	I	10,8	I	11,3	–	–
Picea abies (L.) Karst.			I	15,5	II	70,5	I	6,8	–	–
Pinus sylvestris L.			I	0,7					–	–
Rhodococcum vitis-idaea (L.) Avror.			I	0,2					–	–
Sorbus aucuparia L.							I	4,1	–	–

Продолжение таблицы 1

Латинское наименование вида растения	Стадия разложения									
	1		2		3		4		5	
	Постоянство, балл | Индекс фитоценотической значимости									
Stellaria holostea L.			I	0,6					–	–
Trientalis europaea L.							I	4,1	–	–
Vaccinium myrtillus L.			I	5,6			I	17,1	–	–
Сосняк мшистый / $А_2$										
Betula pendula Roth									I	3,3
Calluna vulgaris (L.) Hull					I	0,3				
Chimaphila umbellata (L.) W. Barton							I	3,9		
Picea abies (L.) Karst.									I	1,6
Pinus sylvestris L.			I	0,1	I	3,4	I	10,4	I	8,2
Rhodococcum vitis-idaea (L.) Avror.			I	0,1	II	57,5	II	40,0	II	72,7
Vaccinium myrtillus L.					II	77,6	II	59,1	II	137,7
Сосняк черничный / $В_2$										
Dryopteris carthusiana (Vill.) H.P. Fuch					I	0,1			I	0,9
Picea abies (L.) Karst.							I	0,2		
Pinus sylvestris L.					I	0,1	I	2,0		
Rhodococcum vitis-idaea (L.) Avror.			I	1,0	I	7,1	I	7,3	I	27,5
Trientalis europaea L.					I	0,1				
Vaccinium myrtillus L.			I	0,1	I	45,1	II	22,6	II	68,6
Vaccinium uliginosum L.					I	0,2			I	19,2
Ясенник крапивный / $Д_4$										
Acer platanoides L.			I	1,1	I	3,8				
Athyrium filix-femina (L.) Roth					I	1,4				
Chelidonium majus L.			I	0,2						
Dryopteris carthusiana (Vill.) H.P. Fuch			I	1,4			I	5,3		
Fraxinus excelsior L.			I	0,2						
Galeobdolon luteum Huds.			I	3,7	I	8,0	II	18,5	II	36,5
Galium aparine L.					I	0,3				
Geranium robertianum L.			I	4,8	I	15,6				
Geum rivale L.					I	0,1				
Glechoma hederacea L.			I	1,9						
Hepatica nobilis Mill.					I	0,2				
Impatiens noli-tangere L.			I	0,4	I	0,2	I	5,3		
Lycopus europaeus L.			I	0,4	I	0,9				
Oxalis acetosella L.			I	35,6	I	42,7	II	113,6	II	109,4
Picea abies (L.) Karst.			I	0,1						
Rubus idaeus L.			I	0,1			I	42,3		
Stellaria holostea L.			I	0,1	I	2,8	I	7,3		
Urtica dioica L.			I	8,6	I	8,2				

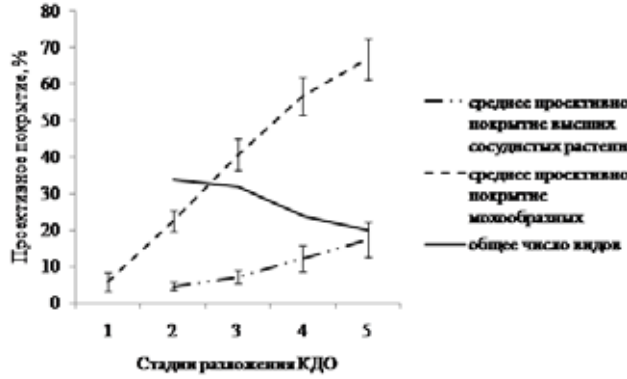
Окончание таблицы 1

Латинское наименование вида растения	Стадия разложения									
	1		2		3		4		5	
	Постоянство, балл | Индекс фитоценотической значимости									
Ясенник папоротниковый / C_4										
Aegopodium podagraria L.					I	6,6				
Alnus glutinosa (L.) Gaertn.			I	0,8						
Athyrium filix-femina (L.) Roth									I	7,8
Betula pendula Roth			I	0,5	I	1,3				
Carex digitata L.					I	13,4				
Chrysosplenium alternifolium L.					I	0,1				
Cirsium arvense (L.) Scop.			I	0,3						
Crepis paludosa (L.) Moench					I	6,2				
Dryopteris carthusiana (Vill.) H.P. Fuch			I	1,2	I	1,5	II	116,7		
Equisetum sylvaticum L.					I	2,2				
Fraxinus excelsior L.			I	0,1						
Galeobdolon luteum Huds.			I	2,8	I	4,4				
Geranium robertianum L.			I	1,9	I	4,0				
Geum rivale L.			I	0,2	I	2,2			I	1,6
Glechoma hederacea L.			I	1,0	I	6,6				
Impatiens noli-tangere L.			I	6,2			II	58,3		
Naumburgia thyrsiflora (L.) Reichenb.									I	7,8
Naumburgia thyrsiflora (L.) Reichenb.									I	7,8
Oxalis acetosella L.			I	8,9	I	43,3			I	93,8
Picea abies (L.) Karst.			I	0,1	I	0,4				
Ranunculus lanuginosus L.			I	0,3						
Ranunculus repens L.									I	1,6
Rubus idaeus L.			I	1,2					I	6,3
Rubus saxatilis L.			I	0,2	I	0,4				
Solanum dulcamara L.			I	0,4						
Sorbus aucuparia L.			I	0,1						
Stellaria nemorum L.					I	0,1			I	12,5
Ulmus glabra Huds.			I	0,1						
Urtica dioica L.			I	1,5			II	58,3	I	7,8

Примечания:

1) В ельнике черничном на пробной площади валеж 5 стадии отсутствовал;
2) ДЗ – эдафотоп (буква – трофотоп, цифра – гигротоп);
3) Пустые ячейки означают, что виды не были выявлены.

Наряду с этим отмечается уменьшение количества таксонов, что, вероятно, связано с возрастанием конкуренции со стороны вегетативно-подвижных длиннокорневищных (*Oxalis acetosella, Urtica dioica, Rhodococcum vitis-idaea, Vaccinium myrtillus, Stellaria holostea*), ползучих (*Galeobdolon luteum*) и корнеотпрысковых видов (*Rubus idaeus*), а также со стороны мохообразных, проективное покрытие которых возрастало по мере увеличения степени разложения колод (рис. 1).



Вертикальными планками обозначены стандартные ошибки средних значений.

Рис. 1. Динамика общего числа видов, проективного покрытия высших сосудистых растений и проективного покрытия мохообразных на валеже различных стадий разложения.

Состав доминирующих таксонов мохообразных, выявленных на КДО в обследованных насаждениях, включал 46 видов, их перечень с указанием субстратной характеристики (породного состава и стадий разложения КДО) приведен в таблице 2.

Таблица 2. Перечень доминирующих таксонов мохообразных, выявленных на КДО в обследованных насаждениях

Латинское наименование вида мохообразных	Типы леса насаждений, в которых выявлен вид	Характеристика КДО	
		Древесные породы	Стадии разложения
Amblystegium serpens (Hedw.) Schimp.	Я.кр.	Я	1, 2, 3
Amblystegium subtile (Hedw.) Schimp.	Я.кр.	Я	2, 3
Amblystegium varium (Hedw.) Lindb.	Я.кр.	Я	1, 2, 3
Anomodon attenuatus (Hedw.) Huebener	Я.кр.	Я	1, 2
Anomodon viticulosus (Hedw.) Hook. & Taylor	Я.кр.	Я	1, 2

Продолжение таблицы 2

Латинское наименование вида мохообразных	Типы леса насаждений, в которых выявлен вид	Характеристика КДО	
		Древесные породы	Стадии разложения
Brachythecium oedipodium (Mitt.) A. Jaeger	Д.кис., Я.кр.	Д, Я	1
Brachythecium rutabulum (Hedw.) Schimp.	Е.чер., Я.кр.	Е	1
Brachythecium salebrosum (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) Schimp.	Д.кис., Е.чер., Я.кр.	Д, Е, Я	1, 2
Brachythecium sp.	Я.пап.	Ол(ч), Я	2
Brachythecium velutinum (Hedw.) Schimp.	Д.кис.	Д	1
Callicladium haldanianum (Grev.) H.A. Crum	Д.кис.	Д, С	1, 5
Campilium sp.	Е.чер.	Е	1
Climacium dendroides (Hedw.) F. Weber & D. Mohr	Е.чер.	Е	5
Crossogyna autumnalis (DC.) Schljakov	Я.кр.	Я	1, 2, 3, 4
Dicranum polysetum Sw.	Д.кис., Е.пап., Е.чер., С.мш., С.чер.	Б, Д, Е, С	1, 2, 3, 4, 5
Dicranum scoparium Hedw.	Д.кис., Е.пап., Е.чер., С.мш., С.чер.	Б, Д, Е, Ос, С	1, 2, 3, 4, 5
Dicranum sp.	Е.пап., Е.чер., С.мш., С.чер., Я.пап.	Б, Е, С, Я	1, 2, 3, 4, 5
Eurhynchium pulchellum (Hedw.) Jenn.	Я.кр.	Ол(ч)	3, 4
Herzogiella seligeri (Brid.) Z. Iwats.	Д.кис., Е.чер., Я.кр.	Е, С	1, 3, 4
Homalia trichomanoides (Hedw.) Schimp.	Я.кр.	Я	2
Hylocomium splendens (Hedw.) Schimp.	Е.пап., Е.чер., С.мш., С.чер.	Б, Е, С	1, 2, 3, 4, 5
Hypnum arcuatum Hedw.	Е.чер.	Д	2
Hypnum cupressiforme Hedw.	Д.кис., Е.пап., Е.чер., С.мш., Я.пап., Я.кр.	Б, Г, Д, Е, Ос, С	1, 2, 3, 4, 5
Hypnum pallescens (Hedw.) P. Breauv.	Д.кис., Е.пап., Я.пап., Я.кр.	Г, Д, Е, Ос, С, Я	1, 2, 3, 4
Leskea polycarpa Ehrh. ex Hedw.	Я.кр.	Я	1, 2
Lophocolea heterophylla (Schrad.) Dumort.	Д.кис.	С	2, 3
Marchantia polymorpha L.	Я.пап.	Ол(ч), Я	2
Orthodicranum flagellare (Hedw.) Loeske	Д.кис., Е.чер., С.мш., С.чер.	Д, С	1, 3, 4
Orthodicranum montanum (Hedw.) Loeske	Д.кис., Е.пап., Е.чер., С.мш., С.чер., Я.пап., Я.кр.	Б, Г, Д, Е, Ос, С, Я	1, 2, 3, 4, 5
Orthodicranum sp.	Д.кис., Е.пап., Е.чер., С.чер.	Б, Д, Е, Ос, С	1, 2, 3, 4, 5
Orthotrichum sp.	Я.кр.	Я	1, 2
Plagiomnium affine (Blandow ex Funck) T.J. Kop.	Е.пап., Е.чер., Я.пап., Яс.кр.	Е, Ос, Я	1, 2, 3, 4, 5
Plagiomnium cuspidatum (Hedw.) T.J. Kop.	Д.кис., Е.пап., Я.пап., Я.кр.	Г, Д, Е	1, 2

Окончание таблицы 2

Латинское наименование вида мохообразных	Типы леса насаждений, в которых выявлен вид	Характеристика КДО	
		Древесные породы	Стадии разложения
Plagiothecium laetum Schimp.	Е.пап., Е.чер.	Д, Е	1, 2, 3, 4, 5
Platygyrium repens (Brid.) Schimp.	Я.кр.	Ол(ч), Я	1, 2
Pleurozium schreberi (Willd. ex Brid.) Mitt.	Д.кис., Е.пап., Е.чер., С.мш., С.чер.	Б, Г, Д, Е, Ос, С	1, 2, 3, 4, 5
Pohlia nutans (Hedw.) Lindb.	Д.кис., Е.чер.	Е, С	2, 3, 4
Polytrichastrum formosum (Hedw.) G.L. Sm.	С.мш., С.чер.	Б, С	2, 4, 5
Polytrichastrum pallidisetum (Funck) G.L. Sm.	С.мш., С.чер.	Б, С	2, 5
Ptilidium pulcherrimum (Weber) Hampe	Е.чер.	Е	2
Ptilium crista-castrensis (Hedw.) De Not.	Е.пап., Е.чер., С.мш., С.чер.	Б, Е, С	1, 2, 3, 4, 5
Pylaisia polyantha (Hedw.) Schimp.	Д.кис., Е.чер., Я.кр.	Д, Е, Ос, С	1, 2
Rhytidiadelphus triquetrus (Hedw.) Warnst.	Е.пап., Е.чер., Я.пап.	Д, Е, Ос, Я	2, 4
Sanionia uncinata (Hedw.) Loeske	Д.кис.	Д	1
Sphagnum sp.	Е.пап., Е.чер., С.чер.	Б, Е, Ос, С	2, 3, 4, 5
Tetraphis pellucida Hedw.	Я.кр.	Ол(ч), Я	2, 3

Кроме стадии разложения КДО на проективное покрытие влиял диаметр колод, с увеличением которого возрастало проективное покрытие высших сосудистых растений, причем в разрезе всех стадий разложения КДО (табл. 3).

В ходе учета поселяющихся на КДО высших сосудистых растений отмечено произрастание естественного возобновления восьми видов лесообразующих древесных пород: ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst.), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth), ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.), клена остролистного (*Acer platanoides* L.), ольхи черной (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), тополя дрожащего (*Populus tremula* L.) и вяза шершавого (*Ulmus glabra* Huds.).

Таблица 3. Суммарное проективное покрытие высших сосудистых растений на КДО различных стадий разложения и категорий крупности

Стадия разложения КДО	Среднее ± SE значение проективного покрытия высших сосудистых растений (%) по категориям крупности КДО		
	8–20 см	21–30 см	> 30 см
1	0,0	0,0	0,0
2	1,6±0,5	11,8±3,4	19,9±5,5
3	4,8±1,2	10,1±3,9	30,5±12,3
4	3,1±1,1	11,0±1,9	35,6±10,0
5	12,9±5,4	21,3±8,9	38,0±4,0

Все выше перечисленные виды входили в состав древесного яруса и подроста обследованных насаждений. Молодое поколение ели на КДО было отмечено почти во всех (кроме дубравы снытевой) обследованных насаждениях, но доминировала ель над возобновлением других древесных пород только в ельниках. Остальные древесные породы (как и подрост ели в типах леса других формаций) характеризовались низкими значениями постоянства и обилия (индекса фитоценотической значимости) на КДО.

Возобновление древесных пород было обильнее на крупных среднеразложившихся (3-я и 4-я стадии) колодах. Возобновление ели было представлено особями различного возраста (от всходов до 18 лет), остальные древесные породы были представлены только всходами. Хотя на крупных колодах начальных стадий разложения численность всходов была достаточно велика, их выживаемость была низкой, о чем свидетельствовало большое количество усохших растений, а на колодах 1-й стадии разложения присутствовали только погибшие экземпляры, которые располагались в микротрещинах ствола и вылетных отверстиях насекомых-ксилофагов.

Такая динамика растительности на КДО, по нашему мнению, связана с тем, что на свежих КДО условия для проникновения и развития корневых систем (вследствие еще высокой плотности древесины), водного и минерального питания растений не достаточны для выживания появившихся всходов древесных растений. По мере разложения КДО уменьшается плотность и увеличивается фрагментация древесины, одновременно в ней увеличивается концентрация азота, фиксируемого микроорганизмами [14]. Среднеразложившиеся и сильно разложившиеся колоды вследствие изменения формы в результате деструкции имеют большую поверхность соприкосновения с почвой, что способствует проникновению в древесину мицелия почвенных грибов и ускорению высвобождения некоторых элементов подобно азоту и фосфору [15]. Также по мере разложения значительно увеличивается водопоглотительная и водоудерживающая способность древесных остатков. По нашим данным, абсолютная влажность валежа сосны и ели 4-й стадии разложения примерно в 4 раза выше, чем у валежа 1-й стадии разложения [16], неполная гигроскопичность в 3,3–4,5 раза, а максимальная гигроскопичность в 2,4–5,5 раза превышает аналогичные показатели для гумусового горизонта почвы в сосняках орляковых и ельниках кисличных [2].

Таким образом, растения, произрастающие на валеже, обеспечены влагой даже в засушливые периоды. Более крупные колоды имеют больший запас питательных веществ, обладают лучшей водоудерживающей способностью и меньше подвержены флуктуациям влажности, нежели мелкие древесные остатки, в связи с чем на них формируются наиболее благоприятные экологические условия для высших сосудистых растений.

Заключение. По результатам исследования установлено, что в условиях естественной динамики лесных экосистем успешная колонизация

высшими сосудистыми растениями КДО начинается со 2-й стадии разложения. Их проективное покрытие возрастает по мере развития процесса деструкции КДО и достигает максимальных величин на КДО крупной фракции (диаметром более 30 см), однако при этом наблюдается некоторое сокращение видового состава высших сосудистых растений, что объясняется возрастанием конкуренции со стороны мохообразных, вегетативно-подвижных длиннокорневищных и корнеотпрысковых видов.

В связи с достаточно длительным периодом деструкции в естественных условиях КДО они могут обеспечить полный цикл развития для травянистых растений и являться временным субстратом для некоторых древесных пород, обеспечивающим благоприятные условия для выживания и роста древесных растений в молодом возрасте.

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории флоры и систематики растений Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси: д. б.н. Г. Ф. Рыковскому, А. Н. Скуратовичу, к. б.н. Д. В. Дубовику за помощь в определении отдельных таксонов мохообразных и высших сосудистых растений.

Литература

1. Жданович С.А., Пугачевский А.В. // Ботаника (исследования) 2009. Вып. 37. С. 190–198.

2. Жданович С.А., Пугачевский А.В. // Проблемы лесоведения и лесоводства. 2016. Вып. 76. С. 394–402.

3. Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов - М.: Лесная промышленность, 1967. 274 с.

4. Частухин В.Я., Николаевская М.А. Биологический распад и ресинтез органических веществ в природе - Л.: Наука, 1969. 326 с.

5. Зачем лесу древесина мертвых деревьев? / П. Павлячик [и др.] – Свебодин: Клуб натуралистов, 2003. 63 с.

6. Соколова В.Е. [и др.] // Лесоведение. 2007. № 5. С. 32–38.

7. Andersson L.I., Hytteborn H. // Ecography. 1991. Vol. 14. P. 121–130.

8. Humphrey J.W. [et al.] // Biological Conservation. 2002. Vol. 107. P. 165–180.

9. Zielonka T., Piatek G. // Plant Ecology. 2004. №1. P. 63–72.

10. Пугачевский А.В., Жданович С.А. // Труды БГТУ. Сер. I. Лесн. хоз-во. 2007. Вып. 15. С. 366–370.

11. Стороженко В.Г. // Экология. 1990. № 6. С. 66–69.

12. Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Толковый словарь современной фитоценологии - М.: Наука, 1983. 135 с.

13. Василевич В.И. Статические методы в геоботанике – Л.: Наука, 1969. 232 с.

14. Hendrickson O.Q. // Canadian Journal of Forest Research. 1991. № 21. P. 1299–1304.

15. Wells J.M. // New Phytol. 1995. № 129. P. 289–297.

16. Жданович С.А., Пугачевский А.В. // Экологический вестник. 2017. № 2(40). С. 58–61.

С. А. ЖДАНОВИЧ, И. Н. ВЕРШИЦКАЯ

ДИНАМИКА ЗАРАСТАНИЯ КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ В ЛЕСАХ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАЦИЙ

Резюме

Цель работы – изучение видового состава высших сосудистых растений, поселяющихся на крупных древесных остатках (КДО) в лесах Беларуси и исследование динамики проективного покрытия растительности в зависимости от стадии разложения и категории крупности КДО.

Исследования проводились в лесах сосновой, еловой, дубовой и ясеневой формаций, в которых на КДО отмечено произрастание 55 видов высших сосудистых растений, в том числе 8 видов лесообразующих древесных пород (*Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior*, *Acer platanoides*, *Alnus glutinosa*, *Populus tremula*, *Ulmus glabra*) и 46 видов мохообразных.

Установлено, что на КДО по мере развития процесса их разложения проективное покрытие высших сосудистых растений увеличивается с одновременным уменьшением числа таксонов, что связывается с усилением конкуренции со стороны вегетативно-подвижных длиннокорневищных (*Oxalis acetosella*, *Urtica dioica*, *Rhodococcum vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*, *Stellaria holostea*), ползучих (*Galeobdolon luteum*) и корнеотпрысковых (*Rubus idaeus*) видов, а также со стороны мохообразных, проективное покрытие которых повышалось по мере увеличения степени деструкции колод. На КДО более крупных фракций проективное покрытие высших сосудистых растений было выше на всех стадиях разложения.

S. A. ZHDANOVICH, I. N. VERSHITSKAIA

DYNAMICS OF VEGETATION ON COARSE WOODY DEBRIS IN FORESTS OF VARIOUS FORMATIONS

Summary

Aim of the research is to studying the species composition of higher vascular plants inhabiting coarse woody debris (CWD) in the Belarusian forests and studying of the coverage dynamics, depending on decay stage and size category of CWD.

Studies were carried out in pine, spruce, oak and ash forests in which 55 species of higher vascular plants were recorded on CWD, including 8 species of forest-forming tree species (*Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Betula pendula, Fraxinus excelsior*, *Acer platanoides*, *Alnus glutinosa*, *Populus tremula*, *Ulmus glabra*) and 46 species of bryophytes.

It has been established that on CWD, as the decay process progresses, the coverage of higher vascular plants increases but at the same time the number of taxa decreases. In our opinion, this relation is associated with increased competition from vegetative-mobile long-rooted (*Oxalis acetosella*, *Urtica dioica*, *Rhodococcum vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*, *Stellaria holostea*), creepers (*Galeobdolon luteum*) and root-sucker (*Rubus idaeus*) plants, as well as from the bryophytes, coverage of which increased as the degree of destruction of the logs increased. The coverage of higher vascular plants was higher on most large fractions of CWD for all decay stages of them.

Поступила в редакцию 26.10.2017 г.

УДК 574.34 (476)

А. В. ЛЕВКОВИЧ

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЦЕНО- И МЕТАПОПУЛЯЦИЙ НЕКОТОРЫХ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ

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

Введение. В настоящее время сокращение биологического разнообразия является одной из наиболее важных экологических проблем во всем мире, в том числе и в Беларуси. Для разработки адекватных мер охраны и рекомендаций по его восстановлению необходима полноценная оценка современного состояния и степени устойчивости популяций редких и исчезающих видов растений. Поскольку для многих таких видов характерны погодичные колебания численности и площади популяций, оценка должна включать анализ особенностей их динамики.

Ранее нами отмечалось, что оценку состояния и степени устойчивости популяций охраняемых видов растений целесообразно проводить с учетом их сложной пространственной организации, включающей ценопопуляционный, метапопуляционный и региональный уровни [1]. В связи с этим особенности их динамики также можно изучать на разных уровнях.

В Беларуси к настоящему времени накоплен большой фактографический материал о местах произрастания видов охраняемых растений, но данные о динамике численности и площади ценопопуляций и особенно метапопуляций немногочисленны.

Цель работы – выявление особенностей динамики видов на ценопопуляционном, метапопуляционном и региональном уровнях для установления ее общих закономерностей, оценки состояния, степени устойчивости и прогнозирования дальнейшего развития популяций редких и исчезающих видов растений.

Объекты и методы исследования. Исследовали ценопопуляции и метапопуляции 9 видов сосудистых растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь: *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart., *Anemone sylvestris* L., *Trollius europaeus* L., *Isopyrum thalictroides* L., *Melittis sarmatica* Klok., *Lilium martagon* L., *Listera ovata* (L.) R. Br., *Orchis morio* L., *Orchis mascula* (L.) L.

Исследования проводили с 2005 по 2015 гг. Для определения погодичной вариабельности численности и площади популяций заложено 65 постоянных пробных площадей в Витебской, Минской и Гродненской областях:

– *Huperzia selago* – 7 постоянных пробных площадей (1 – в Браславском районе Витебской области, 1 – в Гродненском, 1 – в Волковысском, 4 – в Зельвенском районе Гродненской области);

– *Anemone sylvestris* – 8 (по 4 в Мядельском районе Минской области и Браславском районе Витебской области);

– *Trollius europaeus* – 3 (2 – в Мядельском районе Минской области, 1 – в Волковысском районе Гродненской области);

– *Isopyrum thalictroides* – 2 (в Волковысском районе Гродненской области);

– *Melittis sarmatica* – 25 (21 – в Волковысском, 4 – в Зельвенском районе Гродненской области);

– *Lilium martagon* – 12 (в Волковысском районе Гродненской области);

– *Listera ovata* – 5 (3 – в Мядельском районе Минской области, 1 – в Поставском, 1 – в Браславском районе Витебской области);

– *Orchis morio* – 2 (в Мядельском районе Минской области);

– *O. mascula* – 1 (в Мядельском районе Минской области).

Исследования включали 3 этапа: подготовительный, полевой и камеральный [2]. В ходе первого этапа были изучены биологические и эколого-ценотические особенности рассматриваемых видов, условия произрастания, проведена инвентаризация существующих ценопопуляций, собран картографический материал, произведена подборка перспективных ландшафтов, сообществ и экотопов, подготовлены маршруты экспедиций. По каждому изученному виду была создана характеризующая база данных.

При полевых исследованиях определяли географические координаты каждой ценопопуляции. В случае малочисленных ценопопуляций *Melittis sarmatica, Lilium martagon, Listera ovata, Orchis morio, O. mascula* картировали не только ценопопуляцию в целом, но и каждую особь в ее составе. В случае крупных ценопопуляций *Anemone sylvestris*, *Trollius europaeus*, а также ценопопуляций *Huperzia selago*, для которых характерно дискретное распределение особей, картировали отдельные локусы и составляли картосхемы всех ценопопуляций.

В отношении ценопопуляций определялись следующие параметры [2, 3]: площадь, м^2; численность, экз.; плотность, экз./м^2; проективное покрытие,%; возрастной спектр (для некоторых ценопопуляций),% (по возрастным периодам); жизненность, балл (по 5-балльной шкале Гроссгейма) [4].

При изучении метапопуляций в качестве ценопопуляций, входивших в их состав, рассматривали популяции в пределах крупных лесных массивов либо лугов, расстояние между которыми не превышало 10 км. В метапопуляциях определяли количество ценопопуляций, их меру связанности, численность, площадь.

В каждой метапопуляции на основании значения коэффициента связанности [5] определяли ядерные, узловые, слабо связанные и периферийные (наиболее изолированные) ценопопуляции.

В качестве показателя степени устойчивости рассматривали величину среднего погодичного прироста численности цено- и метапопуляций [1].

Для определения вероятности исчезновения ценопопуляций и метапопуляций использовали интегральный показатель влияния исходной численности, жизненности и меры связанности на устойчивость ценопопуляций видов сосудистых растений – R_{VPi} [1]:

$$R_{VPi} = \ln((N_{VPi} + \sqrt{C_{VPi}}) \times V_{VPi}), \quad (1)$$

где R_{VPi} – интегральный показатель влияния исходной численности, жизненности и меры связанности на устойчивость *i*-й ценопопуляции видов сосудистых растений;

N_{VPi} – исходная численность *i*-й ценопопуляции видов сосудистых растений, экз.;

V_{VPi} – жизненность *i*-й ценопопуляции видов сосудистых растений, балл;

C_{VPi} – мера связанности *i*-й ценопопуляции видов сосудистых растений.

Меру связанности рассчитывали по формуле [1]:

$$C_{VPi} = \sum_{i \neq j} \exp\left\{-\left[\ln\left(d_{VPij}\right)\right]\right\} \cdot N_{VPj}, \quad (2)$$

где C_{VPi} – мера связанности для *i*-й ценопопуляции видов сосудистых растений,

d_{VPij} – расстояние между ценопопуляциями видов сосудистых растений *i* и *j*, км,

N_{VPj} – численность *j*-й ценопопуляции видов сосудистых растений, экз.

На региональном уровне определяли долю ценопопуляций каждого вида, имевших высокую вероятность исчезновения.

Для каждого вида определяли индекс толерантности (меру стеноэврибионтности) как отношение суммы потенциальных экологических валентностей конкретного вида с числом шкал с учетом того, что вклад каждой шкалы равен единице [6].

Результаты и их обсуждение. В результате исследования динамики ценопопуляций *Huperzia selago*, для которого характерно малое значение средней численности ценопопуляций [1], было установлено, что количество куртин в них, как правило, оставалось неизменным на протяжении 3–7 лет, лишь в 2-х ценопопуляциях за 5 лет произошло сокращение с 2 и 3 до 1 куртины. Это происходило в местах, где наблюдалось сильное зоогенное воздействие в связи с деятельностью кабанов, при этом происходила элиминация куртин, имевших наименьшую площадь и численность спороносных побегов. Количество последних в изученных ценопопуляциях уменьшалось от 0,1 до 5 % за один год и от 2,3 до 73,2 % за три года. Максимальное сокращение также наблюдалось в местах с наибольшей зоогенной нагрузкой. В 4-х изученных ценопопуляциях площадь куртин за 4 года уменьшилась минимум на 0,3 % и максимум на 30,4 %. В двух изученных ценопопуляциях площадь куртин оставалась неизменной на протяжении соответственно 3 и 4 лет исследований.

В одной из исследованных ценопопуляций *Isopyrum thalictroides* – вида с высоким значением средней численности ценопопуляций [1] – сначала наблюдалось возрастание численности (максимум на 56,0 % с 2008 по 2010 гг.), а затем она начала сокращаться, причем к 2013 г. уменьши-

лась на 26,7% по сравнению с показателем 2008 г. Максимальный погодичный прирост численности наблюдался в 2010 г. и составил 42,1%, максимальное сокращение – в 2012 г. (35,8%).

Максимальное погодичное увеличение площади данной популяции наблюдалось в 2012 г. и составило 19%, максимальное сокращение – в 2011 г. (17,1%). В целом, с 2008 по 2013 г. площадь популяции увеличилась на 16,9%. Максимальное погодичное увеличение площади другой исследованнной ценопопуляции наблюдалось в 2011 г. и составило 31,0%, максимальное сокращение – в 2009 г. (37,9%). Таким образом, данная популяция по динамике площади была более лабильной, что может быть связано с тем, что к границе участка примыкала вырубка, что, несомненно, влияло на гидрологический режим территории. Популяция находилась в неустойчивом состоянии. С 2008 по 2012 г. площадь популяции уменьшилась на 19,5%. В целом, динамика площадей двух ценопопуляций *I. thalictroides* носила волновой характер и была асинхронной: в год увеличения площади одной популяции площадь другой сокращалась (за исключением динамики 2009–2010 гг.) (рис. 1).

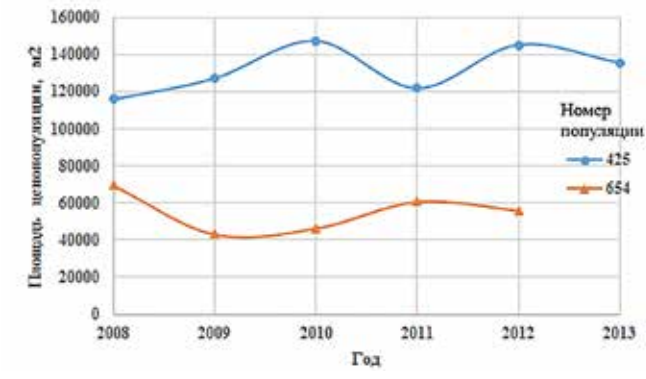


Рис. 1. Динамика площади популяций *Isopyrum thalictroides.*

Для ряда ценопопуляций *Lilium martagon, Melittis sarmatica, Listera ovata, Anemone sylvestris* и *Trollius europaeus*, которые характеризуются промежуточным значением средней численности ценопопуляций [1], было свойственно взрывное увеличение численности (в 2–10 раз) в отдельные годы, в то же время погодичное сокращение численности отдельных ценопопуляций могло достигать 90%, ряд ценопопуляций могли исчезать (в том числе под воздействием антропогенных факторов), но за счет превышения роста над сокращением численность и площадь таких видов, как правило, в долгосрочном периоде увеличивались. Площадь большинства исследованных ценопопуляций данных видов была более стабильной, чем численность. Тем не менее, в отдельных случаях наблю-

дались ее резкие колебания, как правило, обусловленные изменением численности.

Анализ динамики численности ценопопуляций *Lilium martagon* показал, что при малой средней численности (до 12 особей) может наблюдаться как рост, так и полное исчезновение ценопопуляций, их состояние крайне нестабильно (рис. 2).

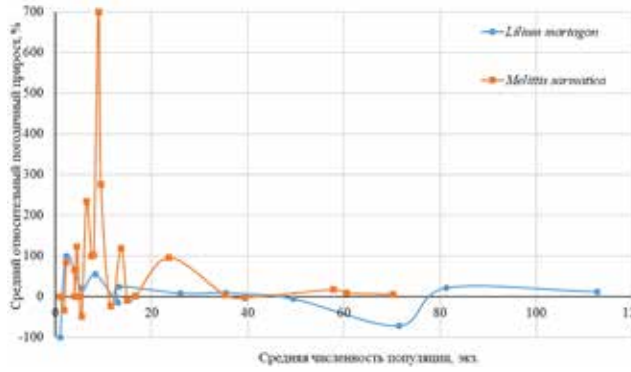


Рис. 2. Зависимость среднего относительного погодичного прироста от средней численности ценопопуляций *Lilium martagon* и *Melittis sarmatica.*

Большой прирост численности в оптимальных условиях объяснялся низкой внутривидовой конкуренцией и высоким потенциалом ресурсов среды. При этом было замечено, что максимальный прирост наблюдался в ценопопуляциях, выявленных в грабовых лесах. В то же время именно эти малочисленные ценопопуляции были наиболее чувствительны к воздействию абиотических, биотических и антропогенных факторов. Неблагоприятные погодные условия, изменение гидрологического режима, зоогенное воздействие, выкапывание человеком и т. д. могли привести к их быстрой элиминации. В ценопопуляциях, средняя численность которых находилась в пределах 13–78 особей, наблюдались либо незначительные колебания, либо резкое сокращение численности, при этом в первом случае ценопопуляции были выявлены в дубравах и осиннике кисличных, во втором – в ельнике кисличном. В ценопопуляциях, численность которых превышала 80 особей, наблюдался рост, несмотря на произрастание в не очень благоприятных условиях – в березняке и сосняке (с примесью широколиственных пород) на не самых богатых почвах.

В малых ценопопуляциях *Melittis sarmatica*, численность которых не превышала 26 экземпляров, наблюдались как рост, так и резкое сокращение (рис. 2). Средние и крупные ценопопуляции отличались стабильностью (варьирование от –2,5 до 17,2 %) (за исключением одной из ценопопуляций, численность которой резко возросла (в 10,4 раза) в 2010 г.).

Варьирование численности исследованных ценопопуляций *Listera ovata* в меньшей степени определялось исходным количеством особей и в большей степени зависело от условий среды (влажность почвы), а также зоогенных и антропогенных факторов. В исследованных ценопопуляциях, насчитывавших в среднем от 7,0 до 51,3 особей, наблюдались как рост, так и сокращение (рис. 3).

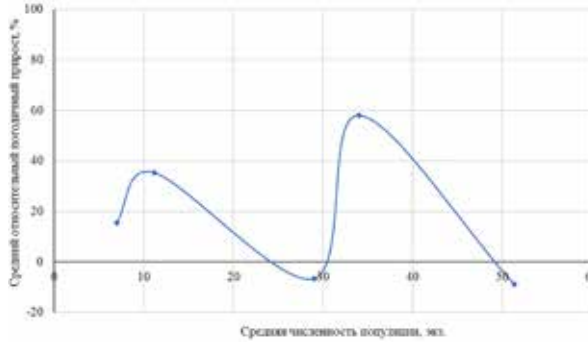


Рис. 3. Зависимость среднего относительного погодичного прироста от средней численности ценопопуляций *Listera ovata.*

В ценопопуляциях *Anemone sylvestris*, где насчитывалось менее 180 генеративных особей, наблюдались как резкий рост, так и незначительное уменьшение (рис. 4). Крупные ценопопуляции оставались стабильными, их средний относительный погодичный прирост находился в пределах 5–7 %.

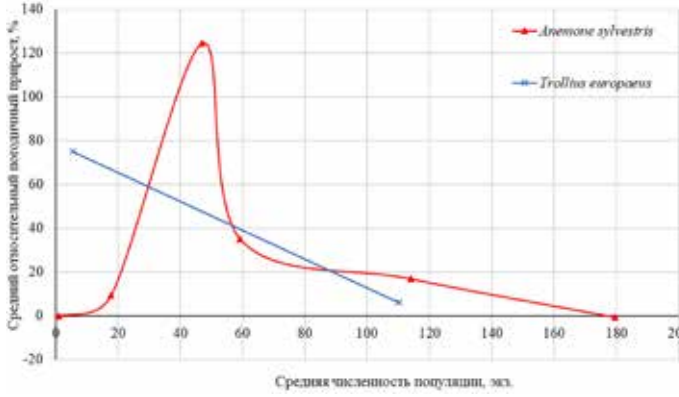


Рис. 4. Зависимость среднего относительного погодичного прироста от средней численности ценопопуляций *Anemone sylvestris* и *Trollius europaeus.*

Похожая ситуация наблюдалась в изученных ценопопуляциях *Trollius europaeus*. В ценопопуляции со средней численностью до 6 особей наблюдалось ее увеличение на 75,0 %, средний относительный погодичный прирост более крупных ценопопуляций (более 100 генеративных особей) не превышал 7,0 % (рис. 4).

Для *Orchis morio* и *O. mascula* было характерно резкое сокращение численности и площади отдельных ценопопуляций (вплоть до полного исчезновения), рост оставшихся при этом был не более 30,0 %. В целом скорость сокращения видов составляла от –30,0 до –40,0 % в год. Так, в одной из двух изученных ценопопуляций *O. morio*, несмотря на незначительное увеличение численности в 2008 г., наблюдалось постепенное сокращение количества особей и площади вплоть до полного исчезновения ценопопуляции. Изначально данные параметры были невысокими (10 генеративных особей на 20 м^2), в связи с чем элиминация каждой особи оказывала большое значение на вероятность исчезновения всей ценопопуляции, что в конечном итоге и произошло после сокращения численности на 90 % относительно первого года исследования. Другая ценопопуляция, где изначально была выявлена только 1 генеративная особь, на следующий год не была обнаружена.

В обследованной ценопопуляции *O. mascula* численность и площадь также постепенно снижались. Сокращение численности на 97,8 % к 2012 г. относительно 2007 г. свидетельствовало о большой вероятности ее элиминации. В 2015 г. ценопопуляция уже не была обнаружена.

Таким образом, установлено, что для каждого изученного вида характерна определенная лабильность параметров (табл. 1), на основании которой можно судить о степени его устойчивости.

Таблица 1. Погодичная вариабельность численности и площади ценопопуляций изученных видов

Вид	Максимальный погодичный прирост, %		Максимальное погодичное сокращение, %		Средняя погодичная скорость роста ценопопуляций вида, %	
	Численность	Площадь	Численность	Площадь	Численность	Площадь
Huperzia selago	0,0	0,0	-50,0	-7,9	-3,0	-3,2
Isopyrum thalictroides	42,1	31,0	-35,8	-37,9	-2,5	1,5
Lilium martagon	200,0	340,0	-72,3	-4,2	23,0	48,4
Listera ovata	228,6	370,0	-79,2	-30,9	26,8	40,4
Melittis sarmatica	938,5	6666,7	-75,0	-96,3	69,8	347,9
Trollius europaeus[1]	137,5	338,6	-82,4	-50,0	10,2	22,7
Anemone sylvestris[1]	618,2	71,4	-68,6	-41,1	30,8	1,5
Orchis morio	25,0	10,0	-80,0	-98,1	-32,0	-39,3
O. mascula	10,0	0,0	-93,3	-99,8	-36,0	-31,4

Примечание:
[1] вариабельность репродуктивной численности.

Таким образом, исходя из полученных данных по лабильности численности особей и занимаемой ими площади, исследованные виды можно подразделить на следующие группы:

1. Устойчивые (погодичные колебания численности и площади отдельных ценопопуляций не превышают 50%):

А) виды с малой средней численностью ценопопуляций (*Huperzia selago*);

Б) виды с высокой средней численностью ценопопуляций (*Isopyrum thalictroides*).

2. Лабильные – виды с промежуточным значением средней численности ценопопуляций (наблюдаются резкие колебания численности и площади отдельных ценопопуляций – как рост в 2–10 раз, так и сокращение до 90%, в ряде случаев вымирание) (*Lilium martagon, Melittis sarmatica, Listera ovata, Anemone sylvestris, Trollius europaeus*). При этом для 4 видов (за исключением *Listera ovata*) характерно то, что ценопопуляции с малой численностью являются менее устойчивыми. Варьирование численности ценопопуляций представителя семейства орхидных *L. ovata* в большей степени определяется внешними факторами: условиями экотопа, зоогенной и антропогенной нагрузкой.

3. Находящиеся в критическом состоянии под угрозой исчезновения (характерно резкое сокращение численности и площади отдельных ценопопуляций (вплоть до полного исчезновения), рост оставшихся при этом не более 30%) (*Orchis morio* и *O. mascula*).

Экологический анализ группы лабильных видов и видов, находящихся под угрозой исчезновения, показал, что существует определенная связь между величиной средней численности популяций вида и его индексом толерантности (рис. 5).

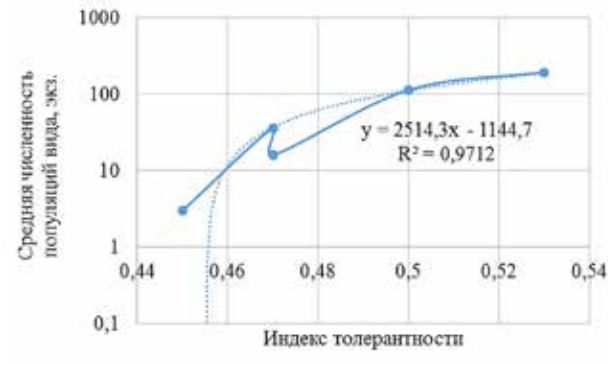


Рис. 5. Зависимость средней численности популяций вида от индекса толерантности.

Исключением стал вид *Listera ovata*, который при индексе толерантности 0,52 имеет среднюю численность популяций 22 экз., хотя в соот-

ветствии с выявленной зависимостью этот показатель должен превышать 100 экз. Это может свидетельствовать о том, что данный вид не полностью реализует свои потенциальные экологические возможности, что также может быть связано с тем, что это единственный из изученных видов высших сосудистых растений, у которого преобладает вегетативное размножение, а не семенное.

В целом результаты экологического анализа показали, что лабильные виды, способные занимать более широкие экологические ниши, в среднем, имеют более крупные популяции. Следовательно, можно предположить, что размер и степень устойчивости популяций наряду с биологическими особенностями обусловлены именно экологическими характеристиками видов.

Таким образом, для охраняемых видов растений выявлены определенные закономерности динамики численности и площади ценопопуляций. В то же время ценопопуляции в пределах ландшафта и/или природного района взаимосвязаны, прежде всего, за счет наличия возможности семенной подпитки и обмена генетическим материалом.

В связи с этим для оценки степени устойчивости видов и разработки прогнозов их развития целесообразно также рассматривать более крупные комплексы популяций – метапопуляции, являющиеся комплексами или системами ценопопуляций в пределах одного ландшафта, крупного лесного массива и т. п. [1].

Результаты исследований динамики метапопуляций 7 видов сосудистых растений показали, что для всех них характерно нелинейное изменение численности и, как правило, неодновременное погодичное сокращение и увеличение ценопопуляций, что обеспечивает поддержание метапопуляций в стабильном состоянии.

Так, анализ динамики численности 20 ценопопуляций *Melittis sarmatica* в пределах метапопуляции на территории биологического заказника «Замковый лес» показал, что, как правило, в разные годы в них наблюдалось неодинаковое изменение. В связи с большим размером метапопуляции ее структурные элементы (ядерные, узловые, слабо связанные, периферийные) рассматривались по отдельности. В наиболее многочисленной части слабо связанных популяций происходило сокращение в 2008 и 2009 гг. и резкое увеличение в 2010 г. Одновременно с сокращением этой части в узловых и ядерных популяциях с 2007 по 2009 гг. происходил рост численности и также резкий скачок в 2010 г. После 2010 г. численность узловых популяций стабилизировалась, в 2012 г. немного сократилась. В целом, данная метапопуляция является устойчивой структурой, в которой рост и сокращение отдельных ценопопуляций компенсируют друг друга. За период исследования минимальное погодичное сокращение структурных компонентов метапопуляции составило 10 %, тогда как ряд ценопопуляций сократились на 75 %, а некоторые из них исчезли.

Анализ динамики численности отдельных структурных частей метапопуляции *Lilium martagon* (11 ценопопуляций), расположенной на той

же территории, показал, что в отдельные периоды в них также наблюдалось неодинаковое изменение численности (как и в метапопуляции *M. sarmatica*). Так, в 2010 г. по сравнению с 2009 г. ядро оставалось более-менее стабильным (произошло увеличение численности на 4,8 %), узловые популяции в восточной части сократились лишь на 5,3 %, в то время как резкие изменения происходили в более многочисленных частях метапопуляции (узловых и слабо связанных): в первой численность сократилась на 41,1 %, во второй – увеличилась на 13,5 %. В самой немногочисленной периферийной части наблюдался постепенный рост с 2010 по 2012 гг. За период исследования минимальное погодичное сокращение ценопопуляций достигало 72,0 %, тогда как максимальное сокращение структурных компонентов метапопуляции составляло 41,0 % (узловые ценопопуляции). Вместе с тем для метапопуляции в целом это уменьшение в определенной степени компенсировалось ростом слабо связанных ценопопуляций.

Анализ динамики численности 2 метапопуляций *Anemone sylvestris*, расположенных на территории национальных парков «Нарочанский» и «Браславские озера», показал, что для них характерны как однонаправленные, так и разнонаправленные погодичные изменения численности ценопопуляций, входящих в их состав. При этом были выявлены негативные тенденции в Нарочанской метапопуляции. До 2011 г. в ней наблюдался рост, в основном, за счет прироста наиболее крупной популяции, в 2011 г. началось резкое сокращение. Максимальный прирост наблюдался в 2010 г. и составил 97,0 %, максимальное сокращение – в 2015 г. (на 78,4 %). В целом с 2008 по 2015 гг. численность Нарочанской метапопуляции сократилась на 86,2 % (в основном, за счет уменьшения числа генеративных экземпляров в самой крупной ценопопуляции). В Браславской метапопуляции данного вида в 2010 г. наблюдалось сильное возрастание суммарной численности всех ценопопуляций (на 100,9 %), причем наиболее резкое изменение было характерно для самой маленькой и самой крупной ценопопуляций (соответственно на 618,2 % и 135,9 %) [7]. В 2011 и 2012 гг. происходило сокращение метапопуляции, но в целом ее численность по сравнению с 2009 г. возросла на 10,6 %. Так же, как и в случае Нарочанской метапопуляции, определяющую роль в ее динамике играла самая крупная ценопопуляция.

Для *Isopyrum thalictroides* сравнение динамики площади 2 ценопопуляций и метапопуляции в целом в границах биологического заказника «Замковый лес» также показало более стабильное состояние метапопуляции. Изменение площади ценопопуляций составляло от –37,9 до 31,0 %, тогда как площадь метапопуляции изменялась от –8,2 до 13,6 %. В целом площадь метапопуляции с 2008 по 2012 гг. увеличилась на 8,4 %.

Для сравнения степени устойчивости 2 отдельных ценопопуляций *Trollius europaeus*, входящих в состав метапопуляции в окрестностях д. Некасецк (Мядельский район Минской области), и метапопуляции в целом была проанализирована динамика их репродуктивной численности с 2007 по 2012 гг. Как правило, при увеличении репродуктивной числен-

ности одной ценопопуляции репродуктивная численность другой сокращалась. В то же время, так как численность генеративных особей одной из ценопопуляций в 200–500 раз превышала этот показатель во второй ценопопуляции, изменение метапопуляции в целом соответствовало динамике более многочисленной ценопопуляции. Именно ее сохранение важно для сохранения всей метапопуляции. Погодичное изменение численности исследованных ценопопуляций *T. europaeus* находилось в пределах –82,4–137,5 %, тогда как аналогичный показатель для метапопуляции – в пределах –54,3–66,6 %. В целом метапопуляция с 2007 по 2012 гг. сократилась на 43,0 %, в связи с чем ее состояние вызывает опасение. Ухудшение связано с сукцессионными процессами в более крупной ценопопуляции: происходило интенсивное зарастание участка ивой, вытеснение *T. europaeus* таволгой.

Анализ динамики численности 2-х ценопопуляций *Listera ovata* из метапопуляции в окрестностях д. Некасецк также подтвердил, что отдельные ценопопуляции менее стабильны, чем метапопуляция в целом. Погодичные колебания их численности составляли от –100 (полное исчезновение) до 228,6 %, тогда как те же показатели в метапопуляциях находились в пределах от –66,7 до 102,3 %. Исчезновение одной из ценопопуляций в 2012 г. было связано со значительным ухудшением условий среды: в связи с деятельностью бобров место произрастания было затоплено, причем перед этим в 2011 г. из-за увеличения влажности почвы ее численность резко сократилась на 79,2 %. Во второй ценопопуляции наблюдались колебания с резким скачком численности в 2010 г. В целом метапопуляция сохранилась, благодаря сохранению подходящих условий на соседних участках.

В 2012 г. было исследовано изменение по сравнению с 2007 г. числа спороносных побегов и куртин в 3-х ценопопуляциях *Huperzia selago*, входивших в состав метапопуляции Зельва (Зельвенский район Гродненской области). Анализ динамики исследованных ценопопуляций показал, что во всех элементах метапопуляции произошло сокращение количества спороносных побегов. Но если в отдельных ценопопуляциях максимальное сокращение достигало 71,8 %, то метапопуляция в целом сократилась на 50,6 %. Причиной значительного уменьшения численности была интенсивная зоогенная нагрузка (деятельность кабанов).

Исследованные популяции *Orchis morio* и *O. mascula* были представлены отдельными изолированными ценопопуляциями (не метапопуляциями), находившимися в критическом состоянии.

На основании полученных результатов о наблюдаемой динамике ценопопуляций и метапопуляций для определения вероятности их исчезновения использовался интегральный показатель влияния исходной численности, жизненности и меры связанности на устойчивость ценопопуляций видов сосудистых растений – R_{VPi} (формула 1).

Ранее было показано, что более крупные ценопопуляции изученных видов с большей связанностью и жизненностью, как правило, являются более стабильными [1]. Исходя из полученных данных, было предпо-

ложено, что при более высоких значениях показателя R_{VPi} повышается устойчивость ценопопуляций и уменьшается вероятность их полного исчезновения. И наоборот, при определенных малых значениях R_{VPi} (критических) вероятность вымирания значительно возрастает.

На основании анализа реальных случаев исчезновения ценопопуляций либо их сокращения более, чем на 80 %, для 8 изученных видов (кроме *Isopyrum thalictroides*) были установлены критические значения R_{VPi}.

Изученные ценопопуляции *I. thalictroides* были достаточно крупными, и критическое значение R_{VPi} для них в полевых условиях выявить было невозможно. Колебания численности не приводили к высокой вероятности вымирания ценопопуляций.

При этом была установлена положительная логарифмическая связь данной величины со средней численностью ценопопуляций вида (рис. 6). Из этого следует, что, например, видам из группы с высокой средней численностью ценопопуляций для устойчивого состояния требуются более высокие значения численности, жизненности, меры связанности, чем видам с малой средней численностью [1].

Выявленная зависимость позволила определить критическое значение R_{VPi} и для *Isopyrum thalictroides*, для крупных ценопопуляций которого не было зафиксировано исчезновение или резкое снижение численности. Оно составило 11,0 (при средней численности ценопопуляций 22991 экз.). Впоследствии использование полученной зависимости даст возможность прогнозировать вероятность исчезновения и других видов растений.

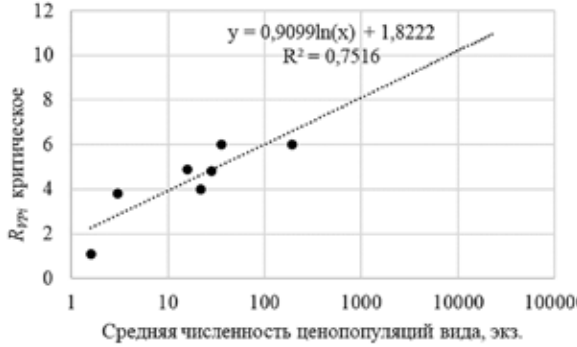


Рис. 6. Зависимость значения R_{VPi} критическое от средней численности ценопопуляций вида.

Итоговые значения R_{VPi} критическое для изученных видов сосудистых растений показаны в таблице 2.

Таблица 2. Итоговые значения R_{VPi} критическое для изученных видов сосудистых растений

Вид растения	R_{VPi} критическое
Huperzia selago	1,1
Orchis morio	3,8
Listera ovata	4,0
Orchis mascula	4,3
Melittis sarmatica	4,8
Lilium martagon	4,9
Anemone sylvestris	6,0
Trollius europaeus	6,0
Isopyrum thalictroides	11,0

По формуле 1 для каждой изученной ценопопуляции видов сосудистых растений в стране с учетом их вхождения в состав метапопуляций было вычислено значение R_{VPi}. В соответствии с ним были определены ценопопуляции, находящиеся под угрозой исчезновения (R_{VPi} которых было менее критического значения). В качестве примера в таблице 3 приведены количественные показатели и вероятность исчезновения изученных ценопопуляций *Anemone sylvestris*, 8 из которых входят в состав 2 метапопуляций.

Таблица 3. Количественные показатели и вероятность исчезновения некоторых ценопопуляций *Anemone sylvestris*

Район	Привязка	Номер ценопопуляции	Название метапопуляции	Численность, генерат. экз.	Мера связанности	Жизненность, балл	R_{VPi}	Вероятность исчезновения
Браславский	окр. дер. Чернишки	710	Браслав	79	1628,77	3	5,9	Высокая
Браславский	окр. дер. Будилы	715	Браслав	125	338,76	3	6,1	Средняя
Браславский	окр.дер. Чернишки	708	Браслав	674	336,60	4	7,9	Средняя
Браславский	окр. дер. Слободка	726	Браслав	1354	95,38	5	8,8	Низкая
Островецкий	З окраина д. Споны	668		100		4	6,0	Высокая
Мядельский	окр. г. п. Мядель	689	Нарочь	15	2083,90	3	5,2	Высокая
Мядельский	окр. г. п. Мядель	685	Нарочь	69	1945,68	4	6,1	Средняя
Мядельский	окр. дер. Черевки	686	Нарочь	209	23715,17	3	7,0	Средняя
Мядельский	окр. дер. Пасынки	478	Нарочь	7362	432,22	3	10,0	Низкая

Аналогичным образом были проанализированы все региональные популяции изученных видов растений. Для каждого вида был выявлен процент ценопопуляций с высокой вероятностью исчезновения (табл. 4).

Таблица 4. Характеристика региональных популяций изученных видов сосудистых растений

Вид	Кол-во исследованных ценопопуляций [1], шт.	Кол-во ценопопуляций, для которых значение R_{VPi} меньше критического, шт.	Процент исчезающих ценопопуляций, %
Trollius europaeus	19	13	68
Orchis morio	3	2	67 [2]
Lilium martagon	95	64	67
Isopyrum thalictroides	27	17	63
Listera ovata	56	29	52
Orchis mascula	2	1	50 [2]
Anemone sylvestris	24	11	46
Melittis sarmatica	82	31	38
Huperzia selago	169	43	25

Примечание:

[1] при анализе учитывались ценопопуляции, для которых известны численность, площадь, жизненность;

[2] данные получены на основании информации о малом числе ценопопуляций (2–3). При большей выборке процент может измениться.

Анализ данных таблицы 4 показывает, что под наибольшей угрозой исчезновения находятся *Trollius europaeus*, *Orchis morio, Lilium martagon* и *Isopyrum thalictroides*, у которых более 60% ценопопуляций находятся под угрозой исчезновения. Также половина и более ценопопуляций находятся в крайне неустойчивом состоянии у видов семейства Орхидные *Listera ovata* и *Orchis mascula*.

При сопоставлении данных о количестве исчезающих ценопопуляций и экологическом индексе толерантности видов была выявлена отрицательная линейная зависимость (рис. 7).

Таким образом, результаты исследований показали, что причиной нестабильного состояния региональных популяций изученных видов является их узкая экологическая аплитуда и высокие требования к условиям среды. Благодаря этому, исходя из значений индекса толерантности, который для большинства видов определяется на основании шкал Цыганова [6], можно прогнозировать состояние и других видов редких и исчезающих растений.

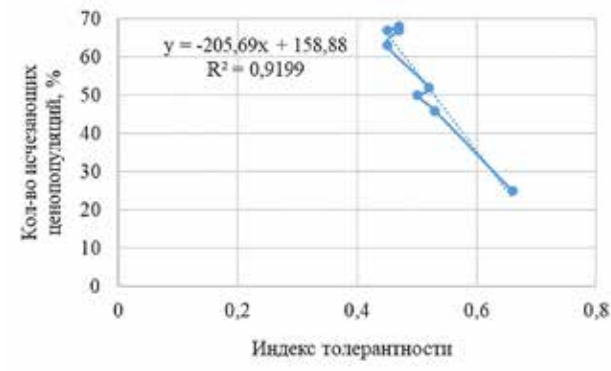


Рис. 7. Связь количества ценопопуляций вида, находящихся под угрозой исчезновения, с индексом толерантности вида.

Isopyrum thalictroides и *Orchis morio* – гемистенобионтные виды, индекс толерантности которых равен 0,45, при этом первый вид стеновалентный по влажности и трофности почв, а также имеет узкий диапазон по криоклиматической шкале, второй вид – гемистеновалентный по шкале увлажнения почв, но в то же время имеет очень узкий диапазон по термоклиматической и криоклиматической шкалам (стеновалентный). Таким образом, если сокращение региональных популяций *I. thalictroides* объясняется его высокими требованиями к локальным условиям среды, то сокращение региональных популяций *O. morio* также может быть связано с изменением климата. *Trollius europaeus* и *Lilium martagon* в отношении почвенных условий являются стеновалентами по шкалам увлажнения и солевого режима, а *L. martagon* – также по шкале переменности увлажнения; в отношении климатических условий *T. europaeus* – стеновалентный по криоклиматической шкале, а *L. martagon* – по омброклиматической. *Listera ovata* также является стеновалентным видом по шкале влажности и трофности почв. *Orchis mascula* обладает наиболее узкой экологической амплитудой в отношении влажности почв.

Кроме того, низкая степень устойчивости ценопопуляций представителей семейства орхидных (*Orchis morio, O. mascula, Listera ovata*) также объясняется тем, что они отличаются низкой конкурентоспособностью и легко вытесняются из экотопов [8]. В то же время они способны пережидать неблагоприятные условия, переходя в состояние вторичного покоя [9] и сохраняясь в почве. Изучение их динамики требует бóльших временных затрат [1].

Anemone sylvestris – стеновалент только по омброклиматической шкале аридности-гумидности, по шкалам влажности и трофности – гемистеновалент. Количество ценопопуляций с высокой вероятностью исчезновения данного вида менее 50 %.

Huperzia selago по шкалам увлажнения и солевого режима почв, а также шкале кислотности почв относится к мезовалентной фракции, по отношению к остальным факторам этот вид является гемиэвривалентом и эвривалентом, что объясняет малую долю ценопопуляций с высокой вероятностью исчезновения.

Кроме того, часть видов, находящихся в наиболее угрожаемом состоянии (*Trollius europaeus*, *Orchis morio, O. mascula*), приурочена к специфическим экотопам – лугам, которые сам по себе, в отличие от лесных экотопов, менее стабильны. В последнее время в Беларуси в связи с сокращением выпаса и кошения во многих местах наблюдается зарастание лугов кустарниками и высокотравьем, из-за чего многие редкие и исчезающие виды не выдерживают конкуренции и выпадают из экосистем. Лесные экотопы более стабильны, сукцессии в них идут медленнее, и главной угрозой для лесных видов является антропогенное воздействие: вырубки, изменение гидрологического режима, а также зоогенное: деятельность бобров, кабанов, приводящие к критическому изменению локальных условий.

Заключение. Таким образом, выделение групп изученных видов в зависимости от средних значений численности и площади их популяций (малые, средние, крупные), а также в зависимости от степени погодичной лабильности их численности и площади (устойчивые, лабильные, находящиеся в критическом состоянии), определение оптимальных значений плотности, онтогенетической структуры популяций позволяет выявить специфические особенности каждой группы видов, влияющие на их динамику и стабильность. Это, в свою очередь, дает возможность не только оценивать их состояние в данный момент времени, но и, что еще более важно, составлять прогноз развития на будущее.

Вместе с тем, поскольку ценопопуляции не полностью изолированы друг от друга, между ними идет обмен генетической информацией, они входят в состав метапопуляций, при оценке состояния и вероятности исчезновения необходимо учитывать их связанность. Как правило, асинхронное погодичное сокращение и увеличение отдельных элементов метапопуляций обеспечивает их поддержание в стабильном состоянии.

Кроме того, было выявлено, что на состояние метапопуляций значительное влияние оказывает их структура, при этом в наибольшей степени оно зависит от наличия и состояния крупных ценопопуляций в их составе. Если такие популяции значительно сократятся, вся метапопуляции окажется под угрозой исчезновения.

Для многих видов (*Trollius europaeus*, *Isopyrum thalictroides*, *Lilium martagon*, *Listera ovata*, *Orchis mascula*) определяющими факторами, от которых зависит существование ценопопуляций, являются локальные условия среды (влажность и трофность почв). От сохранения этих условий в оптимальном состоянии зависит прогноз развития региональных популяций редких и исчезающих видов растений. Для некоторых видов (*Orchis morio*) определяющими являются и климатопические факторы. В то же время важными факторами угрозы в исследованных ценопопу-

ляциях являлись природные сукцессии, интенсивная зоогенная и антропогенная нагрузка.

Использование предложенного интегрального показателя R_{VPi} дает возможность достаточно быстро и точно оценивать состояние ценопопуляций и прогнозировать их вероятное исчезновение. Полученные результаты дают возможность оценивать состояние охраняемых видов растений в том или ином регионе. Учет иерархической структуры популяций при оценке состояния видов, а также определении вероятности вымирания позволяет точнее судить об их устойчивости, прогнозировать развитие и, как следствие, разрабатывать научно обоснованные мероприятия по их охране.

Литература

1. Левкович А.В. // Ботаника (исследования): Сб. науч. тр. 2016. № 45. С. 114–128.

2. Порядок проведения планового обследования территории Республики Беларусь для кадастрового учета объектов растительного мира = Парадак правядзення планавага абследавання тэрыторыі Рэспублікі Беларусь для кадастравага ўліку аб'ектаў раслiннага свету : ТКП 17.12-09-2015 (33140). Минск, 2015. 32 с.

3. Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / Под ред. А.В. Пугачевского. Минск, 2011. С. 40–57.

4. Быков Б.А. Геоботанический словарь. Алма-Ата: Наука, 1973. 215 с.

5. Левкович А.В. // Современные проблемы экспериментальной ботаники : материалы I Международной научной конференции молодых ученых, приуроченной Году науки в Республике Беларусь (Минск, 27-29 сентября 2017 г.). Минск, 2017. С. 185–188.

6. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений / Под ред. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола, 2010. 368 с.

7. Шевкунова А.В. // Ботаника (исследования): Сб. науч. тр. 2010. № 39. С. 233–248.

8. Вахрамеева М.Г., Варлыгина Т.И., Татаренко И.В. Орхидные России (биология, экология и охрана). М.: КМК, 2014. 437 с.

9. Вахрамеева М.Г., Денисова Л.В., Никитина С.В., Самсонов С.К. Орхидеи нашей страны. М.: Наука, 1991. 244 с.

А. В. ЛЕВКОВИЧ

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЦЕНО- И МЕТАПОПУЛЯЦИЙ НЕКОТОРЫХ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ

Резюме

На основании результатов исследования погодичной вариабельности численности и площади 65 ценопопуляций 9 видов сосудистых растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, выделены 3 группы видов: устойчивые, лабильные и находящие-

ся в критическом состоянии. Установлено, что метапопуляции в целом являются более стабильными, чем отдельные ценопопуляции, входящие в их состав. Использование интегрального показателя влияния исходной численности, жизненности и меры связанности на устойчивость ценопопуляций дает возможность оценивать их состояние и прогнозировать вероятное исчезновение. Выявлены факторы, определяющие состояние региональных популяций изученных видов.

A. V. LEVKOVICH

CHARACTERISTICS OF THE DYNAMICS OF CENO- AND METAPOPULATIONS OF SEVERAL PROTECTED VASCULAR PLANT SPECIES OF BELARUS

Summary

Based on the results of the study of the variability in the number and area of 65 cenopopulations of 9 species of vascular plants included in the Red Data Book of the Republic of Belarus, three groups of species are distinguished: stable, labile and in critical condition. It has been established that metapopulations as a whole are more stable than individual cenopopulations that make up their composition. The use of an integral index of the influence of the initial abundance, vitality and the measure of connectivity on the stability of the cenopopulations makes it possible to assess their condition and predict a probable disappearance. Factors determining the state of regional populations of the studied species are revealed.

Поступила в редакцию 02.11.2017 г.

УДК 595.7-155.3:630*181.9

В. В. ЛУКИН

РОЛЬ КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ В ПОДДЕРЖАНИИ РАЗНООБРАЗИЯ КСИЛОФИЛЬНЫХ НАСЕКОМЫХ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕЛАРУСИ

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

Введение. Одним из главных условий сохранения и развития лесных экосистем является их устойчивость к негативным факторам и способность к самовосстановлению. Для устойчивого развития любой биологической системы необходим постоянный круговорот вещества и энергии, В лесных экосистемах данный круговорот во многом определяется скоростью разрушения крупных древесных остатков (КДО), т. к. они содержат в себе большое количество органических и минеральных веществ, которое дерево накопило в период своего роста [1]. КДО объединяет вокруг себя множество организмов: грибов, сосудистых растений, лишайников, позвоночных и беспозвоночных животных, которые связаны с ними как топически, так и трофически. В естественных условиях насекомые и дереворазрушающие грибы являются основными потребителями древесины [2].

Согласно стратегии развития лесного хозяйства 2016–2030 гг., одной из главных целей является формирование экоэффективного лесного хозяйства и обеспечение баланса между мерами, направленными, с одной стороны, на сохранение экологической функции и биоразнообразия лесных экосистем, с другой, на повышение уровня интенсивности лесопользования в целях удовлетворения более высокого спроса на древесину. Нахождение баланса между изъятием и сохранением КДО в лесах и является важной задачей, решение которой необходимо для сохранения комплекса ксилофильных насекомых и биологического разнообразия лесных экосистем в целом.

Материалы (объекты) и методы. Материал собирали с 2006 г. по 2016 г. на территории всех трех геоботанических подзон Беларуси: дубово-темнохвойных лесов, грабово-дубово-темнохвойных лесов и широколиственно-сосновых лесов [3]. Всего нашими исследованиями были охвачены 34 административных района, расположенных на территории всех 6 областей Беларуси. Исследования проводились на территориях ООПТ, включая Березинский биосферный заповедник, национальные парки и ряд заказников республиканского значения; а также на землях лесного фонда Государственных лесохозяйственных учреждений (лесхозов), которые относятся к эксплуатационным лесам.

Исследования проводили следующими методами: ручной сбор насекомых обитателей крупных древесных остатков (КДО) под корой или в трухе, снятие полеток и сифтование трухи на почвенных ситах. Материал фиксировали 70 % этанолом. Плотность насекомых пересчитывали на 1 дм^2 и 1 дм^3, для полеток и трухи соответственно [4]. Весь КДО на ос-

нове визуальных признаков был разделен на 5 стадий разложения (далее I–V стадии разложения) [5]. Всего обследовано более 5000 единиц КДО, из них 2996 в лесах ООПТ и 2185 в эксплуатационных лесах. Обработано более 20 000 экземпляров насекомых. Встречаемость рассчитывали по наличию вида в выборке.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследования нами проанализирован таксономический состав ксилофильных насекомых для каждой стадии разложения КДО.

Комплекс насекомых, обитающих на первой стадии разложения, во многом является ключевым, так как от его деятельности зависит процесс дальнейшей деструкции.

На первой (I) стадии разложения КДО нами были обнаружены представители 30 семейств из 6 отрядов. Большинство таксонов относится к отряду Coleoptera – 23 семейства, 96 видов (рис. 1).

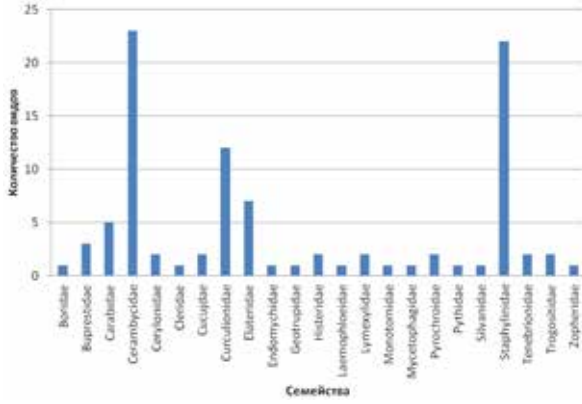


Рис. 1. Соотношение семейств отряда Coleoptera на I стадии разложения по видовому богатству.

Первыми крупные древесные остатки заселяют представители следующих семейств: Curculionidae (в основном из подсемейства короеды (Scolytinae)), Lymexylidae, Cerambycidae и Buprestidae.

Представителей подсемейства Scolytinae обнаруживали при исследовании ветровальных деревьев. Кроме того, короедов отмечали в ходе исследования ловчих и модельных деревьев в очагах наиболее массовых видов: в ельниках – короед типограф *Ips typographus* (L., 1758); в сосняках – большой сосновый лубоед *Tomicus piniperda* (L., 1758). Часть личинок короедов была поражена различными видами паразитов из отряда Hymenoptera. В ряде случаев процент поражения достигал 80 % от числа кукольных колыбелек короедов. Scolytinae встречаются исключительно на первой стадии разложения древесных остатков, причем в первый год после гибели дерева, так как их личинки развиваются за один сезон.

В ходах короедов отмечены личинки и имаго жесткокрылых из семейств Cleridae, Staphylinidae и Rhizophagidae. Аналогично процесс заселения происходит в ходах, образованных представителями из семейства Lymexylidae.

Несколько позже, вместо или одновременно с короедами древесные остатки заселяют представители семейств Cerambycidae и Buprestidae. Личинки усачей и златок развиваются от одного года до пяти лет, поэтому они довольно часто встречаются и на второй стадии разложения. Кроме того, некоторые виды способны развиваться в древесине, находящейся на поздних (III–IV) стадиях разложения, например представители подсемейства Lepturinae.

После заселения колод усачами и златками в крупном древесном детрите начинает отслаиваться кора, что открывает возможность для проникновения других групп насекомых, не обладающих мощными челюстями и неспособных прокладывать собственные ходы. В первую очередь это личинки и имаго жесткокрылых из семейств Boridae, Carabidae, Scydmaenidae, Staphylinidae, Elateridae, Pyrochroidae, Cucujdae, Pythidae, Alleculidae, Cerylonidae, Mycetophagidae и Endomychidae (рисунок 1). Для личинок и имаго представителей данных семейств характерны морфологические адаптации к обитанию под корой.

Среди семейств жесткокрылых по видовому богатству, на I стадии разложения древесных остатков наиболее разнообразны представители семейств Cerambycidae (23 вида), Staphylinidae (22 вида) и Elateridae (7 видов) (рисунок 2).

Из двукрылых (Diptera) на I стадии разложения КДО нами отмечены представители семейств Xylophagidae и Closiidae. В большинстве случаев они встречались в ходах короедов, как обитаемых, так и покинутых.

Чешуекрылые (Lepidoptera) на первой стадии разложения КДО представлены одним видом – древоточцем пахучим (*Cossus cossus* (L., 1758)). Личинки древоточца пахучего развиваются на протяжении нескольких лет, поэтому могут отмечаться и на более поздних стадиях разложения (II–IV).

Верблюдки (Raphidioptera) также представлены одним видом – *Phaeostigma notata* (F., 1781), который встречается как на I так и на более поздних стадиях (II–III).

Полужесткокрылые (Hemiptera) на I стадии разложения КДО представлены видом *Aradus depressus* (F., 1794).

Перепончатокрылые (Hymenoptera) на I стадии разложения представлены тремя видами из семейства Formicidae: *Myrmica rubra* (L., 1758) *Lasius fuliginosus* (Latreille, 1798) и *L. niger* (L., 1758). Муравьи начинают строить свои гнезда в освободившихся ходах короедов, усачей и др. В дальнейшем разрушение КДО происходит под воздействием сформировавшейся колонии муравьев, которая вытесняет все остальные виды с занятой колоды или пня. Следует отметить, что в основе большинства муравейников лежат крупные древесные остатки.

Следовательно, на первой стадии разложения КДО, к которой можно отнести неокоренные лесоматериалы, развивается комплекс насекомых

представленный в основном видами имеющими важное хозяйственное значение. Это, в первою очередь, представители короедов (Scolytinae), усачей (Cerambycidae) и сверлильщиков (Lymexylidae). Они способны не только повреждать лесоматериалы, но также вызывать массовые вспышки численности и приводить к гибели ослабленного древостоя. В тоже время данные группы насекомых являются пионерами заселяющими естественный отпад в ненарушенных лесных экосистемах и способствуют созданию условий для жизнедеятельности других, ассоциированных с мертвой древесиной, групп насекомых, а значит, условий для дальнейшего разложения древесины.

К индикаторам I стадии разложения КДО нами отнесены практически все представители короедов (подсем. Scolytinae), сверлильщиков (Lymexylidae) ичасть усачей (Cerambycidae), а также отдельные представители других семейств, встречающихся только на данной стадии. (табл. 1).

Таблица 1. Основные виды индикаторы I стадии разложения КДО

Семейство	Вид	Встречаемость на I стадии разложения в, %	Средняя плотность поселения на 100дм^2
Buprestidae	*Phaenops cyanea* (F., 1775)	11	12,1
Cerambycidae	*Acanthocinus aedilis* (L., 1758	21,2	8,4
Cerambycidae	*Callidium violaceum* (L., 1758)	17	15,4
Cerambycidae	*Hylotrupes bajulus* (L., 1758)	8	1,4
Cerambycidae	*Tetropium fuscum* (F., 1787)	42	12,7
Cerambycidae	*T. castaneum* (L.,1758)	34	8,1
Cleridae	*Thanasimus formicarius* (L., 1758)	31	15,1
Curculionidae	*Ips acuminatus* (Gyll., 1827)	27	286
Curculionidae	*I. duplicatus* (Sahlberg, 1836)	16	218
Curculionidae	*I. sexdentatus* (Börner, 1776)	15	239
Curculionidae	*I. typographus* (L., 1758)	61	382
Curculionidae	*Tomicus piniperda* (L., 1758)	59	351
Curculionidae	*Xyleborus dispar* (F., 1792)	1	53,2
Curculionidae	*Xylechinus pilosus* (Ratz., 1837)	2	90
Lymexylidae	*Hylecoetus dermestoides* (L., 1861)	7	14,9
Lymexylidae	*H. flabellicornis* (Schn., 1791)	2	6,1

На второй (II) стадии разложения древесных остатков кора окончательно отслаивается, образуя многочисленные полости, а дереворазрушающие грибы проникают в глубь древесины, делая ее более доступной для насекомых.

На II стадии разложения отмечены представители 37 семейств из 6 отрядов. В целом количество таксонов ксилофильных насекомых увеличивается по сравнению с первой стадией разложения КДО.

Больше остальных представлены жесткокрылые (Coleoptera): отмечены представители 25 семейств, 110 видов (рис. 2). Из 110 видов 53 встречается как на II, так и на I стадиях. При этом личинки большинства видов на второй стадии заканчивают свое развитие, начатое на первой стадии разложения. Примером являются многие усачи (Cerambycidae), златки (Buprestidae) и щелкуны (Elateridae). По сравнению со II стадией увеличивается общее число видов в семействах Staphylinidae (до 38) и Elateridae (до 9), и уменьшается в семействе Cerambycidae (до 13 видов) (рис. 1 и 2).

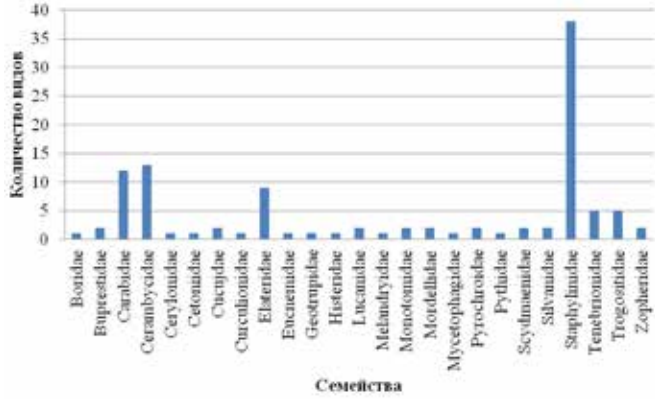


Рис. 2. Соотношение семейств отряда Coleoptera на II стадии разложения по видовому богатству.

На второй стадии разложения также отмечено увеличение числа низших таксонов в отрядах двукрылые (Diptera) и перепончатокрылые (Hymenoptera). Двукрылые представлены 7-ю видами из 5-ти семейств. Отмеченные на II стадии, перепончатокрылые были представлены муравьями. Чаще остальных в пнях и под корой отмечались виды *Formica rufa* (Linnaeus, 1761) и *Lasius fuliginosus* (Latreille, 1798). Полужесткокрылые (Heteroptera) на этой стадии представлены тремя видами из трех семейств. Следует отметить, что из них непосредственно связан с древесиной только вид *Ceratocombus corticalis* (Reuter, 1889), остальные два вида оказались на КДО случайно.

Только на второй стадии разложения были выявлены личинки горбаток (Mordellidae) и вид *Dorcus parallelopipedus* (L., 1758) (Lucanidae). Они были отмечены в светлой заболоневой гнили.

Таким образом, к моменту перехода ко второй стадии разложения происходит максимальное накопление экологических ниш для развития насекомых ксилобионтов и сопутствующего комплекса. В большинстве случаев, на данной стадии завершается развитие видов, обитающих под корой, в том числе редких и охраняемых: *Boros schneideri* (Panzer, 1795) и *Cucujus cinnaberinus* (Scopoli, 1763). На второй стадии разложения

в КДО происходит развитие стволовых гнилей, наличие которых необходимо для развития личинок горбаток (Mordellidae) и некоторых видов из семейства Lucanidae (*Dorcus parallelopipedus* L., 1758). Данные группы организмов строго ассоциированы со стволовыми гнилями и являются индикаторами второй стадии разложения (табл. 2).

Таблица 2. Основные виды-индикаторы II стадии разложения КДО

Семейство	Вид	Встречаемость на II стадии разложения в, %	Средняя плотность поселения, на 100дм^2/ на 1 дм^3
Cerambycidae	*Necydalis major* L., 1758	0,1	6,7
Lucanidae	*Dorcus parallelopipedus* L., 1758	2	5,8
Mordellidae	*Tomoxia bucephala* (Costa, 1854)	4	0/8,1
Trogositidae	*Peltis grossa* (L.,1758)	1	5,8

На третьей (III) стадии отмечено снижение видового богатства насекомых ксилобионтов: выявлены представители 25 семейств из 5 отрядов.

Как и на рассмотренных выше стадиях разложения больше всего представлены жесткокрылые (Coleoptera). Происходит активное заселение и развитие личинок жуков щелкунов (Elateridae). Elateridae в массе присутствуют на III стадии разложения в особенности представители рода *Ampedus* (отмечено 6 видов). 7 видов из семейства жужелицы (Carabidae) также в массе отмечены на данной стадии (таблица 3). Последнее связано с тем, что поздней осенью и ранней весной представители данных видов обустраивают в разложившейся древесине зимовальные камеры.

На III стадии разложения КДО представители семейств усачи (Cerambycidae) и златки (Buprestidae) в большинстве случаев были представлены личинками старших возрастов и имаго, что свидетельствует о завершении их развития.

Отряд двукрылые (Diptera) представлен 5-ью семействами. В массе встречается вид *Dictenidia bimaculata* (Linnaeus, 1761) из семейства Tipulidae.

На вырубках, в пнях находящихся на третьей стадии разложения в массе отмечены представители перепончатокрылых (Hymenoptera) из семейства Formicidae. До 80% исследованных пней на лесосеках были заселены колониями муравьев.

Таким образом, на третьей стадии разложения древесного детрита происходит уменьшение общего количества таксонов ксилофильных насекомых, что можно объяснить опадением основной массы коры и уменьшением легко доступных органических соединений. При этом отмечаются представители отряда жесткокрылые (Coleoptera) из семейств щелкуны (Elateridae) и жужелицы (Carabidae), последние в массе отмечались на зимовке. Из двукрылых (Diptera) массово отмечался представитель семейства Tipulidae – вид *Dictenidia bimaculata* (Linnaeus, 1761) (табл. 3). Также на этой стадии разложения отмечен редкий вид *Gnorimus variabilis*

(L., 1758) (сем. Cetoniidae). Указанные таксономические группы отнесены нами к индикаторам третьей стадии разложения КДО (табл. 3).

Таблица 3. Основные виды-индикаторы III стадии разложения КДО

Семейство	Вид	Встречаемость на II стадии разложения, %	Средняя плотность поселения, на 100дм^2/ на 1 дм^3
Carabidae	*Carabus glabratus* Paykull, 1790	7	3,6
Carabidae	*Limodromus krynickii* (Sperk, 1835)	11	7
Carabidae	*Agonum duftschmidi* J. Schmidt, 1994	9	0/0,3
Carabidae	*Agonum fuliginosum* (Panzer, 1809)	18	0/0,3
Carabidae	*Carabus granulatus* L.,1759	24	3,6/0,5
Cetoniidae	*Gnorimus variabilis* (L.,1758)	0,07	0/0,8
Elateridae	*Ampedus sanguineus* (L., 1758)	11	10/3,1
Elateridae	*A. pomorum* (Herbst 1784)	34	10,3
Elateridae	*A. tristis* (L., 1758)	4	0/1,8
Elateridae	*A. pomonae* (Stephens, 1830)	27	19,1/5
Diptera			
Tipulidae	*Dictenidia bimaculata* (L., 1761)	8	4,8

На четвертой (IV) стадии разложения крупных древесных остатков общее число таксонов ксилофильных насекомых продолжает сокращаться, и составляет 45 видов, относящихся к 16 семействам из 4 отрядов.

Жесткокрылые по-прежнему остаются самым представленным отрядом: 38 видов из 12 семейств. На IV стадии продолжают встречаться личинки жуков щелкунов. Зимующие имаго жужелиц отмечались в меньшей степени, чем на III стадии. Только на четвертой стадии отмечены личинки включенного в красную книгу вида – рогачика скромного (*Ceruchus chrysomelinus* (Hochw., 1785), (Lucanidae). Его личинки были отмечены в бурой призматической гнили. В аналогичном субстрате также были отмечены представители семейства Cetoniidae.

Отряд перепончатокрылые представлен в основном муравьями (Formicidae). Также было обнаружено осиное гнездо *Vespula rufa* (L., 1758). Двукрылые представлены видом *Tanyptera atrata* (L., 1758) из семейства Tipulidae. Чешуекрылые представлены видом *Cossus cossus* (L., 1758) из семейства Cossidae.

Таким образом, IV стадия разложения характеризуется дальнейшим сокращением общего числа таксонов ксилофильных насекомых. При этом на данной стадии разложения древесина является хорошим субстратом для развития личинок рогачика скромного (*Ceruchus chrysomelinus* (Hochw., 1785) (семейство Lucanidae) и представителей семейства Cetoniidae. Первый является индикатором четвертой стадии разложения КДО, также к индикаторам можно отнести вид *Tanyptera atrata* (L., 1758) из семейства Tipulidae (Diptera) (табл. 4).

Таблица 4. Основные виды-индикаторы II стадии разложения КДО

Семейство	Вид	Встречаемость на II стадии разложения в, %	Плотность поселения, на 1 дм^3
Coleoptera			
Lucanidae	*Ceruchus chrysomelinus* (Hochw., 1785)	9	2,3
Diptera			
Tipulidae	*Tanyptera atrata* (L., 1758)	8	1,1

На пятой (V) стадии разложения в ходе исследований отмечены представители всего 6 семейств из двух отрядов.

Большинство видов ксилофильных насекомых, выявленных на V стадии (7 из 12 видов или 58,3 %), являются фоновыми для мертвой древесины. В наших исследованиях это виды, которые отмечены на трех и более стадиях разложения. На V стадии к данным видам относятся представители 4-х семейств: Elateridae, Tenebrionidae, Trogositidae и Formicidae. Из типичных обитателей мертвой древесины на V стадии остаются только личинки щелкунов из рода *Ampedus* (Elateridae). Представители семейства чернотелки (Tenebrionidae) на данной стадии завершают свое развитие и отмечаются реже чем на предыдущей стадии разложения КДО. Отряд перепончатокрылые представлен одним видом – *Myrmica rubra* (Linnaeus, 1758).

Кроме того, из семейства Elateridae в массе был отмечен вид *Ectinus aterrimus* (Linnaeus, 1761). В отличие от других представителей семейства, данный вид характерен исключительно для V стадии разложения КДО и является индикаторным видом для этой стадии. *E. aterrimus* относится к видам, которые характерны для лесной подстилки и, при этом, явно тяготеют к разложившейся древесине.

В целом на V стадии разложения КДО слабо отличимы от лесной подстилки и в них в массе присутствуют почвенные беспозвоночные.При этом число групп ксилофильных насекомых сокращается до минимума. Комплекс ксилофильных насекомых представлен преимущественно фоновыми видами. На ряду с типичными ксилофилами, на V стадии появляются насекомые, характерные для лесной подстилки, которые могут служить индикаторами данной стадии. К видам-индикаторам пятой стадии разложения КДО отнесен вид *E. aterrimus* (L. 1761).

Следует отметить что, согласно нашим данным изменение таксономического состава ксилофильных насекомых на различных стадиях разложения происходит последовательно. При этом сначала происходит увеличение видового богатства ксилофильных насекомых от I стадии разложения ко II, затем наблюдается постепенное его уменьшение (рис. 3). Достигая наибольших значений на II стадии, видовое богатство становится минимальным на V стадии разложения КДО. Выявленные изменения можно объяснить изменением ряда факторов в процессе разло-

жения КДО: доступность пригодного для питания субстрата, количество и структура укрытий и др. Можно говорить о том, что благоприятные условия для большинства видов ксилофильных насекомых складываются на II стадии разложения. Дальнейшее сокращение видового богатства объясняется снижением продуктивности и пространственной неоднородности среды обитания, что выражается в сокращении количества и разнообразия трофических ресурсов, а также уменьшении площади укрытий и числа экологических ниш в целом.

Таким образом, можно заключить, что в процессе деструкции КДО наблюдается закономерное изменение видового богатства ксилофильных насекомых. Данный показатель увеличивается от первой стадии разложения ко второй, затем уменьшается, достигая минимальных значений на пятой стадии разложения КДО.

Помимо изменения числа таксонов наблюдается смена и их качественного состава (рис. 3). Так, для каждой стадии разложения КДО можно выделить характерные группы ксилофильных насекомых, строго ассоциированные с той или иной стадией. Но при этом многие представители ксилофильных насекомых, продолжая свое развитие, отмечаются на последующих стадиях разложения КДО (общие виды). Часть видов встречается на всех трех и более стадиях разложения КДО (фоновые виды).

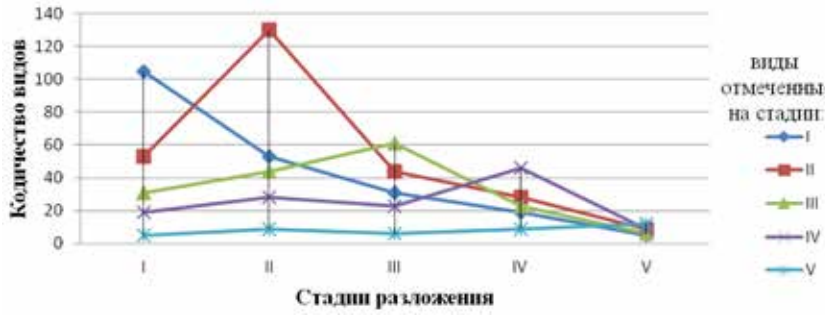


Рис. 3. Изменение числа таксонов ксилофильных насекомых, отмеченных на различных стадиях разложения КДО.

В виду отсутствия мгновенного перехода от одной стадии деструкции к другой, существует вероятность, что даже строго ассоциированные виды насекомых могут находится на соседних стадиях разложения КДО. В целом большинство представителей комплекса ксилофильных насекомых охватывают своим развитием несколько соседних стадий. Вследствие этого процесс сукцессии ксилофильных сообществ на КДО происходит последовательно от одной стадии к другой, что подтверждается наличием корреляционных связей (табл. 5).

Таблица 5. Показатель корреляции Спирмена для видового состава насекомых обитателей крупного древесного детрита на различных стадиях разложения

Стадии разложения	Valid	Spearman	t(N-2)	p-level
I & II	215	-0,186287	-2,68812	0,007788
II & III	215	0,143440	2,05486	0,041186
III & IV	215	0,259586	3,81091	0,000184
IV & V	215	0,320190	4,79174	0,000003

На основе непараметрического корреляционного анализа (показатель корреляции рангов Спирмена) было установлено, что существует достоверная зависимость (при $p<0.05$) между таксономическим составом ксилофильных насекомых для соседних стадий разложения (табл. 5). При этом зависимость между видовым составом насекомых для стадий, удаленных более чем на одну, отсутствует. Исходя из результатов анализа, можно говорить о том, что соседние стадии разложения КДО характеризуются бóльшим числом общих видов, в то время как остальные стадии связаны в меньшей степени.

Таким образом, результаты статистического анализа подтверждают, что смена видового состава ксилофильных насекомых происходит последовательно от I ко II стадии разложения, от II к III и т. д.

При этом, в части сохранения биоразнообразия, наличие КДО одних стадий не может полностью компенсировать отсутствие других в силу строгой ассоциированности отдельных видов ксилофильных насекомых, в том числе охраняемых, связанных с конкретными стадиями разложения.

Используя данные, полученные по видовому богатству и плотности поселения, и на основе качественного состава ксилофильных насекомых проанализировали меры включения комплексов насекомых различных стадий разложения КДО (с помощью программы «FDATable»). Полученые результаты были отражены в графе (рис. 4). Показано, что среди стадий разложения КДО наиболее представительна (как в качественном, так и в количественном отношении на видовом уровне) валежная древесина II стадии разложения. В комплексе с наибольшим разнообразием на более высоких таксономических уровнях (рис. 4), проведенный анализ указывает на исключительную важность II стадии разложения для поддержания биологического разнообразия лесных экосистем. Можно предполагать, что лесные экосистемы потенциально наиболее уязвимы в случае изъятия или сокращения числа КДО именно этой стадии разложения.

Таким образом, наличие КДО на всех стадиях разложения является необходимым условием для сохранения биологического разнообразия лесных экосистем и естественного процесса разложения КДО, связанного с постепенной сменой сообществ ксилофильных насекомых. Наибольшее видовое богатство и обилие ксилофильных насекомых отмечается на II КДО, что обуславливает ее ислючительную роль в поддержании биологического разнообразия лесных экосистем.

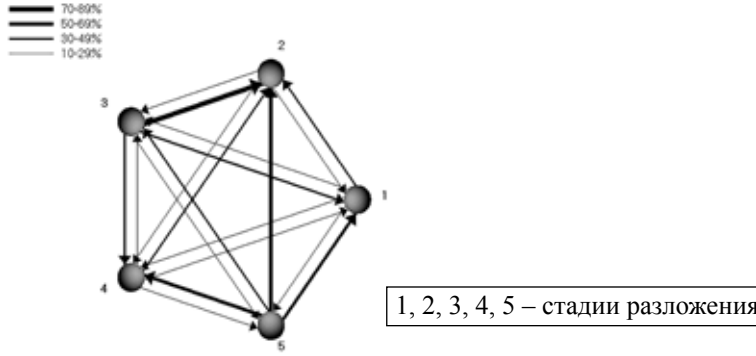


Рис. 4. Графмер включения для комплекса видов насекомых древесных остатков различных стадий разложения при пороге включения $\delta > 10\%$.

Заключение. Видовое богатство ксилофильных насекомых закономерно изменяется на каждой стадии разложения КДО, увеличиваясь от первой стадии ко второй, и затем уменьшаясь, достигая минимальных значений на пятой стадии.

На всех стадиях разложения КДО доминируют представители отряда жесткокрылых. За исключением случаев заселения КДО муравьями, когда дальнейшая деструкция подчинена ходу их жизнедеятельности.

На каждой из рассмотренных стадий разложения КДО присутствуют строго ассоциированные с ней виды насекомых, что дает возможность выделить виды-индикаторы для каждой из пяти стадий разложения.

Несмотря на наличие видов насекомых, строго ассоциированных с отдельными стадиями разложения, процесс сукцессии ксилофильных сообществ насекомых на КДО происходит последовательно от одной стадии к другой, что подтверждается наличием корреляционных связей: показатель корреляции рангов Спирмена достоверен (при $p<0.05$) между таксономическим составом ксилофильных насекомых на видовом уровне для соседних стадий разложения.

Наличие КДО на всех стадиях разложения является необходимым условием для сохранения биологического разнообразия лесных экосистем и естественного процесса разложения КДО, что обусловлено как наличием строго ассоциированных со стадиями видов насекомых, так и наличием тесной связи между соседними стадиями разложения КДО за счет видов, обитающих на нескольких стадиях.

На основании мер включения достоверно показано, что наибольшее видовое богатство и обилие ксилофильных насекомых отмечается на II стадии разложения КДО (при $\delta > 10\%$), что обуславливает ее ключительную роль в поддержании биологического разнообразия лесных экосистем.

В связи с интенсивным развитием использования возобновляемых источников энергии, к которым можно отнести и КДО, в перспективе возможно значительное сокращение объемов субстрата для развития комплекса ксилофильных насекомых, в том числе редких и охраняемых. Полученные данные необходимы при разработке норм сохранения КДО в процессе проведения лесохозяйственной деятельности для сохранения биологического разнообразия, выполнения норм международной сертификации и поддержания стабильности лесных экосистем.

Литература

1. Мамаев Б.М., Кривошеина Н.П., Потоцкая В.А. Определитель личинок хищных насекомых – энтомофагов стволовых вредителей. М.: Наука, 1977. 392 с.

2. Seibold S., Bässler C., Brandl R., Büche B., Szallies A., Thorn S. et al. Microclimate and habitat heterogeneity as the major drivers of beetle diversity in dead wood // J. Appl. Ecol. 2016. V. 53. P. 934–943.

3. Юркевич И.Д., Голод Д.С., Адерихо В.С. Растительность Белоруссии, ее картографирование, охрана и использование. Минск : Наука и техника, 1979. 247 с.

4. Рыжая А.В. , Лукин В.В. Изучение насекомых - обитателей древесных остатков: метод. рек. Гродно : ГрГУ, 2011. 39 с.

5. Пугачевский А.В., Жданович С.А. Запасы, размерная структура и степень разложения древесных остатков в некоторых типах сосновых, еловых и березовых лесов / А.В. Пугачевский, С.А. Жданович // Труды БГТУ. Сер. I. Лесн. хоз-во. Минск, 2007. Вып. 15. С. 366–370.

В. В. ЛУКИН

РОЛЬ КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ В ПОДДЕРЖАНИИ РАЗНООБРАЗИЯ КСИЛОФИЛЬНЫХ НАСЕКОМЫХ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕЛАРУСИ

Резюме

Крупные древесные остатки (КДО) служат местом обитания для многих групп организмов, в том числе и ксилофильных насекомых. Видовое богатство ксилофильных насекомых закономерно изменяется на каждой стадии разложения КДО, увеличиваясь от первой стадии ко второй, и затем уменьшаясь, достигая минимальных значений на пятой стадии. КДО являются средой обитания редких и охраняемых видов, в том числе включенных в Красную книгу Беларуси. Показана важная роль качественного состава КДО, т. к. для каждой стадии разложения характерны строго ассоциированные виды насекомых. Наибольшее видовое богатство и обилие ксилофильных насекомых отмечается на II стадии разложения КДО, что обуславливает ее ислючительную роль в поддержании биологического разнообразия лесных экосистем.

V. V. LUKIN

THE ROLE OF LARGE WOODY DEBRIS IN SUPPORT OF SAPROXYLIC INSECTS DIVERSITY IN FOREST ECOSYSTEMS OF BELARUS

Summary

Large wood debris (LWD) serve as habitats for many groups of organisms, including saproxylic insects. The species richness of saproxylic insects naturally varies at each stage of LWD decomposition, increasing from the first stage to the second, and then decreasing, reaching the minimum values in the fifth stage. LWD is the habitat of rare and protected species, including in the Red Data Book of Belarus. The important role of LWD qualitative composition is shown. For each stage of decomposition, strictly associated species of insects are characteristic. The greatest species richness and abundance of saproxylic insects is noted at the II stage of the decomposition of LWD, which causes its exceptional role in maintaining the biological diversity of forest ecosystems.

Поступила в редакцию 15.11.2017 г.

УДК 630.2:630.9(476)

А. В. ПУГАЧЕВСКИЙ, С. А. УГЛЯНЕЦ

ВЫСОКОВОЗРАСТНЫЕ ЛЕСА БЕЛАРУСИ: СТРУКТУРА, РАЗМЕЩЕНИЕ И ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

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

Введение. Высоковозрастные леса (далее – ВВЛ) как специфический элемент природного растительного покрова и как объект управления в Республике Беларусь, как ни странно, изучены весьма слабо. При этом ВВЛ исключительно важны, как хранилища биологического и биотопического разнообразия; именно у ВВЛ защитные, средообразующие, социальные, отчасти экономические функции выражены в наибольшей степени. Их отличительной чертой являются высокий возраст основного яруса древесного полога, превышающий или близкий к возрасту естественной спелости преобладающей породы. Многие наиболее экологически значимые особенности этих лесов, обусловленные длительным временем существования экосистем, особенно полно и ярко проявляются в отсутствие или при существенном ограничении хозяйственной деятельности человека: наличие крупномерных сухостойных, фаутных деревьев, древесного отпада разной степени разложения, формирование сложного по пространственной и возрастной структуре древостоя, завершенность почвообразовательного процесса. Эти качества определяют высокий уровень биологического разнообразия экосистем ВВЛ.

Изучение ВВЛ и организация управления ими на принципах устойчивости, поддержания их разнообразия и многофункциональности стали особенно важны в последние десятилетия. Это обусловлено значительным ростом их площади в нашей стране: если в 1993 году площадь спелых и перестойных лесов составляла 350,1 тыс. га (или 4,7% от всех покрытых лесом земель) [6], то на начало 2017 года – почти в три раза больше – 1026,2 тыс. га, или 12,5% всех лесов. Их доля в общем запасе древесины ещё выше – 15,3% [7].

Проблема управления ВВЛ становится все острее в связи с увеличением их площади и запаса, накоплением неосвоенной лесосеки прошлых лет, ростом площади особо охраняемых природных территорий (далее – ООПТ), изменением климата, приданием статуса редких и типичных биотопов все большей площади участков лесного фонда с ВВЛ.

Сохранение и устойчивое управление ВВЛ особенно важно для ООПТ, где доля спелых и перестойных древостоев особенно высока. Здесь высокий возраст лесов является следствием многих лет заповедного режима, что во многом определяет ценность лесов ООПТ.

В последнее время становятся актуальными проблемы экологического характера, связанные с сохранением и управлением ВВЛ в условиях интенсивного антропогенного воздействия. К таким проблемам относятся:

– пониженная устойчивость высоковозрастных древостоев ряда пород к неблагоприятному воздействию факторов окружающей среды;

– доминирование среди ВВЛ одновозрастных древостоев, что создает угрозу их быстротечного распада по достижении возраста естественной спелости;

– сложность и неизученность смены поколений коренных лесообразующих пород;

– снижение уровня биоразнообразия в результате хозяйственных мероприятий и т. д.

Уникальность и высокая природоохранная ценность ВВЛ, а также комплекс связанных с ними экологических, лесохозяйственных и экономических проблем в сочетании с малой изученностью многих аспектов формирования их структуры и динамики, определяют необходимость изучения ВВЛ.

Объекты и методы исследований. В научной литературе нет однозначного понимания термина «высоковозрастные леса». Чаще к высоковозрастным относят спелые и перестойные леса. Иногда (например, для ООПТ, где возраст спелости устанавливается на 2 класса возраста выше) к высоковозрастным относят и приспевающие леса [2]. При картировании лесов высокой природоохранной ценности категории при выделении категории «участки высоковозрастных лесов» критерием для отбора был выбран средний возраст насаждений [3].

В данной работе к ВВЛ отнесены насаждения, средний возраст которых как минимум на один класс выше возраста, соответствующего установленному возрасту рубки для эксплуатационных лесов для данной древесной породы, то есть относящиеся к VI и выше классам возраста.

Для исследования структуры и размещения ВВЛ Беларуси использовались повыдельные базы данных, созданные на основе лесоустроительных материалов. Для анализа породного состава ВВЛ использовались данные государственного учета лесного фонда [1].

Количество записей, отобранных таким образом из повыдельной базы данных, составило 78 201. Площадь ВВЛ на момент оценки (2009 год) составила 271,6 тыс. га.

Обработка повыдельной информации проводилась в табличном процессоре MS Excel. Эта информация послужила основой для получения карты распределения ВВЛ Беларуси в ГИС ArcView.

Результаты и их обсуждение. Большая часть ВВЛ Беларуси относится к категориям природоохранных, защитных и рекреационных лесов, где на них возложены особые специфические функции (табл. 1). Всего 25,1 % ВВЛ выявлено в эксплуатационных лесах. Здесь они представлены, в основном, участками леса с ограниченным режимом лесопользования, а также участками, трудно доступными для эксплуатации. В настоящее время большей части ВВЛ бывшей второй группы (особо защитным участкам, местам обитания охраняемых видов животных и растений, редким и типичным биотопам и др.) придан статус природоохранных лесов.

Таблица 1. Распределение ВВЛ Беларуси по категориям защитности (в соответствии с классификацией лесов по [8])

Категория защитности	Площадь	
	тыс. га	%
Леса 1 группы		
Леса ООПТ	97,1	35,7
Леса заповедников	1,7	0,6
Леса национальных парков	77,7	28,6
Леса заказников	17,6	6,5
Леса памятников природы республиканского значения	0,1	<0,1
Рекреационные леса	57,6	21,2
Городские леса	<0,1	<0,1
Лесопарковые части зеленых зон	15,7	5,8
Лесохозяйственные части зеленых зон	37,8	13,9
1–2 пояс санитарной охраны источников водоснабжения	1,0	0,4
1–2 зоны санитарной охраны курортов	1,5	0,5
3 зона санитарной охраны курортов	1,6	0,6
Защитные леса	48,8	17,8
Защитные полосы вдоль железных дорог	11,8	4,3
Защитные полосы вдоль автомобильных дорог	6,7	2,4
Запретные полосы	21,3	7,8
Водоохранные полосы	9,0	3,3
Итого по лесам 1-й группы	203,4	74,9
Леса 2 группы		
Спецзоны и спецполосы 2 гр.	<0,1	<0,1
Эксплуатационные леса	68,2	25,1
Итого по лесам 2-й группы	68,3	25,1
Всего	271,7	100,0

Большая часть ВВЛ находится в ведении организаций Министерства лесного хозяйства: 163,4 тыс. га или 60,2 %. При этом на долю отдельных областей приходится от 2,6 % (Гродненская) до 20,7 % (Гомельская). ВВЛ, находящиеся в ведении Управления делами Президента Республики Беларусь (далее – УДП) составляют 33,3 % (90,5 тыс. га) (табл. 2).

Характерно, что наиболее высока доля ВВЛ от общей площади лесов, находящихся в ведении УДП – 16,2 %, экспериментальных лесных баз НАН Беларуси – 14,9 %, Министерства обороны –13,1 %. В лесах Минлесхоза на момент оценки ВВЛ составляли всего 2,4 %.

Среди учреждений наибольшая доля ВВЛ отмечена в лесном фонде Березинского заповедника (38,9 %), и национального парка «Беловежская пуща» (37,2 %), имеющих наибольшую историю заповедания и действующего в них заповедным режимом, благодаря которому леса могут достигать предельного возраста. Этим объясняется и то, что в учреждениях УДП больше лесов 9 класса возраста и выше, в то время как лесов 6–8 классов возраста больше в лесах Министерства лесного хозяйства.

В целом на момент оценки ВВЛ составляли 3,5 % от общей площади лесов страны.

Таблица 2. Распределение площадей ВВЛ Беларуси по классам возраста в разрезе учреждений и ведомств

Ведомства	Площадь ВВЛ по классам возраста										Итого		% от ПЛЗ
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 и в	га	%	
Министерство лесного хозяйства													
Брестское ГПЛХО	4074,1	7078,3	3101,2	287,7	14,8	14,9	1,9				14572,9	5,4	1,4
Витебское ГПЛХО	20959,3	10248,4	8882,3	1375,7	183,9	62,0	2,1			0,8	41714,5	15,4	3,1
Гомельское ГПЛХО	20857,7	25222,3	8839,4	1000,1	165,6	16,1		17,7		2,9	56121,8	20,7	3,7
Гродненское ГПЛХО	3223,7	2047,6	1373,0	268,3	26,7	6,6				4,3	6950,2	2,6	0,9
Минское ГПЛХО	8600,9	5668,4	2917,2	502,0	28,3			2,4		1,5	17720,7	6,5	1,4
Могилевское ГПЛХО	10617,4	8868,4	5682,3	929,5	157,8	5,5	16,1	57,1	4,0	22,4	26360,5	9,7	2,6
Итого по МЛХ, га	68333,1	59133,4	30795,4	4363,3	577,1	105,1	20,1	77,2	4,0	31,9	163440,6	60,2	2,4
% от всего по классу возраста	72,5	68,7	52,8	21,4	7,2	3,4	2,7	22,7	2,0	20,9	60,2		
Управление делами Президента Республики Беларусь													
Березинский биосферный заповедник	10158,4	7547,3	5564,5	2573,6	961	453,8					27258,6	10,0	38,9
НП Беловежская пуща	4025,6	7606,2	11621,2	11106,2	6260,3	2476,8	710	262,6	196,8	120,5	44386,2	16,3	37,2
НП Припятский	932,8	3375,1	1119,8	158,3	9,2						5595,2	2,1	10,0
НП Браславские озера	390,7	280,1	136	19,2	3,1						829,1	0,3	3,1
НП Нарочанский	375,6	56,6	48,3			0,3					480,8	0,2	1,1
Прочие учреждения	4978,6	3462,5	2965,4	454,0	41,3	15,3	0,0	0,0	0,0	0,0	11917,1	4,4	4,9
Итого по УДП, га	20861,7	22327,8	21455,2	14311,3	7274,9	2946,2	710	262,6	196,8	120,5	90467,0	33,3	16,2
% от всего по классу возраста	22,1	25,9	36,8	70,1	90,2	95,9	96,4	77,3	97,6	79,1	33,3		

Окончание таблицы 2

Ведомства	Площадь ВВЛ по классам возраста										Итого		% от ПЛЗ
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 и в	га	%	
Другие ведомства													
Министерство образования, га	457,7	516,1	322,4	68,6							1364,8	0,5	5,5
% от всего по классу возраста	0,5	0,6	0,6	0,3							0,5		
НАН Беларуси, га	1335,9	2120,9	1418,5	394,7	20,3	19,2	6,7				5316,2	2,0	14,9
% от всего по классу возраста	1,4	2,5	2,4	1,9	0,3	0,6	0,9				2,0		
Министерство обороны, га	2147,4	1405,1	4169,3	1267,5	188,6	2,8			0,8		9181,5	3,4	13,1
% от всего по классу возраста	2,3	1,6	7,1	6,2	2,3	0,1			0,4		3,4		
Министерство по ЧС, га	147,2	549,5	139,4								836,1	0,3	0,8
% от всего по классу возраста	0,2	0,6	0,2								0,3		
Минский леспаркхоз, га	956,1	77,0	23,1								1056,2	0,4	3,6
% от всего по классу возраста	1,0	0,1	0,0								0,4		
Всего по РБ, га	94239,1	86129,8	58323,3	20405,4	8060,9	3073,3	736,8	339,8	201,6	152,4	271662,4	100,0	3,5
Всего по РБ, % от площади ВВЛ	34,69	31,70	21,47	7,51	2,97	1,13	0,27	0,13	0,07	0,06	100,0	-	-

По территории страны ВВЛ размещены неравномерно (рис. 1). Наибольшая их доля отмечается на севере и юго-востоке республики (5–20%), которые традиционно отличаются высокой лесистостью. Западная часть Беларуси характеризуется наименьшими (до 5%) площадями ВВЛ.

Более других пород среди ВВЛ представлены сосняки (табл. 3): их доля составляет 34,9% от общей площади ВВЛ, хотя доля сосны в структуре всех лесов выше – 50,5%. Вторыми по площади ВВЛ являются чернольшаники – 24,3%. Это в три раза выше их участия в составе всех лесов Беларуси (8,6% на момент оценки). На березняки приходится 13,0% ВВЛ (при доле березы в составе лесов 22,9%), осинники – 11,7% при доле осины всего 2,1%. Высоковозрастные дубравы составляют 10,2% от всех ВВЛ, что почти в три раза выше участия лесов с преобладанием дуба в лесном фонде в целом (3,55%). Напротив вклад ельников в общую площадь ВВЛ (4,7%) вдвое ниже ее участия в лесах страны (9,44%).

Анализ лесотипологической структуры ВВЛ (табл. 4) свидетельствует об их большом формационном и типологическом разнообразии. ВВЛ представлены насаждениями 15 пород и 25 сериями 126 типов леса (из них 10 мелиоративно-производных и 21 пойменный тип). Наиболее распространены ВВЛ кисличной серии типов (17,3%). Широко представлены осоковая, черничная и мшистая серии (13,5%, 10,8 и 10,2% соответственно). В целом велик процент ВВЛ, формирующихся в сырых и мокрых условиях произрастания.

Главной особенностью породного состава ВВЛ является высокая доля мягколиственных пород (особенно осины и ольхи черной). Причиной этому являются недорубы расчетной лесосеки мягколиственных пород, вызванные низкой стоимостью и качеством их древесины, а также недоступность или труднодоступность лесосечного фонда на переувлажненных почвах (черноольшанники, пушистоберезняки).

Высокий возраст древостоев сам по себе является только индикатором достижения лесной экосистемой определенной стадии развития, в которой можно ожидать её перестройки, связанной либо со сменой поколений лесообразущих пород, полной или частичной, связанной с формированием разновозрастных древостоев, либо со сменой доминирующих в древостое пород.

Большая часть ВВЛ Беларуси характеризуется довольно высокой устойчивостью, кроме, пожалуй, ельников расположенных вблизи южного предела их распространения и подверженных усыханию в условиях нестабильного климата [10], а в последние годы – ясенников и дубрав. Устойчивость ВВЛ во многом определяется наличием и качеством подроста и второго яруса древостоя, а также их породным составом. Исследования, проведенные в НП «Беловежская пуща», показали, что во многих случаях под пологом ВВЛ, формируется 2 ярус и подрост, по породному составу отличающийся от материнского древостоя, что предполагает будущую смену лесных формаций. В частности, отмечается тенденция к смене сосновых, дубовых и ясеневых древостоев грабом и елью [5], хотя зональные коренные лесные формации относятся к широколиственным лесам [11].

Таблица 3. Распределение площадей ВВЛ по преобладающим породам и возраста, га/%
и их доля в составе государственного лесного фонда (ГЛФ)

Преобладающая порода	Класс возраста										Всего	Доля в ГЛФ*
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 и в		
Сосна	64211,8 67,8	12940,0 13,7	7771,6 8,2	5494,4 5,8	3241,0 3,4	1014,9 1,1	11,9 <0,1	5,4 <0,1			94691,0 34,9	3951,7 2,4
Ель	9988,0 78,2	1810,3 14,2	700,0 5,5	239,9 1,9	30,4 0,2						12768,6 4,7	737,4 1,7
Всего хвойных	74206,4 69,1	14750,3 13,7	8472,4 7,9	5734,3 5,3	3271,4 3,0	1014,9 0,9	11,9 <0,1	5,4 <0,1			107467,0 39,6	
Дуб	×	18629,4 67,5	5856,1 21,2	1893,8 6,9	762,2 2,8	345,6 1,3	8,6 0,0	20,4 0,1	76,7 0,3	14,6 0,1	27607,4 10,2	276,5 10,0
Граб	×	×	×	267,9 32,9	101,7 12,5	116,3 14,3	162,4 19,9	46,5 5,7	58,1 7,1	61,7 7,6	814,6 0,3	12,8 6,4
Ясень	×	446,9 22,9	501,5 25,8	168,2 8,6							1116,6 0,4	30,9 3,6
Всего твердолист-венных	×	19123,3 64,4	6414,5 21,6	2364,6 8,0	866,2 2,9	461,9 1,6	171,0 0,6	66,9 0,2	134,8 0,5	76,3 0,3	29679,5 10,9	
Береза	×	×	27007,9 76,3	6497,1 18,4	1336,9 3,8	520,9 1,5	13,7 <0,1	1,7 <0,1	0,8 <0,1	0,8 <0,1	35379,8 13,0	1758,0 2,0
Осина	19005,9 59,7	9456,6 29,7	2658,7 8,4	602,6 1,9	80,2 0,3	28,8 0,1	3,3 <0,1			1,1 <0,1	31837,2 11,7	159,8 19,9
Ольха серая	973,2 99,5	5,3 0,5									978,5 0,4	184,2 0,5
Ольха черная	×	42776,4 64,7	13767,6 20,8	5191,1 7,9	2499,7 3,8	1038,8 1,6	520,8 0,8	191,0 0,3	62,0 0,1	51,0 0,1	66098,4 24,3	665,9 9,9
Всего мягколиственных	20032,7 14,9	52256,2 38,8	43436,4 32,3	12306,5 9,1	3923,3 2,9	1596,5 1,2	553,9 0,4	267,5 0,2	66,8 <0,1	76,1 0,1	134515,9 49,5	
Итого	94239,1 34,7	86129,8 31,7	58323,3 21,5	20405,4 7,5	8060,9 3,0	3073,3 1,1	736,8 0,3	339,8 0,1	201,6 0,1	152,4 0,1	271662,4 100,0	7835,1 3,5

* Примечание: в графе «Доля в ГЛФ» в числителе общая площадь породы в составе гослесфонда по данным государственного учета лесного фонда 2006 г. (тыс. га), в знаменателе – процент ВВЛ от общей площади формации.

Таблица 4. Распределение площадей ВВЛ Беларуси по типам леса

Серия типов леса	Площади ВВЛ по преобладающим породам, га										Всего по серии типов леса	
	С	Е	Д	Г	Я	Б	Ос	Олс	Олч	Прочие	га	%
ЛШ	313,9										313,9	0,1
ВЕР	3893,2					6,5					3899,7	1,4
БР	2000,1	5,4				20,4					2025,9	0,7
МШ	26006,6	1005,7				475,6	177,8			1,3	27667,0	10,2
ЗЛ								14,4			14,4	<0,1
ОР	7303,7	572,8	2144,2	4,2		1494,5	1143,9	20,3		23,0	12706,6	4,7
КИС	5437,2	4423,3	11783,2	678,4	226,7	5193,8	17367,2	262,7	1336,7	298,9	47008,1	17,3
ЗМ	108,2	158,2				10,5	44,2				321,1	0,1
ЧЕР	16033,3	3393,5	2703,3	6,9		3038,1	4128,9	26,7		9,6	29340,3	10,8
СН		112,2	2598,1	109,0	384,6	396,9	5914,7	285,2	1319,0	23,8	11143,5	4,1
ДМ	4318,6	944,1				1861,6	343,2	11,3		2,6	7481,4	2,8
ПАП		1014,4	1088,3	5,2	140,2	3562,4	1920,9	237,5	9329,2	0,7	17298,8	6,4
ТАВ					9,9			49,2	20129,2		20188,3	7,4
ЛУГ			434,9								434,9	0,2
КР		162,9	409,2	10,9	271,4	292,0	542,2		10149,2	8,3	11846,1	4,4
ПР-ТР	455,4	251,8				1269,5	224,6			2,1	2203,4	0,8
БАГ	6468,8										6468,8	2,4
ОС	7189,7	368,0				10965,5		71,2	18010,9		36605,3	13,5
ОС-СФ	12089,6	328,4				1267,3					13685,3	5,0
ОС-ТР						4138,7					4138,7	1,5
КАС									63,0		63,0	<0,1
ИВ						58,4			607,5		665,9	0,2
Б-Р					72,8	1,4					74,2	<0,1
БОЛ-П						1050,5			4551,7		5602,2	2,1
СФ	2347,6					10,4					2358,0	0,9
Пойменные типы леса												
ЗЛ-ПМ			3182,9								4807,4	1,2
ОЛ-ПМ			632,1								1171,3	0,2
ПР-ПМ			1673,5								4373,2	0,6
ПМ			352,6		11,0						1145,0	0,1
Ш-ПМ			359,2								551,8	0,1
Я-ПМ			235,0								268,0	0,1
Всего			6435,3		11,0						6446,3	2,4
Мелиоративно-производные типы леса												
ДМ-М	43,3	14,3				56,5					114,1	<0,1
ПАП-М		13,6	10,9			52,3	26,8		76,4		180,0	0,1

Окончание таблицы 4

Серия типов леса	Площади ВВЛ по преобладающим породам, га										Всего по серии типов леса	
	С	Е	Д	Г	Я	Б	Ос	Олс	Олч	Прочие	га	%
ТАВ-М									114,6		114,6	<0,1
КР-М						5,8	2,8		128,9		137,5	0,1
БАГ-М	77,0										77,0	<0,1
ОС-М	421,6					115,5			248,5		785,6	0,3
ОСФ-М	161,2										161,2	0,1
ОС-ТМ						21,3					21,3	<0,1
БП-М						14,4			33,6		48,0	<0,1
СФ-М	22,0										22,0	<0,1
Всего	725,1	27,9	10,9			265,8	29,6		602,0		1661,3	0,6
Итого, га	94691,0	12768,6	27607,4	814,6	1116,6	35379,8	31837,2	978,5	66098,4	370,3	271662,4	100,0
%	34,9	4,7	10,2	0,3	0,4	13,0	11,7	0,4	24,3	0,1	100,0	



Рис. 1. Доля ВВЛ в составе лесного фонда отдельных юридических лиц, ведущих лесное хозяйство.

Неопределенность динамики конкретных ВВЛ и их пониженная в ряде случаев устойчивость в сочетании с исключительной ценностью для сохранения биоразнообразия, поддержания защитных, санитарно-гигиенических и других функций лесов создает проблему управления ВВЛ. При этом, решение о назначении или ограничении хозяйственных мероприятий, характере использования и методах охраны, активных или пассивных, должно приниматься с учетом всех этих аспектов.

Проблемы управления ВВЛ в условиях Беларуси связаны в первую очередь с поддержанием и реализацией их основного функционального назначения: природоохранного, защитного, рекреационного или эксплуатационного, что соответствует требованиям нового Лесного кодекса Республики Беларусь [9]. В соответствии с этим должны определяться цели и механизмы управления: а) сохранение ВВЛ такими, какие они есть, или поддержание процесса их естественного развития «любой ценой» в лесах природоохранного назначения методами «пассивной» или «активной» охраны; б) сохранение их защитных и рекреационных функций путем поддержания территории в постоянно покрытом лесом состоянии, в том числе посредством особой «поддерживающей» системы несплошных рубок. Выбор тех или иных мер по поддержанию эффективности в соответствии с функциональным назначением ВВЛ этих категорий в настоящее время не имеет под собой достаточной научной основы из-за отсутствия ясного представления о их динамике после вступления в фазу ослабления устойчивости и распада доминирующего древесного яруса при достижении им предельного возраста.

В случае эксплуатационных лесов проблема управления сводится главным образом к доступности ресурсов ВВЛ, экономической целесообразности и своевременности освоения их рекреационного потенциала, а также поддержания уровня устойчивости этих лесов до проведения рубок главного пользования.

Учитывая обозначенные проблемы управления ВВЛ и их слабую изученность, главными направлениями исследований таких лесов в Беларуси должны быть:

1. Исследование состояния и структуры ВВЛ коренных лесообразователей.
2. Изучение сукцессионной динамики, прежде всего лесовосстановительных процессов под их пологом.
3. Изучение фитопатологического состояния и роль болезней и вредителей в процессах распада старовозрастных насаждений.
4. Роль ВВЛ и их отдельных компонентов для поддержания биоразнообразия, в особенности редких видов живых организмов.
5. Исследование влияния хозяйственных мероприятий (в частности, рубок обновления и переформирования) на состояние и динамику ВВЛ, разработка оптимальных методов и систем управления ими.

Заключение. На основе материалов учета лесного фонда установлено, что ВВЛ на момент оценки занимали 271,6 тыс. га или 3,5 % от общей площади покрытых лесом земель и их доля в составе лесов постоянно растет. В породном составе ВВЛ преобладают сосняки (34,9 % от общей площади ВВЛ). На долю черноольшаников приходится 24,3 %, березняков – 13,0 %, осинников – 11,7 %, дубрав – 10,2 %. Наиболее распространенными являются ВВЛ, относящиеся к кисличной (17,3 %), осоковой (13,5 %), черничной (10,8 %) и мшистой (10,2 %) сериям типов леса.

Главной особенностью породного состава ВВЛ является высокая доля мягколиственных пород. Причиной этому являются недоиспользо-

вание расчетной лесосеки этих пород, а также недоступность или труднодоступность значительной части лесосечного фонда на переувлажненных почвах (черноольшаники, пушистоберезняки).

По территории страны ВВЛ распространены неравномерно: их больше на северо-западе и юго-востоке Беларуси, но наибольшую долю в лесном фонде они занимают на территории старейших ООПТ: Березинского биосферного заповедника (38,9 %) и национального парка «Беловежская пуща» (37,2 %).

Управление ВВЛ в условиях остается проблематичным вследствие недостаточно ясного понимания того, какими по составу и структуре должны оставаться ВВЛ, выполняющие природоохранные, защитные и рекреационные функции. Не вполне ясно определены и методы, которыми эти функции должны поддерживаться в лесах с древостоями предельного возраста главной породы.

В отношении ВВЛ эксплуатационного назначения остается проблема их своевременного использования в условиях труднодоступных территорий, невостребованности на рынке древесины мягколиственных пород, а также снижением устойчивости древостоев предельного возраста к неблагоприятным воздействиям, в особенности в связи с изменением климата.

Наличие проблем управления ВВЛ и их слабая изученность определяет первоочередные направления исследовании этой категории лесов: оценка состояния и описание структуры ВВЛ; их сукцессионной динамики, прежде всего лесовосстановительных процессов под их пологом; изучение роли болезней, вредителей леса и экстремальных климатических явлений в процессах распада старовозрастных древостоев, определение роли ВВЛ для поддержания биоразнообразия.

Чрезвычайно важным является изучение влияния хозяйственных мероприятий и методов рубок на структуру, динамику и функции ВВЛ, разработка оптимальных методов и систем управления ими.

Литература

1. Единовременный государственный учет лесов Республики Беларусь по состоянию на 1 января 2006 года. Государственный учет лесов Республики Беларусь. Формы 1,2,3. / Мин-во лесного хозяйства Республики Беларусь. Лесоустроит. респ. унит. предпр. «Белгослес». Минск, 2006.

2. Пугачевский А.В., Романюк И.Г., Смоктунович Е.А. // Беловежская пуща в третьем тысячелетии. Проблемы сохранения природы и устойчивого развития: Материалы трансграничной конф. Брест, 2002. С. 172–175.

3. Пугачевский А.В., Ермохин М.В. Выделение и картирование лесов высокой природоохранной ценности – один из путей сохранения биоразнообразия в Беларуси // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: Материалы III Всероссийской научн. конф. Йошкар-Ола, Пущино, 2008. С. 629–631.

4. РД РБ 02080.019-2004. Правила рубок леса в Республике Беларусь. Минск, 2004. 94 с.

5. Бамбиза Н.Н., Толкач В.Н. // Сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. Вып. 65. Гомель, 2006. С. 10–16.

6. Государственный лесной фонд Республики Беларусь по состоянию на 1.01.1994 г. Минск: ЛРУП «Белгослес», 1995. 85 с.

7. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 1.01.2017 г.

8. Лесной кодекс Республики Беларусь // Белорусская лесная газета, № 31 (283), 10.08.2000 г. С. 1–7.

9. Лесной кодекс Республики Беларусь / Минск: Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь. 2015. 105 с.

10. Логинов В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия. Минск: ТетраСистемс, 2008. 496 с.

11. Восточноевропейские широколиственные леса / Р.В.Попадюк, А.А.Чистякова, С.И.Чумаченко и др. Под ред. О.В.Смирновой. Москва: Наука, 1994. 364 с.

А. В.ПУГАЧЕВСКИЙ, С. А.УГЛЯНЕЦ

ВЫСОКОВОЗРАСТНЫЕ ЛЕСА БЕЛАРУСИ: СТРУКТУРА, РАЗМЕЩЕНИЕ И ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Резюме

На основе материалов учета лесного фонда 2001–2009 гг. проанализированы структура и распространение высоковозрастных лесов Беларуси. Показано, что их общая площадь на момент оценки составляла 271,6 тыс. га или 3,5 % от общей площади покрытых лесом земель страны. Проанализирован их формационный и лесотипологический состав, распространение по территории Беларуси, распределение по лесам различной ведомственной принадлежности.

Описаны основные проблемы управления ВВЛ в зависимости от их функционального назначения (природоохранные, защитные, рекреационные, эксплуатационные). Определены приоритетные направления исследования лесов этой категории.

A. V. PUHACHEUSKY, S. A. UGLYANETS

OLD-GROWTH FORESTS OF BELARUS: STRUCTURE, LOCATION AND MANAGEMENT ISSUES

Summary

The structure and distribution of old-growth forests of Belarus are analyzed on the basis of materials of forest inventory 2001–2009. It is shown that their total area at the time of the evaluation was 271,6 thousand hectares or 3.5 % of the total area covered by forest lands of the country. Analyzed their formation and forest typology composition, distribution on the territory of Belarus, distribution of forests of different affiliation.

The basic problem of the control of of old-growth forests, depending on their functional purpose (environmental, protective, recreational, performance). Identified priority areas of research forests in this category.

Поступила в редакцию 17.11.2017 г.

УДК 582.912.46: 581.55: 330.15 (476)

И. П. СЫСОЙ

ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЙ И РЕСУРСНЫЙ АНАЛИЗ *VACCINIUM MYRTILLUS* L. НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКО-ВАЛДАЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ

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

Введение. В настоящее время усиливается тенденция увеличения масштабов использования природного растительного сырья в различных отраслях промышленности, в том числе и при производстве лекарственных средств и биологически активных пищевых добавок. Вследствие большого видоразнообразия природная флора Беларуси обладает значительным ресурсным потенциалом. Запасы некоторых видов хозяйственно полезных растений достаточны для удовлетворения потребности перерабатывающих отраслей промышленности республики в их сырье. Среди них следует выделить чернику обыкновенную (*Vaccinium myrtillus* L.) – длиннокорневищный кустарничек семейства Ericaceae Juss. [1]. В медицине употребляют побеги или листья этого растения, которые заготавливают в июле-августе [2, 3, 4]. Однако данный вид сырья не включен в Государственную фармакопею Республики Беларусь, а используется в основном в народной медицине. В то же время в России качество побегов этого растения (*Cormus Myrtilli*) регламентируется фармакопейной статьей ФС-42–2948–93 [3]. Настой из листьев черники применяется при диабете, так как благодаря наличию гликозида неомиртиллина обладает способностью снижать содержание сахара в крови [2, 5, 6, 7]. Препараты на основе побегов обладают гиполипидимическими, антигипоксическими, антиоксидантными, антивирусными свойствами [8].

В силу биологических особенностей онтогенетического развития вегетативной фитомассы данный вид обладает высоким ресурсным потенциалом, однако при этом следует отметить наблюдающуюся тенденцию сокращения запасов растительного сырья черники под воздействием усиливающихся антропогенных факторов (вытаптывание, механическое повреждение кустов при сборе ягод и др.). В этой связи изучение эколого-фитоценотического статуса природных ценопопуляций *Vaccinium myrtillus*, оценка ее ресурсов, определение скорости восстановления растений после изъятия лекарственного сырья, а также степени антропогенного воздействия на состояние ценопопуляций черники является важной задачей для исследователей-ресурсоведов.

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектом исследования явились ценопопуляции *V. myrtillus* на территории Белорусско-Валдайской провинции – физико-географического региона, расположенного в северной части республики, в административном отношении охватывающего Витебскую, северо-восток Гродненской и север Минской областей. Границы данного региона принимались согласно физико-географи-

ческому районированию Беларуси по В. А. Дементьеву. Южная граница проходит по линии Вильнюс – Воложин – Ивенец – Дзержинск – Смолевичи – Борисов – Толочин – Орша. Это – целостный и своеобразный регион Беларуси, имеющий сложную структуру, широкий диапазон геоморфологических, ландшафтных, климатических, гидрологических, почвенных и геоботанических особенностей, определяющих его флористический состав, специфический характер распределения видов растений и характеризующийся значительной интенсивностью заготовок и закупок лекарственного сырья [9, 10, 11, 12, 13].

Для установления мест сосредоточения исследуемого вида их поиск проводился с помощью картографических, лесотаксационных материалов и непосредственно на местности маршрутно-рекогносцировочным методом [14, 15, 18]. Исследования проводили на протяжении 2005–2016 гг. как на временных, так и на постоянных пробных площадях, где закладывали учетные площадки размером 1 м х 1 м. Пробные площади маркировали, строго привязывали на местности с изображением схем их расположения, географические координаты определяли с помощью GPS-приемника [14, 15]. При выделении типов леса и определении экологических характеристик лесных растительных сообществ руководствовались лесотипологическими таблицами [16].

Во время полевых исследований описание каждой ценопопуляции проводили общепринятыми методами [14, 15, 17]. Площадь зарослей определяли путем приравнивания ее очертаний к определенной геометрической фигуре, параметры которой измеряли рулеткой или шагами. Если заросль соответствовала выделу на плане лесонасаждений, то площадь ее устанавливали по данным материалам [17, 18]. Проективное покрытие определяли глазомерно или с помощью сеточки Раменского [15]; удельную сырьевую фитомассу – методом учетных площадок в конкретных зарослях: вычисляли среднюю арифметическую массы лекарственного сырья на единице площади с учетом ошибки средней арифметической ($M \pm m$) [14, 15, 17, 18].

Сырье исследуемого вида (побеги) заготавливали со всех учетных площадок в июле-августе в соответствии с правилами по сбору и последующей сушке сырья [2, 19]. Образцы взвешивали на весах ВЛТК-500 и RV-3102. Полученные результаты статистически обработаны с использованием пакетов программ Statistica и MS Excel.

На всех пробных площадях оценивался период восстановления черники по исследуемым параметрам (проективное покрытие, высота побегов, удельная сырьевая фитомасса) после полного экспериментального изъятия сырья. Под периодом восстановления подразумевается временной промежуток, по истечении которого параметры растений достигают значений, фиксируемых в период, предшествующий антропогенному воздействию [20]. Для этого через несколько лет (1–8) на учетных площадках, с которых полностью изымалось сырье, определяли необходимые показатели и сравнивали их с исходными данными.

Ресурсы *V. myrtillus* определяли в пределах административных районов, расположенных в границах исследуемого региона, с помощью алго-

ритма кадастровой региональной оценки запасов сырья [21], основанного на общепринятых методиках [17, 18]. Полевые и литературные материалы обрабатывали по специально разработанным компьютерным программам [21] с последующим расчетом площади и числа популяций черники, а затем определяли биологический и эксплуатационный запасы сырья с учетом площади данного вида и удельной сырьевой фитомассы [14, 15, 17, 18, 22]:

$$B = S \cdot (M + 2m), \quad E = S \cdot (M - 2m),$$

где B – биологический запас, кг;
E – эксплуатационный запас, кг;
S – площадь заросли, га;
M – средняя величина удельной сырьевой фитомассы, кг/га;
m – ошибка среднего арифметического.

Возможные ежегодные объемы заготовок сырья рассчитывали с помощью разработанной специализированной компьютерной программы как частное от деления эксплуатационного запаса сырья на оборот заготовки, включающий год заготовки и продолжительность периода восстановления заросли [14, 15, 17, 18, 22]:

$$V_{\text{вез}} = \frac{E}{t_{\text{загот.}} + t_{\text{восст.}}},$$

где $V_{\text{вез}}$ – возможный ежегодный объем заготовок сырья, кг;
E – эксплуатационный запас, кг;
$t_{\text{загот.}}$ – год заготовки;
$t_{\text{восст.}}$ – продолжительность периода восстановления, лет.

Для оценки устойчивости и изменения сырьевой фитомассы данного вида в связи с различной степенью рекреационной нагрузки моделировали влияние вытаптывания на ценопопуляцию *V. myrtillus*. С этой целью было заложено 8 пробных площадей (ПП) по 25 м^2, из которых: ПП 1 и 2 – контрольные (без рекреационного воздействия), ПП 3–8 – моделирующие рекреационную нагрузку, которую рассчитывали в человеко/проходах на 1 м^2. Этот способ позволяет воспроизвести наибольший единовременный пресс на ценопопуляцию исследуемого вида [23, 24]. В течение 5-летнего эксперимента растительность подвергалась 3-м степеням нагрузки: на ПП 3 и 4 – низкой (50 человеко/проходов), на ПП 5 и 6 – средней (100 человеко/проходов) и на ПП 7 и 8 – высокой степени (150 человеко/проходов). Для оценки состояния и запаса ресурсов *V. myrtillus* на ПП каждый год в период, рекомендуемый для сбора побегов черники (июль-август), в четырехкратной повторности для каждого варианта эксперимента закладывали учетные площадки по 1 м^2. На площадках определяли показатели проективного покрытия и измеряли высоту побегов, после чего зеленые (неодревесневшие) побеги срезали. После завершения 5-летнего периода рекреационной нагрузки в течение последующих 5-ти лет на экспериментальных ПП для растений черники устанавливали

период «отдыха», исключая любое антропогенное воздействие. По завершении эксперимента на учетных площадках, заложенных в начале исследования, определяли проективное покрытие, высоту побегов, удельную сырьевую фитомассу *V. myrtillus*.

Таким образом, проведенные исследования и анализ полученных данных позволили изучить динамику восстановления ценопопуляций черники как после полного изъятия сырья, так и после рекреационного воздействия.

Результаты и их обсуждение. Изучение эколого-фитоценотических особенностей ценопопуляций *V. myrtillus* осуществлялось на основе 134487 описаний, в число которых вошли 340 выполненные нами в 2005–2016 гг., а также содержащиеся в лесотаксационных материалах, базах данных Государственного кадастра растительного мира Республики Беларусь и информационно-поисковой системе «Флора» Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси.

Данный вид широко распространен в лесах (99,6 % от общего числа ценопопуляций), так как является доминантом или субдоминантом кустарничкового или травяно-кустарничкового ярусов. Незначительная доля ценопопуляций черники отмечена нами на лесных болотах – 0,4 % от общего числа ее ценопопуляций.

В результате обработки материалов была изучена приуроченность *V. myrtillus* к растительным сообществам 78 типов леса. Анализ распределения черники обыкновенной по лесам показал, что наибольшая доля ее ценопопуляций сосредоточена в растительных сообществах сосновых типов леса (рис. 1).

Результаты изучения распределения данного вида по типам сосновых лесов позволили установить, что максимальное количество ценопопуляций *V. myrtillus* отмечено в сосняках черничных (рис. 2), что составляет 86 % от всех ее ценопопуляций, встреченных в сосняках.

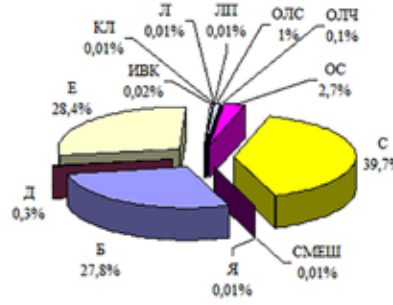


Рис. 1. Распределение *Vaccinium myrtillus* по формациям лесов: Б – березняки, Д – дубравы, Е – ельники, ИВК – ивняки, КЛ – кленовники, Л – листвяги, ЛП – липняки, ОЛС – сероольшаники, ОЛЧ – черноольшаники, ОС – осинники, С – сосняки, СМЕШ – смешанные леса, Я – ясенники.

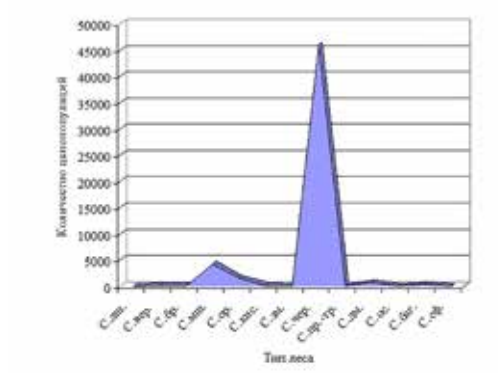


Рис. 2. Распределение *Vaccinium myrtillus* по сосновым типам леса: *С.лш.* – Сосняк лишайниковый; *С.вер.* – Сосняк вересковый; *С.бр.* – Сосняк бруничный; *С.мш.* – Сосняк мшистый; *С.ор.* – Сосняк орляковый; *С. кис.* – Сосняк кисличный; *С.зм.* – Сосняк зеленомошный; *С.чер.* – Сосняк черничный; *С.пр.-тр.* – Сосняк приручейно-травяной; *С.дм.* – Сосняк долгомошный; *С.ос.* – Сосняк осоковый; *С.баг.* – Сосняк багульниковый; *С.сф.* – Сосняк сфагновый.

Было проанализировано распределение ценопопуляций черники обыкновенной в растительных сообществах сосновых типов леса по группам проективного покрытия: 1 – 1–10 %; 2 – 11–20 %; 3 – 21–30 %; 4 – 31–40 %; 5 – 41–50 %; 6 – 51–60 %; 7 – 61–70 %; 8 – 71–80 %; 9 – 81–90 %; 10 – 91–100 %.

Установлено, что в различных типах сосняков наибольшая доля ее ценопопуляций (75 % от общего числа) приходится на 1-ю и 2-ю группы проективного покрытия (39 % и 36 % соответственно). В 3-й группе проективного покрытия максимальное количество ценопопуляций черники отмечено лишь в сосняках черничных (рис. 3).

Максимальное количество ценопопуляций *V. myrtillus* во всех исследуемых типах сосняков выявлено во 2-й группе проективного покрытия (рис. 4). Для установления причин приуроченности данного вида к типам леса проведен анализ его отношения к богатству и влажности почвы. Полученные результаты представлены на рисунке 5.

Установлено, что максимальное количество ценопопуляций черники встречалось в относительно бедных и влажных условиях мест произрастания. Среднее проективное покрытие данного вида по исследуемым типам леса составило 24,23±0,11 %. Максимальное среднее проективное покрытие *V. myrtillus* отмечено в сосняках черничных (30,21±0,20 %).

По показателям проективного покрытия, количеству ценопопуляций и оптимальным условиям мест произрастания черники обыкновенной выделены растительные сообщества, наиболее перспективные для проведения заготовки лекарственного сырья, – сосняки черничные, в которых и проведена ресурсная оценка данного вида.

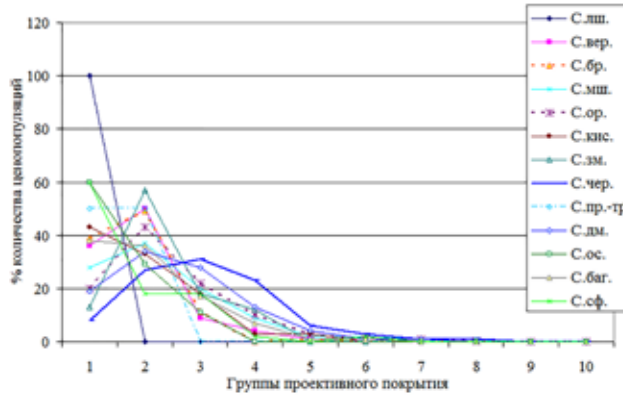


Рис. 3. Распределение ценопопуляций *Vaccinium myrtillus* в сосняках по группам проективного покрытия: *С.лш.* – Сосняк лишайниковый; *С.вер.* – Сосняк вересковый; *С.бр.* – Сосняк бруничный; *С.мш.* – Сосняк мшистый; *С.ор.* – Сосняк орляковый; *С. кис.* – Сосняк кисличный; *С.зм.* – Сосняк зеленомошный; *С.чер.* – Сосняк черничный; *С.пр. – тр.* – Сосняк приручейно-травяной; *С.дм.* – Сосняк долгомошный; *С.ос.* – Сосняк осоковый; *С.баг.* – Сосняк багульниковый; *С.сф.* – Сосняк сфагновый. Группы проективного покрытия: 1 – 1–10 %; 2 – 11–20 %; 3 – 21–30 %; 4 – 31–40 %; 5 – 41–50 %; 6 – 51–60 %; 7 – 61–70 %; 8 – 71–80 %; 9 – 81–90 %; 10 – 91–100 %.

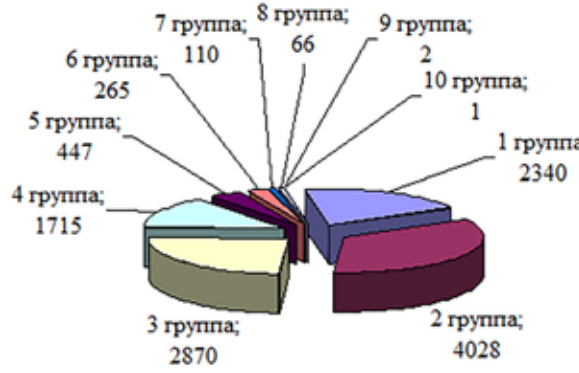


Рис. 4. Распределение количества ценопопуляций *Vaccinium myrtillus* в сосновых типах леса по группам проективного покрытия:
1 – 1–10 %; 2 – 11–20 %; 3 – 21–30 %; 4 – 31–40 %; 5 – 41–50 %; 6 – 51–60 %; 7 – 61–70 %; 8 – 71–80 %; 9 – 81–90 %; 10 – 91–100 %.

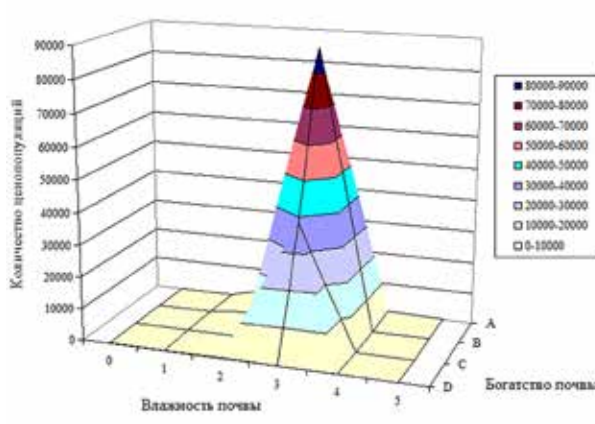


Рис. 5. Распределение ценопопуляций *Vaccinium myrtillus* по эдафотопам:
Ряд увлажнения почв (ряд гигротопов): 0 – очень сухие, 1 – сухие, 2 – свежие, 3 – влажные, 4 – сырые, 5 – мокрые (болото).
Ряд богатства почвы (ряд трофотопов):
A – крайне бедные, B – относительно бедные, C – относительно богатые, D – богатые.

В пределах учетных площадок, заложенных в растительных сообществах 4 ассоциаций сосняка черничного: чернично-бруснично-мшистой, березово-черничной, чернично-мшистой и елово-чернично-мшистой, определяли проективное покрытие популяций черники, высоту побегов растений, проводили сбор сырьевой фитомассы (побегов).

По данным обработки полученных результатов рассчитывали удельную сырьевую фитомассу *V. myrtillus* в растительных сообществах (табл. 1).

Таблица 1. Ресурсная характеристика *Vaccinium myrtillus* (побеги)

Ассоциация	Среднее проективное покрытие, %	Средняя высота побегов, см	Удельная сырьевая фитомасса, г/м^2	
			сырая	воздушно-сухая
чернично-бруснично-мшистая	32,80±9,79	20,16±4,70	136,42±42,01	61,74±18,93
березово-черничная	40,00±6,41	26,13±1,17	202,68±32,09	96,23±14,55
чернично-мшистая	50,94±3,46	24,42±0,95	323,34±23,01	161,57±10,58
елово-чернично-мшистая	37,00±9,95	21,82±1,90	200,62±51,30	85,36±21,96

Удельная сырьевая фитомасса черники в воздушно-сухом состоянии в исследуемых ассоциациях сосняка черничного варьировала от

61,74±18,93 до 161,57±10,58 г/м^2. Максимальные ее показатели наблюдались в чернично-мшистой ассоциации при наибольших показателях проективного покрытия и высоты побегов, минимальные – в чернично-бруснично-мшистой ассоциации, где были отмечены самые низкие значения высоты побегов и проективного покрытия черники.

В связи с этим заготовки лекарственного сырья *V. myrtillus* целесообразно проводить в растительных сообществах чернично-мшистой ассоциации сосняка черничного.

При обработке материалов определены средние значения биометрических и продукционных показателей черники обыкновенной для сосняков черничных. Так, ее среднее проективное покрытие составило 45,03±2,99 % (с разбросом значений от 0 до 80 %), средняя высота побегов – 23,79±0,98 см (от 0 до 38,20 см), средняя удельная сырьевая фитомасса (побеги) – 258,62±19,07 г/м^2 (от 0 до 624,66 г/м^2) в сыром состоянии и 128,25±9,14 г/м^2 (от 0 до 299,61 г/м^2) в воздушно-сухом состоянии, средняя удельная сырьевая фитомасса (листья) в воздушно-сухом состоянии – 21,78±1,65 г/м^2 (от 0 до 51,74 г/м^2). Выход воздушно-сухого сырья данного вида составил 49,40±0,82 % от свежесобранного. Установлено, что доля листьев в общей сырьевой фитомассе – 17,27±1,67 %.

Сравнительный анализ результатов наших исследований удельной сырьевой фитомассы *V. myrtillus* с данными, полученными в других регионах, показал их относительное сходство. Так, в Московской области для сосняков установлены близкие с нашими показатели массы воздушно-сухого сырья (листьев) черники, которые составили 20 г/м^2 [25].

В результате статистической обработки полученных данных установлена тесная корреляция между величиной сырьевой фитомассы черники и ее проективным покрытием (r=0,8). Построены регрессионные модели этих зависимостей, осуществлена верификация полученных уравнений. Данный вопрос освещен в ранее опубликованной научной статье автора [26].

В изучаемых растительных сообществах сосняка черничного проведена оценка восстановления ресурсов *V. myrtillus* после сбора сырья. Анализ полученных данных показал, что в чернично-мшистой ассоциации через 4 года после полного экспериментального изъятия сырья (побегов) не все изучаемые показатели достигли исходных значений: проективное покрытие восстановилось только до 71 % от исходных данных, масса сырого и воздушно-сухого сырья – до 80 и 57 % соответственно. Наблюдалось лишь увеличение высоты побегов в 1,2 раза от исходной величины. В этой же ассоциации оценили степень восстановления некоторых характеристик ценопопуляций черники через 8 лет: проективное покрытие увеличилось в 1,3 раза по сравнению с начальными данными, высота побегов – в 1,5 раза.

В то же время в чернично-бруснично-мшистой ассоциации через год после срезания надземной биомассы проективное покрытие восстановилось на 18 % от первоначальных значений, высота побегов – на 58 %,

через 5 лет проективное покрытие восстановилось полностью, а высота побегов на 94 % от исходных данных.

В березово-черничной ассоциации уже через год после заготовки сырья данные проективного покрытия составили 43 % от начальных измерений, высота побегов – 62 %.

На учетных площадках, заложенных в елово-чернично-мшистой ассоциации, отмечено, что через 4 года после сбора сырья проективное покрытие *V. myrtillus* достигло 73 % от исходных данных, масса побегов в сыром и воздушно-сухом состоянии – 64 и 69 % соответственно, а масса листьев в воздушно-сухом состоянии – 48 %. Высота побегов увеличилась в 1,2 раза.

Выявлено, что скорость восстановления черники ниже в чернично-бруснично-мшистой ассоциации, что обусловлено конкурентными взаимоотношениями брусники и черники. В остальных исследуемых ассоциациях изучаемые показатели развития растений *V. myrtillus* восстанавливались быстрее, так как черника в данных экотопах обладает более высокой конкурентной способностью.

Сравнительный анализ полученных данных показал, что скорость восстановления изучаемых биометрических и продукционных параметров *V. myrtillus* после полного экспериментального изъятия сырья составляет 4–8 лет. Эти данные согласуются с материалами, полученными сотрудниками ВИЛАР, где продолжительность восстановления запасов данного вида – 4–8 лет [18].

Проведена оценка воздействия рекреационной нагрузки (вытаптывания) на ценопопуляцию черники. В течение всего эксперимента закладывались учетные площадки, на которых ежегодно определяли проективное покрытие, высоту побегов и удельную сырьевую массу *V. myrtillus*. Установлено, что через пять лет ежегодного вытаптывания на контрольных пробных площадях (без нагрузки) и площадях, моделирующих низкую степень рекреационной нагрузки (50 человеко/проходов на 1 м^2), значения сырьевой фитомассы с 1 % проективного покрытия данного вида составили 80 и 77 % от первоначальных значений, а на площадках, имитирующих среднюю и высокую рекреационную нагрузку (100 и 150 человеко/проходов соответственно) – 56 и 48 % соответственно. Выявлено, что вытаптывание как одна из форм рекреационной нагрузки на растения не отражается на показателях высоты отрастающих побегов черники, отмечено постоянное увеличение высоты побегов по сравнению с исходными данными.

Также определено восстановление сырьевой фитомассы *V. myrtillus* после изъятия побегов. На учетных площадках, заложенных в начале эксперимента, повторно срезали фитомассу данного вида после четырехлетнего вытаптывания. Показано, что при сильной степени вытаптывания масса воздушно-сухого сырья восстановилась только на 33 %, в то время как на контрольных площадках на 72 %. В связи с этим масса воздушно-сухого сырья черники не является устойчивым показателем к вытаптыванию.

В результате обработки полученных материалов рассчитана масса сырья черники с 1 % проективного покрытия и оценено ее изменение. Выявлено, что на контрольных площадках значения данного показателя через 4 года увеличились в 1,1 раза по сравнению с первоначальными значениями, определенными до начала опыта. На площадках, моделирующих рекреационную нагрузку в 50 человеко/проходов, масса воздушно-сухого сырья с 1 % проективного покрытия после четырехлетнего вытаптывания восстановилась на 97 %, при 100 человеко/проходов – на 104 %, а при 150 человеко/проходов – на 66 %.

Проведена оценка восстановления черники через 9 лет после заготовок на учетных площадках, моделирующих ежегодную рекреационную нагрузку разной степени в течение 4 лет, а затем 5 лет на них не проводили никаких опытов. Анализ полученных данных показал, что проективное покрытие и высота побегов черники через 9 лет после заготовок полностью восстановились на всех площадках, отмечалось даже увеличение значений в несколько раз по сравнению с первоначальными данными.

Результаты исследования были использованы для более точной оценки запасов лекарственного сырья черники в изучаемом регионе по разработанному алгоритму региональной кадастровой оценки запасов сырья. Учитывая рассчитанные площади зарослей черники, средние значения удельной сырьевой фитомассы, период её восстановления, были определены запасы и возможные ежегодные объемы заготовок лекарственного сырья данного вида в пределах административных районов, расположенных в границах исследуемого региона. Полученные результаты имеют большую практическую значимость, так как данные по ресурсам четко привязаны к административно-территориальным единицам и с легкостью, при должной постановке дела, могут использоваться соответствующими организациями, занимающимися заготовкой растительного сырья на территории конкретного района.

Анализ полученных данных позволил выявить центры концентрации запасов *V. myrtillus*. Максимальные биологические запасы побегов исследуемого вида (более 600 т) отмечены на территории Полоцкого (951,38) и Россонского (714,07) районов Витебской области; Борисовского (633,43), Вилейского (727,75) и Логойского (673,76) районов Минской области (рис. 6).

Выделен целый ряд районов с максимальными возможными ежегодными объемами заготовок сырья черники (более 25 т): Городокский (30,70), Докшицкий (29,42), Полоцкий (52,85) и Россонский (39,67) районы Витебской области; Островецкий район (26,96) Гродненской области; Борисовский (35,19), Вилейский (40,43), Воложинский (25,49), Крупский (32,41), Логойский (37,43) и Мядельский (28,86) районы Минской области (рис. 7).

Полученные данные являются фактографической основой для разработки подходов к прогнозированию ресурсов сырья черники, а также принципов устойчивого их использования.

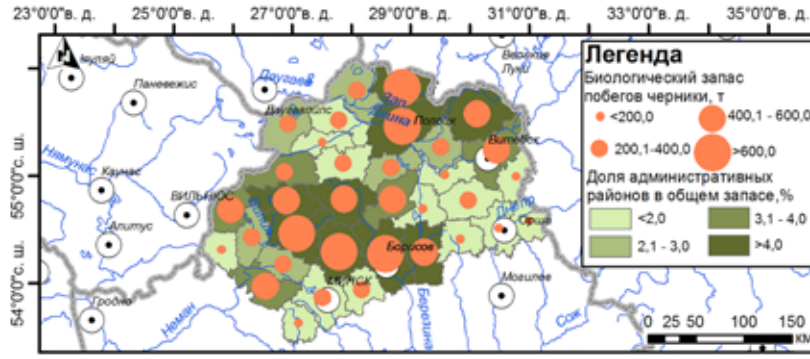


Рис. 6. Биологический запас лекарственного сырья (побегов) *Vaccinium myrtillus* на территории Белорусско-Валдайской провинции.

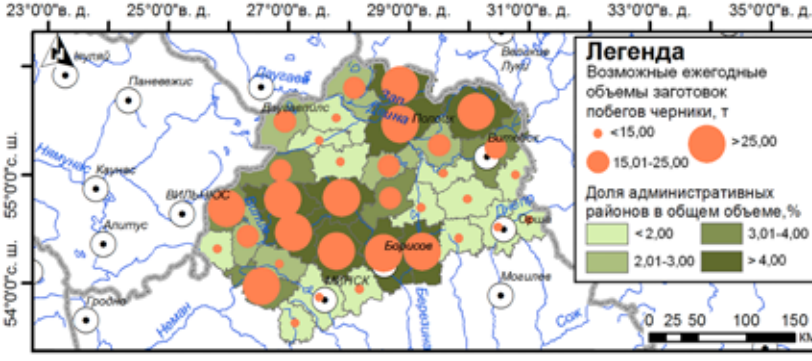


Рис. 7. Возможные ежегодные объемы заготовок лекарственного сырья (побегов) *Vaccinium myrtillus* на территории Белорусско-Валдайской провинции.

Заключение. В результате проведенного исследования определено распределение черники по спектру сообществ с ее участием и в зависимости от некоторых наиболее значимых факторов среды.

Эколого-фитоценотический анализ *V. myrtillus* позволил выявить растительные сообщества, в которых целесообразно проводить сбор лекарственного сырья. В перспективных растительных сообществах определили проективное покрытие, высоту побегов, удельную сырьевую фитомассу.

Установлено, что биометрические и продукционные показатели *V. myrtillus* после проведения полного экспериментального изъятия сырья восстанавливаются через 4–8 лет. В многолетнем эксперименте с моде-

лированием рекреационной нагрузки (вытаптывания) выявлено, что на контрольных (без нагрузки) учетных площадках и площадках, моделирующих вытаптывание (50, 100, 150 человеко/проходов на 1 м^2), восстановление измеряемых показателей до исходных значений происходит со времени полного изъятия побегов в течение 9-ти лет (после 4-летнего ежегодного вытаптывания и прекращения этой нагрузки еще в течение 5-ти лет).

На основе полученных данных рассчитаны биологический, эксплуатационный запасы, возможные ежегодные объемы заготовок черники на территории Белорусско-Валдайской провинции.

Результаты исследования могут быть использованы для планирования объемов заготовок данного вида в пределах исследуемого региона, а также послужить основой для разработки мероприятий и рекомендаций по устойчивому использованию растительных ресурсов *V. myrtillus*. Реализация таких мероприятий позволит увеличить заготовки лекарственного сырья (побегов или листьев) черники на обширной территории Белорусско-Валдайской провинции.

Литература

1. Цвелев Н.Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб.: Издательство СПХФА, 2000. 781 с.

2. Лекарственные растения и их применение. Изд. 5-е, переработанное и дополненное / науч. ред.: И.Д. Юркевич, И.Д. Мишенин. Минск: Наука и техника, 1974. 591 с.

3. Паланов А.В., Антонова В.И., Суслова Т.А., Репина Н.Н., Гаммермайстер Ю.Г. Ресурсоведческая характеристика лекарственных растений Вологодской области. Вологда: ВГПУ, изд-во «Русь», 2005. 140 с.

4. Бузук Г.Н., Кузьмичева Н.А., Руденко А.В. // Вестник фармации. 2007. № 1 (35). С. 26-37.

5. Шмярко Я.П., Мазан І.П. Лекавые расліны ў комплексным лячэнні. Мінск: Навука і тэхніка, 1989. 399 с.

6. Зозуля Р.Н., Мусаева Л.Д., Кузьмина Р.А. // Растительные ресурсы. 1975. Т. 11. Вып. 1. С. 87–89.

7. Edgars N.K. // J. of the Amer. Pharm. Assoc. 1936. Vol. 25. №4. P. 288–291.

8. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 2. Семейства Actinidiaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae / отв. ред. А.Л. Буданцев. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. 513 с.

9. Энцыклапедыя прыроды Беларусі: у 5-ці тамах. Том 1. Ааліты - Гасцінец / рэдкал.: І.П. Шамякін (гал. рэд.) [і інш.]. Мінск: Беларус. Сав. Энцыклапедыя, 1983. 575 с.

10. Природа Беларуси: энциклопедия. В 3 т. Т. I. Земля и недра / редкол.: Т.В. Белова [и др.]. Минск: Беларус. Энцыкл., 2009. 464 с.

11. География Белоруссии. Изд. 2-е, перераб. / редкол.: Н.Т. Романовский (отв. ред.) [и др.]. Мінск: Вышэйш. школа, 1977. 320 с.

12. Еремина В.А. Физико-географическое районирование. Минск: Изд-во БГУ, 1982. 80 с.

13. Дементьев В.А. Физико-географическое районирование Белоруссии // Природное и сельскохозяйственное районирование СССР. М., 1961. С. 18–25.

14. Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / под ред. А.В. Пугачевского. Минск: Право и экономика, 2011. С. 58–80.

15. Порядок проведения планового обследования территории Республики Беларусь для кадастрового учета объектов растительного мира: ТКП 17.12-09-2015 (33140). Минск, 2015. С. 5–14.

16. Юркевич И.Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах. Минск: Наука и техника, 1972. 72 с.

17. Методы изучения лесных сообществ / отв. ред. В.Т. Ярмишко, И.В. Лянгузова. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.

18. Методика определения запасов лекарственных растений. М., 1986. 52 с.

19. Лекарственные растения. Энциклопедия. Изд. 2-е, стереотип / сост. И.Н. Путырский, В.Н. Прохоров. Минск: Книжный Дом, 2005. 656 с.

20. Cole D.N., Bayfield N.G. // Biological Conservation. 1993. Vol. 63. Issue 3. P. 209–215.

21. Мастибротская И.П., Масловский О.М., Родионов П.А. // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. трудов ИЛ НАНБ. Гомель, 2010. Вып. 70. С. 76–88.

22. Крылова И.Л. // Растительные ресурсы. 1988. Т. 24. Вып. 1. С. 124–129.

23. Cole D.N. // Biological Conservation. 1987. Vol. 40. Issue 3. P. 219–244.

24. Cole D.N. // Journal of Applied Ecology. 1995. Vol. 32. №1. P. 203–214.

25. Баландина Т.П., Вахрамеева М.Г. // Биологическая флора Московской области. М.: Изд-во МГУ, 1980. Вып. 5. С. 133–146.

26. Сысой И.П. // Ботаника (исследования): Сб. науч. трудов / Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси. Минск: Колорград, 2016. Вып. 45. С. 145–159.

И. П. СЫСОЙ

ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЙ И РЕСУРСНЫЙ АНАЛИЗ *VACCINIUM MYRTILLUS* L. НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКО-ВАЛДАЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Резюме

Эколого-фитоценотический анализ *Vaccinium myrtillus* позволил выявить растительные сообщества, перспективные для заготовки лекарственного сырья. Определены проективное покрытие, высота побегов, удельная сырьевая фитомасса *V. myrtillus* в этих сообществах. Дана оценка восстановительной способности растений после полного изъятия сырья и воздействия рекреационной нагрузки. Для исследуемого региона рассчитаны биологический, эксплуатационный запасы, возможные ежегодные объемы заготовок побегов *V. myrtillus*. Результаты исследования позволят увеличить заготовки сырья данного вида на территории Белорусско-Валдайской провинции.

I. P. SYSOI

ECOLOGICAL, PHYTOCENOTIC AND RESOURCE ANALYSIS OF *VACCINIUM MYRTILLUS* L. ON THE TERRITORY OF BELARUSIAN-VALDAI PROVINCE

Summary

Ecological and phytocenotic analysis of *Vaccinium myrtillus* made it possible to identify plant communities that are promising for the harvesting of medicinal raw materials. The projective cover, the height of shoots, the productivity of *V. myrtillus* were determined in them. We estimated the recovery of these indicators after the total removal of raw materials and the impact of varying degrees of recreational load. The biological, exploited resources, possible annual volumes of stoking the shoots of *V. myrtillus* were calculated in the investigated region. The results of the research will allow increasing the harvesting of raw materials of this species in the territory of the Belorussian-Valdai province.

Поступила в редакцию 02.11.2017 г.

УДК: 502.75:581.5:711.582.5

Л. С. ЧУМАКОВ [1], Ю. С. ПОДРЕЗ [2]

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ЛЕСАХ ЗЕЛЕНОЙ ЗОНЫ Г. МИНСКА

[1] Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, г. Минск
[2] ЦБС НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Антропогенная нагрузка на окружающую среду, постоянно возрастающая в настоящее время в связи с расширением сферы воздействия человека на природные экосистемы, привела к значительному обеднению биологического разнообразия. Многие виды растений и животных, претерпевающие негативное воздействие, сокращают свою численность либо целиком выпадают с территорий, где экологические условия среды оказываются малопригодными для их жизнедеятельности. Одним из путей сохранения этих видов является их включение в Красные книги и природоохранные списки. В Красной книге Республики Беларусь в настоящее время значатся 303 вида растений и грибов. С целью сохранения этих видов и поддержания биологического разнообразия на территориях с антропогенной нагрузкой разной степени и типов, необходимо проведение целенаправленных исследований по оценке состояния редких видов и их устойчивости в изменяющихся условиях [1–2]. В связи с этим, важное значение приобретают исследования по выявлению мест произрастания и экологической оценке редких видов растений на территориях «зеленых зон» городов и иных населенных пунктов, а также рекреационных территориях, на которых предусмотрены работы по реконструкции в связи с дальнейшим освоением под застройку или эксплуатацию. Материалы, собранные при проведении таких исследований, позволят выполнить проектные работы с учетом мероприятий по охране природы и разработать конкретные практические мероприятия по сохранению популяций отдельных редких видов и мест их произрастания, снизив или целиком исключив здесь антропогенную нагрузку.

Цель настоящей работы: дать экологическую оценку состояния популяций редких и охраняемых видов растений и мест их произрастания на территории с антропогенной нагрузкой в «зеленой зоне» г. Минска в связи с разработкой проекта по реконструкции данной территории для ее последующей активной эксплуатации.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в вегетационный период (май-сентябрь) 2016 г. в лесных массивах на северо-востоке Минска в границах МКАД (мкр. «Степянка»-ул. Нестерова) – Академгородок – о. п. Озерище (ж/д «Минск–Борисов») – железнодорожная ветка с восточной стороны (рис. 1).



Рис. 1. Территория исследований.

На данной территории располагается республиканский полигон для испытания мобильных машин ГНУ «Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси», а также планируется его расширение с созданием новых площадок и разветвленной сети дорог для испытания машин в полевых условиях. Влияние полигона на природные комплексы территории проявляется преимущественно вследствие созданной здесь довольно разветвленной сети дорог, активно эксплуатируемой в результате деятельности полигона, а также жителями города и других населенных пунктов района. Помимо этого на состоянии природных сообществ сказывается значительная антропогенная нагрузка в период сбора ягод и грибов.

Обследованная территория занимает площадь 792,5 га. На долю лесов здесь приходится 95,6%. Наиболее широко распространены сосновые леса (640,9 га). Преобладают сосняки орляковые (348,8 га) и мшистые (252,5 га). Значительно реже встречаются сосняки вересковые (38 га) и черничные (1,6 га). На долю березняков приходится немногим более 13,3% площади лесов. Представлены они массивами орлякового, мшистого и верескового типов. Березняки орляковые занимают 49,8 га земель и насчитывают 27 выделов, мшистые –54,4 га (20 выделов). Из лесов других типов на территории исследований встречаются ельник орляковый (6,4 га), кленовник орляковый (0,2 га), формирующийся на месте вырубки, а также осинники кисличный, мшистый и орляковый, среди которых более обычны последние (4,1 га). Не занятые лесной растительностью земли занимают порядка 35 га и включают отдельные пустоши, территории под ЛЭП, дороги и т. д.

Исследования проводили маршрутным методом, фиксируя все наблюдаемые места произрастания растений редких видов. На каждой площадке, где обнаруживали такие растения, проводили описание растительного покрова, включавшее определение видового состава напочвенного травянисто-кустарничкового и мохового покрова, древесно-кустарниковой растительности, а также количественную оценку редких видов растений (число экземпляров, занимаемая площадь, проективное покрытие, состояние, характер развития, фенофаза и т. д.). Для каждой точки произрастания растений редких видов фиксировали географические координаты, расположение в рельефе, а также относительно дорог, просек, ЛЭП и т. п. [3].

При обработке собранных материалов использовали методы стандартной статистики и экологические показатели, характеризующие доминантную структуру сообщества [4–5]. Оценка экологических условий среды в лесах разных типов выполнена на основе анализа распределения растений разных экологических групп по учетным площадкам. Для этого использованы экологические шкалы, разработанные Д. Н. Цыгановым [6].

Результаты исследований и их обсуждение. В результате проведенных исследований нами выявлены 93 вида сосудистых растений, формирующих древесно-кустарниковый ярус и напочвенный травянисто-кустарничковый покров. Древесно-кустарниковая растительность представлена 19 видами. В первом ярусе лесов наиболее широко распространены сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) и береза повислая (*Betula pendula* Roth), значительно реже встречается осина (*Populus tremula* L.). Под их пологом развиваются дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), ель (*Picea abies* (L.) Karst.), клен платановидный (*Acer platanoides* L.), рябина (*Sorbus aucuparia* L.), ива козья (*Salix caprea* L.), единично встречаются черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), яблоня (*Malus domestica* Borkh.) и груша (*Pyrus communis* L.), попавшие на данную территорию вследствие заноса семян сборщиками ягод и грибов. Следует отметить, что среди этих древесных пород на всей территории более широко распространена рябина, местами образующая довольно густые заросли. Это обусловлено, главным образом, ее расселением вследствие распространения семян птицами, поедающими ягоды этого дерева.

По опушкам, вдоль лесных троп и дорог распространены ирга колосистая (*Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch), крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.), малина (*Rubus idaeus* L.). Под пологом лесов единично встречаются также бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa* Scop.), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.), лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.) и калина (*Viburnum opulus* L.). Из нежелательных видов древесных растений по окраинам леса местами произрастает клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), распространение которого приурочено к лесным дорогам. Площадь, занимаемая кленом ясенелистным под лесным пологом, в настоящее время невелика. Однако местами вдоль лесных дорог и на пустошах, подвергающихся значительному прессу вследствие работы испытательного полигона, данный вид занимает уже значительные площади.

Травянисто-кустарничковый напочвенный покров представлен 74 видами сосудистых растений из 24 семейств. Несколько богаче видовой состав сложноцветных (12 видов), злаков (9), бобовых (7), губоцветных, лилейных и норичниковых (по 5 видов).

Среди отдельных видов травянистых растений наиболее широко распространены *Convallaria majalis* L., *Geranium sanguineum* L., *Fragaria vesca* L., *Hieracium umbellatum* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Hieracium sylvularum* Jord. ex Boreau, *Luzula pilosa* (L.) Willd., *Peucedanum oreoselinum* (L.) Moench, *Pilosella officinarum* F. Schultz et Sch. Bip., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Succisa pratensis* Moench, *Trifolium medium* L., *Veronica chamaedrys* L. и *V. officinalis* L. В кустарничковом ярусе преобладают черника (*Vaccinium myrtillus* L.) и брусника (*V. vitis-idaea* L.), а также вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris* (L.) Hill.). Эта группа растений и составляет здесь комплекс обычных видов для лесных биоценозов, представленных на территории исследований. Группа видов редких и немногочисленных [5] значительно богаче, хотя каждый из них представлен здесь преимущественно единичными популяциями.

В составе растительного покрова в обследованных лесах нами выявлены 7 видов травянистых растений и 1 вид грибов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь: живучка пирамидальная (*Ajuga pyramidalis* L.), арника горная (*Arnica montana* L.), гладыш широколистный (*Laserpitium latifolium* L.), лилия кудреватая (*Lilium martagon* L.), черноголовка крупноцветковая (*Prunella grandiflora* (L.) Scholl.), прострел раскрытый (*Pulsatilla patens* (L.) Mill.), купальница европейская (*Trollius europaeus* L.) и спарассис курчавый *(Sparassis crispa* (Wulfen: Fr.) Fr.)[1], а также 4 вида из Списка профилактической охраны: венечник ветвистый (*Anthericum ramosum* L.), первоцвет весенний (*Primula veris* L.), колокольчик персиколистный (*Campanula persicifolia* L.) и любка двулистная (*Platanthera bifolia* (L.) Rich.).

Всего выявлено 86 мест произрастания редких видов, наибольшее сосредоточение которых приходится на территорию, расположенную восточнее полигона Объединенного института машиностроения НАН Беларуси, а также в северной части лесного массива в непосредственной близости от д. Озерище (рис. 2).

В западной части данной территории на участке между МКАД и полигоном Объединенного института машиностроения растения охраняемых видов представлены в незначительном количестве. Места их произрастания приходятся здесь на участки, непосредственно примыкающие к МКАД и подвергающиеся мощному антропогенному прессу вследствие систематического выкашивания травостоя и вырубки древесно-кустарниковой растительности вдоль автомобильной трассы.

[1)] Ранее для окрестностей г. Минска нами ошибочно указывался близкородственный вид Sparassis laminosa Fr, известный из единичных мест произрастания в Гродненской и Минской областях и приуроченный преимущественно к широколиственным лесам.

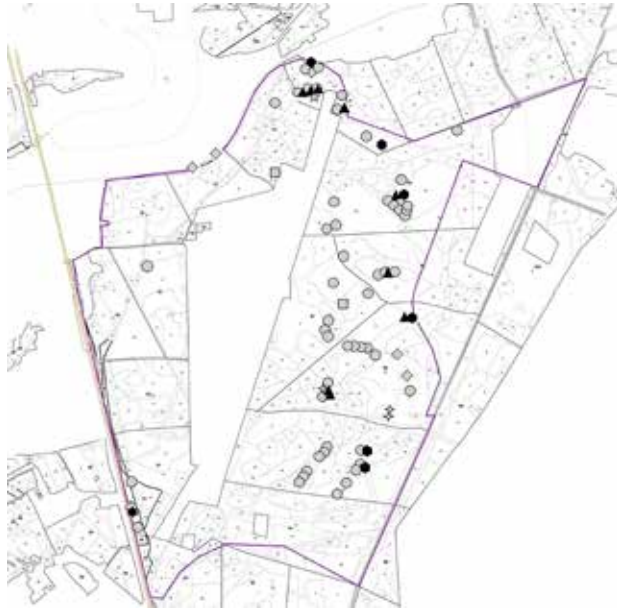


Рис. 2. Распространение растений Красной книги Беларуси на территории исследований:
● – арника горная, ⬢ – прострел раскрытый, ◆ – гладыш широколистный,
✣ – лилия кудреватая, ✤ – живучка пирамидальная, ▲ – черноголовка крупноцветковая,
★ – купальница европейская, ▣ – спарассис курчавый.

Экологические условия лесов разных типов оказывают существенное влияние на формирование здесь растительного покрова и степень присутствия редких и охраняемых видов растений. В наиболее широко представленных на территории исследований сосняках орляковых выявлены все 11 видов растений, подлежащих охране (табл. 1).

В сосняках мшистого типа их число снижается до 7. Не обнаружены *Ajuga pyramidalis*, *Lilium martagon*, *Trollius europaeus*, а также *Primula veris* из списка профилактической охраны. Однако в этих леса наблюдается произрастание редкого гриба *Sparassis crispa.* Сосняки вересковые бедны редкими видами растений. Нами зарегистрированы лишь три вида из данного списка.

Сосняки орляковые в целом характеризуются и наиболее богатым видовым составом растений травянисто-кустарничкового яруса. Здесь отмечены 55 видов сосудистых растений, среди которых широко распространены и чаще встречаются *Convallaria majalis*, *Fragaria vesca*, *Hieracium sylvularum*, *Calamagrostis epigeios*, а также *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Geranium sanguineum* и другие. По всей территории этих лесов в небольшом количестве произрастает и *Pteridium aquilinum*.

Таблица 1. Редкие виды растений (экз.) в лесах разных типов на обследуемых территориях

Вид	Сосняки			Березняки		
	орляковые	мшистые	вересковые	орляковые	мшистые	вересковые
Arnica montana *	587	437	170	404	92	80
Prunella grandiflora	27	1	-	69	-	-
Pulsatilla patens	4	1	1	8	-	1
Ajuga pyramidalis	2	-	-	-	-	-
Lilium martagon	14	-	-	-	-	-
Trollius europaeus *	3 м^2	-	-	-	-	-
Laserpitium latifolium	15	104	-	41	-	-
Sparassis crispa	-	2	-	-	-	-
Platanthera bifolia	1	2	1	-	-	-
Primula veris	1	-	-	>100	-	-
Campanula persicifolia	Единично по всей территории	2	-	13	-	-
Anthericum ramosum	+	+	-	+	-	-
Всего видов	11	8	3	7	1	2

* Примечание: для арники горной указано число побегов; для купальницы – занимаемая площадь.

Поскольку для жизнедеятельности растений под лесным пологом важное значение имеют освещенность на поверхности почвы, а также почвенно-гидрологический режим, для оценки этих условий нами проанализировано распределение растений разных экологических групп по учетным площадкам. Анализ соотношения этих групп растений в травянисто-кустарничковом ярусе выполнен на основе встречаемости растений всех учтенных видов на всех учетных площадках в лесах того или иного типа. В результате обработки собранных материалов установлено, что в сосняках орляковых чаще встречаются растения светлых лесов (76,3%), произрастающие на довольно кислых (57,0%) почвах влажнолесолугового типа увлажнения (54,5%) и небогатых элементами питания (83,9%).

В сосняках мшистых выявлены 50 видов растений преимущественно светлых лесов (77,1%), предпочитающих небогатые почвы (78,6%), довольно мозаичные по влажности и кислотности. Растения, отдающие предпочтение кислым и сильно кислым почвам, распространены несколько менее широко (48,6%), чем в сосняках орляковых. В небольшом числе местопроизрастаний (8%) отмечены растения нейтральных почв.

Оценка распределения всех выявленных видов растений по степени доминирования с учетом их встречаемости на территории исследований, выполненная на основе трехбалльной шкалы обилия [5], показала, что в травянисто-кустарничковом покрове сосняков двух выше рассмотренных типов богаче представлена группа видов редких, немногочисленных и случайных. Комплекс обычных видов в сосняках орляковых насчитывает 13, а в мшистых – 5 видов. Общими из них являются: черника, брусника, земляника, ландыш и арника горная. Доминантные виды в этом ярусе растительности в сосняках обоих типов не выявлены.

Травянисто-кустарничковый покров редких на территории исследований сосняков вересковых довольно беден. Здесь обнаружены порядка 20 видов растений, среди которых обычны вереск обыкновенный, черника, брусника и ястребинка зонтичная. Несколько реже встречается вероника лекарственная.

Наиболее распространенным видом растений из группы охраняемых, произрастающих в сосновых лесах данной территории, является *Arnica montana*, выявленная в количестве около 1,2 тыс. побегов с розетками. При этом в сосняках мшистых количество обнаруженных побегов этого редкого растения лишь на четверть меньше, чем в орляковых. В сосняках верескового типа, произрастающих на дерново-подзолистых песчаных и более сухих почвах арника представлена значительно беднее (см. табл. 1).

Арника горная – редкий реликтовый монтанно-субальпийский вид, находящийся в Беларуси на северо-восточной и южной границах ареала. На территории страны встречается спорадически в западных и центральных районах. Наиболее широко представлена на возвышенностях Белорусской гряды. Произрастает преимущественно в сосновых лесах черничного, орлякового, мшистого и верескового типов [1].

В местах произрастания на территории исследований арника распределена довольно неоднородно. На отдельных участках она представлена в количестве 1экз., тогда как на других число розеток на поверхности почвы может достигать 200 и более. В зависимости от условий произрастания плотность розеток на 1 м^2 колеблется довольно существенно. В сосняках орляковых их насчитывалось 1–32 экз./м^2, мшистых – 1–21 экз./м^2, а вересковых – 7–26 экз. Средняя плотность побегов арники в местах ее произрастания в сосняках орляковых в период проведения исследований составила 10,7±0,70 экз./м^2, а в сосняках мшистых – 7,9±1,83 экз./м^2. Статистически достоверной разницы не наблюдается, что может указывать на сходный характер произрастания арники в лесах этих типов.

На двух участках в сосняках мшистого и орлякового типов нами выявлены довольно мелкие скопления арники, где на площади всего в 0,1 м^2 насчитывалось по 8 розеток этого растения. Однако в сосняке мшистом все розетки в таком скоплении в период исследований были усыхающими. В целом доля усыхающих и поврежденных растений в лесах этого типа составила 25 %, что, вероятно, в дальнейшем может весьма негативно отразиться на произрастании здесь арники.

В местах произрастания в сосняках мшистых распределение побегов арники характеризуется более выраженной агрегированностью (λ =2,354), чем в сосняках орляковых (λ =1,235).

Согласно классификации Д. Н. Цыганова [6], этот вид растений предпочитает небогатые элементами питания кислые почвы, влажно-лесолугового типа увлажнения, а также высокую степень освещенности, что и наблюдается в обследованных нами сосняках орлякового и мшистого типов. В то же время в сосняках мшистых и вересковых арника может страдать от недостаточного увлажнения и рекреационной нагрузки, которая в большей степени негативно проявляется в лесах этих типов при их активном посещении в период сбора грибов.

Широко представлена арника и в березняках разных типов, отдавая предпочтение березнякам орляковым. Травянисто-кустарничковый ярус в лесах этого типа образуют растения 47 видов, предпочитающие полуоткрытые пространства и светлые леса (92,7%) на небогатых (61,5%) и слабокислых (52,1%) почвах с влажно-лесолуговым типом увлажнения (51,0%). В березняках мшистых и вересковых на супесчаных и песчаных почвах, отличающихся режимом увлажнения, арника встречается гораздо реже. В целом в березняках всех типов на территории исследований нами выявлено более 0,5 тыс. экз. побегов арники, образующих скопления разной величины – от 1 до 14 экз./м^2. Однако в скоплениях малой площади плотность розеток была значительно выше. Как и в сосняках, здесь также их количество достигало 9 экз./0,1м^2. Средняя плотность побегов арники на почвах березняков – 4,4±0,85 экз./м^2, причем в березняках орлякового типа она составила 5,6±1,45 экз./м^2. Степень агрегированности так же, как и в сосняках, невелика – λ = 1,660 (березняки орляковые) – 1,844 (березовые леса в целом).

Рассматривая состояние и распространение арники горной в лесах на территории исследований нельзя не отметить, что из порядка 2 тыс. выявленных побегов этого вида лишь 2, произраставшие в березняке орляковом, имели цветоносы. На всех прочих участках леса цветения арники не наблюдалось.

Поскольку арника является растением светолюбивым, она в значительной степени избегает участков с высоким затенением вследствие развития древесно-кустарниковой растительности, а также повышенной плотности невысоких кустарников, в частности, черники. На территории исследований хорошим развитием черники характеризуются сосняки орлякового типа. Ее встречаемость здесь составила 81,0%, а проективное покрытие на отдельных участках достигало 30–40% и более. В сосняках мшистого типа черника встречается значительно реже. Ее проективное покрытие здесь – 1–5%, а встречаемость – 33,3%.

Анализ распределения арники по территории сосняков этих типов показывает, что в сосняках орляковых наблюдается некоторая обратная зависимость между числом розеток арники на участке ее произрастания и проективным покрытием здесь черники (коэф. корреляции = –0,61). В сосняках мшистых, где напочвенный травянисто-

кустарничковый покров крайне изрежен, подобной зависимости не отмечено.

Это вполне закономерно, поскольку хорошее развитие черники сильно притеняет поверхность почвы, создавая под своим пологом условия, неблагоприятные для развития арники. Кроме того, черника и арника, являясь растениями мезоолиготрофами, находятся в конкурентных отношениях по трофности почв. Следует также учитывать, что черника – растение сильвант. Она изначально предпочитает условиях более высокого притенения почв, что достигается вследствие лучшего развития древесно-кустарникового яруса. Арника таких участков избегает. Следовательно, в целом, благодаря различию в требованиях к освещенности под лесным пологом, эти растения должны несколько различаться по участкам произрастания. Там же, где они произрастают совместно, черника, вероятно, оказывается более конкурентноспособной, не позволяя арнике активно развиваться и образовывать высокоплотные скопления побегов.

В 8 местах произрастания в сосняках и березняках орлякового типа, а также в одном сосняке мшистом нами выявлена *Prunella grandiflora*. Этот редкий вид растений характеризуется узкой эколого-ценотической амплитудой. Произрастает на полуоткрытых и открытых участках с высокотрофными и довольно сухими с нейтральной кислотностью почвами. Встречается в светлых высоковозрастных сосновых и березовых лесах кисличного и орлякового типов, на вырубках, опушках, остепненных склонах. В Беларуси находится на северной границе ареала [1].

В 4-м издании Красной книги Беларуси вид отнесен к 3-ей категории национального природоохранного значения как уязвимый вид.

На территории исследований численность данного вида невелика. Здесь встречаются как единичные экземпляры, так и небольшие группы с плотностью 1,5–10 экз./м^2. 44,4 % всех выявленных мест произрастания данного вида на обследованной территории приходятся на сосняки орлякового типа. Лишь одно генеративное растение обнаружено в сосняке мшистом, где черноголовка произрастала совместно с редкими растениями *Pulsatilla patens* и *Anthericum ramosum.*

Несколько обильнее представлена черноголовка крупноцветковая в березняках орлякового типа. Здесь зарегистрированы около 90 экз., основная масса которых в период исследований находились в стадии цветения. В одной из наиболее крупных популяций на территории березняка орлякового черноголовка распространена в полосе длиной 60 м. Однако ее плотность здесь не превышала здесь 1 экз./м^2. В березняках и сосняках орлякового типа на отдельных участках произрастает совместно с арникой горной.

Экологические условия сосняков орляковых способствуют произрастанию здесь *Lilium martagon*, выявленной в 2 местах в количестве 14 экз., часть которых представлены недавно отцвевшими особями. Это мезофит, предпочитающий светлые леса на слабокислых небогатых почвах, что вполне объясняет встречаемость лилии в обследованных сосняках орлякового типа. Обильное цветение этого растения в старовозрастных

сосняках орляковых, вероятно, способствует не только сохранению здесь этого редкого растения, но и некоторому его распространению по территории. В частности, на одном из участков нами были обнаружены 5 молодых растений в относительно неплохом состоянии.

Редкая встречаемость лилии в этих лесах в настоящее время способствует ее сохранению от сбора в период цветения. Однако следует заметить, что все отцвевшие растения были довольно сильно поражены листогрызущими насекомыми. В некоторой степени это может негативно сказываться на сохранении и возобновлении здесь этого растения.

Практически на всей территории за исключением березняков мшистых нами зарегистрирован редкий в настоящее время вид красиво цветущих весенних растений *Pulsatilla patens*. Это многолетнее травянистое растение из семейства Лютиковые. Имеет крупные вначале колокольчатые, а позднее широко раскрытые цветки с сине-фиолетовым околоцветником. Цветет в апреле-мае. Активно подвергается сбору в период цветения. Лесостепной европейский вид. В Беларуси встречается спорадически по всей территории. В западной части редко, а на юго-западе единично. Растет в разреженных сосновых лесах, на вырубках [1].

На территории исследований распространен не широко. Встречен в сосняках орляковых, мшистых и вересковых, а также березняках орляковых и вересковых. Всего обнаружен в шести местах произрастания в лесных массивах восточной части территории исследований, а также на севере. Численность незначительна. В границах территории исследований выявлены 15 экз. этого растения. При этом в большинстве мест произрастания прострел был представлен 1 экз. Отмечено его совместное произрастание с арникой горной и черноголовкой крупноцветковой.

Крайне редки в лесах на обследованной территории *Ajuga pyramidalis* и *Trollius europaeus*. Первый вид представлен всего 2 экз. на опушке сосняка орлякового со стороны МКАД. Это реликтовый среднеевропейский горный вид растений из семейства Яснотковых. Цветки бледно-голубые, сидячие, собранные по 6 в ложные мутовки, формирующие четырехгранно-пирамидальное соцветие. Цветет в мае-июне.

На территории Беларуси находится в отдельных локалитетах за восточной границей ареала. Встречается преимущественно в Минской и Гродненской областях. Единичные местонахождения известны из Брестской и Витебской областей. Произрастает в сосновых, сосново-мелколиственных, еловых и широколиственно-еловых лесах мшистого и черничного типов. Тяготеет к возвышенным элементам рельефа. Предпочитает солнечные склоны, лесные поляны, опушки, просеки, вырубки, обочины лесных дорог. В местах произрастания плотность невелика. В крупных популяциях в Минском районе плотность может составлять порядка 50–100 экз/га [1].

В 4 издании Красной книги Беларуси живучка пирамидальная отнесена к 4 категории национальной природоохранной значимости как потенциально уязвимый вид.

В связи с тем, что место произрастания живучки на территории исследований подвергается значительной антропогенной нагрузке вследствие выкашивания здесь травостоя и вырубки древесно-кустарниковой растительности на расстояние не менее 50 м от МКАД, дальнейшее существование данного редкого вида растений на этом участке может оказаться под угрозой.

Trollius europaeus выявлена также в одном месте произрастания в березняке орляковом, где растет совместно с гладышем широколистным и первоцветом весенним.

Это многолетнее травянистое растение из семейства Лютиковых. Цветки крупные, шаровидные, ярко-желтые. Цветет в мае-июне. Евросибирский вид, распространенный в Атлантической, Средней и Восточной Европе, Средиземноморье, Западной Сибири. В Беларуси находится вблизи южной границы ареала. Растет на сырых лугах, опушках, полянах в хвойных (чаще еловых), смешанных хвойно-широколиственных и хвойно-мелколиственных лесах, а также черноольшаниках отдельными экземплярами или небольшими группами [1].

В Красной книге Беларуси в настоящее время отнесена к 4 категории национального природоохранного значения, как потенциально уязвимый вид.

В месте произрастания занимает площадь порядка 3 м^2, образуя довольно плотную заросль, в которой может насчитываться несколько десятков особей. Произрастая вблизи населенного пункта, купальница испытывает негативное влияние со стороны местных жителей, периодически выкапывающих отдельные растения для использования в качестве растения озеленения на приусадебных участках.

В 5 местах произрастания в сосняках мшистых и орляковых, а также в березняках орляковых на территории исследований обнаружен *Laserpitium latifolium*. Это среднеевропейский опушечно-лесной реликтовый вид, распространенный на юге Скандинавии, в Атлантической, Средней и Восточной (западные области) Европе, Средиземноморье. В Беларуси находится на северо-восточной границе ареала. Встречается спорадически за исключением Гомельской области [1].

В 4 издании Красной книги Беларуси отнесен к 3 категории национального природоохранного значения как уязвимый вид.

Площадь, занимаемая отдельными популяциями, колеблется от 24 до 2300 м^2. Наиболее крупные популяции расположены в северной части территории исследований и приходятся на окраины сосняков мшистых, а также светлый березняк орляковый, занимающий холмистую территорию. Среднее проективное покрытие гладыша невелико – 10–15 %. Средняя плотность особей в сосняках мшистых – порядка 0,3 экз./м^2. В сосняках орляковых в отдельных местах произрастания на небольшой площади она достигает 0,6, а крайне редко – даже 1,5 экз./м^2.

Несмотря на широкое распространение гладыша на территории исследований в целом общее количество выявленных растений едва превышает

150 экз. Широкому распространению гладыша в значительной степени способствует занимаемая им экологическая ниша. Это растение светлых лесов на богатых почвах с нейтральной средой и сухо-лесолуговым типом увлажнения. Участки с подобными условиями отмечаются в сосняках мшистых на территории исследований, однако представлены в незначительном количестве и распространены нешироко, что и отражается на распространении здесь гладыша. Поскольку у значительной части выявленных растений в период проведения исследований наблюдалось цветение, можно допустить, что условия среды благоприятствуют этому виду и вполне возможно его дальнейшее расселение. Последнее подтверждается обнаружением небольших популяций гладыша в стороне от его основных площадей, в том числе, в непосредственной близости от жилого сектора на окраине города.

На территории исследований в двух местах произрастания в сосняках мшистых обнаружен *Sparassis crispa*, представленный единичными экземплярами.

Это гриб с крупным, широким и довольно хрупким плодовым телом. Плодовое тело многократно коралловидно разветвленное, почти сферическое или эллиптическое, в поперечнике до 10–35 (50) см, иногда до 6 кг весом, мясистое, хрупкое, от беловатого до охряного и темно-желтого цвета, на короткой бесформенной ножке.

Распространен в сосновых лесах, где образует плодовые тела при основании стволов или свежих пней и на корнях сосны. Встречается и в антропогенно трансформированных сообществах. Произрастает в Европе, Сибири, на Кавказе, Алтае, Дальнем Востоке, в Северной Америке.

На территории Беларуси встречается спорадически. Отмечен во всех областях страны за исключением Могилевской [1].

В Красной книге Беларуси отнесен к 3 категории национальной природоохранной значимости как уязвимый вид. Охраняется в Литве, Латвии, Российской Федерации, Украине и Польше.

В местах произрастания на обследованной территории обнаружен на участках с разной степенью и характером антропогенной нагрузки. Один экземпляр выявлен у основания ствола сосны среди довольно густых зарослей, представленных 10 видами древесно-кустарниковой растительности, включающей как хвойные (сосна и ель), так и лиственные (береза, осина, клен платановидный, рябина, ирга колосистая) породы. На этом же участке отмечен клен ясенелистный, распространенный в настоящее время отдельными небольшими экземплярами по всему лесному массиву. В кустарниковом ярусе помимо лещины развитие получила и малина. Обилие древесно-кустарниковой растительности в некоторой степени оказывает влияние на травянисто-кустарниковый покров, включающий здесь небольшие пятна кислицы (*Oxalis acetosella* L.), отдельные экземпляры земляники, веронику лекарственную и единичные экземпляры фиалки Ривиниуса (*Viola riviniana* Reichenb.). Хорошее развитие под лесным пологом на поверхности почвы получает зеленый мох *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.

Второй экземпляр *Sparassis crispa* обнаружен на участке вырубки в сосняке в сосняке мшистом. Напочвенный покров здесь довольно разрушен. Среди травянистых растений несколько выделяется полевица тонкая (*Agrostis tenuis* Sibth.). В древесно-кустарниковом ярусе отмечены осина, ива козья, малина. Неблагоприятные условия, сложившиеся на вырубке, негативно сказываются и на состоянии спарассиса. Очевидно, дальнейшее зарастание вырубки нехарактерными для сосняка растениями может вызвать серьезные изменения здесь условий, необходимых для жизнедеятельности этого гриба, вследствие чего возможно его выпадение из сообщества данной территории. Неблагоприятным фактором, оказывающим негативное влияние на произрастание спарассиса на территории исследований, является прямой сбор гриба в период плодоношения, что наблюдается как в границах, так и за пределами территории исследований.

Помимо видов основного списка Красной книги Республики Беларусь на территории исследований выявлен ряд видов из Списка профилактической охраны. Среди них: *Platanthera bifolia*, *Primula veris*, *Campanula persicifolia* и *Anthericum ramosum*.

Platanthera bifolia – многолетнее травянистое растение семейства Орхидные. Нередко встречается по всей территории Беларуси. Произрастает в хвойно-широколиственных лесах, суборях, сосняках, березняках, сероольшаниках, дубравах, по перелескам, закустаренным полянам, опушкам.

На территории исследований выявлена в сосняках орляковых, мшистых и вересковых. Встречается единично. В сосняках мшистых произрастает на участках с бедным напочвенным покровом. Напротив, в сосняке орляковом любка выявлена на участке с весьма богатым травостоем, включавшим 12 видов, помимо которых здесь произрастают также черника и брусника. В этих условиях любка была хорошо развита и отцвела. На этом же участке вместе с любкой произрастают арника горная и первоцвет весенний, что может указывать на благоприятные условия среды. По классификации Д. Н. Цыганова [6] любка двулистная – растение светлых лесов, мезополитроф, предпочитающий относительно богатые элементами питания почвы, имеющие слабокислую реакцию и сыро-лесолуговой тип увлажнения. Подобные условия формируются во всех типах сосновых лесов, произрастающих на обследованной территории. Однако крайне низкая встречаемость здесь любки может быть обусловлена иными факторами, в том числе, сильной рекреационной нагрузкой, которой подвергалась эта территория в прежние годы.

Primula veris встречается здесь также крайне редко. Это многолетнее травянистое растение семейства Первоцветные, распространенное по всей территории Беларуси изредка, а к северу чаще. Произрастает по лугам, дубово-лещиновым зарослям, на опушках лесов, склонах холмов и откосах оврагов. Цветет в мае-июне.

Основные места произрастания на территории исследований – березняки орляковые на холмах. Это обусловлено тем, что первоцвет ве-

сенний – растение гипогелиофит, предпочитающий полуоткрытые пространства, которые формируются в светлых березняках на всхолмленных участках. Почвы, занимаемые лесами этих типов, довольно богаты элементами питания, слабокислые и характеризуются сухо-лесолуговым типом увлажнения, что наиболее выражено на вершинах и склонах холмов. Именно на таких участках первоцвет может образовывать довольно значительные скопления (до 100 особей и более при проективном покрытии порядка 50 %), что наблюдается в северной части обследованной территории в непосредственной близости от н. п. Озерище. Эти же участки благоприятны для произрастания и других редких растений, среди которых гладыш широколистный, купальница европейская, колокольчик персиколистный, кольник колосовидный (*Phyteuma spicatum* L.).

Колокольчик персиколистный на территории исследований встречается одиночно либо небольшими группами. Произрастает в сосняках и березняках орлякового типа, а также сосняках мшистых. Наиболее обычен в светлых березняках, поскольку является гемисильвантом и мезофитом, предпочитающим светлые леса на слабокислых почвах сухолесолугового режима увлажнения, где растет мозаично, придерживаясь участков с небогатыми почвами. Сопутствующими видами в березняках и сосняках орляковых выступают купена душистая, ландыш майский, герань кроваво-красная, вероника дубравная, ястребинка зонтичная и др. Несмотря на широкое распространение по территории исследований, встречаемость вида в березняках орляковых не превышает 25 %, а в сосняках этого типа – менее 10 %. Возможно, невысокая численность колокольчика в лесах исследованной территории, несмотря на довольно благоприятные здесь условия для его произрастания, отчасти может быть обусловлена негативным антропогенным воздействием, в частности, сбором цветущих особей посетителями лесов. Сбор колокольчика в период цветения ограничивает его семенное возобновление.

Венечник ветвистый также предпочитает леса орлякового типа. Растет довольно мозаично, местами образуя небольшие по площади заросли, которые могут занимать 0,5–1 м^2 и более. На территории исследований наблюдается его обильное цветение, что указывает на благоприятные условия для данного растения. Произрастает на участках с богатым растительным покровом, представленным в сосняках 10–15 видами растений в травянисто-кустарничковом ярусе, а в березняках орляковых – порядка 20 видами. Хорошее развитие венечника на таких участках может указывать на его высокую конкурентоспособность, что отчасти обусловлено предпочтением этим растением открытых хорошо освещаемых участков с довольно богатыми слабокислыми и нейтральными почвами и сухо-лесолуговым режимом увлажнения. Поскольку данный вид растений практически не подвергается негативному воздействию в период цветения в виде сбора на букеты, в дальнейшем, вероятно, следует ожидать увеличения его численности на участке исследований.

Заключение. Таким образом, исследования, проведенные на лесной территории на северо-востоке Минска в границах города, показали, что

лесные массивы здесь довольно плотно заселены редкими растениями. На данной территории выявлено 86 мест произрастания 7 редких и исчезающих видов растений и 1 вида грибов, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь.

Распределены растения неравномерно. Основные площади они занимают в сосняках и березняках орлякового, мшистого и верескового типов в возрасте 25–70 лет, расположенных восточнее полигона института машиностроения НАН Беларуси. В западной части данной территории на участке между МКАД и полигоном Объединенного института машиностроения растения охраняемых видов представлены в незначительном количестве.

Наиболее широко распространена арника горная, произрастающая в сосняках мшистых, орляковых и вересковых, а также березовых лесах этих типов. Средняя плотность розеток арники в сосняках орляковых составила 10,7±0,70 экз./м^2, а в сосняках мшистых – 7,9±1,83 экз./м^2. В целом экологические условия среды на данной территории по своим характеристикам благоприятны для произрастания арники, что и способствует ее активному расселению. Высокоплотные локусы располагаются на участках с небольшой рекреационной нагрузкой, что также способствует сохранению этого вида на данной территории.

Экологические условия в березняках орляковых благоприятны для черноголовки крупноцветковой, произрастающей здесь преимущественно небольшими группами с плотностью до 10 экз./м^2. Реже встречается она в сосняках орлякового и мшистого типов.

Изредка встречающийся на территории исследований прострел раскрытый также предпочитает сосновые и березовые леса. Произрастает здесь отдельными единичными особями. Вероятно, незначительная численность данного вида растений может быть отчасти обусловлена прямым негативным воздействием на это красивоцветущее растение в период цветения, поскольку территория расположена непосредственно в городской черте и довольно активно посещается местными жителями.

В противоположность этим растения гладыш широколистный, встреченный всего в пяти местах произрастания, занимает здесь значительные площади с плотностью 0,3–0,6 (изредка до 1,5) экз./м^2. Экологические условия для произрастания данного вида более благоприятны в сосняках мшистых. Однако предпочитает он здесь придорожные лесные окраины и опушки.

Прочие редкие виды растений, выявленные на данной территории, встречаются единично, несмотря на то, что экологические условия среды здесь для них в целом относительно благоприятны.

В целом следует отметить, что сосняки орляковые, наиболее широко распространенные на территории исследований, характеризуются и более высокими флористическим разнообразием, в том числе, и в отношении растений редких видов. Отчасти это обусловлено благоприятными

для редких видов растений экологическими условиями среды в лесах орлякового типа. Вероятно, следует также принимать во внимание и характер рекреационной нагрузки как в настоящее время, так и в прошлом, когда негативное воздействие на данную территорию, в силу особенностей ее эксплуатации, было существенно ограничено.

В связи с тем, что все выявленные здесь редкие растения относятся к 3 и 4 категориям национальной природоохранной значимости как уязвимые и потенциально уязвимые, мероприятия, направленные на реконструкцию территории вследствие проектирования здесь новых испытательных полигонов и дорог, должны проводиться с учетом существующих требований и норм в области охраны окружающей среды.

Литература

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

2. Левкович А.В. Оценка состояния и устойчивости популяций редких и исчезающих видов растений Беларуси на разных уровнях пространственной организации // Ботаника (исследования): Сборник науч. трудов /Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси. Минск:Колорград, 2016. Вып. 45. С. 114–128.

3. Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы монитороинга окружающей среды Республики Беларусь /под общ. Ред. А.В. Пугачевского. Ин-т экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2011. 165 с.

4. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.

5. Песенко Ю.А.Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 288 с.

6. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.

Л. С. ЧУМАКОВ, Ю. С. ПОДРЕЗ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ЛЕСАХ ЗЕЛЕНОЙ ЗОНЫ Г. МИНСКА

Резюме

Исследовано распределение редких и охраняемых видов растений в сосновых и березовых лесах различных типов на территории с сильной рекреационной нагрузкой. На основе анализа состава растительного покрова дана экологическая характеристика условий произрастания редких видов растений. Проведена количественная оценка популяций редких видов растений и проанализирован характер их распространения в лесах различных типов.

L. S. CHUMAKOV, Y. S. PODREZ

ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF RARE PLANT SPECIES DISTRIBUTION IN THE FORESTRIES OF MINSK

Summary

The distribution of rare and protected plant species in the pine and birch forests of different types in areas with strong recreational load was studied. Based on the analysis of vegetation composition, ecological characteristic of the growth conditions of the rare plant species was given. A quantitative assessment of populations of rare plant species was done and the character of their distribution in forests of different types was analyzed.

Поступила в редакцию 25.10.2017 г.

УДК 582. 282 (476)

В. Б. ЗВЯГИНЦЕВ[1], Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА[2], Т. Г. ШАБАШОВА[2], С. И. МАРКОВСКАЯ[3]

MELAMPSORIDIUM HIRATSUKANUM – НОВЫЙ ИНВАЗИВНЫЙ ВОЗБУДИТЕЛЬ РЖАВЧИНЫ ОЛЬХИ И ЛИСТВЕННИЦЫ В БЕЛАРУСИ

[1] *Белорусский государственный технологический университет, г. Минск*
[2] *Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, г. Минск*
[3] *Institute of Botany, Nature Research Centre (Lithuania)*

Введение. Дальневосточный вид дендропатогена, возбудителя ржавчины ольхи и лиственницы *Melampsoridium hiratsukanum* S. Ito ex Hirats [1, 5, 7] был отмечен в микобиоте Европы в середине 90-х годов прошлого века [10]. Эпифитотия ржавчины ольхи первоначально распространялась в странах Балтийского региона (Финляндия, Эстония, Литва) и далее по ЕС. В настоящее время данный вид ржавчинного гриба входит в европейский список важнейших инвайдеров, а ареал его распространения в Европе охватывает также Австрию, Венгрию, Германию, Италию, Норвегию, Польшу, Румынию, Украину, Чехию. Первоначально отмечавшийся на Дальнем Востоке (описан для Маньчжурии) и в Сибири вид встречается сейчас не только в Европе, но и Северной и Южной Америке [9, 10].

M. hiratsukanum является разнохозяйным ржавчинным грибом и проходит стадии 0–I на *Larix* spp. и стадии II–III на видах *Alnus*. В своем естественном ареале данный вид развивался преимущественно на *Larix dahurica* Lawson, *L. sibirica* Ledeb., *Alnus hirsuta* (Spach) Rupr. и *Alnus japonica* Sieb. et Zuec.

Нашей задачей было проведение обследований насаждений ольхи и лиственницы в различных регионах Беларуси с целью диагностики ржавчины листьев, вызываемой данным инвазивным грибом. Ранее *M. hiratsukanum* на территории Беларуси не идентифицировался [2, 4–6].

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектом исследования являлись микромицеты рода *Melampsoridium* Kleb. Ржавчина ольхи и лиственницы изучалась путем выборочных микофлористических обследований в 2016–2017 гг. Сбор гербарных образцов *Alnus incana* (L.) Moench, *A. glutinosa* (L.) Gaertn и *Larix decidua* Mill. проводился в черноольховых и сероольховых лесах, а также в парках и зеленых насаждениях в различных ботанико-географических районах Беларуси, относящихся к 3 геоботаническим подзонам. При документировании и обработке гербарных образцов использовались общепринятые методы [1, 3]. Идентификация базидиомицетов проводилась в соответствие с анатомо-морфологическими признаками по определителям В. Ф. Купревич, В. И. Улья-

нищев, G. B. Cummins, Y. Hiratsuka [5, 7, 9]. Для диагностики и морфометрии спор использовались микроскоп Olympus BX51 и сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения Mira (Tescan).

Собранные образцы грибов находятся на хранении в микологическом гербарии MSK-F Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича, Гербарии Лаборатории микологии Института ботаники (Вильнюс) и в научной коллекции кафедры лесозащиты и древесиноведения БГТУ.

Результаты и их обсуждение. При изучении ржавчинных грибов, развивающихся на листьях ольхи, нами был выявлен патоген, идентифицированный как *Melampsoridium hiratsukanum* S. Ito ex Hirats.

Это первые находки данного возбудителя ржавчины на территории Беларуси. Ниже приводится его описание.

Melampsoridium hiratsukanum S. Ito ex Hirats. f., in Hiratsuka, J. Fac. agric., Hokkaido Imp. Univ., Sapporo 21(1): 10 (1927).

Position in classification: Pucciniastraceae, Pucciniales, Incertae sedis, Pucciniomycetes, Pucciniomycotina, Basidiomycota, Fungi.

Спермогонии главным образом на нижней стороне хвои, под кутикулой, рассеянные, мелкие, чечевицеобразные, желтоватые, 90–126 х 94–168 мкм.

Эции на хвое текущего года, на нижней стороне хвои, в неправильных рядах, на слегка желтеющих участках, подкутикулярные, эллипсоидальные, с боков сжатые в поперечном разрезе, цилиндрические, 0.5–1.8 мм. Эциоспоры эллипсоидальные, оранжево-желтоватые, 19–26 х 15–20 мкм, оболочка мелкобородавчатая, 1.8–2.5 мкм толщиной, с гладким пятном на некоторых спорах. Развиваются на видах *Larix* (основной хозяин).

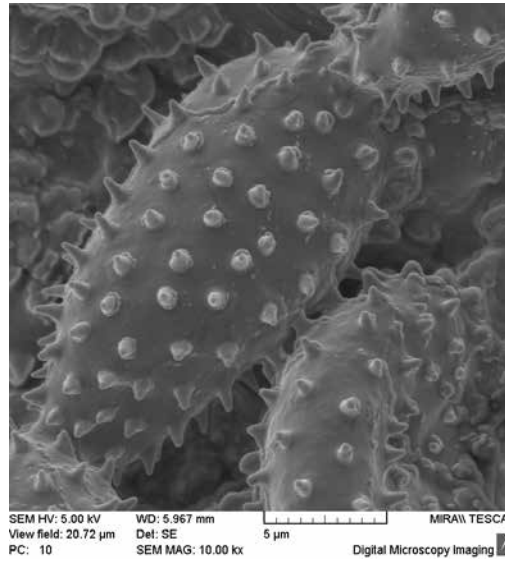
Урединии расположены с нижней стороны листьев, рассеянные или группами, 0.1–0.4 мм в диаметре, желто-оранжевые, прикрытые полушаровидным перидием из мелких угловатых клеток; клетки, окружающие устье перидия более крупные, 32.4–55.8 мкм длиной, вытянутые в длинный острый шипик (рис. 1, а). Урединиоспоры от шаровидных, яйцевидных, до вытянуто-эллипсоидальных, 21.6–34.2 х 10.4–15.2 мкм; оболочка бесцветная, по всей поверхности шиповатая; заметны рудиментарные веретеновидные парафизы. Изученные образцы (MSK-F 20561–20568) отличались от типового диагноза несколько более мелкими урединиями (около 100 мкм диаметром), а также мелкими (20.0–26.0 х 9.0–12.5 мкм) и выражено инкрустированными урединиоспорами (рис. 1, б). Длина шипиков урединиоспор 0.7–1.2 мкм.

Телии развиваются с нижней стороны листьев, под эпидермисом, рассеянные или группами, сначала желтые, потом темно-бурые. Телиоспоры призматические, светло-бурые, 32.4–43.2 х 10.8–16.2 мкм, оболочка около 1 мкм толщиной.

Урединио- и телиостадия развиваются на листьях видов *Alnus* (промежуточный хозяин).



а



б

Рис. 1. Урединиоспороношение гриба *Melampsoridium hiratsukanum* (гербарный образец MSK-F 20567): а – урединия (1х1 000); б – урединиоспоры (1х10 000).

Фитопатологические проявления ржавчины у лиственницы заметны только при сильном развитии болезни: хвоя становится немного хлоротичной и покрывается желтоватыми пятнами в средней части хвоинок. Как правило, значительного ущерба болезнь лиственнице не наносит, часто болезнь протекает бессимптомно.

Значительно сильнее проявляются признаки поражения при развитии урединио- и телиостадии патогена. Листья ольхи покрываются с верхней стороны мелкими красновато-бурыми пятнами, а с нижней – хорошо заметным оранжево-желтым порошистым налетом. При сильном развитии болезни спороношения гриба почти сплошь покрывают листовую пластинку, что приводит к преждевременному засыханию и опадению листьев.

Согласно полученным данным, сильнее поражалась ржавчиной ольха серая, причем наиболее интенсивно ржавчина листьев ольхи развивалась у деревьев, произрастающих на открытых пространствах, опушках леса и вблизи водоемов. Сходная закономерность развития ржавчины выявлена в ольховых насаждениях Литовской республики [10].

Заключение. Проведенные исследования позволили выявить в Беларуси развитие инвазивного возбудителя *Melampsoridium hiratsukanum* S. Ito ex Hirats. на двух видах ольхи *A. glutinosa* и *A. incana*. Патоген обнаружен в северной и южной геоботанических подзонах страны на территории Брестской, Витебской, Гродненской и Минской областей. Выявленная картина распространения и развития инвазивного вида возбудителя ржавчины на ольхе в Беларуси оказалась схожей с описанной ранее С. И. Марковской [10] для ольховых насаждений Литвы, что позволяет предположить сходные пути проникновения данного гриба на территории наших стран.

Литература

1. Азбукина З.М. Ржавчинные грибы Дальнего Востока. М.: Наука, 1974. 527 с.

2. Атлас болезней лесных пород Беларуси / О.С. Гапиенко [и др.]; Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь. Минск : Ред. журн. «Лесное и охотничье хозяйство», 2011. 160 с.

3. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев : Наук. думка, 1982. 551 с.

4. Гирилович И.С. Мучнисторосяные и ржавчинные грибы Белоруссии (видовой состав, распространение, вредоносность): Автореф. дис. …канд. биол. наук: 06.01.11 / БелНИИ плодоовощеводства. Самохваловичи, 1990. 19 с.

5. Купревич В.Ф., Ульянищев В.И. Определитель ржавчинных грибов СССР [в 2-х ч.]. Л.: Наука, 1978. Ч. 2: Ржавчинные грибы СССР. 383 с.

6. Минкявичус А.Й. Определитель ржавчинных грибов Литовской ССР (с учетом соседних территорий). Вильнюс: Мокслас, 1984. 273 с.

7. Траншель В. Г. Обзор ржавчинных грибов СССР. М.: Наука, 1959. 525 с.

8. Cummins G.B., Hiratsuka Y. Illustrated genera of rust fungi. St. Paul : APS, 2003. 223 с.

9. Hantula J., Scholler M. 2013. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – Melampsoridium hiratsukanum – From: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS www.nobanis.org, Date of access 03.02.2017.

10. Markovskaja S. Melampsoridium hiratsukanum - invasive rust species in Lithuania, and its co-occurrence with eriophylid mite. // Acta Mycologica. 2013. Vol. 48. Issue 2. P. 197.

В. Б. ЗВЯГИНЦЕВ, Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА, Т. Г. ШАБАШОВА, С. И. МАРКОВСКАЯ

MELAMPSORIDIUM HIRATSUKANUM – НОВЫЙ ИНВАЗИВНЫЙ ВОЗБУДИТЕЛЬ РЖАВЧИНЫ ОЛЬХИ И ЛИСТВЕННИЦЫ В БЕЛАРУСИ

Резюме

Впервые в Беларуси был выявлен инвазивный ржавчинный гриб *Melampsoridium hiratsukanum* S. Ito ex Hirats. Данный вид был отмечен на листьях *Alnus incana* (L.) Moench, *A. glutinosa* (L.) Gaertn и *Larix decidua* Mill. в различных районах Брестской, Витебской, Гродненской и Минской областей.

V. B. ZVIAGINTSEV, D. B. BELOMESYATSEVA, T. G. SHABASHOVA, S. I. MARKOVSKAJA

MELAMPSORIDIUM HIRATSUKANUM – A NEW INVASIVE SPECIES CAUSING THE RUST DISEASE OF ALDER AND LARCH IN BELARUS

Summary

An invasive pathogenic rust fungus *Melampsoridium hiratsukanum* S. Ito ex Hirats. was for the first time found on leaves of *Alnus incana* (L.) Moench, *A. glutinosa* (L.) Gaertn и *Larix decidua* Mill. in different parts of Belarus (Brest, Vitebsk, Grodno and Minsk regions).

Поступила в редакцию 02.11.2017 г.

УДК 632.4:633.88

С. И. КОРИНЯК

ЦЕЛОМИЦЕТЫ (COELOMYCETES) – ВОЗБУДИТЕЛИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

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

Введение. Государственное природоохранное учреждение национальный парк «Беловежская пуща» наиболее крупный массив реликтового первобытного равнинного леса, который произрастал на территории Европы в течение продолжительного периода времени. В настоящее время в нетронутом состоянии данный природный комплекс сохранился только на территории Беларуси и Польши. Для сохранения уникальных природных комплексов в Беловежской пуще выделены четыре функциональные зоны с различным режимом охраны: заповедная зона, зона регулируемого пользования, рекреационная, хозяйственная зоны и охранная буферная зона.

ГПУ НП «Беловежская пуща» комплексное природоохранно-хозяйственное и научно-исследовательским учреждением, одной из целей которого является: проведение научных исследований, связанных с разработкой и внедрением в практику научных методов сохранения биологического разнообразия, изучением природных объектов и их комплексов. Поэтому в рамках данной цели в Национальном парке «Беловежская пуща» проведено исследование сапротрофных, условно-патогенных и патогенных микромицетов колонизирующих сосудистые растениях.

Целомицеты, являясь частью группы анаморфных грибов (*Anamorphic fungi*) способны выступать как в качестве сапротрофов, так и проявлять фитопатогенные свойства, вызывая пятнистости листьев, что в конечном итоге, приводит не только к выпаду отдельных особей, но и исчезновению популяций редких видов растений, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь. Поэтому одной из основных задач наших исследований в целях сохранения биоразнообразия сосудистых растений является выявление видового состава целомицетов, определение их вредоносности и, по возможности, в случае возникновения эпифитотий, разработка и проведение защитных мероприятий на данной заповедной территории.

Материалы (объекты) и методы исследования. Ботанические исследования проводились маршрутным методом в вегетациооные периоды 2016–2017 годов. Изучение микобиоты растений сопровождалось сбором гербарного материала. При изучении видового состава микромицетов использованы общепринятые методы В. И. Билай [1]. Нижеприведенные виды грибов, а также их синонимы и анаморфы приведены в соответствие с международной микологической глобальной базой данных *Index fungorum* [12]. Для уточнения видовых названий растений использована монография Н. Н. Цвелева [11], а также иллюстрированный *online* опре-

делитель растений *Plantarium* [6]. Образцы пораженных растений хранятся в гербарии MSK-F лаборатории Микологии Государственного научного учреждения Иститут экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси.

Результаты и их обсуждение. В ходе экспедиционных работ в ГПУ НП «Беловежская пуща» исследованы следующие приводимые ниже лесные и луговые сообщества.

Грабняк мертвопокровный: Брестская обл., Пружанский р-н, окр. дер. Бабинец, Урочище Тисовик, Никорское л-во, кв. 562.

Кленовник разнотравный: Брестская обл., Пружанский р-н, окр. дер. Перерово, Никорское л-во, кв. 589.

Ольс разнотравный: Гродненская обл., Свислочский р-н, окр. дер. Новоселки, Новоселковское л-во, кв. 186.

Смешанный лес: Гродненская обл., Свислочский р-н, Свислочское л-во, окр. дер. Жарковщина, кв. 77 а.

Сосняк можжевелово чернично бруснично мшистый: Гродненская обл., Свислочский р-н, окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 36 в.

Сосняк орляково чернично кислично мшистый: Гродненская обл., Свислочский р-н, окр. дер. Новоселки, Новоселковское л-во, кв. 133 г, 172.

Сосняк орляково чернично-мшистый: Гродненская обл., Свислочский р-н, Свислочское л-во, окр. дер. Жарковщина, кв. 108 а, 108 в.

Сосняк чернично-мшистый: Гродненская обл., Свислочский р-н, Свислочское л-во, окр. дер. Жарковщина, кв. 77б.

Сосняк чернично бруснично мшистый: Гродненская обл., Свислочский р-н, Свислочское л-во, окр. дер. Жарковщина, кв. 21 б, 21 г.

Гербарные образцы собраны из следующих местообитаний:

Гродненская обл., Свислочский р-н, Новоселковское л-во, кв. 133 г, 172, 186.

Гродненская обл., Свислочский р-н, Свислочское л-во, окр. дер. Жарковщина, кв. 21 г, 77 а, 77 б, 108 а, 108 в.

Брестская обл., Пружанский р-н, Никорское л-во, кв. 562, 589.

В результате проделанной работы с признаками поражений целомицетами исследовано 23 вида растений из 14 семейств: Asteraceae, Betulaceae, Ericaceae, Gramineae, Hypericaceae, Lamiaceae, Liliacea, Papaveraceae, Primulaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Scrophulariaceae, Tiliaceae, Ulmaceae.

Далее приведен список выявленных видов грибов, их синонимов и 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 на территории Беларуси.

Ascochyta Lib., Pl. crypt. Arduenna, fasc. (Liège) 1 (Praef.): 8 (1830)

Ascochyta fragaria Sacc., Michelia 1 (no. 2): 169 (1878). Syn.: *Diplocarpon earlianum* (Ellis & Everh.) F.A. Wolf [as ‘earliana’], J. Elisha Mitchell scient. Soc. 39 (3–4): 158–159 (1924). *Peziza earliana* Ellis &

Everh., Bull. Torrey bot. Club 11 (7): 74 (1884). *Mollisia earliana* (Ellis & Everh.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 8: 328 (1889). *Fabraea earliana* (Ellis & Everh.) Seaver, North American Cup-fungi, (Inoperculates) (New York): 190 (1951). *Phyllosticta potentillae* Desm., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 8: 31 (1847). *Marssonia potentillae* (Desm.) J. C. Fisch., Rabenhorst's Fungi europ. exsicc.: no. 1857 (1872). *Marssonia potentillae* (Desm.) J. C. Fisch., Rabenhorst's Fungi europ. exsicc.: no. 1857 (1872) subsp. *Potentillae*. *Gloeosporium potentillae* (Desm.) Oudem., Ned. kruidk. Archf, 2 sér. 1: 259 (1873). *Marssonina potentillae* (Desm.) Magnus, Hedwigia 45: 89 (1906). *Marssonia fragariae* Sacc., Malpighia 10: 276 (1896). *Marssonia potentillae* subsp. *fragariae* (Desm.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 14 (2): 1021 (1899). *Marssonina potentillae* var. *fragariae* (Sacc.) Grove, British Stem- and Leaf-Fungi (Coelomycetes) (Cambridge) 2: 279 (1937). *Marssonina potentillae* f. *fragariae* (Sacc.) Karak., Fungi Imperfecti Parasitici 2: 403 (1950). *Marssonia potentillae* var. *helleri* Peck, Bull. Torrey bot. Club 33 (4): 219 (1906). *Fabraea fragariae* Kleb., Ber. dt. bot. Ges. 42: 192 (1924). *Dermateaceae* [4, 7, 8].
На листьях *Fragaria vesca* L. (Rosaceae).
Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 108 в. Сосняк орляково черничнo бруснично мшистый.

Ascochyta ulmella Sacc., Michelia 1 (no. 2): 169 (1878). Syn.: *Ascochytella ulmella* (Sacc.) Keissl., Annln naturh. Mus. Wien 35: 10 (1922). *Didymellaceae* [3, 4, 5].
На листьях *Ulmus minor* L. (Ulmaceae).
Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 77 б. Сосняк чернично-мшистый.

Ascochyta verbascina Thüm., Contrib. Fung. Litor.: no. 343 (1880) *Didymellaceae* [3, 4, 8].
На листьях *Veronica officinalis* L. (Scrophulariaceae).
Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Новоселки, Новоселковское л-во, кв. 172. Сосняк орляково чернично кислично мшистый.

Diplodina Westend., Bull. Acad. R. Sci. Belg., Cl. Sci., sér. 2 12 (7): 562 (1857)

Diplodina calamagrostidis Allesch., Rabenh. Krypt. –Fl., Edn 2 (Leipzig) 1 (6): 681 (1900) [1899]. Syn.: *Ascochyta calamagrostidis* Brunaud, Act. Soc. linn. Bordeaux 41: 25 (1887). Gnomoniaceae [3].
На листьях *Calamagrostis arundinaceae* Roth. (Gramineae).
Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 108 в. Сосняк орляково чернично-мшистый.

Gloeosporium Desm. & Mont., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 12: 295 (1849)

Gloeosporium betulunum Westend., Pl. crypt. exsicc. 19–20 (nos 901–1000): no. 978 (1857). Syn.: *Gnomonia intermedia* Rehm, Annls mycol.

6(5): 489 (1908). *Ophiognomonia intermedia* (Rehm) Sogonov, Stud. Mycol. 62: 58 (2008). *Discula betulina* (Westend.) Arx, Verh. K. ned. Akad. Wet., tweede sect. 51 (3): 64 (1957). *Discula betulina* var. *macrocarpa* Bat. & Cavalc., Rev. Agric., Pernambuco 3 (1): 57 (1963). Gnomoniaceae [2, 5].
На листьях *Betula pendula* Roth. (Betulaceae).
Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 77 б. Сосняк чернично-мшистый.

Gloeosporium convallaria Allesch., Hedwigia 34: 277 (1895). Dermateaceae [2].
На листьях *Convallaria majalis* L. (Liliaceae).
Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 77 б. Сосняк чернично-мшистый.

Gloeosporium naviculisporum Stoneman, Bot. Gaz. 26: 79 (1898). Dermateaceae [2].
На листьях *Rubus saxatilis* L. (Rosaceae).
Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 108 а. Сосняк орляково чернично-мшистый.

Gloeosporium phaeosorum Sacc., Michelia 1 (no. 2): 260 (1878). Syn.: *Cryptosporiopsis phaeosora* (Sacc.) Arx, Verh. K. ned. Akad. Wet., tweede sect. 51 (3): 117 (1957). *Discosporium phaeosorum* (Sacc.) Höhn., Z. Garungs Phys. 5: 196 (1915). *Discosporiella phaeosora* (Sacc.) Petr., Annls mycol. 21(1/2): 14 (1923). Dermateaceae [2, 3].
На листьях *Rubus nessensis* W. Hall. (Rosaceae).
Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 36 в. Сосняк можжевелово чернично бруснично мшистый.

Pestalotia De Not., Mém. R. Accad. Sci. Torino, Ser. 2 3: 80 (1841)

Pestalotia betulae Morochk. [as 'Pestalozzia'], J. Bot. Acad. Sci. RSS Ukraine 2 (3–4): 183 (1946) [1945]. Syn.: Truncatella betulae (Morochk.) S. J. Lee & Crous, in Lee, Crous & Wingfield, Stud. Mycol. 55: 182 (2006) Bartaliniaceae [2].
На листьях *Betula pendula* Roth. (Betulaceae).
Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 77 б. Сосняк чернично-мшистый.

Pestalotia truncata Lév., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 5: 285 (1846). Syn.: *Truncatella* truncata (Lév.) Steyaert, Bull. Jard. bot. État Brux. 19: 295 (1949). *Pestalotia truncata* var. *rubi* P. Karst. *Pestalotia truncata* Lév., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 5: 285 (1846) var. *truncate*. *Pestalotia truncata* Lév., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 5: 285 (1846) f. *truncate*. *Pestalotia truncata* var. *septoriana* Fairm., Mycologia 5 (4): 245 (1913). *Pestalotia truncata* var. lini Hulea & Neagu-Ţîrc., Studii Cerc. Biol., Ser. Biol. Veget. 13: 556 (1961). *Pestalotia truncata* f. *rosicola* Negru, Bull. trimest. Soc. mycol. Fr. 78 (3): 281 (1963). Bartaliniaceae [2].
На листьях *Ulmus minor* L. (Ulmaceae).

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 77 б. Сосняк чернично-мшистый.

Phyllosticta Pers., Traité sur les Champignons Comestibles (Paris): 55, 147 (1818)

Phyllosticta argillaceae Bres., Hedwigia 33: 206 (1894). *Didymella applanata* (Niessl) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 1: 546 (1882). *Ascochyta argillacea* (Bres.) Bondartsev, Mater. mikol. obslêd. Ross. 5 (4): 21 (1921). *Phoma argillacea* (Bres.) Aa & Boerema, in Gruyter, Boerema & Aa, Persoonia 18(1): 17 (2002). *Sphaerella rubina* Peck, Ann. Rep. Reg. N.Y. St. Mus. 48: 114 (1897). Didymellaceae [3].

На листьях *Rubus nessensis* W. Hall. (Rosaceae).

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 36 в. Сосняк можжевелово-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), *Phyllosticta cruenta* (Fr.) J. Kickx f., Mém. Acad. R. Sci. Lett. Arts. Brux. 23: 22 (1849) f. *cruenta*, *Phyllosticta cruenta* (Fr.) J. Kickx f., Mém. Acad. R. Sci. Lett. Arts. Brux. 23: 22 (1849) var. *cruenta*, *Ascospora cruenta* (Fr.) Lambotte, Fl. myc. Belg. (Verviers) 2: 199 (1880), *Macrophoma cruenta* (Fr.) Ferraris, Annls mycol. 10 (3): 288 (1912), *Phyllostictina cruenta* (Fr.) Petr. & Syd., Feddes Repert., Beih. 42: 209 (1927), *Sphaeropsis cruenta* (Fr.) J.C. Gilman & W.A. Archer, Iowa St. Coll. J. Sci. 3 (4): 433 (1929), *Phyllosticta cruenta* f. *polygonati-multiforme* Thüm., Mycoth. Univ., cent. 12: no. 1189 (1878), *Phyllosticta cruenta* var. *polygonati-multiflori* Thüm., Mycoth. Univ., cent. 12: no. 1189 (1878), *Phyllosticta cruenta* var. *longispora* Dearn., Mycologia 16 (4): 159 (1924). Phyllostictaceae [3].

На листьях *Polygonatum officinale* L. (Liliaceae).

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 77 а. Смешанный лес.

Phyllosticta farfarae Sacc., Nuovo G. bot. ital. 8 (4): 302 (1874). Phyllostictaceae [3, 7, 9].

На листьях *Tussilago farfara* L. (Asteraceae).

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 77 б. Сосняк чернично-мшистый.

Phyllosticta leptidea Allesch., Rabenh. Krypt. – Fl., Edn 2 (Leipzig) 1 (7): 94 (1903) [1901]. Syn.: *Myxothyrium leptideum* (Fr.) Bubák & Kabát, Svensk bot. Tidskr. 9: 379 (1915). *Asteromella leptidea* (Fr.) Petr. *Sphaeria leptidea* Fr., Syst. mycol. (Lundae) 2 (2): 522 (1823). *Sphaerella leptidea* (Fr.) Fuckel, Jb. nassau. Ver. Naturk. 23–24: 100 (1870). *Phoma leptidea* (Fr.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 3: 111 (1884). Phyllostictaceae [3].

На листьях *Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Avror. (Ericaceae).

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 21 г. Сосняк чернично бруснич-

но мшистый. Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 36 в. Сосняк можжевелово чернично бруснично мшистый.

Phyllosticta tussilaginis Garb., Bull. Soc. mycol. Fr. 39 (4): 244 (1924). [1923]. Phyllostictaceae [3].

На листьях *Tussilago farfara* L. (Asteraceae).

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 77 а. Смешанный лес. Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 77 б. Сосняк чернично-мшистый.

Phyllosticta vaccinii Earle, Bull. Torrey bot. Club 24: 31 (1897). Phyllostictaceae [12].

На листьях *Vaccinium myrtillus* L. (Ericaceae).

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 77 б. Сосняк чернично-мшистый. Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 108 в. Сосняк орляково чернично-мшистый.

Phyllosticta tilia Sacc. & Speg., Michelia 1 (no. 2): 158 (1878). Phyllostictaceae [3].

На листьях *Tilia cordata* Mill. *(*Tiliaceae*)*.

Брестская обл., Пружанский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Перерово, Никорское л-во, кв. 589. Кленовник разнотравный.

Phyllosticta ulmicola Sacc., Michelia 1 (no. 2): 158 (1878). Syn.: *Microsphaeropsis ulmicola* (Sacc.) Aa, in van der Aa & Vanev, A Revision of the Species Described in Phyllosticta (Utrecht): 469 (2002). Phyllostictaceae [3, 5].

На листьях *Ulmus pumila* L. (Ulmaceae).

Брестская обл., Пружанский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Перерово, Никорское л-во, кв. 589. Кленовник разнотравный.

На листьях *Ulmus minor* L. (Ulmaceae).

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 77 б. Сосняк чернично-мшистый.

Rhabdospora (Durieu & Mont.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 3: 578 (1884)

Rhabdospora uniseptata Bubák & Wróbl., Hedwigia 57: 335 (1916). Anamorphic Mycosphaerellaceae [3].

На листьях *Rubus idaeus* L. (Rosaceae).

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Новоселки, Новоселковское л-во, кв. 186. Ольс разнотравный.

Septoria Sacc., Syll. fung. (Abellini) 3: 474 (1884)

Septoria anemones Desm., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 2 10: 310 (1838). Mycosphaerellaceae [3, 10].

На листьях *Anemone nemorosa* L. (Ranunculaceae).

Брестская обл., Пружанский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Бабинец, Урочище Тисовик, Никорское л-во, кв. 562. Грабняк мертвопо-

кровный. Окр. дер. Перерово, Никорское л-во, кв. 589. Кленовник разнотравный.

Septoria chelidoniii Desm., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 2 17: 110 (1842). Syn.: *Ascochyta chelidonii* Lib., Pl. crypt. exsicc.: no. 204 (1834). Mycosphaerellaceae [3, 9, 10].

На листьях *Chelidonium majus* L. (Papaveraceae).

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Новоселки, Новоселковское л-во, кв. 133 г. Сосняк орляково черничноно кислично мшистый.

Septoria hepaticae Desm., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 2 19: 340 (1843). *Mycosphaerellaceae* [3, 9, 10].

На листьях *Hepatica nobilis* Schreb. *(*Ranunculaceae*)*.

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 77 а. Смешанный лес.

Septoria hyperici Roberge ex Desm., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 2 17: 110 (1842). Syn.: *Sphaerulina hyperici* (Roberge ex Desm.) Verkley, Quaedvl. & Crous, Stud. Mycol. 75 (1): 298 (2013). *Septoria hyperici* var. *elodis* Westend., in Kickx, Fl. Crypt. Flandres (Paris) 1: 429 (1867). Mycosphaerellaceae [3, 9, 10].

На листьях *Hypericum perforatum* L. (Hypericaceae).

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Новоселки, Новоселковское л-во, кв. 133 г. Сосняк орляково черничноно кислично мшистый.

Septoria lysimachia Westend., Bull. Acad. R. Sci. Belg., Cl. Sci. 19 (3): 120 (1852). Mycosphaerellaceae [3, 10].

На листьях *Lysimachia vulgaris* L. (Primulaceae).

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 21 г. Сосняк чернично бруснично мшистый.

Septoria majanthemi Westend., Pl. crypt. exsicc. 19–20 (nos 901–1000): no. 940 (1857). Mycosphaerellaceae [3, 9, 10].

На листьях *Majanthemum bifolium* (L.) Fr. (Liliaceae).

Брестская обл., Пружанский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Бабинец, Урочище Тисовик, Никорское л-во, кв. 562. Грабняк мертвопокровный. Окр. дер. Перерово, Никорское л-во, кв. 589. Кленовник разнотравный.

Septoria stachydis Roberge ex Desm., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 8: 19 (1847). Mycosphaerellaceae [3, 10].

На листьях *Stachys sylvatica* (Lamiaceae).

Брестская обл., Пружанский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Перерово, Никорское л-во, кв. 589. Кленовник разнотравный.

Septoria trientalis (Lasch) Sacc., Bull. Soc. mycol. Fr. 5 (4): 121 (1890) [1889]. *Sphaeria trientalis* Lasch, in Rabenhorst, Klotzschii Herb. Viv. Mycol., Edn 2: no. 364 (1880). Mycosphaerellaceae [3, 9, 10].

На листьях *Trientalis europaea* L. (Primulaceae).

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Новоселки, Новоселковское л-во, кв. 133 г. Сосняк орляково черничноно кислично мшистый.

Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ НП «Беловежская пуща», окр. дер. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 108 в. Сосняк орляково чернично-мшистый.

В результате проведенных ботанико-микологических исследований выявлено, что на 23 видах растений из 14 семейств идентифицировано: 27 видов анаморфных грибов из 7 родов: *Ascochyta, Diplodina, Gloeosporium, Pestalotia, Phyllosticta, Rabdospora, Septoria*. Приведенная диаграмма отражает количественное соотношение видов анаморфных грибов по родам. Рода в диаграмме расположены в порядке убывания количества относящихся к ним видов (рис. 1).

Таксономический анализ выявленой микобиоты показывает, что большинство идентифицированных видов анаморфных микромцетов относится к родам *Phyllosticta и Septoria*, в которых насчитывается по 8 видов. В роде *Gloeosporium* идентифицировано 4 вида грибов. В роде *Ascochyta* 3 вида. Род *Pestalotia* по числу видов (2) занимает четвертое место. В родах *Diplodina и Rabdospora* по 1 виду.

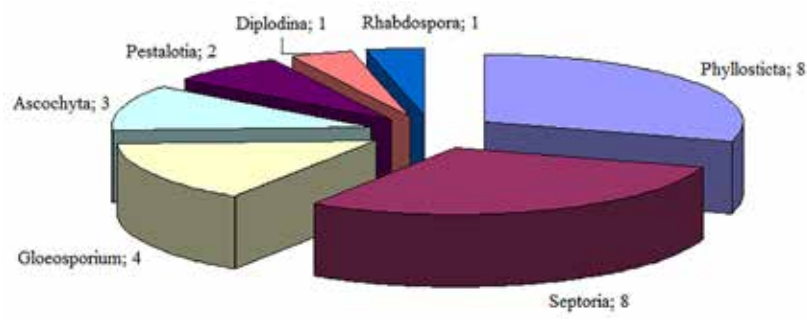


Рис. 1. Количественное распределение видов анаморфных грибов по родам.

Практически во всех исследуемых локалитетах отмечено слабое поражение исследуемых растений целомицетами, которые в совокупности с гифомицетами, аскомицетами и ржавчинными грибами в тканях пораженного органа растения, формируя первичные микокомплексы, к концу вегетационного периода могут привести пораженное растение к выпадению либо к полной гибели всей популяции. Как правило, отмечались поражения, охватывающие до 10% поверхности того или иного органа растения-хозяина, что соответствует 1-му баллу по пятибалльной шкале оценки развития болезни (0–4).

Заключение. Краткий обзор приведенных данных показывает многообразие целомицетов и их синонимов, видовую специализацию фитопатогена по отношению к колонизируемому субстрату – растению-хозяину, возрастающую степень поражения в комплексе с другими грибами и, как следствие, необходимость дополнительных исследований, включающих

идентификация видового состава анаморфных грибов-возбудителей болезней растений, оценки фитопатологической ситуации, а также разработки эффективных методов борьбы с фитопатогенами в заповедниках Беларуси.

Литература

1. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. 1-е изд. 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, 1950. Т. 2: Меланкониальные. 680 с.

3. Визначник грибів Украіни. Несовершені гриби / С.Ф. Морочковский, [и др.]; под общ. ред. Д.К. Зерова. 1-е изд. Киів: Наукова думка, 1971. Т. 3. 696 с.

4. Мельник В.А. Определитель грибов рода Ascochyta Lib. 1-е изд. Л.: Наука, 1977. 246 с.

5. Мельник В.А., Попушой И.С. Несовершенные грибы на древесных и кустарниковых породах. Кишинев: Штиница, 1992. 361 с.

6. Орешкин Д. , Мирин Д. Plantarium // Определитель растений on-line. Copyright © 2003–2009. Mode of access: http://www.plantarium.ru/ Date of access: 11.08.2017.

7. Пидопличко Н.М. Грибы – паразиты культурных растений. Определитель: в 3 т. /. 1 изд. Киев: Наукова думка, 1977. Т. 3: Пикнидиальные грибы. 232 с.

8. Флора споровых растений Казахстана. Несовершенные грибы. Сферопсидальные / З.М.Бызова [и др.]; под общ. ред. С.Р.Шварцмана. Алма-Ата : Наука, 1967. Т. V. Ч. 1. 340 с.

9. Флора споровых растений Казахстана. Несовершенные грибы. Сферопсидальные / З.М. Бызова [и др.]; под общ. ред. С.Р. Шварцмана. Алма-Ата: Наука, 1970. Т. V. Ч. 3. 558 с.

10. Тетеревникова-Бабаян Д.Н. Грибы рода Септория в СССР. 1-е изд. Ереван: АН Арм ССР, 1987. 479 с.

11. Цвелев Н.Н. Определитель сосудистых растений Северо-западной России / Санкт-Петербург: СПХФА, 2000. 782 с.

12. 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: 12.09.2017.

С. И. КОРИНЯК

ЦЕЛОМИЦЕТЫ (COELOMYCETES) – ВОЗБУДИТЕЛИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

Резюме

В вегетационные периоды 2016–2017 гг. на территории Национального парка «Беловежская пуща» проведена идентификация анаморфных грибов на ряде сосудистых растениях. Исследовано 13 местообитаний, где было идентифицировано 27 видов микромицетов из

7 родов, на 23 видах растений из 14 семейств. Многие из идентифицированных видов микромицетов, являясь возбудителями пятнистостей листьев, представляют потенциальную опасность для некоторых растений в НП «Беловежская пуща».

S. I. KORINIAK

CELOMYCETES (COELOMYCETES) ARE AGENTS OF PLANTS DECIASESAT THE TERRITORY OF NATIONAL PARK «BELOVEGSKAJA PUSCHA»

Summary

The work on identification of pathogen fungi at the territory of National park «Belovegskaja puscha» at vegetation period of time 2016–2017 was done. Thirteen places were observed where 23 species of plants from 14 families were collected. On those plants 27 species of *anamorphic fungi* from 7 genuses were identified. Many of them are agents of leafs spots and are dangerous for some plants at NP «Belovegskaja puscha».

Поступила в редакцию 11.09.2017 г.

УДК 582.282.112(575.22)

В. О. ЛЫСЮК [1], Т. Г. ШАБАШОВА [1], М. Г. СИНЯВСКАЯ [2]

ВИДОВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГРИБОВ СЕМЕЙСТВА ERYSIPHACEAE С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

[1] Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, г. Минск
[2] Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Грибы семейства Erysiphaceae хорошо очерченная группа эуаскомицетов – облигатных паразитов растений, распространенных по всему миру. Эризифовые грибы поражают преимущественно цветковые двудольные растения, а из однодольных растений – различные виды злаков. Развитие каждого вида гриба этого семейства проходит в две стадии – конидиальную (анаморфную) и сумчатую (телеоморфную). Конидиальная стадия на растениях проявляется в виде белого, позднее темнеющего налёта на листьях, а иногда и на репродуктивных органах, тем самым, больные растения приобретают вид «обсыпанных мукой», в результате чего, поражающее их заболевание получило название «мучнистая роса».

Данная группа облигатных паразитических грибов вызывает заболевания более чем у 10 тыс. покрытосеменных растений. Поражая многие экономически важные растения, такие как виноград, фруктовые деревья, зерновые культуры и декоративные растения, мучнисторосяные грибы наносят огромный ущерб различным отраслям сельского и лесного хозяйств [1].

Точная и надежная идентификация и количественное определение грибов имеют большую значимость в области диагностики заболеваний, более глубокого понимания природных сообществ, роли того или иного вида в экосистеме. Видовая идентификация и определение систематического положения являются одними из самых актуальных вопросов в микологии. Для достижения этих целей используются разнообразные методы, однако превалирующим является метод на основе морфологических критериев.

В последние десятилетия разработка эффективных платформ для амплификации, зондов и различных методик количественной ПЦР, появление возможности полногеномного секвенирования произвели революцию в области обнаружения и идентификации грибов. Применение методов молекулярной биологии, таких как секвенирование ДНК и филогенетический анализ, позволило существенно повысить уровень знаний в изучении биологического и генетического разнообразия в пределах различных таксономических групп.

Исследование маркерных последовательностей ДНК проводится как в филогенетических исследованиях, так и для паспортизации гербарных видов [2]. При использовании гербарных образцов, появляется возмож-

ность исследовать организмы возрастом более чем сотни лет, которые могут быть уже не доступными в природе.

Применение методов анализа ДНК грибов-патогенов позволяет сократить сроки исследования и определить инфицирование на самой ранней стадии, когда внешне оно еще никак не проявляется, что дает возможность применять меры борьбы с инфекциями в ранние сроки, когда они наиболее эффективны [3].

До недавнего времени считалось, что эризифовые грибы являются достаточно хорошо изученными и легко узнаваемыми фитопатогенами, однако последние исследования указали на то, что их биология намного сложнее. Многие вопросы до сих пор остаются открытыми и широко обсуждаемыми между учеными всего мира [4]. Появление методов молекулярно-генетического анализа позволило получить более обширные знания в области понимания природы, филогении и систематики эризифовых грибов, которые постоянно пополняются по мере проводимых исследований.

В настоящее время принятые ранее роды радикальным образом пересмотрены. Таксономическая система, описанная Braun et al., включает в себя понятия, используемые большинством современных систематиков мучнисторосяных грибов. Понятие вида включает в себя информацию о хозяине, морфологии телеоморфной и анаморфной стадий, географическое распространение. Важными характеристиками телеоморфы является размер и форма хазмотециев; строение перидия плодового тела; размер, форма, строение и расположение придатков; форма сумок, размер и количество аскоспор в ней [5]. Что касается морфологических характеристик анаморфной стадии, то в данном случае видовую идентификацию пытаются провести по типу конидиального спороношения. Однако информации об анаморфе не достаточно для 75 % видов мучнисторосяных грибов [6]. Также, ввиду того, что конидии многих видов схожи по форме и размеру, использование морфологических критериев для определения вида часто бывает проблематичным. Поэтому в отсутствии зрелых плодовых тел точная видовая идентификация паразитов затруднительна. Но, по мнению многих авторов, именно характеристики анаморфной стадии являются основными для универсальной систематики видов порядка *Erysiphaceae*. Более того, на основе анализа нуклеотидных последовательностей анаморфы увеличивается шанс отобразить филогению этой группы грибов в полном объеме [6].

Материалы и методы исследования. Для выделения ДНК был использован CTAB-метод по протоколу A. Worden (2010) с модификациями, также были изучены и другие методы: SDS-метод, набор Qiagen DNA Kit, набор Invitrogen PureLink Genomic DNA Mini Kit и набор Thermo Scientific #K012 Kit.

В качестве матрицы для ПЦР использовалась клеточная ДНК, выделенная CTAB-методом из хазмотециев гербарных образцов грибов семейства Erysiphaceae. Для проведения полимеразной цепной реакции использовались стандартные праймеры к ITS-областям, характеристика

которых отображена в таблице. Проведение ПЦР-реакции осуществлялось на термоциклере MyCycler производства компании BioRad с заданной программой [First]: Плавление ДНК – 950С – 4 минуты, 1 повтор; 950С – 30 секунд – плавление ДНК; 520С – 30 секунд – отжиг праймеров; 720С – 30 секунд – полимеризация. Количество циклов – 35; 720С – 7 минут – досинтез, 1 повтор; Хранение при 40С.

Для амплификации применялась «вложенная» ПЦР (nested PCR) с целью уменьшить число побочных продуктов реакции, которая осуществлялась в 2 шага: на первом шаге использовались праймеры ITS5 и P3, на втором шаге использовался 1 мкл полученной пробы в ходе первой амплификации в качестве матрицы с внутренними праймерами ITS5 и ITS4. Проверка результатов ПЦР осуществлялась с помощью электрофореза в 2 % агарозном геле. Для фотосъёмки использовалась документирующая система Doc-Print VX5 (Vilbert Lourent, Франция).

Таблица. Характеристика универсальных праймеров к ITS-областям [F]

Название праймера	Последовательность 5'->3'	Длина	Температура плавления
ITS1	TCCGTAGGTGAACCTGCGG	19	55
ITS4	TCCGTAGGTGAACCTGCGG	19	55
ITS5	GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG	22	51
P3	GCCGCTTCACTCGCCGTTAC	20	58
PM5	TTGCTTTGGCGGGCCGGG	18	57
PM6	GYCRCYCTGTCGCGAG	16	56

Для исключения отрицательного влияния на результаты секвенирования продукты полимеразной цепной реакции необходимо предварительно очистить от оставшихся свободных праймеров и dNTPs. С этой целью, мы применяли простой метод, основанный на использовании ферментов экзонуклеазы I (Exo) и рекомбинантной щелочной фосфатазы (rSAP). Для очистки одного образца, объемом 10 мкл необходимо 0,3 мкл фермента Exo и 0,9 мкл – SAP. Инкубация проводилась в течение 20 минут при температуре 37^0C (оптимальная температура работы ферментов), после чего инактивация ферментов осуществлялась повышением температуры до 80^0C в течение 15 минут.

В основе автоматического секвенирования лежит метод ферментативного секвенирования с использованием терминирующих ddNTPs. Как и классический вариант Сэнгера, автоматическое секвенирование включает две стадии: проведение терминирующих реакций и разделение продуктов этих реакций с помощью электрофореза. Для анализа результатов секвенирования использовали программы FinchTV 1.4.0 и ChromasPro, которые позволяют проанализировать, насколько качественно прошел сиквенс, и получить полную информацию о последовательности изучаемого фрагмента. После получения результатов секвенирования

проводили специальную процедуру – процедуру выравнивания нуклеотидных последовательностей, которая должна показать какие участки ДНК гомологичны друг с другом. Для этой цели мы использовали пакет программ BLAST (Basic Local Alignment Search Tool, основное средство поиска, основанное на локальных выравниваниях) (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/).

Результаты и их обсуждение. Для выделения тотальной ДНК из хазмотециев грибов семейства Erysiphaceae нами были опробованы разные протоколы: CTAB-метод, SDS-метод, набор Qiagen DNA Kit, набор Invitrogen PureLink Genomic DNA Mini Kit и набор Thermo Scientific #K012 Kit.

Качество и количество выделенной ДНК анализировали электрофоретически в 0,8 % агарозном геле. Основные критерии оценки качества выделенной ДНК – наличие основного фрагмента высокомолекулярной тотальной ДНК относительно ДНК-маркера и отсутствие деградации.

Установлено, что использование CTAB-протокола для выделения ДНК из разных образцов способствует получению качественных препаратов высокомолекулярной ДНК. При использовании протокола с SDS, выделение геномной ДНК наблюдалось не во всех образцах, хотя количество ДНК в некоторых образцах было больше (согласно интенсивности полос в геле), чем при выделении CTAB. Выделение ДНК наборами Qiagen и Invitrogen показало меньший выход, а также отсутствие целевого продукта у большинства исследуемых образцов при дальнейшей постановке ПЦР. Набор Thermo Scientific #K012 Kit оказался непригодным для выделения ДНК грибов, т. к. при электрофоретическом разделении и постановке ПЦР наблюдалось отсутствие целевого продукта.

При проведении ПЦР-амплификация с использованием стандартных праймеров к рибосомальной ITS-области были получены ПЦР-продукты размером примерно 500–700 п. н., что соответствует ожидаемым результатам. ДНК, полученная CTAB-методом, амплифицировалась хорошо. В других случаях – либо продукт не наблюдался вообще, либо качество его было хуже.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что использованный и оптимизированный нами CTAB-метод выделения тотальной ДНК из гербарных образцов грибов семейства Erysiphaceae является наиболее подходящим для получения высококачественных препаратов ДНК, пригодной для дальнейших молекулярно-генетических исследований [7].

Согласно проанализированным литературным источникам, для исследования нами была выбрана разновидность метода ПЦР, в основе которого, лежит использование вложенной пары праймеров (nested PCR). Характерной особенностью данной модификации является последовательное использование двух пар праймеров, при этом вторая пара амплифицирует фрагмент ДНК внутри базового продукта, полученного после реакции с внешними праймерами. «Вложенная» ПЦР применяется для того, чтобы уменьшить количество побочных неспецифических продуктов реакции.

Для наработки продукта использовали две пары универсальных праймеров ITS5/P3 и ITS5/ITS4 к области внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS-область) [8, 9]. ITS-область является одной из самых распространенных последовательностей, используемой в определении видов грибов и филогенетических исследованиях [5]. По всем видам грибов исследование ITS района позволяет в 72 % случаев успешно идентифицировать образцы [10].

Секвенирование полученных фрагментов ДНК проводили по методу Сэнгера с использованием генетического анализатора AB-3500 (Applied Biosystems, США), очистку от невстроенных терминаторов после ферментативной реакции производили с использованием набора Exo/SAP-IT (ThermoFisher, Литва). Сравнение и выравнивание полученных нуклеотидных последовательностей осуществляли в базе данных GenBank при помощи пакета программ BLAST.

В результате проведенных исследований были выявлены образцы, которые по данным молекулярно-генетического анализа имели иную видовую принадлежность, в отличие от данных, полученных согласно морфологическим характеристикам. Это указывает на то, что использование морфологических критериев в видовой идентификации не всегда может привести к однозначному результату. Данный момент может стать критичным в решении ряда задач любых таксономических исследований в фитоценозах. Однако при определении видов не стоит ограничиваться одними лишь методами молекулярной генетики, поскольку информация о нуклеотидных последовательностях ряда грибов в базах данных присутствует не в полном объеме, а иногда отсутствует вообще. Поэтому для решения вопросов видовой идентификации использовать морфологические наряду с методами молекулярной биологии, а при проведении молекулярно-генетического анализа исследовать, как минимум, две маркерные области.

Литература

1. Takamatsu S. [et al] // Mycological Research. 2008. Vol. 112, № 3. P. 299–315.
2. Крыницына А.А. [и др.]. // Биохимия. 2015. Т. 80, № 11. С. 1698–1706.
3. Алимова Т. С. [и др.] // Сибирский лесной журнал. 2014. № 4. С. 35–41.
4. Glawe D.A. The Powdery Mildews: A Review of the World's Most Familiar (Yet Poorly Known) Plant Pathogens // Ann. Rev. Phytopathol. 2008. Vol. 46. P. 27–51.
5. Рахимова Е.В., Нам Г.А., Ермекова Б.Д. Краткий иллюстрированный определитель мучнисторосяных грибов Казахстана и приграничных территорий. Новосибирск: ЦРНС, 2014. 129 с.
6. Toanun Ch. [et al]. // Mycoscience. 2005. Vol. 46. P. 1–8.
7. Лысюк В.О. // Современные проблемы экспериментальной ботаники: Матер. I междунар. конф. (г. Минск , 27-29 сентября 2017 г.). Минск,2017. С. 43–46.
8. Takamatsu S. [et al] // Micologia. 2013. Vol. 105, № 5. P. 1135–1152.
9. Takamatsu S. [et al] // Micologia. 2015. Vol. 107, № 5. P. 903–914.

10. Биология, систематика и экология грибов и лишайников в природных экосистемах и агрофитоценозах : Материалы 2-й Междунар. конф. (Минск-Каменюки, 20-23 сентября 2016 года). Минск: Колорград, 2016. 324 с.

В. О. ЛЫСЮК, Т. Г. ШАБАШОВА, М. Г. СИНЯВСКАЯ

ВИДОВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГРИБОВ СЕМЕЙСТВА ERYSIPHACEAE С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Резюме

Грибы семейства *Erysiphaceae* (мучнистросяные) – облигатные паразиты растений. Традиционно, видовая идентификация предполагает использование методов, основанных на морфологических особенностях грибов. Развитие молекулярных подходов генетики улучшило уровень знаний об этих фитопатогенах. Статья описывает прикладные методы, основанные на исследовании нуклеотидной последовательности. Однако, используя только морфологические методы, не всегда можно идентифицировать эти грибы. Использование методов молекулярно-генетического анализа может существенно помочь решению проблем любых таксономических исследований.

V. O. LYSJUK, T. G. SHABASHOVA, M. G. SINYAVSKAYA

SPECIES IDENTIFICATION OF THE FUNGI OF ERYSIPHACEAE FAMILY BY THE MOLECULAR AND GENETIC ANALYSIS METHODS

Summary

Powdery mildew fungi are the group of obligate parasites of enormous amount of angiosperms. Conventionally species identification is carried out by using methods based on morphological features of fungi. The development of molecular genetics approaches has improved the level of knowledge about these phytopathogens. The article describes application methods based on the nucleotide sequences research. The result shows morphological methods cannot always lead to a definite conclusion in the species identification area. This may be critical for solving problems of any taxonomic studies.

Поступила в редакцию 02.11.2017 г.

УДК 577.112:582 (476)(517.3)

В. И. ДОМАШ[1], О. А. ИВАНОВ[1], Т. П. ШАРПИО[1], С. А. ЗАБРЕЙКО[1],
Г. Ж. БАТХУУ[2], Т. Д. БАТСҮРЭН[3], Б. Б. ТУУЛ[4]

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ БЕЛКОВ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ И МОНГОЛИИ

[1] *Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, г. Минск*
[2] *Монгольский государственный университет, г. Улан-Батор*
[3] *Институт химии и химической технологии, Академия наук Монголии, г. Улан-Батор*
[4] *Институт технологии Новая Монголия, г. Улан-Батор*

Введение. При включении кислорода в процесс жизнедеятельности организма образуются активные производные молекулярного кислорода – активные формы кислорода (АФК). Они инициируют реакции свободнорадикального окисления (в том числе перекисное окисление липидов), приводящие к химической модификации и разрушению биомолекул [1]. Для обеспечения максимальной защиты от окислительного стресса клетки растений и животных имеют хорошо развитую антиоксидантную систему, которая содержит разные низко-и высокомолекулярные соединения, способные «перехватывать» свободные радикалы или нейтрализовать источники их возникновения. Ферменты антиоксидантной (АО) системы характеризуются высокой специфичностью действия, а также клеточной и органной локализацией. Антиоксиданты – это природные или синтетические соединения, замедляющие или предотвращающие окисление органических веществ [2]. Уровень внутриклеточных ферментов АО находится под генетическим контролем. Среди компонентов АО в растительных тканях следует отметить фермент каталазу, который относится к классу оксиредуктаз. Под действием этого фермента происходит разложение перекиси водорода на воду и молекулярный кислород. Роль каталазы в организме заключается в разрушении ядовитой для клеток перекиси водорода. Присутствующая в клетках растений пероксидаза окисляет полифенолы и некоторые ароматические амины. Она играет важную роль в дыхании растений, так как может катализировать окисление фенолов в хиноны. Антиоксидантный фермент глутатионпероксидаза, гомотетрамерный селенопротеин, который катализирует реакцию взаимодействия восстановленного глутатиона с гидроперекисью трет-бутила. В настоящее время среди большого спектра низкомолекулярных биополимеров внимание ученых привлекает особая группа биологически активных белков-ингибиторов протеиназ, которые присутствуют среди растений, животных и микроорганизмов и обладают антиоксидантным и антистрессовым

действием [3]. Предполагается также их роль в регуляции активности эндогенных протеиназ, участие в защите растений от болезней и вредителей. Существует взаимосвязь между уровнем активности протеаз и степенью патогенности микроорганизмов [4]. Ингибиторы протеиназ относят к фунгицидам нового класса [5]

В настоящее время в мире создается большое число сильно действующих лекарственных препаратов, которым свойственно множество опасных нежелательных эффектов. По данным экспертов ВОЗ, от осложнений лекарственной терапии ежегодно погибает около 1 % жителей планеты. Значительно больше развивается осложнений (2,5–5 %), снижающих качество жизни. Поэтому в последнее время уделяется много внимания лекарственным растениям, препараты из которых обладают пониженной аллергенностью, меньшей токсичностью и вызывают редкие и легкие нежелательные побочные явления. Препараты на основе растений содержат обычно не одно действующее вещество, а целый их комплекс и поэтому характеризуются более широким спектром действия [6]. Большинство лекарственных растений обладают антиоксидантными свойствами.

Свободные радикалы и их роль в развитии заболеваний является предметом многих исследований. Так, активация процессов перекисного окисления липидов в тканях организма приводит к развитию свободнорадикально-обусловленных патологий. Для коррекции указанных соединений необходимо принимать профилактические средства. В настоящее время все чаще используют малотоксические препараты растительного происхождения, содержащие большой набор биоантиоксидантов [7]. В связи с этим представляет большой интерес исследование функциональных белков среди представителей дикорастущей флоры Беларуси и Монголии.

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектами исследований служили различные органы дикорастущих растений Беларуси и Монголии. Коллекционные образцы Монголии были предоставлены сотрудниками лаборатории биоорганической химии биологического факультета Монгольского государственного университета (Улан-Батор). Кроме того, объектом исследований служили и представители дикорастущей флоры Беларуси.

Активность белков-ингибиторов трипсина определяли по методу Гофмана и Вайсблая [8] 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.

Активность каталазы определяли по методу Плешкова [9].

Активность пероксидазы определяли по методу Бояркина [10]. Метод основан на определении скорости окисления бензидина под действием фермента до образования синего продукта, его окисления в присутствии перекиси водорода и пероксидазы.

В основу определения активности глутатионпероксидазы взяты методы [11, 12]. Активность фермента оценивали по изменению содержа-

ния глутатиона до и после инкубации с субстратом в ходе цветной реакции с 5,5-дитиобис-2-нитробензойной кислотой.

Определение антиоксидантной активности проводили по методу C. O. Beauchamp, I. Fridovich [13] с фотохимической системой генерирования радикалов супероксида, которая основана на реокислении фотовосстановленного рибофлавина.

Содержание белка определяли по методу Бредфорда [14] и спектрофотометрически [15].

Статистическую обработку данных выполняли по программе Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования показали различный уровень активности компонентов антиоксидантной системы среди представителей флоры Монголии и Беларуси. В таблице 1 и 2 представлены биохимические показатели листьев дикорастущих видов растений Монголии и Беларуси.

Таблица 1. Активность ферментов антиоксидантной системы в листьях растений Монголии и Беларуси

№ пп	Вид растений	Активность ингибиторов трипсина, ИЕ/г возд. сух.массы	Активность каталазы, мкМ H_2O_2/ г в. с.м./мин	Активность глутатион-пероксидазы, мкМ глутатиона/ г в. с.м. /мин
	Растения Монголии			
1.	*Oxytropis gracillima* Bge. Остролодочник остролистновидный	4,34 ± 0,02	30,85± 0,14	535.4± 0,02
2.	*Aster alpinus* L. Астра альпийская	37,53 ± 0,61	14,70± 0,31	333.3± 1,8
3.	*Leontopodium campestre* Ldh. Эдельвейс степной	139,08 ± 8,59	7,93 ± 0,22	308,8± 2.3
4.	*Artemisia commutate* Bess. Полынь замещающая	4,15 ± 0,09	7,99 ± 0,01	409,9 ±2,1
5.	*Oxytropis lanata* (Pall.) DC. Остролодочник шерстистый	3,95±0,05	33,81±0,10	475,5±4,2
6.	*Taraxacum mongolica* Одуванчик монгольский	355,3±12,9	8,02± 0,14	46,7±2,2
	Растения Беларуси			
1.	*Lamiasstrum galeobdolon* H. Зеленчук желтый	4,78 ± 0,07	10,86±0,06	175,7± 21,4
2.	*Rubus idaeus* L. Малина	3,80 ± 0,02	6,59± 0,04	320,3± 9,3
3.	*Aegopodium podagraria* L. Сныть	2,38 ± 0,06	7,21 ± 0,03	220,5± 10,5
4.	*Epilobium angustifolium* L. Иван-чай	136,30± 0,8	6,59±0,04	207,8± 12,3

Окончание таблицы 1

№ пп	Вид растений	Активность ингибиторов трипсина, ИЕ/г возд. сух.массы	Активность каталазы, мкМ H_2O_2 / г в. с.м./мин	Активность глутатион-пероксидазы, мкМ глутатиона/ г в. с.м. /мин
5.	*Rosa majalis* Herrm. Шиповник	4,47± 0,03	8,34±0,02 -	692,6±23,6
6.	*Fragaria vesca* L. Земляника	7,76± 1,24	8,93 ± 0,14	735,3± 12,6
7.	*Melilotus officinalis* (L.) Pall. Донник лекарственный	1,85± 0,03	8,95± 0,06	767,3±11,4
8.	*Solidago canadensis* L. Золотарник канадский	114,0±0,15	7,95± 0,03	541,3± 16,8
9.	*Spirea sp.* Спирея	3,92± 0,02	5,62 ± 0,01	196,5± 9,8

Как видно из данных таблицы 1, наиболее высокая активность антиоксидантных ингибиторов трипсина обнаружена в листьях эдельвейса и одуванчика монгольского. Активность каталазы варьирует от 7,9 до 33,8 ед., а активность глутатионпероксидазы от 46,7 до 475,5 ед. Наиболее высокий уровень активности этого фермента обнаружен в листьях остролодочника остролистновидного.

Антиоксидантная активность составляет 40–80 % (табл. 2).

Листья дикорастущих видов и кустарниковых растений Беларуси также имеют различный уровень активности изучаемых показателей. Установлена наиболее высокая активность ингибиторов трипсина в листьях Иван-чая и золотарника канадского. Активность каталазы отличается несколько меньшим уровнем по сравнению с монгольскими видами.

Таблица 2. Активность функциональных белков в листьях растений Монголии и Беларуси

№ пп	Вид растений	Активность пероксидазы, ЕА/г в. с.м./мин	Антиоксидантная активность,%
	Растения Монголии		
1.	*Oxytropis gracillima* Bge. Остролодочник остролистновидный	0,02	79,23
2.	*Aster alpinus* L. Астра альпийская	0,03	71,84
3.	*Leontopodium campestre* Ldh. Эдельвейс степной	0,08	40,0
4.	*Artemisia commutate* Bess. Полынь замещающая	0,04	41,54
5.	*Oxytropis lanata* (Pall.) DC. Остролодочник шерстистый	0,01	81,54
6.	*Taraxacum mongolica* Одуванчик монгольский	0,03	53,85

Окончание таблицы 2

№ пп	Вид растений	Активность пероксидазы, ЕА/г в. с.м./мин	Антиоксидантная активность,%
	Растения Беларуси		
1.	*Lamiasstrum galeobdolon* H. Зеленчук желтый	0,01	70,77
2.	*Rubus idaeus* L. Малина	0,09	51,5
3.	*Aegopodium podagraria* L. Сныть	0,06	39,0
4.	*Epilobium angustifolium* L. Иван-чай	0,05	40,0
5.	*Rosa majalis* Herrm. Шиповник	0,02	49,2
6.	*Fragaria vesca* L. Земляника	0,01	58,46
7.	*Melilotus officinalis* (L.) Pall. Донник лекарственный	0,01	61,54
8.	*Solidago canadensis* L. Золотарник канадский	0,01	52,05
9.	*Spirea sp.* Спирея	0,00	38,51

Довольно высокая активность характерна для глутатионпероксидазы растений. Следует отметить невысокую активность пероксидазы в листьях изучаемых растений Монголии и Беларуси. Сравнительные данные растений Монголии и Беларуси показали, что в среднем уровень общей антиоксидантной активности монгольских видов растений составляет 61,3 %, а белорусских – 53,2 %, что, возможно, связано с почвенно-климатическими условиями произрастания. Монголия расположена на стыке таежных районов Сибири и пустынь Центральной Азии, что приводит к формированию специфичных природных экосистем. По совокупности всех экологических условий Монголия весьма своеобразна, что связано с ее внутриматериковым положением, историей формирования территории, высоким гипсометрическим уровнем и причудливым сочетанием гор, равнин и межгорных понижений. При этом наблюдается существенная контрастность природных факторов в различных частях страны.

Проведенные исследования показали различный уровень активности компонентов антиоксидантной системы, что позволяет выявить наиболее перспективные виды растений для практического использования. Результаты наших исследований позволили установить довольно высокую активность ингибиторов трипсина в листьях *Leontopodium campestre* Ldh. (эдельвейс степной, Монголия), которая составляет 130,1 ИЕ/г а. с.м. Отмечено, что 35 мкг белка инактивируют 50 % трипсина (рис. 1 и 2).

Нами проведена работа по изучению нативного электрофоретического спектра в ПААГ белков корневищных растений. В основе нативного электрофореза лежит движение в электрическом поле солюбилизированных мягкими детергентами водорастворимых или мембранных белков в виде белок-липид- детергентных комплексов. Миграция белков в ПААГ происходит за счет их собственного отрицательного заряда или благодаря созданному на их поверхности искусственному отрицательному заряду [16].

Экстракцию суммарных водорастворимых белков из исследуемых образцов для проведения нативного электрофореза проводили при помощи 0,05 М трис-HCl буфера (pH 6,8) в присутствии 1% (m/m) cross-linked PVPP, 1 мМ ЭДТА и 5 мМ аскорбиновой кислоты. Для экстрагирования суммы белков из исследуемых образцов использовали их навески в 150–160 мг. Соотношение исследуемый образец: буфер (вес: объем) составляло 1: 5.

Выделение белков осуществляли в течение 2 часов при комнатной температуре и постоянном встряхивании. Далее смесь центрифугировали при 20 000g в течение 1 часа на центрифуге Hermle Z 32 HK (Германия).

Нативный электрофорез функциональных белков-ингибиторов протеиназ (трипсина) проводили в мини-камере Consort с источником питания Consort EV 243 (Бельгия) по методу Felicioli [17] с нашими изменениями Желатин в итоговой концентрации 0,6% сополимеризовали с 10% разделяющим электрофоретическим гелем до полимеризации последнего. После завершения электрофореза гель двукратно промывали дистиллированной водой, затем инкубировали в растворе трипсина (70 мкг/мл) в 0,05 М трис- HCl буфере, pH 8.0, содержащем 0,02 М Ca^{2+} в течение 1 ч при температуре 37 ºС для образования трипсин-ингибиторного комплекса.



Рис. 1. *Leontopodium campestre* Ldh. (эдельвейс степной).

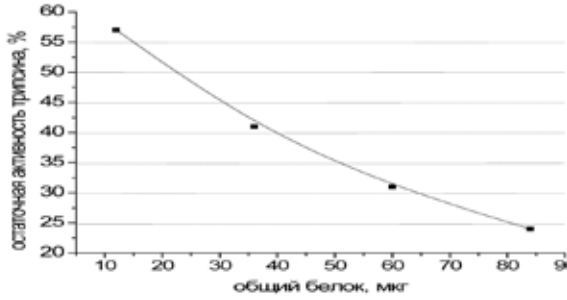


Рис. 2. Кривая титрования трипсина экстрактом из листьев *Leontopodium campestre* Ldh. (Эдельвейс степной).

Гели после электрофореза окрашивали при помощи 0,25 % Coomassie brilliant blue R-250 в растворе 25 % этанола и 25 % уксусной кислоты в течение 1 часа при 70^0C при периодическом покачивании. Избыток красителя отмывали смесью 7 % уксусной кислоты и 20 % н-бутанола при 70 ˚C, проводя несколько его смен.

Результаты анализа электрофоретического спектра нативных ингибиторы трипсина показали, что в семенах инвазивного для Республики Беларусь вида *Echinocýstis lobáta* ингибиторы трипсина представлены двумя формами с относительно высокой молекулярной массой Rf 0,385 и 0,465 соответственно. Двумя типами ингибиторов, так же с довольно высокой молекулярной массой, представлен ингибиторный профиль в корневищах *Aster alpinus* (Rf 0,413 и 0,497).

Среди девяти проанализированных видов рода *Artemisia* белки-ингибиторы трипсина удалось выявить только у четырех видов полыней. Как правило, профиль ингибиторов трипсина у них представлен двумя молекулярными формами (за исключением *A. monostachya* – тремя формами, Rf 0,782, 789 и 0,971).

Известно, что содержание функциональных белковых ингибиторов протеолитических ферментов в различных вегетативных частях растений определяется множеством факторов. С одной стороны, для разных вегетативных органов в различные периоды онтогенеза растения существует свой собственный «фон» ингибиторов, представленный конститутивно экспрессируемыми белками [18]. Однако ингибиторы протеиназ зачастую являются индуцируемыми белками, экспрессия, а значит и содержание которых в вегетативных органах растений может значительно возрастать под действием факторов биогенной и абиогенной природы [19].

Изученные виды многолетних и однолетних полыней собраны в различных экотопах центральной Монголии в конце августа-начале сентября в период созревания плодов. Виды *A. commutate, A. dracunculus, A. frigida, A. laciniata, A. mongolica* были приурочены к холмистой степи у истоков реки Заан (тув аймак Гачуурт), в то время как *A. monostachya, A. mac-*

rocephala, A. pycnorhiza, Artemisia sieversiana были собраны в пустынной степи в районе тув аймака Алтанбулаг.

Поскольку как многолетние, так и однолетние виды были характерны для обоих экотопов, но, при этом, присутствие или отсутствие ингибиторов трипсина в подземных вегетативных органах является признаком, связанным с типом жизненной формы растений, можно заключить, что в рассматриваемой ситуации белки-ингибиторы протеолитических ферментов экспрессируются скорее как конститутивные, а не индуцируемые белки.

Следует отметить, что среди проанализированных образцов наибольшее содержание ингибиторов трипсина, представленных тремя молекулярными формами, выявлено в корневищах *Achillea asiatica* (ингибиторы с Rf 0,591, 0,674 и 0,743).

При сравнении результатов для *A. asiatica* с аналогичного рода данными, полученными для представителя рода из белорусской флоры (*A. millefolium* (тысячелистник обыкновенный)), выявлены качественные различия в ингибиторных профилях у двух видов. В корневищах *A. millefolium* в различные фазы вегетации растений белки-ингибиторы трипсина представлены двумя формами с близкими значениями молекулярных масс (рис. 3), тогда как в корневищах *A. asiatica* – тремя.

Таким образом, для двух видов рода *Achillea* профиль ингибиторов является видоспецифическим признаком.

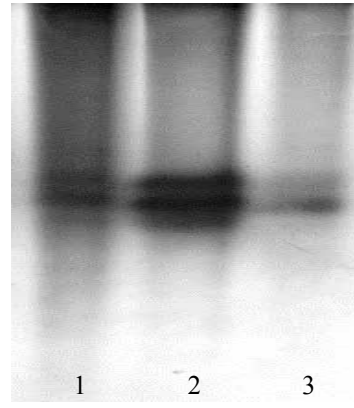


Рис. 3. Нативный электрофорез белков-ингибиторов трипсина из корневищ *Achillea millefolium* в 10% разделяющем ПААГ с сополимеризованным 0,6% желатином: 1 – корневище (начало вегетации); 2 – корневище (цветение); 3 – корневище (окончание плодоношения).

При рассмотрении видов рода через призму использования их в качестве ресурсных источников для выделения белков-ингибиторов, получения препаративных форм белков-ингибиторов трипсина, предпочтение следует отдавать *A. asiatica.*

Заключение. Результаты исследований позволили установить различный уровень активности каталазы, пероксидазы, глутатионпероксидазы, ингибиторов трипсина и общей антиоксидантной активности среди представителей дикорастущих видов растений Монголии и Беларуси. Анализ электрофоретического спектра нативных белков корневищ *Achillea millefolium* (тысячелистник обыкновенный) и *Achullea asiatica* (тысячелистник азиатский), собранных в разные фазы развития, показал, что профиль функциональных белков-ингибиторов является видоспецифичным признаком. Проведенные исследования вносят определенный вклад в ускорение обнаружения перспективных видов растений с высоким содержанием антиоксидантных белков для получения препаратов и их практического использования, в том числе в хемосистематике видов семейства Compositae.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор Б16МН–001)

Литература

1. Барабой В.А. // Успехи современной биологии. 1991. Т.111, № 6. С. 923931.
2. Меньшикова Е.Б., Зенков Н.К. // Успехи соврем. биологии. 1993. Т, 113. С.442–455.
3. Дунаевский Я.Е., Домаш В.И. и др. // Прикл. биохимия и микробиол. 2005. Т. 41, № 4, С. 392–396.
4. Дунаевский, Я.Е. // Биоорганическая химия. 2008. Т. 34, №3. С. 317–321.
5. Lorito M, Broadway R.M., C.K., Wjj S.L., Noviello C., Williams D.L. and Harman G.E. // Mol. Plant-Microbiol. Interact. 1994, N 7 (4). P. 525–527.
6. Баранова Т.В., Сорокопудов В.Н., Ступаков А.Г. // Научные ведомости. Серия естеств. науки. 2012, № 21 (140), вып. 21/1. С. 78–81.
7. Мосолов В.В., Валуева Т.А. // Прикл. биохимия и микробиол. 2005. Т. 41, № 3. С. 261–283.
8. Гофман Ю.Я., Вайсблай И. М. // Прикл. биохимия и микробиол.1975. Т. 11, вып. 5. С. 777–787.
9. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. Москва «Колос». 1985. 255 с.
10. Бояркин А.Н. // Биохимия. 1951.Т. 16, вып. 4. С.352–357.
11. Моин В.М. //Лабораторное дело. 1986, № 12. С.724–727.
12. Pagila D.E., Valentine W.N. // Lab. Clin. Med. 1967, Vol. 70. P. 158–169.
13. Beauchamp C.O., Fridovich I // Anal. Biochem. 1971. Vol. 44, N 1. P. 276–287.
14. Bradford M.M. // Anal. .Biochem. 1976. Vol 8. P. 248–254.
15. Бэйли Дж. Методы химии белков. М. 1965. 284 с.
16. Шуколюков С.А. // Цитология. – 2011. Т.53, вып. 2. С.159–165.
17. Felicioli R. et. al. // Analytical biochemistry. 1997. Vol. 244. P. 176–179.
18. S.-B. Liu [et al.] // J. Integ. Plant Biol. 2009. Vol. 51. P. 352–359.
19. H.-Y. Wang [et al] // Plant Sci. 2003. Vol. 165. P. 191. 203.

В. И. ДОМАШ, О. А. ИВАНОВ, Т. П. ШАРПИО, С. А. ЗАБРЕЙКО,
Г. Ж. БАТХУУ, Т. Д. БАТСҮРЭН, Б. Б. ТУУЛ

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ БЕЛКОВ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ И МОНГОЛИИ

Резюме

Установлены различные уровни антиоксидантной активности белков в органах некоторых видов дикорастущих растений Монголии и Беларуси. Выявлены наиболее перспективные виды для получения препаратов медицинского назначения. Электрофоретические исследования выявили видоспецифичность нативных белковых ингибиторов протеиназ у разных видов растений, что может быть использовано в хемосистематике.

V. I. DOMASH, O. A. IVANOV, T. P. SHARPIO, S. A. SABREIKO,
G. J. BATCHUU, T. D. BATSUREN, B. B. TUUL

ANTIOXYDANT ACTIVITY OF PROTEIN IN WILD PLANTS SPECIES OF BELARUS AND MONGOLIA

Summary

Different levels antioxidant enzymes activity from belarusian and mongolian plants were determined. The most perspective species of plants for medical preparations production were discovered. Electrophoresis survey of native proteins demonstrated their specificity what can be applied in chemosystematics.

Поступила в редакцию 04.10.2017 г.

УДК 579.852.11:577.175.1

О. В. ДОРОЩУК, Ж. Н. КАЛАЦКАЯ, Н. А. ЛАМАН,
И. А. ОВЧИННИКОВ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОДНОЛЕТНИХ ЦВЕТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ

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

Введение. Успехи мирового цветоводства базируются на современных высокотехнологичных способах выращивания растений, качественном посадочном материале, использовании высокопродуктивных сортов и гибридов интенсивного типа, новейших материалов, средств защиты растений и биорегуляторов.

Одним из важнейших факторов, определяющих развитие отечественного промышленного цветоводства, является обеспеченность средствами защиты растений и удобрениями. Для увеличения эффективности использования или альтернативной замены многих существующих средств защиты необходимы соответствующие технологии, важным элементом которых является использование регуляторов роста. По мнению многих ученых и практиков, своевременная корректировка темпов роста и развития растений, а также повышение их адаптационных возможностей с помощью регуляторов роста позволяет добиваться высокой продуктивности растений [1, 2].

В Государственном реестре средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, зарегистрировано 13 регуляторов роста и биопрепаратов стимулирующего и защитного действия, предназначенных для применения на цветочных культурах, а некоторые из них – только на одной культуре [3]. Один из них – «Оксидат торфа с микроэлементами» – содержит дополнительно набор микро-элементов, однако он зарегистрирован для применения только на комнатных растениях и розах. Всего 5 биопрепаратов и регуляторов роста содержат микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности, 4 из них рекомендованы для защиты от болезней, и только Ростмомент, ВГ – для стимуляции роста. Однако известно, что дрожжи не являются организмами, способными проявлять антагонистическую активность к фитопатогенам. Между тем в ближнем зарубежье – Российской Федерации и Украине – в настоящее время ведутся активные работы по получению комплексных регуляторов роста на основе микробиологических препаратов и фитогормонов, имеющих полифункциональное действие (защитное и стимулирующее). В этой связи очевидна необходимость создания комплексных отечественных биорегуляторов для стимуляции роста и защиты растений от широкого спектра фитопатогенов и общего оздоровления окружающей среды в промышленном цветоводстве. Применение таких препаратов является одним из важных направлений экологизации сельского хозяйства, значение которой в том числе состоит в реализации потенци-

альной продуктивности за счет проявления у растений новых адаптивных свойств [4–8].

Широкое применение препаратов с включением микроорганизмов в практике сельского хозяйства в настоящее время сдерживается нестабильностью положительного эффекта. Тем не менее, оценка нынешнего положения показывает неиспользованные потенциальные возможности применения биорегуляторов в растениеводстве. Основное внимание в исследовании растительно-бактериального взаимодействия в настоящее время уделяется выяснению закономерностей выживания интродуцируемых в ризосферу микроорганизмов, в то время как изменения растительно-микробных взаимоотношений под воздействием экологических факторов остаются до сих пор малоизученными. Значительное внимание уделяется роли бактериальных ауксинов в стимуляции роста и питания растений; накоплены данные о продукции бактериями цитокининов и гиббереллинов. Однако исследования изменений гормонального статуса растений под действием ростстимулирующих бактерий и их способности метаболизировать фитогормоны малочисленны.

Многие авторы считают [9], что для стимуляции продукционного процесса сельскохозяйственных культур необходимо совместно использовать не только разнообразные формы микроорганизмов с высокой биологической активностью, но и физиологически активные вещества. В то же время закономерности, определяющие положительные результаты применения биологически активных веществ для увеличения эффективности растительно-микробных ассоциаций с целью интенсификации продукционного процесса, остаются до конца невыясненными.

Целью нашей работы являлось изучение эффективности применения препаративных форм разрабатываемого регулятора роста (биостимулятора) для цветочных культур, обладающих биостимулирующим эффектом, на основе синтетических аналогов фитогормонов ауксиновой и цитокининовой природы и ростстимулирующего штамма бактерий *Bacillus amyloliquefaciens.*

Объекты и методы исследования. Объектом исследования служили растения *Tagetes patula* var. *nana* cv. Sprey Petit на разных этапах онтогенеза: от появления всходов до наступления фазы массового цветения.

Бархатцы – быстрорастущие, свето- и теплолюбивые, засухоустойчивые растения. Требуют для выращивания слабокислую или нейтральную почву. Для прорастания семян необходима температура 22–25 °С, оптимальная температура для развития сеянцев – 18–20 °С. При высоких температурах и большом количестве влаги растения наращивают вегетативную массу, задерживая переход к цветению [10].

Растения данного сорта высотой 15–20 см, с отклоненными боковыми побегами. Соцветия махровые, оранжево-коричневой окраски, диаметром 4–7 см. Выращивается посевом семян в открытом грунте в мае – июне или, для более раннего цветения, на рассаду в апреле. Цветет с июня до заморозков. Используют на клумбах, рабатках, в балконных контейнерах и садовых вазах.

Посев семян тагетеса проводили в грунт торфяной питательный «Универсальный» ООО «Зеленоборское» (pH=5,5–6,0). В соответствии с общепринятой в цветоводстве методикой 9-дневные растения (фаза двух настоящих листьев) пикировали в кассеты с объемом ячейки 70 мл на разработанный ранее в лаборатории роста и развития растений торфяной субстрат (pH=6,6) [11]. Повторность опыта 3-кратная. В каждой кассете – по 16 растений.

Опрыскивание растений приготовленными на основе фитогормонов и культуральной жидкости штамма *Bacillus amyloliquefaciens* композициями и эталонным препаратом проводили дважды: через 10 дней после пикировки (соответствует фазе бутонизации), а затем в фазу цветения.

За основу приготовленных композиций взят биопрепарат «Бактостим» (ТУ BY100289066.141–2017), представляющий собой споры и продукты метаболизма бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* БИМ В-1149 Д. Антифунгальная активность, оцениваемая по диаметру зоны задержки роста тест-культуры *Fusarium oxysporum* – 20–25 мм. В их состав также входят синтетические аналоги фитогормонов ауксиновой и цитокининовой природы (200 мг/л). Отличием композиций является содержание ауксинподобных соединений: в первом составе – 50 мг/л, во втором – в 200 раз больше.

Опрыскивание растений тагетеса проводили в соответствии со схемой:

1. Вода (контроль)
2. Гидрогумат (эталон)
3. Композиция 1
4. Композиция 2

Выбор состава композиций основан на многочисленных проведенных ранее опытах, результаты которых свидетельствуют о синергизме используемых компонентов.

Результаты исследований и их обсуждение. Наступление фазы бутонизации отмечалось при достижении растениями 25-дневного возраста. Заметные различия между вариантами начали появляться уже через 4 суток. Как видно из рис. 1, на протяжении последующих 7 дней обе композиции обладали выраженным регуляторным действием: количество бутонов на растениях превышало не только контрольный показатель, но и используемый в качестве эталона Гидрогумат.

Раскрытие бутонов происходило при достижении растениями 33-дневного возраста; первые соцветия в большем количестве были в варианте Композиция 2 (рис. 2).

Стимулирующее действие композиций отмечалось и в фазу цветения: ускорялось ее наступление, увеличивалось количество соцветий относительно контроля и эталона.

Следует отметить, что Композиция 1 (с меньшим содержанием фитогормонов ауксиновой природы) имела большую эффективность.

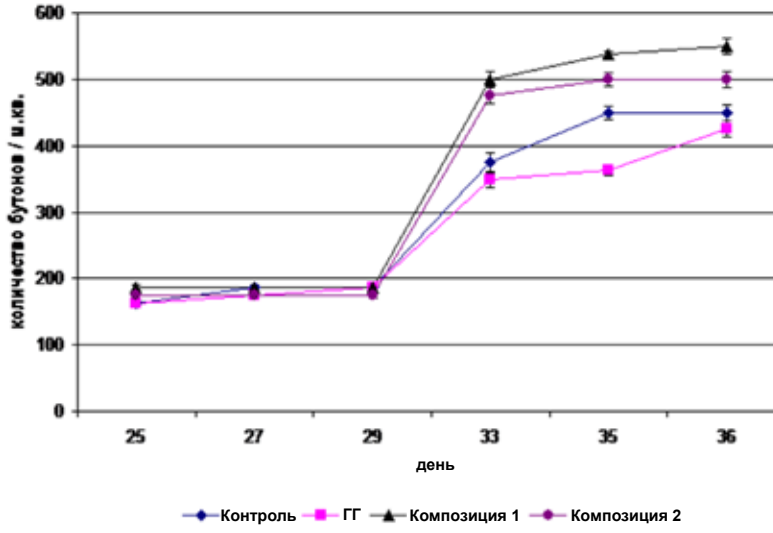


Рис. 1. Динамика появления бутонов.

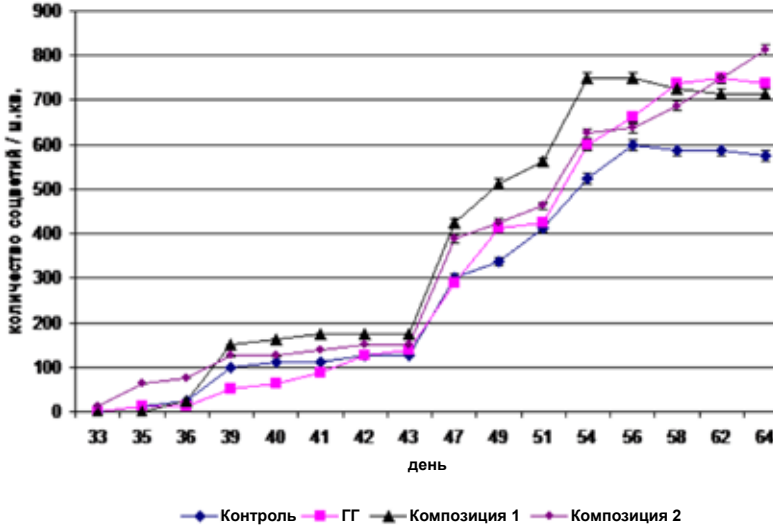


Рис. 2. Динамика появления соцветий.

Используемый в качестве эталона препарат Гидрогумат начал проявлять свойства регулятора роста лишь в середине фазы цветения.

Кроме того, визуальные наблюдения показали, что обработанные композициями 40-дневные растения имеют большие, чем контрольные, морфометрические данные: высота растения, длина и ширина листа (рис. 3).



1 – Контроль; 2 – Гидрогумат; 3 – Композиция 1

Рис. 3. 40-дневные растения тагетеса.

При достижении растениями 67-дневного возраста, когда отмечалось их массовое цветение, измеряли высоту и массу побега (без бутонов и соцветий), а также проводили подсчет количества цветков и бутонов на растении.

Высота побега при использовании Композиции 2 была на 6,9% выше показателей в контроле и эталоне (табл. 1). Накопление биомассы побега в ходе вегетации относительно контроля происходило под воздействием обеих композиций и составило 26,8 и 56,9% соответственно. Следует отметить, что композиция с большим содержанием фитогормонов ауксиновой природы способствовала увеличению данного показателя на 27,8% по сравнению с эталонным препаратом.

В фазе массового цветения количество сформировавшихся бутонов составило 4,5 и 10,2 шт./растение при использовании композиций 1 и 2 соответственно. При этом в первом случае значения достоверно не отличались от контрольного, а во втором превышали показатели контроля на 78,9% (табл. 2).

Таблица 1. Высота и масса побега растения тагетеса

Вариант	Высота побега, см	Масса побега, г
Контроль	13,0±0,3	10,17±0,47
Гидрогумат	13,0±0,3	12,49±0,57*
Композиция 1	13,0±0,2	12,90±0,23*
Композиция 2	13,9±0,3**	15,96±0,59**

Примечание: * – различия показателей с контролем достоверны при P_{05};
** – различия показателей с эталоном достоверны при P_{05}.

Таблица 2. Количество соцветий и бутонов на растении тагетеса

Вариант	Количество соцветий на растении, шт.	Количество бутонов на растении, шт.
Контроль	3,1±0,2	5,7±0,6
Гидрогумат	3,9±0,3*	7,7±0,6*
Композиция 1	3,7±0,2*	4,5±0,5
Композиция 2	4,4±0,2*	10,2±0,7**

Примечание: * – различия показателей с контролем достоверны при Р 05;
** – различия показателей с эталоном достоверны при Р 05.

Количество соцветий на растении в опытных вариантах было выше, чем в контроле, на 19,4 и 41,9%.

Сравнительный анализ эффективности разработанных композиций свидетельствует о более раннем наступлении фаз бутонизации и цветения под воздействием препарата с меньшим содержанием фитогормонов ауксиновой природы. Однако продолжительность цветения выше у растений, обработанных Композицией 2. Оба разработанных препарата обладают свойствами регулятора роста и значительной эффективностью относительно не только контроля, но и рекомендованного в цветоводстве препарата Гидрогумат.

Заключение. Таким образом, разработанные композиции на основе фиторегуляторов и биопрепарата «Бактостим» обладают выраженным регуляторным действием. Их применение позволяет стимулировать рост и развитие, а также повышать декоративность однолетних цветочных растений, ускоряя наступление и увеличивая продолжительность и интенсивность цветения.

Литература

1. Лукаткин А.С., Лукаткин А.А. // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: Материалы VIII межд. научн. конф.. Минск, 2015. С. 8.

2. Завадская М.И., Чащина Н.М., Фандо Г.П., Тимофеева В.А., Головченко Л.А. // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: Материалы VIII межд. научн. конф.. Мн., 2015. С. 38.

3. Плешко Л.В. и др. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. Мн., 2014. С. 370–409.

4. Калацкая Ж.Н., Ламан Н.А., Молчан О.В. // Актуальные проблемы экологии и физиологии живых организмов: Материалы Всероссийской (с междунар. участием) науч. конф.. Саранск, 2013. С. 84–87.

5. Коломиец Э.И., Борисенко Т.В., Романовская Т.В., Сверчкова Н.В., Купцов В.Н. // Наука и инновации. 2012. № 8. С. 24–26.

6. Rozenfelde L., Khroustalyova G., Mandryk M., Kolomiets E., Rapoport A. // Microbiology Research. 2012. Vol. 3:26. P. 108–111.

7. Kolomiets E.I., Rapoport A.I., Sviridov A.V., Kilchevskaya O.S., Kuptsov V.N., Romanovskaya T.V. // Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych. 2010. S. 93–100.

8. Алещенкова З.М. // Наше сельское хозяйство: журнал настоящего хозяина. 2011. №2. С. 8–15.

9. Калацкая Ж.Н., Ламан Н.А., Молчан О.В., Спиридович Е.В., Брель Н.Г. // Физиология растений – теоретическая основа инновационных агро- и фитобиотехнологий: Материалы межд. научн. конф. и школы молодых ученых. Калининград, 2014. С. 208–210.

10. Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. Гиляров М.С..М., 1986.

11. Патент на изобретение №20180 «Способ приготовления субстрата для выращивания цветочных культур» / Ламан Н.А., Дорощук О.В., Соболевская С.Л., Калацкая Ж.Н.

О. В. ДОРОЩУК, Ж. Н. КАЛАЦКАЯ, Н. А. ЛАМАН, И. А. ОВЧИННИКОВ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОДНОЛЕТНИХ ЦВЕТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ

Резюме

Изучена эффективность разработанных на основе рострегулирующего штамма *Bacillus amyloliquefaciens* и синтетических аналогов фитогормонов ауксиновой и цитокининовой природы двух составов, обладающих свойствами регулятора роста растений. Двукратное опрыскивание растений данными композициями стимулировало ускорение наступления фазы бутонизации, а затем и цветения, а также увеличение интенсивности и продолжительности цветения растений *Tagetes patula nana.*

O. V. DOROSHCHUK, J. N. KALATSKAYA, N. A. LAMAN,
I. A. OVCHINNIKOV

THE EFFECTIVENESS OF USING OF COMPOSITIONS BASED ON BACTERIA *BACILLUS* IN GROWING ANNUAL FLOWER PLANTS

Summary

The effectiveness of two compositions based on bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* and synthetic analogues of auxins and cytokinins was studied. Spraying of plants with compositions stimulated the onset of budding and flowering and increased the intensity and duration of flowering *Tagetes patula nana*.

Поступила в редакцию 01.09.2017 г.

УДК 631.811

А. В. ЕМЕЛЬЯНОВА, Р. А. ЩЕРБАКОВ, Н. Г. АВЕРИНА

ВЛИЯНИЕ 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА СОСТОЯНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ ОЗИМОГО РАПСА

Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. При действии на растения различных неблагоприятных факторов среды, когда нарушается нормальный ход физиологических процессов, в первую очередь фотосинтеза и дыхания, происходит активизация антиоксидантной защитной системы, основными компонентами которой являются высокомолекулярные ферменты, такие как каталаза, супероксиддисмутаза (СОД), аскорбатпероксидаза (АПР), глутатионредуктаза (ГР) и другие, а также низкомолекулярные антиоксиданты – токоферолы, каротиноиды, восстановленные аскорбат и глутатион, а также фенольные соединения, в том числе антоцианы.

Антоцианы – это растительные пигменты, относящиеся к распространенной группе водорастворимых фенольных соединений – флавоноидам [1]. Они обнаруживаются в специальных везикулах – антоцианопластах, а также встречаются в виде кристаллов в плазме некоторых растений [2].

Антоцианы обеспечивают яркую окраску лепестков, плодов, у некоторых растений листьев, пыльников, семян, стеблей и корней, тем самым привлекая представителей фауны для дальнейшего естественного распространения семян. Однако важнейшая функция антоцианов – это защита растений. Показано, что во многих видах растений они снижают степень фотоокислительных процессов, а также ускоряют восстановление фотосинтетического аппарата [3]. Они принимают участие в дыхании растений в качестве переносчиков электронов от дыхательного материала (жиров, сахаров и др.) на кислород воздуха [4]. Антоцианы защищают хлоропласты от губительного действия избытка радиации, действуя как селективный экран [5]. Согласно последним представлениям они могут влиять на степень участия активных форм кислорода в сигнальных процессах путем взаимодействия с другими молекулами сигнальных путей [6]. Антоцианы обладают антиоксидантной активностью в условиях действия различных стрессовых факторов, а также участвуют в детоксикации свободных радикалов [7]. Имеются данные о том, что антоцианы могут непосредственно нейтрализовывать такие формы АФК как перекись водорода, супероксид анион-радикал, синглетный кислород, которые образуются вследствие фотосинтетических процессов в хлоропластах, по типу, сходному с действием α-токоферола и каротиноидов [8].

Потребность в антоцианах велика, так как они имеют широкий спектр биологических действий. Они широко используются в фармацевтической промышленности, поскольку обладают антиоксидантными, противовоспалительными, антиконвульсивными и хемопротекторными свойствами, а также снижают риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний и неко-

торых видов злокачественных образований [9]. Известны натуральные красители, которые являются широко распространенными водорастворимыми соединениями и содержат в качестве основных пигментов антоцианы.

Активно ведется поиск новых, недорогих источников антоцианов, а также стимуляторов синтеза этих соединений. Выявлено стимулирующее действие 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК) на синтез антоцианов в кожуре яблок [10] и в листьях растений *Ginkgo biloba* [11]. АЛК – органическая кислота, первичный компонент синтеза всех циклических (хлорофиллы, гемы, корриноиды и линейных (билины, фикобилиы) тетрапирролов, которые играют важную роль в метаболизме растительных, животных и бактериальных организмов. У растений образование АЛК является важнейшим звеном, регулирующим синтез хлорофилла и гема. Уровень АЛК в растительных клетках очень низок [12]. Известно, что при выращивании растений корнями на растворах АЛК низких концентраций (1–10 мг/л), последняя проявляет свойства регулятора роста растений, а также антистрессорные свойства, участвуя в формировании устойчивости растений к нарушению режима оводнения, низким температурам, освещенности и засолению. Однако при высоких концентрациях она проявляет свойства фотодинамического гербицида, запускающего серию фотодинамических, окислительных реакций в растении [13]. Ранее, используя высокие концентрации экзогенной АЛК (100–300 мг/л) мы обнаружили стимуляцию накопления антоцианов, как в семядольных листьях, так и в гипокотилях растений озимого рапса [14]. Отсутствие видимых проявлений фотодинамических реакций (обесцвечивание ткани, ее обезвоживание и высыхание) поставило перед нами задачу изучить состояние защитной системы растений рапса, обработанных экзогенной АЛК в концентрации 200 мг/л.

Целью данной работы явилось изучение влияния экзогенной АЛК в концентрации 200 мг/л на состояние антиоксидантной защитной системы растений озимого рапса, обогащенных антоцианами, путем анализа биохимических показателей таких как содержание антоцианов, общее количество активных форм кислорода (АФК), супероксидного анион-радикала ($O_2^{\cdot -}$) и перекиси водорода (H_2O_2), активность защитных ферментов – СОД, ГР и АПР, а также содержание окисленного и восстановленного глутатиона.

Материалы (объекты) и методы исследования. В качестве объекта исследования использовали 4–7-дневные проростки озимого рапса (*Brassica napus*) сорта «Зорны», выращенные в лабораторных условиях либо на воде, либо на растворе АЛК (200 мг/л). Проращивание семян проводили в пластиковых контейнерах на фильтровальной бумаге при температуре 26 ± 2 °С и освещении люминесцентными лампами типа ЛД-40 (освещенность 4900 люкс). Для анализа использовали семядольные листья проростков.

Определение содержания антоцианов. Содержание антоцианов определяли согласно методу [15]. Навеску 0,1 г свежего растительного материала растирали в 0,5 мл дистиллированной воды, содержащей 1% HCl.

Остаток в ступке еще раз смывали 0,5 мл раствора. К экстракту добавляли 1 мл хлороформа и центрифугировали 10 мин при 3000 g при температуре 4°С. Супернатант отбирали и измеряли оптическую плотность при 525 нм. Содержание антоцианов рассчитывали в мкмолях/г сырой массы, используя коэффициент молярной экстинкции 31,6 $M^{-1}см^{-1}$.

Определение общей антиоксидантной активности. Навеску 0,1 г растительного материала экстрагировали 0,9 мл этанола, затем помещали в шейкер на 20 мин при 20 °С, после чего центрифугировали 10 мин при 12 000 g. Супернатант доводили до 0,7 мл этанолом, к нему добавляли 0,3 мл дистиллированной воды и полученный экстракт в 70 % этаноле использовали для определения антиоксидантной активности фосфомолибдатным методом [16]. Антиоксидантную активность выражали в мкг/г сырой массы в эквиваленте аскорбиновой кислоты согласно калибровочной кривой. Осадок ресуспендировали в 0,3 мл дистиллированной воды и инкубировали 20 мин в шейкере при 90 °С, после чего центрифугировали 10 мин при 12000 *g*. Супернатант доводили этанолом до 70 % и использовали для определения суммарной антиоксидантной активности.

Определение общего содержания активных форм кислорода (АФК). Для оценки общего уровня АФК использовали флуоресцентный тест, в основе которого лежит образование дихлорфлуоресцеина (ДХФ) из нефлуоресцирующего ДХФ-диацетата [17]. Флуоресценцию ДХФ регистрировали, используя длины волн возбуждения и регистрации, соответственно, 485 и 538 нм, и его содержание рассчитывали по калибровочной кривой в мкг на г сырой массы листьев.

Определение содержания H_2O_2 Пероксид водорода определяли с помощью метода, основанного на снижении интенсивности флуоресценции скополетина при окислении его пероксидазой хрена в присутствии H_2O_2 [18]. Навеску листьев 0,5 г растирали до гомогената в 2 мл 0,2 н $HClO_4$. Гомогенат центрифугировали 10 мин при 13 000 g и температуре +4°С, используя центрифугу с охлаждением Sigma 1–15K («SIGMA Laborzentrifugen», Германия). Супернатант нейтрализовали 4 М KOH, доводя pH до 7,5–7,6, и центрифугировали 5 мин при 13 000 g при комнатной температуре. Затем к 930 мкл 0,1 М Трис-HCl буфера pH 7,0, приливали 50 мкл нейтрализованного супернатанта, 10 мкл 0,1 нМ скополетина в ДМСО, 5 ед. пероксидазы хрена и регистрировали спектры флуоресценции на спектрофлуориметре Solar CM 2203 при 464 нм (λ возбуждения 370 нм). В качестве контроля использовали аналогичную пробу без супернатанта. Концентрацию H_2O_2 рассчитывали в нмолях/г сырой массы с помощью калибровочной кривой, построенной с использованием стандарта H_2O_2 (“Беллесхимкомплект”, Республика Беларусь).

Определение содержания $O_2^{\cdot-}$ Супероксид анион-радикал в экстракте семядольных листьев определяли согласно методу [19]. Навеску (0,1 г) помещали в пробирки с 5 мл 0,1 М фосфатного буфера (pH 7,6), содержащего 0,05 % нитротетразолия синего, 10 мкМ ЭДТА, 0,1 % тритона X-100, и инкубировали на шейкере (300 об/мин) в течение 1 ч, после чего определяли оптическую плотность раствора при 530 нм.

Определение активности СОД. Активность СОД определяли с помощью метода нативного гель-электрофореза. Навеску 0,5 г листьев растирали в 3 мл 0,05 М K, Na – фосфатного буфера (pH 7,8), содержащего 1,5 мкл меркаптоэтанола и 3,0 мг аскорбиновой кислоты. Гомогенат центрифугировали в течение 10 мин при 13000 g (+4ºС). Нативный гель-электрофорез проводили, используя 13 %-ный разделяющий и 5 %-ный концентрирующий гели. На старт наносили пробы по 20 мкл смеси экстракта с глицерином (5:1, V: V), выравненные по белку. Форез проводили в течение 17 ч при температуре 4ºС и напряжении 60 V.

Визуализацию изоформ СОД проводили по методу [20]. Для этого гель помещали в чашку Петри с 1 мМ K, Na – фосфатным буфером (pH 7,8), содержащим 1 мг рибофлавина и 10 мкл 0,5 М ЭДТА в 50 мл раствора, и инкубировали в темноте. Через 2 мин к раствору добавляли NBT из расчета 1 мг/мл раствора и инкубировали в течение 40 мин в темноте, перемешивая на шейкере. Затем гель промывали дистиллированной водой и выставляли на свет для окрашивания. Окрашенный гель сканировали. Активность изоформ СОД рассчитывали в относительных единицах с помощью программы «TotalLab v. 2.01».

Определение активности АПР. Навеску 0,5 г растирали до гомогената в охлажденной фарфоровой ступке в 4 мл среды выделения, состоящей из 50 мМ K, Na – фосфатного буфера pH 7,8, 1 мМ ЭДТА и 100 мг аскорбата при расчете на 50 мл буфера. Гомогенат центрифугировали в течение 10 мин при 13 000 g при температуре +4ºС. Для определения активности АПР использовали супернатант. В кварцевую кювету наливали 950 мкл среды измерения, состоящую из 50 мМ K, Na – фосфатного буфера pH 7,0 и 0,1 мМ ЭДТА. Затем добавляли 50 мкл супернатанта, перемешивали и регистрировали оптическую плотность в течение 20 сек при 290 нм (контрольная проба). Далее в кювету добавляли 20 мкл 50 мМ H_2O_2 и регистрировали кинетику потребления аскорбата в течение 20 сек при 290 нм. Для расчета активности АПР использовали коэффициент молярной экстинкции 2,8 $мМ^{-1}см^{-1}$. Активность фермента рассчитывали в нмоль/мкг белка [13].

Определение активности ГР. Супернатант получали так, как описано выше при определении активности АПР. Затем в кварцевую кювету последовательно наливали 2,1 мл среды измерения, состоящей из 100 мМ K, Na – фосфатного буфера pH 7,8, 75 мкл 5 мМ НАДФН, 200 мкл супернатанта. Реакцию запускали добавлением 100 мкл 5 мМ окисленного глутатиона. Регистрировали кинетику потребления НАДФН в течение 10 минут при 340 нм. Для расчета активности ГР использовали коэффициент молярной экстинкции 6,2 $мМ^{-1}см^{-1}$. Активность фермента рассчитывали в нмоль/мкг белка [13].

Определение содержания восстановленного и окисленного глутатиона. Окисленный (GSSG) и восстановленный (GSH) глутатион определяли с помощью спектрофлуорометрического метода, модифицированного в Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси [21]. Данный метод основан на способности о-фталевого альдегида (ОФА)

образовывать флуоресцирующий продукт с GSSG при pH 12,0 и GSH при pH 8,0. Для получения GSSG и GSH навески по 0,5 г листьев ячменя растирали в фарфоровой ступке в 4 мл смеси, состоящей из 0,1 М K, Na-фосфатного буфера (pH 8,0) и 25%-ного раствора метафосфорной кислоты в соотношении 3,75:1 (по объему). Гомогенат центрифугировали сначала в течение 10 мин при 8000g с использованием центрифуги Sigma 1–15K, после чего надосадочную жидкость повторно центрифугировали 5 мин при 13000 g. Полученный супернатант использовали для спектрофлуорометрического определения GSSG и GSH.

GSH специфически реагирует с ОФА при pH 8,0, образуя продукт с максимумом флуоресценции при 420 нм (длина волны возбуждения 320 нм). Для определения GSH pH выделенных экстрактов доводили до 8,0 с помощью последовательного добавления 0,1 М K-Na-фосфатного буфера pH 8,0, а именно: к 0,5 мл надосадочной жидкости приливали 4,5 мл буфера. Далее к 0,1 мл разбавленного супернатанта добавляли 1,8 мл K, Na-фосфатного буфера (pH 8,0), содержащего 0,005 М ЭДТА и 0,1 М раствора ОФА, после чего регистрировали кинетику изменения флуоресценции в течение 6 мин на спектрофлуориметре Solar CM 2203. Для расчета использовали максимальное значение интенсивности флуоресценции, которое обычно регистрировалось через 4–5 мин после добавления ОФА.

Для определения GSSG использовали способность ОФА образовывать флуоресцирующий продукт при 420 нм (длина волны возбуждения 320 нм) при pH 12,0. К 0,5 мл надосадочной жидкости приливали 0,2 мл 0,04 М N-этилмалеимида и инкубировали в течение 30 мин для предотвращения окисления GSH до GSSG. Затем приливали 4,3 мл 0,1 н раствора NaOH. Далее к 0,1 мл полученной смеси приливали 1,8 мл 0,1 н раствора NaOH, добавляли 0,1 мл ОФА и через 5 мин регистрировали интенсивность флуоресценции при 420 нм (длина волны возбуждения 320 нм). Содержание GSSG и GSH определяли с помощью калибровочных кривых, построенных с использованием GSH и GSSG фирмы «Fluka».

Результаты и их обсуждение. В опытах по анализу содержания антоцианов в растениях озимого рапса нами ранее было установлено, что в семядольных листьях и в гипокотилях проростков, выращиваемых на растворе экзогенной АЛК 200 мг/л, накапливается высокое количество антоцианов, что обуславливает фиолетовую окраску ткани [14]. В таких растениях количество антоцианов, как правило, на 3 порядка превышает содержания хлорофилла. В настоящей работе нами отмечена положительная динамика роста антоциановых пигментов в растениях, обработанных экзогенной АЛК по сравнению с контрольными растениями, выращенными на воде (рис. 1). Содержание антоцианов в контрольных растениях в течение 7-ми дней вегетации не изменялось и в среднем составляло 94 ± 4 мкмоль/г сырой массы. Максимальное накопление антоцианов в семядольных листьях озимого рапса, выращенного на растворе АЛК, отмечалось на 7-й день вегетации и составляло 342 мкмоль\г сырой массы, что было в 3,5 раза больше, чем в контрольных растениях.

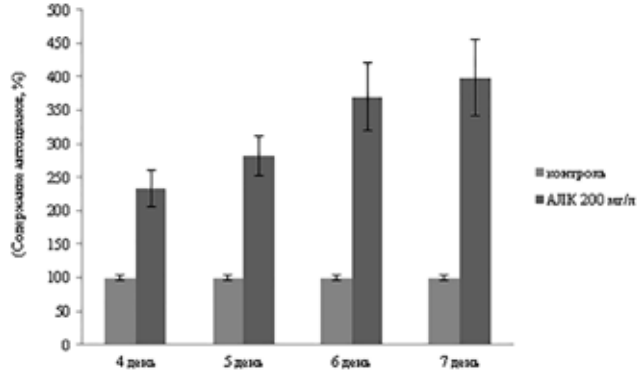


Рис. 1. Влияние экзогенной АЛК (200 мг/л) на содержание антоцианов в семядольных листьях 7-дневных растений озимого рапса. За 100 % принято содержание антоцианов в контроле.

Общая антиоксидантная активность растений озимого рапса, оцениваемая по способности содержащихся в них молекул отдавать электроны и восстанавливать молибден (VI) в молибден (V), оказалась существенно выше в листьях растений, выращиваемых на растворе АЛК, и составила 154,9 ± 9,6 мг аскорбата/г сухой массы по сравнению с контролем – 111 ± 5,2 мг аскорбата/г сухой массы.

Представляло значительный интерес определить общее количество АФК, а также содержание его отдельных компонентов, таких как $O_2^{\cdot}$ – и H_2O_2.

В опытах по определению общего содержания АФК было установлено, что в 6–7-дневных растениях, обработанных АЛК, содержание АФК возрастает на 23 % по сравнению с контрольными растениями (рис. 2, *а*).

При оценке способности растений генерировать $O_2^{\cdot}$ – было показано, что в экстрактах растений варианта «АЛК» содержание $O_2^{\cdot}$ – снижалось относительно контроля и составляло 63 ± 5 % (рис. 2, *б*). Эти результаты согласуются с используемым ранее визуальным способом оценки содержания $O_2^{\cdot}$ – по интенсивности окрашивания семядольных листьев озимого рапса с помощью NBT (*in vivo*) [14]. Так, было отмечено более интенсивное окрашивание ткани контрольных растений, обусловленное большим содержанием $O_2^{\cdot-}$, по сравнению с тканью растений, выращенных на АЛК.

Эксперименты по определению содержания H_2O_2 показали большее содержание H_2O_2 в экстрактах семядольных листьев растений, выращенных на растворе АЛК, которое составило 123 ± 1,4 % от контроля (рис. 2, *в*). Эти результаты также согласуются с данными, полученными при оценке содержания H_2O_2 *in vivo,* и показавшими большее окрашивание листовой ткани опытных растений с помощью DAB, что коррелировало с большим содержанием в ней пероксида водорода [14].

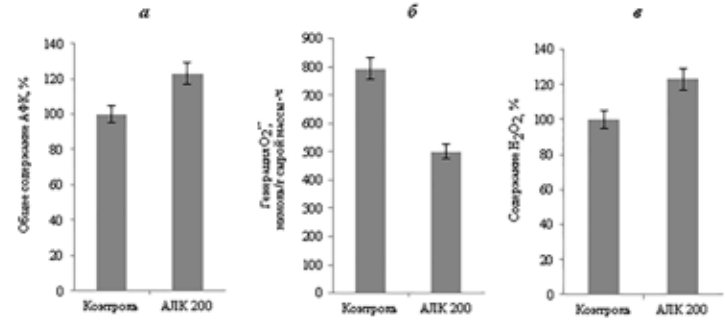


Рис. 2. Влияние экзогенной АЛК (200 мг/л) на общее содержание АФК (а), генерацию $O_2^{\bullet-}$ (б) и содержание H_2O_2 (в) в семядольных листьях 7-дневных растений озимого рапса.

Далее было целесообразно изучить активность защитных ферментов таких как СОД, которая играет основную роль в снижении содержания супероксидного анион-радикала и превращении его в H_2O_2, а также ферментов аскорбат-глутатионового цикла – ГР и АПР, функция которых заключается ликвидации H_2O_2.

Было установлено, что при действии экзогенной АЛК на растения озимого рапса активность СОД повышалась. Нативный полиакриламидный гель-электрофорез показал 5 изоформ СОД. Поскольку в наших исследованиях не использовался ингибитор KCN для идентификации изоформ СОД, наши выводы по определению изоформ в озимом рапсе опирались на результаты, полученные в работе [22].

Семядоли озимого рапса содержали одну изоформу Mn-СОД и 4 изоформы Cu / Zn-СОД. Отмечено, что активность Mn-СОД изоформы (1-я полоса на рис. 3 *а*) составила 117 ± 2,3 % (1 на рис. 3 *б*), а активность Cu/Zn-СОД изоформ (полосы 3, 4, 5 на рис. 3 *а*) – 116 ± 3,7 %, 110 ± 6,3 % и 106 ± 5 % по сравнению с контролем (рис. 3 *б*). Одна из изоформ Cu/Zn-СОД (2 на рис. 3 *а*, *б*) показала снижение активности в обработанных АЛК растениях по сравнению с контролем, которая составила 87 ± 3,8 %.

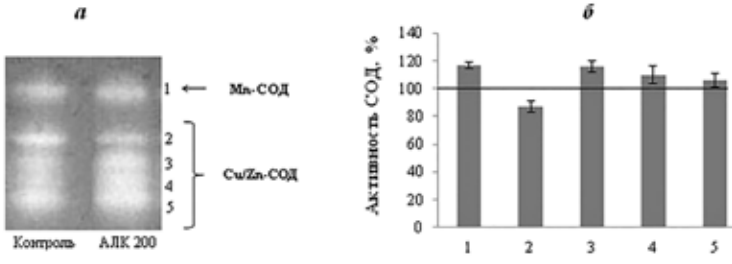


Рис. 3. Нативный гель-электрофорез (а) и активность СОД (б) в растениях озимого рапса, выращенных на воде (принято за 100 %) и растворе АЛК 200 мг/л.

Анализ активности защитных ферментов АПР и ГР, участвующих в функционировании аскорбат-глутатионового цикла показал, что активность АПР в растениях озимого рапса, обработанных АЛК, возросла на 16 ± 5% по сравнению с контрольными растениями (рис. 4, *а*). Активность ГР в таких растениях не изменялась и составила 99% от контроля (рис. 4, *б*). Таким образом стимуляция активности защитных ферментов СОД и АПР при обработке растений озимого рапса АЛК способствует повышению антиоксидантной активности растений, дополняя тем самым действие самих антоцианов, участвующих в детоксикации АФК.

Оценка в варианте «АЛК» общего количества глутатиона – основного участника аскорбат-глутатионового цикла, представленного его окисленной и восстановленной формами, выросло на 60% по сравнению с контролем. Содержание окисленного глутатиона возрастало на 56% и составило 0,055 мкг/г сырой массы, а количество восстановленного глутатиона возрастало на 60% и составило 0,58 мкг/г сырой массы (рис. 4, *в*). Соотношение между глутатионом в контрольных и опытных растениях оказалось одинаковым. Полученные результаты могут указывать на положительное влияние экзогенной АЛК на систему синтеза глутатиона и отсутствие контроля с ее стороны за его распределением между восстановленной и окисленной формами. Этот вывод подкрепляется описанными выше данными о том, что активность ГР, участвующей в этом контроле, оказалась одинаковой как в контрольных, так и в опытных растениях.

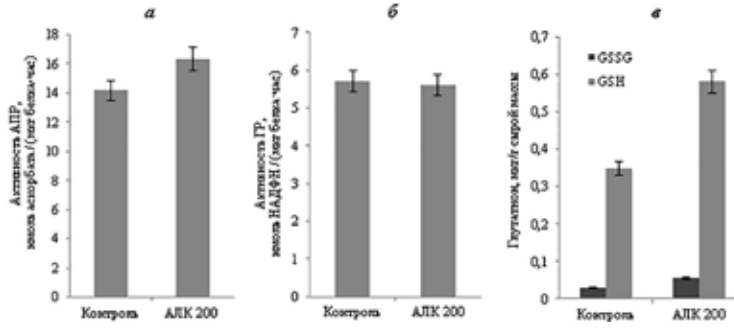


Рис. 4. Влияние экзогенной АЛК (200 мг/л) на активность АПР (*а*), активность ГР (*б*), и содержание глутатиона (*в*) в семядольных листьях 7-дневных растений озимого рапса.

Заключение. Таким образом, комплекс защитных механизмов, запускаемых в растениях озимого рапса, выращиваемых при высоких концентрациях экзогенной АЛК как индуктора фотодинамических процессов, включает индукцию накопления антоцианов и глутатиона, как основных низкомолекулярных антиоксидантов, возрастание общей антиоксидантной активности, а также повышение активности АПР и СОД, что в целом приводит к снижению генерации $O_2^{\cdot}$-, а также лишь к незначительному превышению над контрольными растениями содержания АФК и H_2O_2.

Литература

1. Гудвин Т. Введение в биохимию растений: у 2 т. пер. с англ. М.: Мир, 1986. 2 т. 311 с.

2. Rogerson F.S., Vale E., Grande H.J., Silva M.C. // Cienc. Technol. Aliment. 2000. Vol. 2. P. 222-227.

3. Field T.S., Lee D. W., Holbrook N. M. // Plant Physiology. 2001. Vol. 127. № 2. P. 566–.

4. Карабанов И.А. Флавоноиды в мире растений. Мн.: Ураджай, 1981. 80 с.

5. Matsumoto H., Nakamura Y. // Experimental Eye Research. 2006. Vol. 83. № 2. P. 348–356.

6. Meiers S., Kemeny M. // Agric Food Chem. 2001. Vol. 49. №2. P. 958–962.

7. Smillie R.M., Hetherington S.E. // Photosynthetica. 1999. Vol. 36. P. 451–463.

8. Чупахина Г. Н., Масленников П. В., Скрыпник Л. Н. Природные антиоксиданты (экологический аспект): монография. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2011. 111 с.

9. Gould K. Anthocyanins. Biosynthesis, Functions and Application. New York: Springer, 2009. P. 336.

10. Xie L., Wang Z. H., Cheng X. H., Gao J. J., Zhang Z. P., Wang L. J. // Plant Growth Regulation. 2013. Vol. 69. P. 295–303.

11. Feng X., Chang J., Cheng Y., Zhu J., Ling Li L., Wang Y., Cheng H. // African Journal of Biotechnology. 2009. Vol. 8. № 16. P. 3769–3776.

12. Kennedy J.C., Pottier R.H., Pross D.C. // J. Photochem. Photobiol.: Biology. 1990. Vol. 6. P. 143–148.

13. Аверина Н.Г., Недведь Е.Л., Щербаков Р.А., Вершиловская И.В., Яронская Е.Б. // Физиология растений. 2014. Т. 61. № 5. С. 721–729.

14. Аверина Н.Г., Щербакова Р. А., Емельянова А. В., Доманская И. Н., Усатов А. В. // Физиология растений. 2017. Т. 64. № 3. С. 173–182.

15. Mabry T.J., Markham K.R., Thomas. M.B. The systematic identification of flavonoids. New York: Springer-Verlag., 1970. P. 261–266.

16. Kaviarasan S., Naik G. H., Gangabhagirathi R., Anuradha C. V., Priyadarsini K. I. // Food Chemistry. 2007. Vol. 103. P. 31–37.

17. Wei-Tao L., Lin B., Zhang M., Hua X-J. // Plant Physiol. 2011. V. 156. P. 1921–1933.

18. Okuda T., Matsuda Y., Yamanaka A., Sagisaka S. // Plant. Physiol. 1991. V. 97. P. 1265–1267.

19. Prieto P., Pineda M., Augilar M. // Anal. Biochem. 1999. V. 269. P. 337–341.

20. Трач В.В., Стороженко В.А. // Физиология и биохимия культ. растений. 2007. Т. 39. № 4. С. 291–302.

21. Шалыго Н.В., Щербаков Р.А., Доманская И.Н., Радюк М.С. // Физиология и биохимия культ. растений. 2007. Т. 39. № 3. С. 264–270.

22. Abedi T., Pakniyat H. // Czech J. Genet. Plant Breed. 2010. Т. 46, № 1. P. 27–34.

А. В. ЕМЕЛЬЯНОВА, Р. А. ЩЕРБАКОВ, Н. Г. АВЕРИНА

ВЛИЯНИЕ 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА СОСТОЯНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ ОЗИМОГО РАПСА

Резюме

Установлен комплекс защитных механизмов, запускаемых в растениях озимого рапса, выращиваемых при высоких концентрациях экзогенной 5-аминолевулиновой кислоты как индуктора фотодинамических процессов, включающих стимуляцию накопления антоцианов и глутатиона, как основных низкомолекулярных антиоксидантов, возрастание общей антиоксидантной и антирадикальной активностей, а также повышение активности аскорбатпероксидазы и супероксиддисмутазы, что в целом приводит к существенному снижению уровня перекисного окисления липидов внутриклеточных мембран, снижению генерации $O_2^{\cdot}$-, а также лишь к незначительному превышению над контролем содержания активных форм кислорода и H_2O_2.

A. V. YEMELYANAVA, R. A. SHERBAKOV, N. G. AVERINA

INFLUENCE OF 5-AMINOLEVULINIC ACID ON THE STATE OF THE ANTIOXIDANT SYSTEM OF WINTER RAPE PLANTS

Summary

It is found a complex of protective mechanisms triggered in plants of winter rape grown at high concentrations of exogenous 5-aminolevulinic acid as inductor of photodynamic processes including stimulation of accumulation of anthocyanins and glutathione as the main low molecular weight antioxidants, an increase in the total antioxidant and antiradical activity, and increase activity of ascorbate peroxidase and superoxide dismutase, which generally leads to reduction of the level of lipid peroxidation of intracellular membranes, reducing generation of $O_2^{\cdot}$-, and only to a slight excess over the control of the reactive oxygen species and the content of H_2O_2.

Поступила в редакцию 26.09.2017 г.

УДК 577.15:581.14:633.685

Е. Н. КАРАСЕВА, А. Н. ГРИЦ, Т. Б. МАКАРОВА, Т. Г. ЯНЧЕВСКАЯ

АКТИВНОСТЬ ОКСИДОРЕДУКТАЗ ПРИ ДЕЙСТВИ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ *BACILLUS SUBTILIS* У РАСТЕНИЙ *DIOSCOREA ALATA* L.

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

Введение. Для развития современной фармакологии особое значение имеет приобретение новых знаний о биологических объектах, обладающих активными веществами в отношении целого ряда заболеваний, и которые могут явиться субстанциями для новых медицинских препаратов.

Одним из таких растений являются растения семейства Dioscoreae. Согласно литературным данным, в составе клубней интродуцента из тропической зоны происхождения диоскореи содержатся витамины, углеводы, белки, алкалоиды, гликозиды [5, 7].

В настоящее время появились данные, согласно которым большую роль в клубнеобразовании играют жасмоновая и тубероновая кислоты, а также АФК [1, 6]. Вместе с тем широкое распространение получило направление исследования естественных индукторов устойчивости и продуктивности растений, механизмы действия которых тесно связаны с метаболизмом АФК, среди которых большую группу составляют микробиологические препараты и субстанции на их основе [8].



1 2 1 3

Рис. 1. Внешний вид растений *Dioscorea alata* L.:
1 – контроль; 2 – обработка СК; 3 – обработка бактериальным препаратом «Карфил».

В связи с этим нами было проведено изучение влияния коммерческого биологического, бактериального препарата на основе штаммов *Bacillus subtilis* («Карфил») и салициловой кислоты (СК) на инициацию и ускорение процесса клубнеобразования по результатам измерения биохимических показателей ферментов окислительного метаболизма в листьях диоскореи, адаптированной к условиям *in vivo* на ионообменном субстрате различного химического состава (рис. 1).

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектом исследования служили растения диоскореи крылатой (*Dioscorea alata* L.). Выбор данного объекта обусловлен его ценными хозяйственными, фармакологическими свойствами и декоративным экзотическим видом. Черенки *D. alata* L. укореняли на Биотехнических комплексах БТК-2, установленных в закрытом помещении с искусственным освещением, на которых устанавливались пластиковые контейнеры размером 20×20 см^2, с вариантами модифицированного субстрата, в которых размещались черенки с густотой посадки по 5 шт. В качестве источника света использовали натриевые лампы ДНАТ-400, температуру поддерживали на уровне 20±2°С днем и 17±2°С ночью (рис. 2).

Растения *D. alata* L. *in vivo* выращивали на модифицированном ионообменном субстрате «Триона-М», сбалансированном по агрофизическим свойствам и минеральному составу. Данный субстрат представляет собой композицию, состоящую из ионообменных синтетических полимеров (катионит Тулсион Т-42, анионит АН-2Ф, НРР-500 в объемном соотношении 60:40), природного катионообменника цеолита (клиноптилолит Сокирницкого месторождения) и инертного наполнителя (перлит) в объемном соотношении 30 (синтетические ионообменники): 70 (природный цеолит): 200 (перлит), насыщенные по оптимуму и предназначенный для полной вегетации и получения мини-клубней [10].

Субстрат Триона-М приготавливался механическим смешиванием в указанных выше соотношениях в соответствии с регламентом насыщения [11].

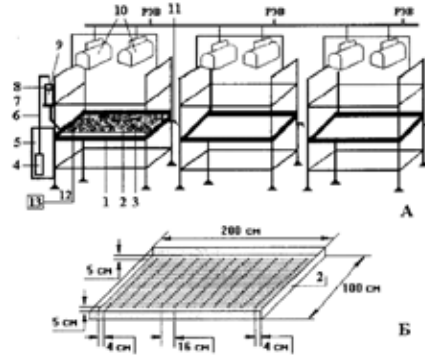


Рис. 2. Схема расположения унифицированных модулей биотехнического комплекса БТК – 1 (А); схема посадки растений для круглогодичного выращивания на ионообменном субстрате (Б).

Обработка растений проводилась через 90 дней после посадки, однократно, путем опрыскивание: вариант 1 – контроль (без обработок); вариант 2 – салициловая кислота (10^{-5}М); вариант 3 – биопестицид «Карфил» (5 мл препарата на 1 л воды).

Активность пероксидазы измеряли микрометодом согласно [3]. Нативный электрофорез проводили по методу Ornstein-Davis. Активные изоформы СОД выявляли согласно [2].

Результаты исследований и их обсуждение. Согласно проведенным исследованиям нами установлено, что имеет место перестройка и изменение в компонентном составе пероксидазного комплекса на протяжении длительного промежутка времени (более 30 суток), вызванного обработкой препаратом «Карфил» и 10^{-5}М СК. Как следует из данных, представленных на рисунке 2, предварительная обработка *Dioscorea* препаратом «Карфил» и СК через 8 суток приводила к отличию в интенсивности окрашивания изоферментов пероксидаз по сравнению с контрольными растениями диоскореи. Обработка данным препаратом приводит к достоверному увеличению интенсивности изоформы Rf=0.575–0.713 при снижении интенсивности окраски изоформы с Rf=0.82. Примерно аналогичный эффект на пероксидазный комплекс оказывала и СК (рис. 2, 3).

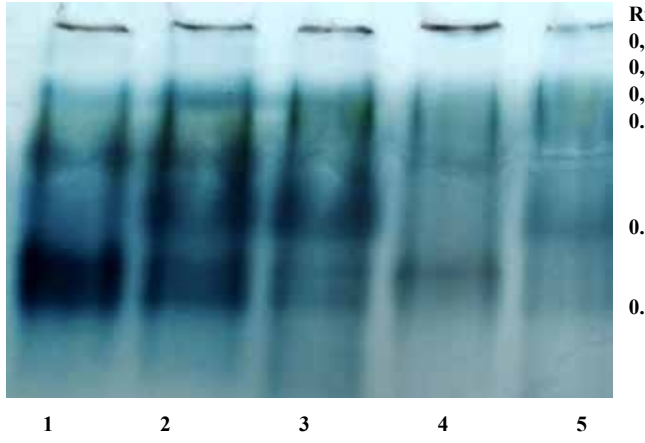


Рис. 2. Нативный электрофорез изоферментов перокисидаз листьев *D. alata* при обработке препаратом «Карфил» и 10^{-5}М СК на различных субстратах. Пробы взяты через 8 суток после обработки.
1 – контроль (растения не подвергались обработке); 2 – обработка бактериальным препаратом «Карфил» на основе штаммов Bacillus subtilis (5 мл исходной суспензии/2л H_2O); 3 – обработка СК (10^{-5}М); 4–5 – торфогрунт.

Выявленные изменения, по-видимому, носят индуцированный характер, т.к. эффект сохраняется на протяжении достаточного длительного времени: так, например, «Карфил» приводит к увеличению интенсивности окраски изоферментов Rf=0.575–0.713 (рис. 3) также и на 24 сутки и снижению Rf=0.82; СК- приводит к значительной активации изофермента Rf=0.451–0.524 (рис. 3), который по подвижности соответствует

Rf=0.575 на рисунке 2, т. е. сохраняется индуцированный эффект обоих индукторов в течение большого промежутка времени. Оба индуктора, «Карфил» и СК, в значительной степени снижают интенсивность окрашивания изофермента с Rf=0.82, который интенсивно представлен в контроле и который ингибируется обоими препаратами. Пролонгированное действие СК при этом более выражено, чем препарата «Карфил».

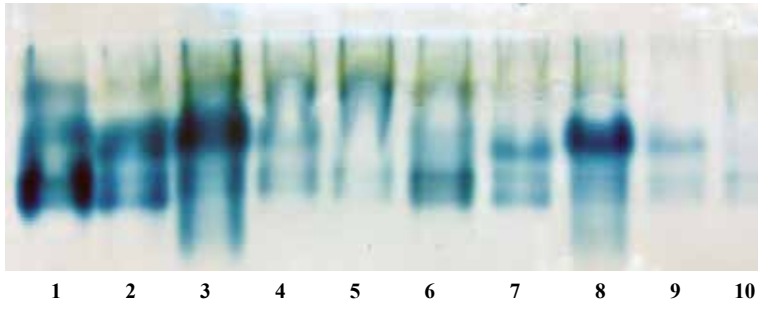


Рис. 3. Нативный электрофорез изоферментов перокисдаз листьев *Dioscorea* подвергнутых обработке препаратом «Карфил» и 10^{-5}М СК на различных субстратах. Пробы взяты через 24 суток после обработки.
1 – контроль (растения не подвергались обработке); 2 – обработка бактериальным препаратом «Карфил» на основе штаммов Bacilussubtilis (5 мл исходной суспензии/2л H_2O); 3 – обработка СК (10^{-5}М); 4–5 –торфогрунт; 6–10 – повтор, нанесение 20 мкл образца на трек.

Оценка изменения активности оксидоредуктаз, представляющих собой молекулярную основу сигнальной системы на действие стрессовых факторов, является важным критерием метаболических ответов, формирующихся на действие неблагоприятных факторов. В настоящее время выделяют ряд сигнальных систем, одной из которых является супероксидсинтазная сигнальная система. Окисление НАДФ×H^+ молекулярным кислородом приводит к образованию супероксид-анионов, которые в результате реакции, катализируемой супероксиддисмутазой (СОД), превращаются в перекись водорода, резкое повышение содержания активных форм кислорода и перекиси водорода (так называемый «окислительный взрыв») в клетке являет собой начальную стадию биохимического ответа, направленную на подавление стрессовой реакции и процесса инфицирования. В то же время активные формы кислорода и перекись водорода являются вторичными посредниками, вызывающими активацию факторов регуляции транскрипции и экспрессию защитных генов [4, 9]. В связи с этим данные препараты способны изменять активность СОД в листьях *Dioscorea*.

Полученные эффекты изменения активности пероксидаз под действием препаратов сопровождаются и изменением активности изоферментов СОД.

На рисуноке 4 видно, что СК приводит к резкой значительной активации изофермента СОД (Rf=0.622–0.634), в то время как «Карфил» подобным эффектом не обладает.

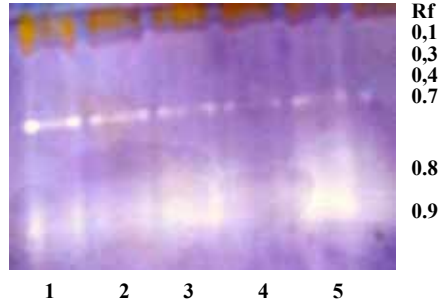


Рис. 4. Нативный электрофорез изоферментов СОД листьев *Dioscorea.*
Подвергнутых обработке препаратом «Карфил» и 10^{-5} СК на различных субстратах.
Пробы взяты через 24 суток после обработки
1 – контроль (растения не подвергались обработке); 2 – обработка бактериальным препаратом «Карфил» на основе штаммов Bacillus subtilis (5 мл исх. суспензии/2л H_2O);
3 – обработка СК (10–5М); 4–5 – торфогрунт.

Заключение. В результате проведения экспериментальной работы показано, что оба исследуемых препарата – бактериальный препарат «Карфил» и СК оказывают влияние на процесс адаптации у растений *D. alata* как на ионообменном субстрате, так и на торфогрунте. Оба препарата влияют на динамику активности пероксидазы и СОД, что может быть использовано для усиления иммунного статуса растений диоскореи и их адаптации в различных условиях, а также индуцировать устойчивый синтез фармакологических субстанций, используемых в лечебных целях.

Литература

1. Beccari O. // NuovoGiorn. Bot. Ital. 1870. Vol. 2. P. 150.

2. Beauchamp C., Beauchamp C., Fridovich I. // Analytical Biochemistry. 1971. Vol. 44, № 3. P. 276–287.

3. Davis B.J. Discs Electrophoresis. Part. 2. Method and Application to Human Serum Proteins // Ann. N.-Y. Acad. Sci. USA . 1964. V. 121, № 4. P. 404–427.

4. Гриц А.Н., Янчевская Т.Г., Романовская Т.В., Коломиец Э.И. // Ботаника (исследования): Сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск: Право и экономика, 2010. Вып. 39. С. 281–294.

5. Куркин В. А. // Фармация. 2002. № 2. С. 8–16.

6. Сорокина А. А., Бу Вэй. Изучение состава биологически активных веществ Dioscorea alata L. супротивной // Состояние и перспективы оптимизации и эффективности в фармакогнозии, технологии, клинике : Сб. материалов науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 30-летию каф. фармакогнозии и фармацевт.

технологии Яросл. гос. мед. акад. / Яросл. гос. мед. акад ; [принимали участие М. Е. Жаворонкова, Я. А. Мальцева, С. К. Забелина]. Ярославль, 2014. С. 61–63.

7. Сорокина А. А., Бу Вэй, Марахова А.И. Содержание дубильных веществ в двух видах диоскореи // Фармация. 2014. № 1. С. 14–16.

8. Чеботарь В.К., Завалин А.А., Кипрушкина В.И. Эффективность применения биопрепарата Экстрасол. М.: Изд-во ВНИИА, 2007. С. 190–207.

9. Юсупова З.Р., Хайрулин Р.М., Максимов И.В. // Физиология растений. 2006. Т. 53, № 6. С. 910–917.

10. Янчевская Т. Г. Бахнова К.В., Ольшаникова А.Л. // Ботаника (исследования): Сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск: Право и экономика, 2005. Вып. 33. С. 361–366.

11. Янчевская Т. Г., Бобров В.А. // Ботаника (исследования): Сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск: Право и экономика, 2008. Вып. 35. С. 495–506.

Е. Н. КАРАСЕВА, А. Н. ГРИЦ, Т. Б. МАКАРОВА, Т. Г. ЯНЧЕВСКАЯ

АКТИВНОСТЬ ОКСИДОРЕДУКТАЗ ПРИ ДЕЙСТВИИ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ *BACILLUS SUBTILIS* У РАСТЕНИЙ *DIOSCOREA ALATA* L.

Резюме

Изучено влияние коммерческого препарата «Карфил» и индуктора системной устойчивости растений – салициловой кислоты (СК) на динамику изоферментов пероксидаз и супероксидредуктазы (СОД) в листьях растений *Dioscorea alata* L. Показано, что обработка приводит к стимуляции активности пероксидаз и СОД. Обсуждается возможное участие данных препаратов в регуляции процессов адаптации растений.

E. N. KARASEVA, A. N. GRITS, T. B. MAKAROVA, T. G. YANCHEVSKAYA

ACTIVITY OF OXIDOREDUCTASE UNDER ACTION OF SALICYLIC ACID AND BACTERIAL PREPARATION BASED ON *BACILLUS SUBTILIS* IN *DIOSCOREA ALATA* L. PLANTS

Summary

The effect of the commercial preparation «Karfil» and the inductor of the system resistance of plants – salicylic acid (SC) on the dynamics of isoenzymes of peroxidases and superoxide reductase (SOD) in the leaves of *Dioscorea alata* L. plants was studied. It is shown that treatment leads to stimulation of the activity of peroxidases and SOD. The possible participation of these drugs in the regulation of plant adaptation processes is discussed.

Поступила в редакцию 25.10.2017 г.

УДК 581.17:620.3

О. В. МОЛЧАН, Е. В. ЗАПРУДСКАЯ, Т. Н. КУДЕЛИНА

ВЛИЯНИЕ ФУЛЛЕРЕНОЛА НА РОСТ И СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ПРОРОСТКАХ ЯЧМЕНЯ

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

Введение. Фуллеренол $C_{60}(OH)_n$, – водорастворимый фуллерен – кристаллическая полигидроксилированная форма углерода – наночастицы диаметром около 1 нм с симметрично расположенными на сфере C_{60} гидроксильными группами [1, 2]. При повышении концентрации фуллеренол может формировать наноагрегаты, размер которых, в основном, составляют 20 и 100 нм, а также вступать в реакции с солями металлов с образованием нерастворимых полимеров [1–3]. Важной особенностью фуллеренолов являются их фотосенсибилизирующие свойства и способность связывать свободные радикалы. Так, с одной стороны, фуллеренолы могут продуцировать активные формы кислорода при возбуждении видимым и ультрафиолетовым светом. Также наблюдаются антипролиферативные и цитотоксические эффекты различных форм фуллеренолов $C_{60}(OH)_n$ [4–7]. С другой стороны, с использованием ряда экспериментальных моделей установлена антиоксидантная и антирадикальная активность фуллеренолов [8–10]. При этом большая часть публикаций посвящена исследованиям биологической активности фуллеренов по отношению к клеткам животных и микроорганизмов, а также перспективам их использования в медицине [1, 4–10]. Опубликованные работы о влиянии водорастворимых фуллеренов и их производных на растительный организм не только малочисленны, но и противоречивы [11–13]. В некоторых исследованиях показан ингибиторный эффект наночастиц на ростовые процессы растений. В то же время, в ряде случаев фуллерены стимулировали прорастание семян, рост корней и другие процессы роста и развития растительного организма, в том числе и накопление фармакологически ценных вторичных метаболитов [11–13]. Например, было показано, что фуллерен C_{60} в концентрации 500 мг $кг^{-1}$ редуцирует прирост биомассы проростков кукурузы и сои [11]. Установлен также ингибиторный эффект одной из водорастворимых форм фуллерена C_{70} в концентрации 0,005–0,02 мг/мл на рост проростков арабидопсиса [11]. С другой стороны, обнаружено, что полигидроксилированный фуллерен $[C_{60}(OH)_{20}]$ в концентрации 0,9–47,2 нМ стимулирует прорастание семян, накопление биомассы, а также увеличивает содержание кукурбитацина, ликопина и харантина – на 74, 82 и 20 % соответственно в тканях тропической лианы *Momordica charantia* [13]. Не исключено, что данные противоречия могут быть обусловлены как видоспецифичностью и физиологическим состоянием исследуемых растений, так и особенностями химической структуры, концентрацией и спецификой механизма действия наночастиц.

Механизмам действия фуллеренов и их водорастворимых производных на растительный организм посвящены лишь единичные публикации. Так, предполагают, что индуцируемые при фотовозбуждении фуллеренола свободные радикалы (АФК) вызывают окисление мембранных липидов и белков [1, 11]. Некоторые авторы считают, что наночастицы не распознаются защитными системами, поэтому не подвергаются биотрансформации и не выводятся из организма, что в результате приводит к их накоплению в тканях, в том числе, в проводящих системах [11, 14]. Активность аквапоринов (каналов, которые селективно транспортируют молекулы воды, контролируя осмотический потенциал ткани), также, возможно, регулируется наночастицами [11]. Было сделано предположение, что при накоплении растительными тканями углеродных наночастиц повышается электрическая проводимость внутриклеточных растворов, изменяются концентрации солей, аминокислот, сахаров и т. д., что влияет на физиологическое состояние отдельных клеток и растения в целом [11].

Получение углеродных наноматериалов, в том числе фуллеренов и их водорастворимых производных, а также исследование их физико-химических свойств в настоящее время является одним из наиболее динамично развивающихся направлений нанобиологии [1, 11]. Однако, несмотря на успехи химического синтеза, биологическая активность этих соединений изучена явно недостаточно. Цель данной работы – исследование влияния полигидроксилированного фуллерена (фуллеренола [$C_{60}(OH)_{24–26}$]) на ростовые процессы и содержание фотосинтетических пигментов в проростках ячменя.

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектом исследования являлись 7-дневные проростки ячменя *Hordeum vulgare* L. сорта Альфа, выращенные методом бумажных рулонов при 23–25^{0}C и люминесцентном освещении (люминесцентные (лампы Osram L30 W/77, уровень плотности потока фотонов 150 мкмоль $м^{-2}\cdot с^{-1}$, фотопериод – 16/8 часов свет/темнота). Использовали водные растворы фуллеренола [$C_{60}(OH)_{24–26}$] производства НПК «Нео-ТекПродакт» (г. Санкт-Петербург).

Определение удельной поверхностной площади листа (УППЛ), specific leaf weight (SLW), рассчитывали по формуле 1 [15].

$$\sigma_л = m_л/S_л, (мг/см^2). \quad (1)$$

Сумарное содержание хлорофилла и флавонолов оценивали с помощью недеструктивного оптического сенсора Dualex (FORCE-A, Orsay, France) [16]. Определение концентрации каротиноидов – спектрофотометрически методом Wettstein с использованием спектрофотометра СФ-2000 (Россия) [17].

Исследования проводили в 5 биологических повторностях, используя не менее 50 растений для каждого варианта. Для обработки полученных результатов применяли стандартные методы вариационной статистики. Данные приведены как среднее арифметическое (x) ± ошибка средней величины (S_x) [18].

Результаты и их обсуждение. Прежде всего, в данной работе была проведена оценка эффектов фуллеренола в различных концентрациях (1–

100 мг/л) на ростовые параметры – длину надземной части и удельную поверхностную площадь листа проростков (рис. 1).

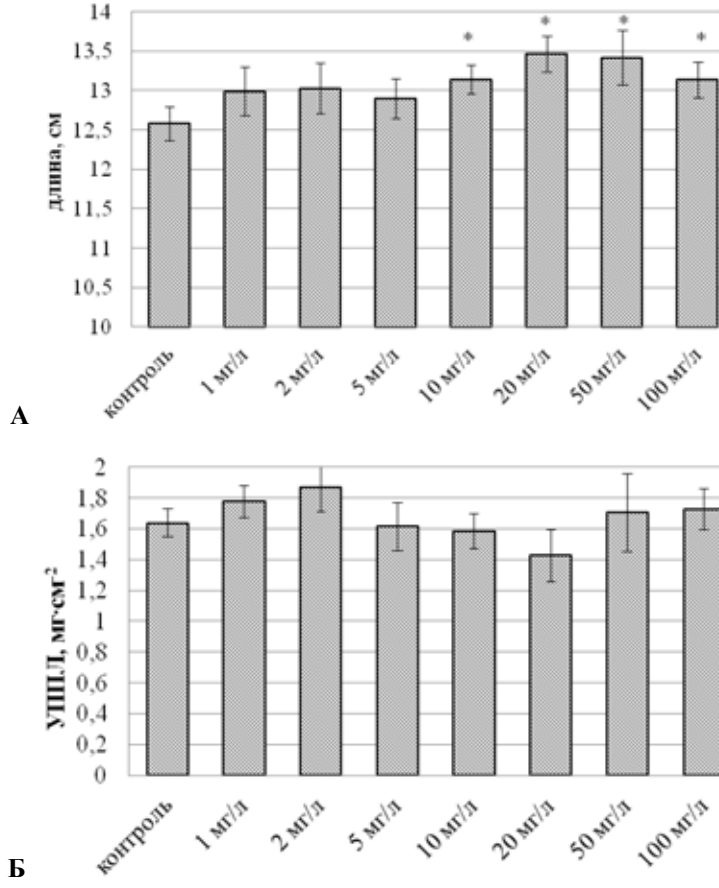


Рис. 1. Влияние фуллеренола $C_{60}(OH)_{24–26}$ на длину надземной части и удельную поверхностную площадь листа 7-дневных проростков ячменя.

Примечание: * – различия достоверны по сравнению с контролем при $p \leq 0{,}05$.

В результате был обнаружен стимулирующий эффект фуллеренола на длину проростков. Так, при концентрации наночастиц 10, 20, 50 и 100 мг/л наблюдается достоверная активация ростовых процессов (рис. 1А).

Полигидроксилированный водорастворимый фуллерен может поступать в семена уже на первых этапах набухания. Предполагается, что наночастицы фуллеренола способны ускорять поступление воды, инициируя образование проколов в оболочке семени и, таким образом, стимулировать прорастание семян. Подобный эффект был показан при исследовании влияния углеродных нанотрубок на прорастание семян томата [19]. Ранее нами также было показано стимулирующее влияние фуллеренола на прорастание семян ячменя [20]. Поэтому, поскольку под действием фуллеренола наблюдали увеличение скорости прорастания [20], закономерным было обнаружение стимуляции роста надземной части проростков в присутствии наночастиц.

На рисунке 1А также видно, что повышение концентрации более 20 мг/л не приводило к усилению эффекта, что может быть связано с формированием при высоких концентрациях большего числа биологически неактивных наноагрегатов. Возможно также, что аккумуляция наночастиц и их агрегатов в клетках и тканях в высокой концентрации препятствует транспорту питательных и регуляторных элементов, вызывая задержку ростовых процессов [21, 22]. С другой стороны, для биологических эффектов наночастиц часто не наблюдают классическую зависимость доза-эффект из-за их способности формировать агрегаты в гетерогенных средах, которыми является содержимое клетки [11].

Накапливаясь в прорастающих семенах и проростках, фуллеренол может воздействовать на процессы, связанные с активной структурной, физиологической и биохимической перестройкой. Поэтому важно было также оценить физиолого-биохимические параметры исследуемых проростков. Одним из параметров, характеризующих физиологическое состояние растения, является удельная поверхностная плотность листа (УППЛ), косвенно характеризующая толщину листа и долю в нем сухого вещества. В данной работе достоверных различий параметра УППЛ под влиянием фуллеренола обнаружено не было (рис. 1Б). Этот параметр может варьировать в диапазоне 1,5–15 мг/см^2 и обычно положительно коррелирует с интенсивностью фотосинтеза, как в генотипическом плане, так и при варьировании условий выращивания. Таким образом, достоверного отличия от контроля в интенсивности накопления сухого вещества, обусловленного фотосинтетическими процессами, под влиянием фуллеренола не было отмечено ни при одной из исследованных концентраций.

Интересно, что при этом наблюдалось изменение содержания фотосинтетических пигментов (рис. 2). Так, в среднем содержание хлорофиллов в надземной части 7-дневных проростков составляло 26–28 мг/см^2, и в присутствии фуллеренола в концентрации 10, 20, 50 и 100 мг/л отмечено его достоверное снижение (рис. 2А). Схожие эффекты фуллеренола были отмечены при исследовании интенсивности флуоресценции хлорофилла в проростках ячменя (данные не показаны).

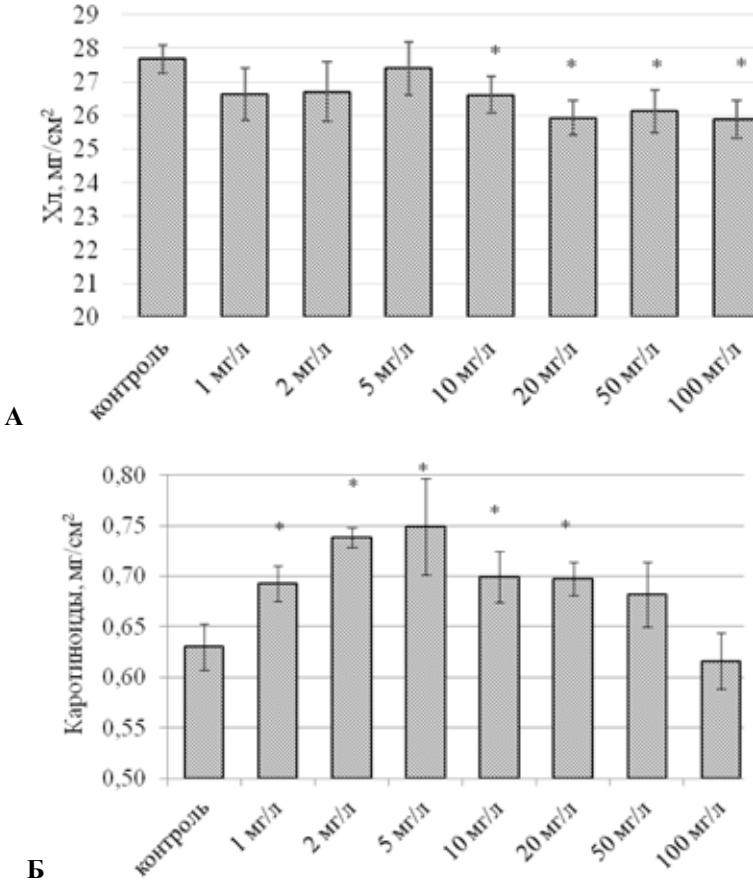


Рис. 2. Влияние фуллеренола $C_{60}(OH)_{24}$ на содержание хлорофилла и каротиноидов в 7-дневных проростках ячменя.

Примечание: * – различия достоверны по сравнению с контролем при $p \leq 0,05$.

Известно, что высокая стабильность и уникальные химические и физические свойства углеродных наноматериалов потенциально позволяют использовать их для улучшения функциональных характеристик фотосинтетического аппарата растений [23]. Так в работах последних нескольких лет было показано, что на основе хлоропластов растений с использованием углеродных нанотрубок можно создавать фотокаталитические комплексы с новыми функциональными свойствами [23]. Были получены результаты, которые показывают, что углеродные нанотрубки

могут оптимизировать преобразование световой энергии в хлоропластах *in vivo* и *ex vivo*. Наночастицы поглощают свет в широком диапазоне длин волн в ультрафиолетовой, видимой и области ближнего инфракрасного излучения, и, встраиваясь в тилакоидную мембрану, возможно, могут способствовать усилению световых реакций фотосинтеза. Предполагается, что активация наночастиц приводит к генерации фотоэлектрохимического потока электронов к реакционным центрам. Хотя механизм до сих пор не изучен, передача электронов между углеродными нанотрубками и элементами фотосинтетического аппарата растений продемонстрирована в ряде исследований [24, 25]. Кроме того, показана способность ряда наночастиц к нейтрализации активных форм кислорода в клетках растений и, таким образом, влиянию на активность и стабильность работы фотосинтетического аппарата [26]. Не исключено, что такими свойствами могут обладать и наночастицы фуллеренола.

Также было обнаружено, что под влиянием фуллеренола увеличивается содержание каротиноидов, вспомогательных пигментов фотосинтетического аппарата, обладающих к тому же антиоксидантными функциями (рис. 2Б). Прирост содержания каротиноидов был отмечен при воздействии фуллеренола в концентрации 1, 2, 5, 10 и 20 мг/л. При этом, как видно на рисунке 2 Б, содержание каротиноидов при максимальных из исследованных концентраций – 50 и 100 мг/л – достоверно не отличалось от контрольного значения. Увеличение содержания данных фотосинтетических пигментов в надземной части проростков, скорее всего, обусловлено активацией антиоксидантных систем при повышении концентрации АФК в присутствии фуллеренола на свету.

Мощными антиоксидантами являются также фенольные соединения, в особенности флавонолы [27]. Поэтому важно было определить влияние фуллеренола на содержание флавонолов в проростках ячменя. Интерес к исследованию содержания флавонолов в данной работе был обусловлен также функциями фенольных соединений в качестве структурных компонентов в образовании клеток и тканей, запасных дыхательных субстратов и индукторов различных сигналов при взаимодействии растения с окружающей средой [27].

Как видно на рисунке 3, максимальное содержание флавонолов отмечено для растений, обработанных фуллеренолом в концентрации 1–20 мг/л. В тканях надземной части проростков, в присутствии фуллеренола в боле высоких концентрациях 50 и 100 мг/л, содержание флавонолов снижается до контрольного уровня. Учитывая активацию прорастания и стимуляцию роста, обнаружение стимуляции синтеза фенольных соединений в тканях проростков было ожидаемым, поскольку это может быть связано со стимуляцией метаболических процессов. При этом, скорее всего, снижение содержания флавонолов до уровня контроля под действием высоких концентраций фуллеренола (рис. 3 А) обусловлено его собственной антиоксидантной активностью. Данное предположение подтверждается схожим характером изменения содержания каротиноидов.

Таким образом, можно предположить, что фуллеренол стимулирует в проростках развитие стрессовой реакции, приводящей к активации антиоксидантной системы и, в частности, к синтезу фенольных соединений.

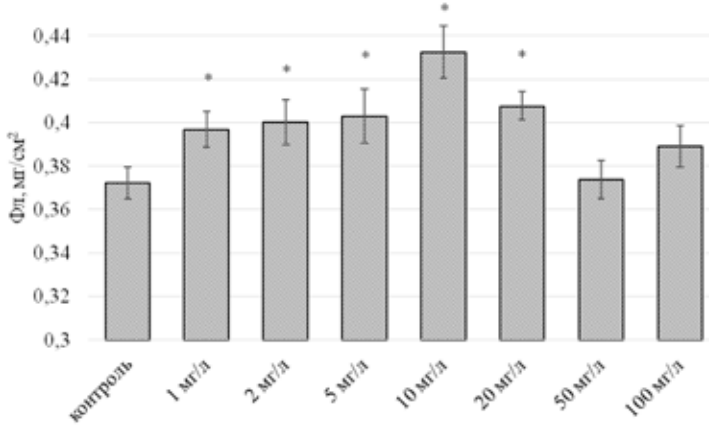


Рис. 3. Влияние фуллеренола $C_{60}(OH)_{24}$ на содержание флавонолов в 7-дневных проростках ячменя.

Примечание: * – различия достоверны по сравнению с контролем при $p \leq 0,05$.

Заключение. В результате проведенных исследований было установлено, что фуллеренол стимулирует ростовые процессы проростков ячменя. Причем, при оценке ростовых процессов более выраженным оказывается эффект высоких, а при оценке содержания каротиноидов и флавонолов в надземной части проростков – низких концентраций фуллеренола. Было показано также снижение содержания хлорофилла под влиянием фуллеренола при отсутствии достоверных изменений удельной поверхностной плотности листа – параметра, косвенно характеризующего интенсивность фотосинтеза. Обнаруженные эффекты свидетельствуют о воздействии фуллеренола на активность антиоксидантных систем клеток проростков ячменя. При этом физиологическая активность полигидроксилированного фуллерена может быть связана с влиянием на фотосинтетический аппарат и систему синтеза и накопления фенольных соединений.

Литература

1. Dordevic A., Bogdanovic G. // Arch. Oncol. 2008. V. 16. № 3–4. P. 42–45.

2. Wilson S.R., Schuster D.I., Nuber B., Meier M.S., Maggini M., Prato M. // Fullerenes: Chemistry, Physics and Technology. New York: Wiley-Interscience. 2000. P. 91–177.

3. Anderson R, Barron A.R. // J Am Chem Soc. 2005. V. 127. P. 10458–10459.
4. Pickering K.D., Wiesner M.R. // Environ Sci Technol. 2005. V. 39. P. 1359–1365.
5. Mashino T., Nishiskawa D., Takahaski K., Usui N., Yamori T., Seki M. // Bioorg Med Chem. 2003. V. 13. P. 4395–4397.
6. Robert JE, Wielgus AR, Boyes WK, Andley U, Chignell CF. // Tox App Pharm. 2008. V. 228. P. 49–58.
7. Sayes C.M., Fortner J.D., Guo W., Lyon D., Boyd A.M., Ausman K.D. // Nano Lett. V. 2004. № 4. P. 1881–1887.
8. Lai H.S., Chen W.J., Chaing L.Y. // World J Surg. 2000. V. 24. P. 450–454.
9. Dugan L.L., Gabrielsen J.K., Yu S.P., Lin T.S., Choi D.W. // Neurobiol Dis. 1996. V. 3. P. 129–135.
10. Djordjevic A., Canadanovic-Brunet J., Vojinovic-Miloradov M., Bogdanovic G. // Oxid Commun. 2005. V. 27. P. 806–812.
11. Husen A. Siddiqi K. S. // Journal of Nanobiotechnology. 2014. V. 12. P. 16.
12. Torre-Roche R.D.L. // Environ Sci Technol. 2013. V. 47. P. 12539–12547.
13. Kole C. // BMC Biotechnol. 2013. V. 13. P. 37.
14. Макаров, Д. В. // Вестн. КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2013. № 1 (6). С. 73–79.
15. Зеленский М.И., Быков О.Д. Терминология количественных характеристик при изучении роста, продуктивности и фотосинтеза сельскохозяйственных растений. Методические указания. // ВИР. 1982. 45 с.
16. Cerovic, Z. G., Masdoumier, G., Ghozlen, N. B., Latouche, G. // Physiol. Plant. 2012. V. 146, N. 3. P. 251–260.
17. Wettstein D. // Experimental Cell Research. 1957. V. 12. № 3. P. 427-489.
18. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. М.: Высш. шк., 1978. 312 с.
19. Khodakovskaya M.V. // Small. 2013. V. 14. P. 115–123.
20. Молчан О.В., Обуховская Л.В., Реуцкий В.Г. // Труды Белорусского государственного университета. Серия «Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем». 2014. Т. 9. С. 56–61.
21. Vileno B. // Adv Funct Mater. 2006. V. 16. P. 120–128.
22. Brant, J.A. // J Colloid Interface Science. 2007. V. 314. P. 281–288.
23. Giraldo J. P., Landry M.P., Faltermeier S.M., McNicholas T.P., Iverson N.M., Boghossian A.A., Reuel N.F., Hilmer A.J., Sen F., Brew J.A., Strano M.S. // Nature materials. 2014. V. 13. P. 400–408.
24. Boghossian A.A., Ham M.-H., Choi J.H., Strano M.S. // Energy Environ. Sci. 2011. V. 4. P. 3834–3843.
25. Calkins J.O., Umasankar Y., O'Neill H., Ramasamy R.P. // Energy Environ. Sci. 2013. V. 6. P. 1891–1900.
26. Boghossian, A.A. // Adv. Energy Mater. 2013 V. 3. P. 881–893.
27. Запрометов М.Н. Фенольные соединения. Распространение и метаболизм в растениях. 1993. М.: Наука. 272 с.

О. В. МОЛЧАН, Е. В. ЗАПРУДСКАЯ, Т. Н. КУДЕЛИНА

ВЛИЯНИЕ ФУЛЛЕРЕНОЛА НА РОСТ И СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ПРОРОСТКАХ ЯЧМЕНЯ

Резюме

Было изучено влияние фуллеренола на ростовые процессы и содержание фотосинтетических пигментов проростков ячменя. Причем, при оценке ростовых процессов более выраженным оказывается эффект высоких, а при оценке содержания каротиноидов и флавонолов в надземной части проростков – низких концентраций фуллеренола. Было показано также снижение содержания хлорофилла под влиянием фуллеренола. В то же время не было отмечено достоверных изменений удельной поверхностной плотности листа, параметра, косвенно характеризующего интенсивность фотосинтеза. Обнаруженные эффекты свидетельствуют о воздействии фуллеренола на активность антиоксидантных систем проростков. При этом физиологическая активность полигидроксилированного фуллерена может быть связана с влиянием на фотосинтетический аппарат и систему синтеза и накопления фенольных соединений.

O. V. MOLCHAN, E. V. ZAPRUDSKAYA, T. N. KUDELINA

EFFECT OF FULLERENOL ON GROWTH AND THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN BARLEY SEEDLINGS

Summary

The effect of fullerenol on growth parameters and photosynthetic pigments content in barley seedlings was investigated. Moreover, the effect of high fullerenol concentration on seedlings growth was higher. Application of fullerenol at low concentrations was more effective when it was evaluated the content of carotenoids and flavonols in green part of seedlings. The decrease in the content of chlorophyll under the influence of fullerenol was also shown. At the same time, there was no significant change in the specific surface density of the leaf, a parameter that indirectly characterizes the intensity of photosynthesis. The observed effects indicate the influence of fullerenol on the activity of antioxidant systems in barley seedlings. In this case, the physiological activity of polyhydroxylated fullerene can be related to the effect on the photosynthetic apparatus and the system of phenolic compounds synthesis and accumulation.

Поступила в редакцию 03.11.2017

УДК 632.51+582.794.

В. Н. ПРОХОРОВ, Н. А. ЛАМАН

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОДЕРЖАНИЯ ГАЗОННЫХ ТРАВОСТОЕВ ЧИСТЫМИ ОТ МНОГОЛЕТНИХ СОРНЯКОВ

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

Введение. Проблема озеленения городов и населенных пунктов всегда отличается высокой актуальностью. Общий уровень озеленения в значительной мере определяется состоянием и декоративностью газонов, которые характеризуются многими положительными функциями для человека. В условиях высокого уровня урбанизации особенно неоценима оздоровительная роль газонов. Они сокращают площадь пылеобразующей и сильно нагреваемой поверхности и улучшают микроклимат, испаряя большое количество влаги повышают относительную влажность воздуха и создают прохладу над поверхностью, являются преградой для распространения шумов, благодаря ровной поверхности и однородной зеленой окраске успокаивающе воздействуют на психику человека. Кроме того, известна газо- и дымопоглощающая способность газонных трав, их устойчивость ко многим вредным химическим веществам [1–5].

Располагающиеся на откосах, берегах водоемов и прилегающих к ним пространствах газоны предохраняют эти водоемы от загрязнения, так как скрепляют почву и ослабляют поверхностный сток.

Газоны имеют огромное декоративно-планировочное значение. Сочетание открытых пространств газона с посадками деревьев и кустарников во многом определяет ландшафт микрорайона. Они являются одним из основных элементов любого парка, сада, сквера и т. д. и создают незаменимый фон для размещения всех декоративных элементов. Следует отметить, что газоны являются наиболее простым, легким, экономичным и в результате этого общедоступным способом озеленения. Устройство и содержание единицы площади газона значительно дешевле устройства и содержания такой же единицы площади любого замощения улиц. Экономически выгодно также временное озеленение всех тех свободных участков, которые в будущем предназначены для других целей. Удельный вес газонов в зеленом строительстве и садово-парковом хозяйстве очень велик – от 40 до 90 %, в связи с чем они имеют существенное хозяйственно-экономическое значение [1–3, 6].

В то же время в городских условиях на газоны накладывается антропогенный стресс, который приводит к выпадению злаковых растений и появлению свободных экологических ниш, что способствует проникновению в такие фитоценозы различных видов сорных растений. Если однолетние виды сорных растений достаточно легко удаляются из структуры газона путем регулярного скашивания, то многолетние не только снижают эстетическое восприятие, но и постепенно вытесняют злаки из

фитоценозов. Особенно сильное проникновение в травостои городских газонов отмечается для одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* L.), который благодаря своей высокой плодовитости (одно растение дает до 10–15 тысяч семян) и способности расселения быстро занимает освобождающиеся экологические ниши [2–3].

В этой связи содержание газонов чистыми от многолетних видов сорных растений является весьма актуальным для городских территорий. В настоящее время борьба с многолетними видами сорняков в Беларуси решается путем использования разрешенных к применению в городских условиях химических препаратов Лонтрел 300, ВР и Линтур, ВДГ. Однако в последние годы отмечается значительное повышение устойчивости растений одуванчика лекарственного к данным гербицидам, особенно к Лонтрелу. Это приводит к существенному засорению одуванчиком городских газонов, обуславливая снижение их декоративных качеств и насыщение воздуха пыльцой. Пыльца одуванчика может вызвать ряд сильных аллергических реакций дыхательных путей и кожных покровов человека. Известно, что аллергия на пыльцу одуванчика, или поллиноз (сезонный аллергический риноконъюнктивит) является одним из стимуляторов тяжелого заболевания – бронхиальной астмы. Кроме того, пыльца одуванчика, попадающая на цветки других растений, угнетает прорастание их пыльцы (например, кандыка (*Erythronium* L.) и желтушника (*Erysimum* L.)) [7].

Кроме того, благодаря высокой конкурентоспособности и аллелопатической активности одуванчик лекарственный оказывает существенное влияние на изменение структуры фитоценозов [8]. Отмечается, что выделяемые им вещества угнетают прорастание семян овсяницы красной (*Festuca rubra* L.) и мятлика лугового (*Poa pratensis* L.) [9], основных злаковых компонентов фитоценозов.

Значительные финансовые средства выделяются каждый год на стрижку газонов, большие площади которых находятся на балансе районных отделений УП «Минскзеленстрой». Кроме того, ежегодно в г. Минске силами предприятий системы УП «Минскзеленстрой» и УП «Зеленстрой» административных районов г. Минска устраивается более 150 га новых газонов. Согласно правилам благоустройства и содержания города Минска, скашивание газонов на объектах категории «Центр» (расположенных в центральной части города, а также наиболее посещаемых) должно осуществляться не реже чем 1 раз в 10 дней. На остальных территориях – по мере необходимости, но не реже 1 раза в 15 дней. В парках и лесопарках траву стригут только в 5-метровой зоне от пешеходных дорожек и площадок, где проводятся массовые мероприятия. Большие затраты идут также на ручное восстановление нарушенных газонов в результате внедрения в них злостных сорняков, в первую очередь одуванчика лекарственного.

Одним из экологически безопасных способов формирования высококачественных газонов является обработка травостоя регуляторами роста. Отмечается, что грамотно разработанная программа применения регуляторов роста позволяет снизить затраты на стрижку и вывоз травы на 50 %

и более [10]. Этот прием особенно важен в мероприятиях по уходу за гринами гольф-полей, травянистыми теннисными кортами, футбольными полями.

Поэтому разработка экологически безопасных способов подавления роста, развития и формирования жизнеспособного потомства одуванчика лекарственного с одновременным сокращением материальных и трудовых затрат по уходу за газонами, несомненно будет иметь практическое значение для создания зеленых зон в условиях урбанизированной среды. Кроме того, использование биологически активных соединений будет способствовать повышению качества городских газонов за счет усиления процессов кущения злаковых трав, что позволит формировать более плотную дернину, а также снизить количество аллергенной пыльцы одуванчика лекарственного в период его массового цветения.

Результаты исследований и их обсуждение. В настоящее время в почвенно-климатических условиях Беларуси встречается около 400 видов сорных растений, из которых около 40 причиняют реальный вред газонам. Конкурируя с культурными растениями, сорняки поглощают из почвы большое количество питательных веществ и влаги, затеняют растения газонных трав, задерживают их развитие. Они угнетают основные дернообразующие виды, ухудшают декоративность, уменьшают густоту травостоя. На засоренных участках снижается полевая всхожесть семян культурных растений, эффективность удобрений, мелиоративных мероприятий и других агротехнических приемов. Сорняки являются местообитанием и временным источником питания многих насекомых вредителей, способствуют распространению грибных, бактериальных и вирусных заболеваний. Имея мощную корневую систему, многие из них расходуют в отдельные периоды вегетации влаги в 1,5–2 раза больше, чем культурные растения. В регулярно скашиваемых газонах одно- и двулетние сорняки встречаются очень редко. Самый большой вред приносят многолетние сорняки. Наиболее распространенными и вредоносными из них являются бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), а в городских условиях особенно одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* L.) [1].

Семенная продуктивность – один из наиболее важных показателей, характеризующих роль вида в фитоценозе. На нарушенных местообитаниях семенная продуктивность одуванчика лекарственного достигает 7000 и более семян на одно растение, в луговых травостоях она снижается до 150–250 штук [11]. Среднее количество выполненных семянок в корзинке варьирует от 45 до 212 штук. Общее число семян на растение колеблется в среднем от 800 до 3000 штук на особь [12]. На сильно засоренных участках количество семян достигает 60 000 штук/м^2. После открытия соцветия должно пройти не менее 7 дней для достижения полной спелости семян. Поэтому, если все соцветия, в том числе те, которые закрыты, удаляются с растения (например, путем скашивания), прорастание семян из высушенных соцветий составляет только около 15 %.

Полностью зрелые семена *T. officinale* не имеют первичного покоя и могут прорастать почти сразу, как только они покидают материнское растение. Однако близость семян друг к другу влияет на всхожесть. В американском исследовании семена, размещенные отдельно или группами из 5, 10 или 25 имели всхожесть 68, 64, 54 и 41 %, соответственно.

Полевая всхожесть семян обычно составляет 80–90 %. Со временем способность к прорастанию сначала постепенно, а потом быстро снижается, особенно резко через 1,5 года хранения. Жизнеспособность семян в почве через 4–5 лет составляет 1–6 %, однако и через 9 лет обнаруживаются единичные всхожие семена [11, 13].

Высокая конкурентоспособность одуванчика обусловлена не только высокой семенной продуктивностью, но и способностью корневой системы проникать глубоко в почву, что обеспечивает ему преимущество в поглощении питательных веществ и воды. Так, в засушливые годы одуванчик разрастается, что связано с ослаблением конкуренции со стороны других видов растений [14], а корень интенсивно поглощает воду даже после срезания листьев. Доказательством этому служит факт, что уничтожение одуванчика на пастбище приводит к увеличению урожая зеленой массы травостоя на 25–50 %. Отмечается также способность растений одуванчика, благодаря мощным плотным розеткам с широкими листовыми пластинками конкурировать с другими видами за свет. Это позволяет данному таксону успешно адаптироваться к различным биотическим и абиотическим факторам. В то же время, несмотря на сильно развитую корневую систему, водный дефицит лимитирует распространение одуванчика. Наиболее чувствительны к засухе молодые и генеративные растения, в результате чего во время летней засухи отмечается массовая гибель всходов и снижение семенной продуктивности. Полив способствует увеличению численности растений в 2–8 раз [15].

Одуванчик – эксплерент. Он способен быстро занимать пространства, лишенные растительности, а также в разреженных травостоях.

Одуванчик лекарственный – светолюбивое растение, не выносит сильного затенения. Поэтому световой фактор является для него определяющим в конкурентных отношениях. Недостаток света сказывается в первую очередь на исчезновении в травостое цветущих растений. При дальнейшем усилении дефицита света уменьшается численность вегетирующих растений. На газонах при частом низком скашивании злаки не оказывают угнетающего влияния на одуванчик. Однако частое срезание угнетает одуванчик [15].

Семена могут прорастать с поверхности почвы и с небольшой глубины. Максимальное количество проростков отмечается при размещении семян на глубине до 1,5 см. С глубины 4 см семена не прорастают.

Период прорастания семян растянут до 40 дней, однако основная их доля прорастает на 5–9-й день (первые проростки появляются на 3–4-й день). Проростки, появившиеся осенью, хорошо сохраняются до зимы и зимуют. В фитоценозах способность к цветению у одуванчика часто

наступает в конце лета или осенью в год посева, у большинства же растений – весной следующего года, иногда на 3–4-й год. На незадерненных и слабо задерненных нарушенных местах одуванчик зацветает на 2-й год жизни [15–16]. На задерненных лугах – на 3–4-й год и позже. В густых травостоях одуванчик практически не цветет. Жизненный цикл растение проходит за 10–20 и более лет [17].

Одуванчик – анемохор. При благоприятных условиях семянки разносятся на 200–500 м, при неблагоприятных (например, сильном дожде) падают на землю в радиусе 40 м. Дальность полета семянок зависит от их веса, высоты цветоноса и силы ветра. Незначительное количество семянок падает около материнских растений на расстоянии 2–3 м. Чем дальше от материнского растения улетают семянки, тем больше среди них пустых. Они задерживаются в трещинах, впадинах, вблизи препятствий, например взрослых растений одуванчика, растений других видов, канав, деревьев и др. Отсюда часто наблюдаемая в природе пятнистость распределения одуванчика.

Основной способ самоподдержания популяции семенное размножение. Специализированных органов вегетативного размножения у него нет, но корень обладает высокой способностью к регенерации, образует новые розетки из почек, возникших на перерезанном главном корне, или отрастает от корневых черенков длиной не менее 6–10 мм и диаметром 1,25 мм.

Меры по ограничению численности и распространения одуванчика лекарственного

Мероприятия по ограничению численности и распространению одуванчика лекарственного включают предупредительные (профилактические) и истребительные (агротехнические, химические и биологические) меры. Важное место в снижении числа сорных растений в целом и одуванчика лекарственного в частности отводится правильной подготовке почвы перед закладкой новых газонных травостоев. На этом этапе широко применяют агротехнические методы, разработанные на основе стандартных мероприятий по обработке почвы, при проведении которых используют уничтожение и подавление сорняков: провокация семян к прорастанию; механическое уничтожение; истощение; удушение [1]. Большое внимание уделяется также уничтожению старой растительности перед закладкой газона при помощи гербицидов сплошного системного действия (типа глифосатсодержащих – раундап, торнадо, ураган-форте) [18–19]. Очень эффективна обработка вегетирующего газона гербицидами избирательного системного действия. К ним относятся агритокс, базагран, балерина, гербитокс, дифезан, линтур, лонтрел-300, лорнет, пропопол и др. Гербициды вносят при высоте сорняков 4–7 см, начиная с фазы 1–2 листьев у газонных трав и до фазы кущения включительно. В последние годы в связи с проявлением у растений одуванчика к применяемым на газонах гербицидам, отмечается актуальность расширения ассортимента используемых препаратов.

Применение регуляторов роста в формировании газонных травостоев

Одним из первых способов регуляции роста газонных трав был выпас овец и других домашних животных американскими фермерами [10]. Так продолжалось до 1830 года, когда англичанин Эдвин Беард Бадинг изобрел газонокосилку, которая в первую очередь была предназначена для стрижки газонов на спортивных площадках и в больших пейзажных садах [20]. Механическое скашивание позволяло быстрее, чем выпас животных, проводить уход за газоном и формировать выровненный по высоте растительный покров. С другой стороны, использование газонокосилок привело к увеличению затрат на обслуживание газонов. Тем не менее, несмотря на недостатки механической регуляция роста газонных трав, этот способ использовался более чем 100 лет после его изобретения. Начиная с середины 1940-х годов, были опубликованы первые результаты по регуляции роста растений с использованием экзогенных ингибиторов роста. И первым в этом списке был гидразид малеиновой кислоты (табл. 1), который был применен в качестве первого коммерческого продукта для этой цели. В последующем с использованием хлорхолинхлорида, который особенно широко применялся в мире в 1960–1970 годах, ассортимент ингибиторов роста растений стал постоянно расширяться.

Таблица 1. Основные регуляторы роста, применяемые на газонных травостоях [21]

Общее название	Коммерческое название	Год начала применения
Малеиновый гидразид	Royal Slo-Gro	1950
Хлорфлуренол	Maintain CF 125	1960
Мефлуидид	Embark	1970
Флурпримидол	Cutless	1980
Амидохлор	Limit	1980
Паклобутразол	TGR, Turf-Enhancer, Trimmit	1980
Паклобутразол	Primo MAXX	1990
Этефон	Proxy	2000

В конце 40-х годов начался активный поиск препаратов для сокращения стрижек газона в течение вегетации. Однако большинство испытанных веществ было отсеяно, так как не обладало нужным эффектом. Среди них были ингибиторы клеточного деления, такие как *N*–диметил-аминосукцинамовая кислота, этефон, гиберелловая кислота, кинетин, *N*-диметиламиносукцинамовая кислота, ССС и фосфониум были не только неэффективны, но и наносили серьезный ущерб газонам [22]. Этефон был первый зарегистрированный продукт, который среди изученных в тот период времени был менее фитотоксичен и коммерчески доступен [23]. Этефон использовался вплоть до начала 1990-х годов, после чего произошла переоценка его применения на газонах. С той же целью

в 1950-е и 1960-е годы использовали некоторые синтетические гиббереллины, малеиновый гидразид и хлорфлуренол из класса морфактинов. Среди них, наибольшее внимание было уделено малеиновому гидразиду [22, 24–25]. В 1970-х и 1980-х годах были внедрены новые перспективные соединения, которые обладали большей эффективностью и меньшей фитотоксичностью. Мефлуидид был одним из наиболее важных соединений, поскольку он ингибирует рост растений в течение длительного времени и менее токсичен по отношению к корням растений [26]. Кроме того, повышенное внимание к мефлуидиду было связано с тем, что это был первый препарат, который при низких дозах может ингибировать не только деление клеток, но и их растяжение [22]. Наиболее важная эволюция регуляторов роста растений имела место в 1990-е годы, с выпуском современных соединений, способных уменьшить вертикальный рост газонных растений, не влияя на кущение и корневую систему. На рынках появились паклобутразол, флурпримидол, тринексапак-этил, прогексадион кальция. Следует отметить, что основной задачей регуляторов роста является уменьшение высоты растений без снижения других характеристик и функций растения. Таким образом, регулятор роста для идеального газона должен снижать высоту растений без уменьшения плотности куста и не вызывать видимых повреждений.

Применение регуляторов роста на газонах, кроме снижения числа стрижек направлено также на подавление образования генеративных органов (цветоносов). Кроме того, использование регуляторов уменьшает затраты на сбор срезанной травы, ее транспортировку и утилизацию [20, 27]. Многие регуляторы роста растений могут снизить необходимость искусственного орошения и повысить эффективность газонных фунгицидов [28–33]. С другой стороны, использование регуляторов роста растений напрямую связано с уровнем технологии, принятой для управления и сохранения газонов. В США, например, гольф-поля поддерживаются с высоким уровнем качества. Они требуют большего количества стрижек, чем обочины или парки. Жилые и производственные газоны, с другой стороны, поддерживаются на среднем уровне качества, так как управление ими зависит от ухода, проводимого их владельцем. Таким образом, использование регуляторов роста растений чаще встречается на газонах, которые используются в спортивной практике [34], при этом обработка газонов с низким качеством травостоя рискованна [35].

Изложенное выше показывает, что в последнее время в технологиях по уходу за газонами в технологическую карту наряду с удобрениями включаются в обязательном порядке и ингибиторы роста [36–37].

Проведенные исследования показали, что управление газоном должно сочетать применение ингибиторов роста с механической стрижкой [20]. Эффекты синтетических соединений аналогичны тем, которые наблюдаются при действии естественных гормонов растений, но сильно зависят от вида растений, дозы, времени применения, количества обработок и условий окружающей среды в период применения препарата. Поэтому ингибиторы роста растений могут иметь некоторые нежелательные эф-

фекты при использовании. Необоснованное использование регуляторов может привести к потере визуального качества газонов. Повреждения листьев от применения ингибиторов роста могут проявляться в виде некрозов различных оттенков. Вид поврежденных листьев может меняться от зеленоватого до черного некроза [38–40]. Отдельные исследования показали, что такие повреждения могут быть связаны с изменением содержания хлорофилла в тканях растений [38, 41].

В условиях высоких температур при неправильном применении ингибиторов роста повреждение газона более выражено и отличается сильным пожелтением листьев. В некоторых случаях наблюдается усыхание кончиков листьев. Реакция на неправильное применение регуляторов может проявиться через несколько дней, а иногда и через 8 недель. Обесцвечивание и высыхание кончиков листьев, по-видимому, связано с нарушением процесса биосинтеза гиббереллина, который сопряжен в таких условиях с выделением этилена [40, 42–45].

Указанные отрицательные эффекты способствовали поиску средств для придания газонам естественного зеленого вида. Это обусловило применение синтетических веществ на основе акрилового латекса, которые особенно часто стали использовать при острой необходимости проведения телевизионных трансляций спортивных мероприятий [46–47].

Некоторые исследования по устранению негативного влияния ингибиторов на внешний вид газонов показали, что зеленый цвет может быть достаточно быстро возвращен при использовании дополнительных источников железа и азота [48–50].

Несомненно, что лучшим выходом из этой ситуации является строгое регламентирование применения ингибиторов роста. Наименьший вред приносят невысокие, однократные дозы регуляторов. Высокие дозы снижают высоту растений в течение более длительного времени, однако обладают высоким риском негативных последствий. Поэтому дисбаланс между эффективностью и травматизмом газона должен решаться путем подбора скорректированных доз ингибитора роста [43, 52–53].

Анализ большинства работ, опубликованных до начала XXI века показал, что использование регуляторов тормозит рост растений в течение 2–4 недель после обработки [42–43, 48, 54–55]. Важным является и тот факт, что регуляторы роста позволяют снижать количество кошений в труднодоступных местах.

При обработке регуляторами экономическая эффективность при их правильном применении увеличивается за счет:

– уменьшения числа стрижек (до 50 %);

– уменьшения затрат на сбор и вывоз скошенной травы;

– уменьшения затрат на внесение минеральных удобрений и количества поливов;

– уменьшения затрат на восстановление нарушенных газонов, в том числе на покупку дорогостоящих семян;

– сокращения числа стрижек около столбов, деревьев, заборов, фонарей, памятников, статуй, скамеек, где травостой остается аккуратным в течение нескольких недель;

– сокращения затрат на эксплуатацию специального оборудования (газонокосилок, триммеров);

– возможности перераспределении рабочей силы в течение вегетационного сезона;

– снижения количества аллергенной пыльцы.

Кроме того, обработка регуляторами эффективна на неудобных для скашивания участках (крутые склоны, канавы, насыпи, курганы), при обработке тротуаров, участков газонов, примыкающих к автомобильным и железнодорожным трассам, территорий аэродромов, а также при уходе за гринами гольф-полей, травянистыми теннисными кортами, футбольными полями.

Объектами наших исследований были травостои газонных трав, засоренные одуванчиком лекарственным. Полевые опыты проводили в 2016–2017 гг. в Октябрьском районе г. Минска (на территории РНПЦ травматологии) и Ленинском районе г. Минска (на территории УП «Зеленстрой Ленинского района г. Минска»). В полевых опытах изучали влияние ряда препаратов на растения одуванчика лекарственного и состояние газонных трав. Среди препаратов были: **Фазор 80 ВГ** (водорастворимые гранулы, содержащие 800 г/кг малеинового гидразида по калиевой соли); **Линтур, ВДГ** (триасульфурон, 41 г/кг + дикамба, 659 г/кг); **Лонтрел-300** (клопиралид, 300 г/л), **Магнум, ВДГ** (метсульфурон-метил, 600 г/кг); **Балерина, СЭ** (ЭГЭ 2,4-Д кислоты, 410 г/л + флорасулам, 7,4 г/л). Изучали влияние однократного применения препаратов и их баковых смесей, внесенных путем опрыскивания (через 3–4 дня после скашивания газона) весной (2–3-я декады мая) и осенью (2–3-я декады сентября). Схемы опытов включали различные варианты, среди которых основными были: контроль; Фазор, 7,5 кг/га; Фазор, 3,75 кг/га; Фазор, 1,88 кг/га; 5. Фазор, 3,75 кг/га + Магнум, 15 г/га; Фазор, 1,88 кг/га + Магнум, 7,5 г/га; Магнум, 30 г/га; Магнум, 15 г/га; Магнум, 7,5 г/га; Лонтрел, 0,66 л/га; Линтур, 0,18 кг/га; Балерина, 0,5 л/га. Площадь делянки 25 м^2. Все применяемые в опытах препараты внесены в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь».

В опытах на территории РНПЦ травматологии (рис. 1) установлено, что для снижения количества растений одуванчика лекарственного в газонных травостоях наиболее эффективной является обработка баковой смесью препаратов Фазор и Магнум. Количество растений одуванчика лекарственного в этом варианте опыта при осенней обработке снижается в сравнении с контролем более чем в 20 раз (рис. 2).



Рис. 1. Внешний вид газонного травостоя на территории РНПЦ травматологии до закладки опытов по изучению влияния препаратов и их баковых смесей на растения одуванчика лекарственного.

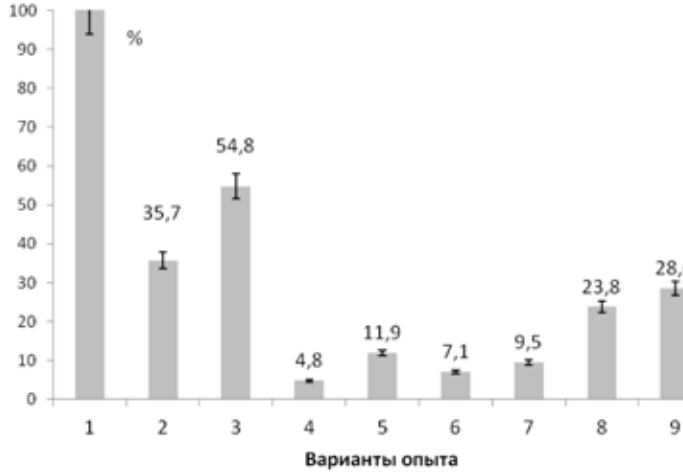


Рис. 2. Влияние осенней обработки газонов различными препаратами и их баковыми смесями на количество растений одуванчика лекарственного в газонном травостое
Опыты на территории РНПЦ травматологии, г. Минск.
Условные обозначения: 1. Контроль; 2. Фазор, 7,5 кг/га; 3. Фазор, 3,75 кг/га; 4. Фазор, 3,75 кг/га + Магнум, 15 г/га; 5. Магнум, 30 г/га; 6. Магнум, 15 г/га; 7. Лонтрел, 0,66 л/га; 8. Линтур, 0,18 кг/га; 9. Балерина, 0,5 л/га.

Аналогичный эффект получен и в опытах с весенней обработкой газонных травостоев (рис. 3). Так же как и при осенней обработке, более эффективным был вариант с применением баковой смеси препаратами Фазор и Магнум.

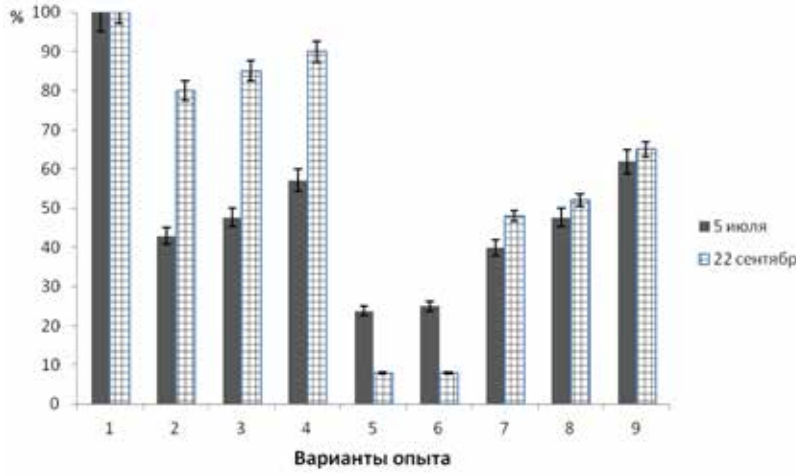


Рис. 3. Влияние весенней обработки газонов различными препаратами и их баковыми смесями на количество растений одуванчика лекарственного в газонном травостое. Опыты на территории РНПЦ травматологии, г. Минск.
Условные обозначения: 1. Контроль; 2. Фазор, 7,5 кг/га; 3. Фазор, 3,75 кг/га; 4. Фазор, 1,88 кг/га; 5. Фазор, 3,75 кг/га + Магнум, 15 г/га; 6. Фазор, 3,75 кг/га + Магнум, 7,5 г/га; 7. Магнум, 30 г/га; 8. Магнум, 15 г/га; 9. Магнум, 7,5 г/га.

Как уже отмечалось выше [56–57], семена одуванчика не имеют периода покоя и могут прорастать сразу после созревания. Поэтому во второй половине вегетационного периода в большинстве вариантов опыта отмечается увеличение количества растений одуванчика лекарственного, появившихся из семян текущего года (рис. 4). В то же время, в вариантах с применением баковых смесей препаратов Фазор и Магнум, наоборот, происходит дальнейшее снижение численности одуванчика лекарственного. Это, вероятно, обусловлено ингибирующим влиянием этих композиций на процессы прорастания и роста проростков одуванчика лекарственного.

Тем не менее, несмотря на некоторое увеличение численности растений одуванчика во второй половине вегетации, эффективность обработок, проведенных в первой половине мая, хорошо проявляется и в конце вегетационного периода. Кроме того, в опытных вариантах не было отмечено цветущих растений одуванчика, что важно с точки зрения увеличения запаса его семян в почве.

Для подтверждения эффективности баковой смеси препаратов Фазор и Магнум на территории РНПЦ травматологии и ортопедии в мае месяце после скашивания газона были также заложены крупноделяночные опыты (площадь делянки 77 м^2). Газонный травостой на территории проведения опыта очень сильно засорен растениями одуванчика лекарственного (32 растения на 1 м^2) и другими сорными видами: торицей полевой (*Spérgula arvénsis* L.), люцерной хмелевидной (*Medicago lupulína* L.), тысячелистником обыкновенным (*Achilléa millefólium* L.), пастушьей сумкой обыкновенной (*Capsella bursa-pastoris* L.), дымянкой аптечной (*Fumaria officinalis* L.), осотом полевым (*Sonchus arvensis* L.), подмаренником настоящим (*Galium verum* L.), горцем птичим (*Polygonum aviculare L.*), подорожником большим (*Plantago major* L.). Обработка баковой смесью препаратов Фазор и Магнум также показала эффективное подавление роста и развития одуванчика лекарственного. Оценка состояния газона через месяц после проведения обработки выявила полное отсутствие растений одуванчика лекарственного (рис. 5) и других видов сорных растений.



Рис. 4. Период массового распространения семян одуванчика лекарственного.

У обработанных растений одуванчика листья сначала краснеют и сморщиваются, потом ослизняются и высыхают. В дальнейшем такие растения отмирают. Повреждение газонного травостоя при применении баковой смеси не обнаружено. Кроме того, отмечено торможение роста злаков в течение 2,5 месяцев после обработки. Сухая надземная биомасса травостоя через 2 месяца после применения баковой смеси была в 2,2 раза меньше, чем в контрольном варианте. Одновременно со снижени-

ем прироста газонной травы в опытном варианте отмечается некоторое повышение содержания в растениях суммы хлорофилла *a* и *b* с 2,52 мг/г до 2,78 мг/г сырой биомассы, что согласуется с результатами других авторов [58]. Опыты по изучению влияния препаратов и их баковых смесей проводили также в Лошицком парке г. Минска на территории УП «Зеленстрой Ленинского района г. Минска» (рис. 6).



Рис. 5. Внешний вид газонного травостоя: а – до обработки баковой смесью препаратов Фазор и Магнум; б – через 1 месяц после обработки; в-через 2,5 месяца после обработки. Опыты на территории РНПЦ травматологии, г. Минск.



Рис. 6. Внешний вид газонного травостоя в Лошицком парке до закладки опытов по изучению влияния препаратов и их баковых смесей на растения одуванчика лекарственного.

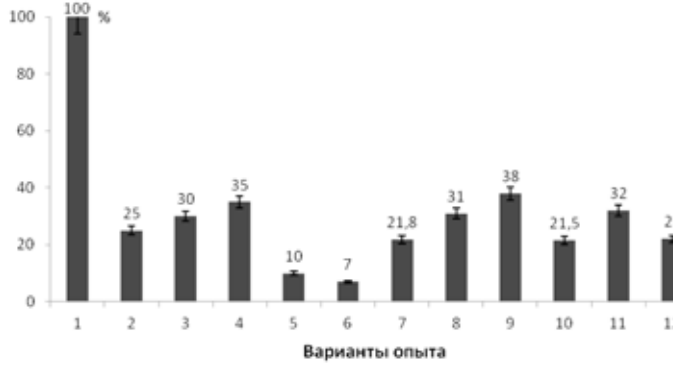


Рис. 7. Влияние весенней обработки газонов различными препаратами и их баковыми смесями на количество растений одуванчика лекарственного в газонном травостое. Опыты на территории Лошицкого парка г. Минска:
1. Контроль; 2. Фазор, 7,5 кг/га; 3. Фазор, 3,75 кг/га; 4. Фазор, 1,88 кг/га; 5. Фазор, 3,75 кг/га + Магнум, 15 г/га; 6. Фазор, 1,88 кг/га + Магнум, 7,5 г/га; 7. Магнум, 30 г/га; 8. Магнум, 15 г/га; 9. Магнум, 7,5 г/га; 10. Лонтрел, 0,66 л/га; 11. Линтур, 0,18 кг/га; 12. Балерина, 0,5 л/га.

Проведенные в Лошицком парке опыты, в целом подтвердили результаты, полученные в опытах на территории РНПЦ травматологии (рис. 6). Наиболее эффективной по сокращению особей одуванчика лекарственного в газонных травостоях является баковая смесь препаратов Фазор и Магнум в дозе 1,88 кг/га и 7,5 г/га. Также отмечено и сильное снижение прироста сухой биомассы газонных трав, которое составило в вариантах с баковыми смесями 2,3–2,7 раз по сравнению с контролем (рис. 8).

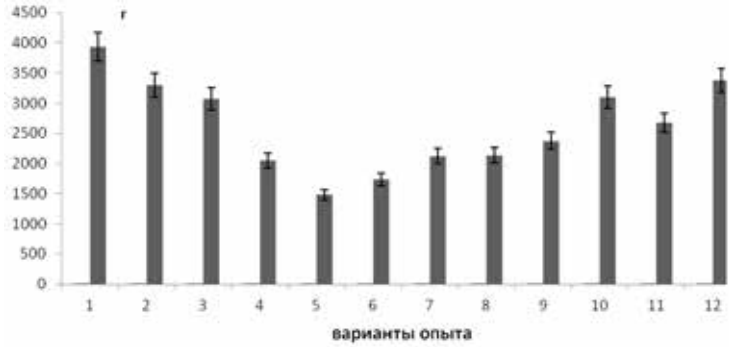


Рис. 8. Влияние весенней обработки газонов различными препаратами и их баковыми смесями на накопление сухой надземной биомассы газонных травостоев:
1. Контроль; 2. Фазор, 7,5 кг/га; 3. Фазор, 3,75 кг/га; 4. Фазор, 1,88 кг/га;
5. Фазор, 3,75 кг/га + Магнум, 15 г/га; 6. Фазор, 1,88 кг/га + Магнум, 7,5 г/га;
7. Магнум, 30 г/га; 8. Магнум, 15 г/га; 9. Магнум, 7,5 г/га; 10. Лонтрел, 0,66 л/га;
11. Линтур, 0,18 кг/га; 12. Балерина, 0,5 л/га. Опыты в Лошицком парке, г. Минск.

Заключение. Установлено, что применяемые после первого кошения газона баковые смеси препаратов Фазор и Магунум практически полностью подавляют рост и развитие одуванчика лекарственного в газонных травостоях. При этом они не оказывают достоверного отрицательного влияния на рост и развитие многолетних злаковых трав. После проведения обработки газонов баковой смесью препаратов в течение 2,5 месяцев в травостоях отсутствовали растения одуванчика лекарственного, одновременно наблюдается задержка роста злаков, что позволяется сократить число кошений газона. Полученные результаты имеют высокую социальную значимость, так как при обработке планируемыми ингибиторами роста в значительной степени подавляется формирование генеративных органов одуванчика лекарственного, что приводит к уменьшению количества аллергенной пыльцы в городе.

Литература

1. Лазарев Н.Н., Головня А.И., Лесина В.А. Газоноводство: Учебное пособие. М.:ФГОУ ВПО РГАУ МСХИ имени К.А.Тимирязева, 2008. 113 с.

2. Сигалов Б.Я. Долголетние газоны. Биологические основы культуры: сборник научных трудов. М.: Наука, 1971. 312 с.

3. Лаптев А.А. Газоны. Киев: Наук. думка, 1983. 176 с.

4. Смирнова С.К. Ускоренное создание газонных агрофитоценозов в условиях севера Нечерноземной зоны России // Автореферат канд.дисс.с/х наук. Краснодар, 2015. 24 с.

5. Springer T.L. // Biomass and Bioenergy. 2012, Vol. 37. P. 82–87.

6. Кочарян К.С. Краткая характеристика газонных растений, применяемых в озеленении Москвы [Эколого-экспериментальные основы зеленого строитель-

ства в крупных городах центральной части России (на примере г. Москвы)]. М.: Наука, 2000. С. 92–97.

7. Loughnan D., Thomson J.D., Ogilvie J.E., Gilbert B. // Journal of Pollination Ecology, 2014, Vol. 13. P. 146–150.

8. Kryszak A., Klarzynska A., Strychalska A., Mackowiak L., Kryszak J. // Applied Ecology and Environmental Research; Budapest:ALÖKI Applied Ecological Research and Forensic Institute Ltd. 2016. Vol. 14, N 2. P. 55–64.

9. Jankowski K., Jankowska J., Ciepiela G.A., Sosnowski J., Wiśniewska-Kadżajan B., Matsyura A. // Journal of Ecological Engineering. 2014. Vol. 15, N 2. P. 93–99.

10. March S.R., Martins D., McElroy J.S. // Plantadaninha. 2013. Vol. 31, N 3. P. 733–747.

11. Крылова Н.П. // Сельскохозяйственная биология. - 2007, № 2. С. 95–100.

12. Северюхина О.А. Репродуктивные особенности (*Taraxacum officinale* L.) в условиях химического загрязнения среды. Автореферат дисс.канд.биол.наук. Екатеринбург 2004. 24 с.

13. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование: Семейство *Asteraceae* (*Compositae*). Спб.:Наука, 1993. 352 с.

14. Ермакова И.М. // Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. М., 1983. С. 66–70.

15. Ермакова И.М. // Биологическая флора Московской области, 1990. Вып. 8. С. 210–229.

16. Работнов Т.А. // Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. М.-Л. 1956. Т. 3. С. 65–671.

17. Ермакова М.И. // Онтогенетический атлас лекарственных растений. Йошкар-Ола: МарГУ, 2000. Т. II. С. 134–138.

18. Вакуленко В.В., Дущук В.И. Рекомендации по применению гербицидов для борьбы с сорняками на газонах. М., 1977. 12 с.

19. Якимович Е.А., Ясюченя О.А., Ивашкевич А.А. Методические рекомендации по применению гербицидов для борьбы с борщевиком Сосновского. Минск, 2013. 92 с.

20. Watschke T. L., DiPaola J. // Golf Course Mgmt. 1995. Vol. 3, N 3. P. 59–62.

21. Cooke A.R. // Proc. Plant Growth Regul. Soc. Am. 1987. Vol. 14. P. 2–7.

22. Stier J. A regulators // The Grass Roots. 2006. Vol. 35, N 3. P. 4–9.

23. Freeborg R.P., Daniel W.H. Growth regulation of *Poa pratensis* L. In: Internatuional turf research conference of university of guelph, 1981, Proceedings... Guelph:, 1981. P. 477–486.

24. Ламан Н.А., Прохоров В.Н., Масловский О.М. Гигантские борщевики – опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси. Минск, 2009. 40 с.

25. Гетероциклические соединения /ред. Р.Эльдерфильд/ Изд-во Иностранной литературы, М.: 1960. С. 617–618.

26. Watschke T. L., Weehner D.J., Duich J.M. // Proc. Northeast. Weed Sci. Soc. 1977. Vol. 34. P. 382–388.

27. Davis T.D., Curry E. A. // Crit. Rev. Plant Sci. 1991. Vol. 10, N 2. P. 151–188.

28. Кулаковская Т.В, Ромашова А.Ю. // Научное обеспечение развития агропромышленного комплекса на Европейском Севере РФ / Карел.гос. с.-х. опыт. станция. Новая Вилга, 2005. С. 14–17.
29. Green R.L., Kim K.S., Beard J.B. // HortScience. 1990. Vol. 25, N. 4. P. 439-441.
30. Burpee L.L., Green D. L., Stephens S. L. // Plant Dis. 1996. Vol. 80, N. 11. P. 1245–1250.
31. Marcum K., Jiang K. // J. TurfgrassManag. 1997. Vol. 2, N. 1. P. 13–27.
32. Jiang H., Fry J. // HortScience. 1998. Vol. 32, N 2. P. 270–273.
33. Burpee L.L. // Crop Protec. 1998. Vol. 17, N 6. P. 503–507.
34. Johnson B.J. // Agron. J. 1994. Vol. 86, N 3. P. 805–810.
35. Dernoeden P.H. // Agron. J. 1984. Vol. 76, N 5. P. 807–813.
36. Bailey K.L., Falk S., Derby J-A., Melzer M., Boland G. J. / In Biological Control., 2013. Vol. 65, N 1. P. 147–151.
37. Leinauer B., Schiavon M. Serena V. // Turfgrass and Enviromental Research online. 2014. Vol. 13, N. 4. P. 29–31.
38. Ervin E.H., Koski A.J. // HortScience. 2001. Vol. 36, N 4 . P. 787–789.
39. Heckmann N.L., Gaussoin R.E., Horst L., Elowsky C.G. // Turfgrass Soc. Res. J. 2005. Vol. 10, N 8. P. 857–861.
40. McCullough P. E., Liu H., McCarty L.B., Whitwell T., Toler J.E. // Crop Sci., 2006. Vol. 46, N 4. P. 1515–1525.
41. Sarvis III.W.G., Liu H, McCarty L.B., Toler J.E. // Inter. Turfgrass Soc. Res. J. 2009. Vol. 11, N 2. P. 837–847.
42. Johnson B.L. // HortScience. 1992. Vol. 27, N. 3. P. 230–233.
43. Fagerness M.J., Yelverton F.H. // Crop Sci. 2000. Vol. 40, N 2. P. 493–497.
44. Heckmann N.L., Horst, G.L., Gaussoin, R.E. // Inter. Turfgrass Soc. Res. J. 2001. Vol. 9, N 4. P. 287–290.
45. McCarty, L.B., Willisa, T.G., Tolerb, J.E., Whitwella, T. ‘Ttifeagle’ // Agron.J. 2011. Vol. 103, N 4. P. 988–994.
46. Liu H., McCarty B., Baldwin C.M., Sarvis W.G., Long S.H. // Golf Course Mgmt. 2007. Vol. 75, N 11. P. 86–91.
47. Briscoe K., Miller G., Brinton S. // Appl. Turf. Sci. 2010. Vol. 35, N 3. P. 1–8.
48. Johnson B.J. // HortScience. 1997. Vol. 32, N 1. P. 241–242.
49. Stier J., Rogers J.N. // Crop Sci. - 2001. - Vol. 41, N 2. P. 457–465.
50. Zhang X., Schmidt R.E., Ervin E.H., Doak S. // HortScience. 2002. Vol. 37, N 6. P. 898–902.
51. McDonald S.J., Dernoeden P.H., Kaminski J.E. // Proc. Northeast Weed Sci. Soc. 2006. Vol. 60. P. 85.
52. McCarty L.B., Weinbrecht J.S., Toler J.E., Miller G.L. St. // Crop Sci. 2004. Vol. 44, N 4. P. 1323–1329.
53. Waltz JR.F.C., Whitwell T. // Int. Turfgrass Soc. Res. J. 2005. Vol. 10, N 8. P. 899–903.
54. Johnson B.L. // Weed Technol. 1992. Vol. 6, N 3. P. 577–582.
55. Wiecko G. J. TurfgrassManag. 1997. Vol. 2, N 2. P. 29–36.
56. Stewart-Wade S.V., Neumann S., Collins L.L., Boland G.J. // Can. J. Plant Sci. 2002. Vol. 82. P. 825–853.

57. Watson A. K., Bailey K. L. *Taraxacum officinale* F.H. Wigg, dandelion (*Asteraceae*). Biological control programmes in Canada 2001-2012 Wallingford:CABI, 2013. P. 383–391.

58. Бессонова В.П., Іванченко О.Є. // Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя: ЗНУ, 2012. Вип. 17, № 2. С. 33–45.

В. Н. ПРОХОРОВ, Н. А. ЛАМАН

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОДЕРЖАНИЯ ГАЗОННЫХ ТРАВОСТОЕВ ЧИСТЫМИ ОТ МНОГОЛЕТНИХ СОРНЯКОВ

Резюме

В обзоре проанализированы, распространенные в мировой практике подходы по использованию биологически активных веществ с целью ограничения численности одуванчика лекарственного в газонных травостоях и регулированию процессов роста газонных трав. На основе полученных собственных экспериментальных данных установлены наиболее эффективные композиции биологических веществ для решения данных вопросов.

V. N. PROKHOROV, N. A. LAMAN

CURRENT ISSUES OF MAINTENANCE OF CLEANS FROM LONG-TERM SEMINARS OF LAWN GASTRONTS

Summary

The review analyzes the approaches to the use of biologically active substances common in the world in order to limit the number of dandelion medicinal in lawn grass and regulate the growth of lawn grasses. On the basis of their own experimental data, the most effective compositions of biological substances were established to solve these problems.

Поступила в редакцию 17.11 2017 г.

УДК 634.739.3:736(476)

Ж. А. РУПАСОВА [1], А. П. ЯКОВЛЕВ [1], З. М. АЛЕЩЕНКОВА [2],
Э. И. КОЛОМИЕЦ [2], П. Н. БЕЛЫЙ [1], А. М. НИКОЛАЙЧУК [1],
М. Н. ВАШКЕВИЧ [1]

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ ГОЛУБИКИ ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ НА ВЫРАБОТАННОМ УЧАСТКЕ ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА СЕВЕРЕ БЕЛАРУСИ

[1]Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск
[2]Институт микробиологии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Одним из наиболее эффективных приемов возвращения в хозяйственный оборот земель, нарушенных добычей торфа, является их фиторемедиация на основе создания локальных агроценозов ягодных растений сем. *Ericaceae*. Однако, как показал практический опыт, повышение плодородия выработанных торфяных месторождений с помощью средств химизации недостаточно эффективно. Это обусловлено значительными затратами на приобретение и внесение дорогостоящих минеральных удобрений, что увеличивает себестоимость конечной продукции и приводит к загрязнению окружающей среды вредными веществами. Наиболее перспективным представляется использование в фиторекультивационных целях микробно-растительных ассоциаций, способствующих активизации микробиологических и биохимических процессов в остаточном слое торфяной залежи. При этом будет обеспечено не только введение их в органическое земледелие, но и получение экологически чистой, экспортоориентированной высоковитаминной ягодной продукции.

В настоящее время в Институте микробиологии НАН Беларуси в рамках ГНТП «Промышленные биотехнологии» уже создан ряд микробных удобрений на основе ассоциативных азотфиксирующих и фосфатмобилизующих бактерий, положительно влияющих на развитие сельскохозяйственных культур [1, 3]. Вместе с тем до настоящего времени не было проведено испытаний микробных препаратов на ягодных растениях сем. *Ericaceae* в специфических условиях существования на участках выработанных торфяных месторождений, характеризующихся чрезвычайно низким уровнем плодородия и сильнокислой реакцией почвенного раствора. В этой связи представлялось необходимым проведение комплексных исследований ответной реакции малотребовательных к уровню обеспеченности питательными элементами интродуцированных ягодных растений голубики на применение данных препаратов.

Объекты и методы исследования. В условиях сезонов 2015–2016 гг. на выработанном участке торфяного месторождения «Журавлевское» (Докшицкий р-н Витебской обл.) было проведено сравнительное исследование влияния полного минерального и трех видов разработанных в Институте микробиологии НАН Беларуси микробных удобрений – МаКлор, Агромик и Бактопин на формирование текущего прироста вегетативных органов

трехлетних растений *Vaccinium angustifolium* и межвидовых гибридов голубики (*V. angustifolium* x *V corymbosum*) – *Northcountry* и *Northblue*.

Полевые опыты были заложены на участке сильнокислого (pH_{KCl} 2,8), малоплодородного (содержание P_2O_5 и K_2O не более 12–15 и 11–21 мг/кг соответственно), полностью лишенного растительности остаточного слоя донного торфа средней степени разложения, представленного сфагново-древесно-пушицевой ассоциацией. Схема опыта включала 6 вариантов в трехкратной повторности: 1 – контроль, без внесения удобрений; 2 – луночное внесение в мае и июне 10%-ного раствора жидкого удобрения МаКлор (0,5 л / растение) в сочетании с сухим микоризным удобрением Агромик из расчета 100 г на 10 л рабочего раствора, или 5,5 г на 1 растение; 3 – луночное внесение в мае и июне 50%-ного раствора жидкого удобрения МаКлор (0,5 л / растение); 4 – луночное внесение в мае и июне жидкого препарата Агромик (0,5 л / растение); 5 – луночное внесение в мае и июне жидкого препарата Бактопин (0,5 л / растение) в сочетании с сухим микоризным удобрением Агромик (100 г на 10 л рабочего раствора, или 5,5 г на 1 растение); 6 – луночное внесение в почву NPK 16:16:16 кг/га д. в., или 5 г на 1 растение. В каждом варианте опыта было высажено по 18 растений голубики.

С целью получения информации о размерных параметрах опытных растений и биометрических характеристиках текущего прироста их вегетативных органов, в конце каждого вегетационного сезона повариантно производили замеры растений по высоте и диаметру кроны, определяемому как среднее арифметическое промеров в двух перпендикулярных направлениях: север – юг, восток – запад. Наряду с этим осуществляли подсчет и измерение длины новообразованных за сезон побегов формирования (вегетативных) и ветвления (генеративных), а также количество и размерные параметры листовых пластинок по длине и ширине, которые использовали для вычисления индекса листа.

Данные статистически обрабатывали с использованием программы *Excel*.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных исследований было установлено, что средняя высота растений *V. angustifolium* варьировалась в рамках полевого опыта от 21,0 до 33,0 см при изменении диаметра кроны, в зависимости от ориентации по сторонам света, от 35,3 до 62,7 см в западно-восточном направлении и от 43,7 до 66,0 см в направлении с севера на юг при изменении объема куста от 17,5 до 73,6 $дм^3$ при минимальных значениях приведенных показателей в контроле и максимальных в 5 варианте опыта (табл. 1). Показано, что для вегетативной сферы растений сортов *Northcountry* и *Northblue* были получены довольно близкие между собой диапазоны варьирования в рамках эксперимента ее размерных параметров. Так, для высоты куста они соответствовали областям значений 27,0–35,0 и 30,7–40,0 см, для диаметра кроны в западно-восточном направлении – 67,3–78,3 и 62,7–88,0 см, в северо-южном – 67,0–73,0 и 67,0–78,7см, для объема куста – 67,3–107,4 и 81,6–118,0 $дм^3$.

Таблица 1. Характеристика габитуса растений голубики в опытной культуре в конце вегетационного периода (по двулетним данным)

Вариант опыта	Высота куста, см		Диаметр кроны, см				Объем куста, дм^3	
			запад-восток		север-юг			
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t
V. angustifolium								
1	21,0±2,6	-	35,3±8,1	–	43,7±5,8	–	17,5±2,9	–
2	22,3±1,5	0,43	55,0±3,9	2,19*	44,7±4,2	0,14	28,6±2,2	3,05*
3	28,0±1,6	2,29*	57,7±4,1	2,47*	54,7±1,7	2,60*	47,6±2,3	8,13*
4	25,7±1,2	2,54*	51,0±3,5	2,69*	52,0±1,6	2,37*	35,4±3,0	4,07*
5	33,0±2,0	3,66*	62,7±5,5	2,80*	66,0±3,5	3,29*	73,6±8,0	6,59*
6	23,0±1,0	0,72	52,7±2,1	2,08*	49,3±1,3	2,22*	31,3±5,0	2,39*
Copm Northcountry								
1	27,0±1,6		76,7±15,2		71,3±6,8		80,7±6,8	
2	35,0±1,3	2,14*	77,7±14,5	0,05	73,0±8,2	0,16	107,4±6,1	2,92*
3	32,7±1,8	2,06*	75,7±11,8	-0,05	67,0±4,4	-0,53	86,3±4,4	0,69
4	27,3±1,0	1,04	67,3±4,7	-2,14*	68,7±4,7	-0,31	67,3±2,9	-2,60*
5	34,3±1,4	2,28*	74,0±8,4	-0,16	73,0±5,8	0,19	97,3±1,8	2,73*
6	30,0±1,6	2,21*	78,3±2,3	0,10	68,0±5,3	-0,38	82,2±5,5	0,17
Copm Northblue								
1	37,0±1,0		62,7±3,2		67,0±5,2		81,6±4,8	
2	40,0±1,6	2,64*	73,7±5,0	3,74*	68,3±7,5	0,14	104,5±5,0	3,07*
3	36,0±7,9	-0,13	80,3±9,7	3,07*	78,7±4,1	2,12*	116,0±2,4	3,41*
4	36,7±4,0	-0,07	78,7±2,1	2,20*	78,7±4,2	2,10*	118,0±1,6	3,67*
5	31,3±1,5	-3,16*	86,3±7,7	2,29*	75,0±2,0	3,33*	106,0±4,8	2,87*
6	30,7±1,5	-3,49*	88,0±6,4	2,20*	77,3±3,0	2,85*	110,4±5,9	2,96*

Примечание: * – статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $P < 0,05$.

Как видим, размерные параметры кустов всех модельных таксонов голубики на удобренном агрофоне существенно превышали таковые в контрольном варианте опыта при наибольших относительных различиях у *V. angustifolium* и наименьших у сорта *Northcountry* (табл. 2). При этом испытывавшиеся агроприемы оказали наиболее существенное позитивное влияние на объем куста и диаметр кроны, особенно в западно-восточном направлении, тогда как в наименьшей степени данное влияние проявилось на показателе высоты растений. Даже у наиболее отзывчивого на усиление минерального питания узколистного вида голубики не было установлено достоверного увеличения последнего, относительно контроля, во 2-м и 6-м вариантах опыта, как, впрочем, и у межвидовых

гибридов в 3-м и 4-м вариантах. Более того, у сорта *Northblue* совместное внесение Бактопина и Агромика, а также полного минерального удобрения обусловило снижение высоты растений на 15–17%, по сравнению с контролем. У сорта *Northcountry* было выявлено весьма ощутимое негативное действие жидкого препарата Агромик на объем куста и диаметр кроны в западно-восточном направлении.

Таблица 2. Относительные различия с контролем биометрических характеристик габитуса трехлетних растений голубики в вариантах полевого опыта с внесением удобрений в конце вегетационного периода, %

Вариант опыта	Высота куста	Диаметр кроны		Объем куста	Совокупн. эффект
		запад-восток	север-юг		
V. angustifolium					
2	-	+55,8	-	+63,4	+119,2
3	+33,3	+63,5	+25,2	+172,0	+294,0
4	+22,4	+44,5	+19,0	+102,3	+188,2
5	+57,1	+77,6	+51,0	+320,6	+506,3
6	-	+49,3	+12,8	+78,9	+141,0
Copm Northcountry					
2	+29,6	–	–	+33,1	+62,7
3	+21,1	–	–	-	+21,1
4	–	-12,3	–	–16,6	–28,9
5	+27,0	–	–	+20,6	+47,6
6	+11,1	–	–	–	+11,1
Copm Northblue					
2	+8,1	+17,5	–	+28,1	+53,7
3	–	+28,1	+17,5	+42,2	+87,8
4	–	+25,5	+17,5	+44,6	+87,6
5	-15,4	+37,6	+11,9	+29,9	+64,0
6	-17,0	+40,4	+15,4	+35,3	+74,1

Примечание: прочерк означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при $P > 0,05$.

Вместе с тем, если ориентироваться на совокупный позитивный эффект, за вычетом негативного, от действия испытывавшихся агроприемов на размерные параметры опытных растений (табл. 2), то на фоне внесения микробных удобрений в большинстве случаев он оказался в 1,2–5,6 раза выше, нежели на фоне внесения полного минерального удобрения, при выраженных сортовых различиях ответной реакции опытных растений. При этом среди вариантов опыта с использованием микробных удобрений наиболее успешным на посадках *V. angustifolium* оказалось совместное внесение Бактопина и Агромика, на посадках сорта *North-*

country – совместное внесение МаКлора и Агромика, на посадках сорта *Northblue* – дифференцированное применение МаКлора и Агромика. Наименее же эффективным в этом плане на растениях *V. angustifolium* и сорта *Northblue* было внесение МаКлора в сочетании с сухим препаратом Агромик, тогда как на растениях сорта *Northcountry* – внесение жидкого препарата Агромик. Вместе с тем нельзя не обратить внимания на то, что позитивное влияние полного минерального удобрения на общий габитус растений *V. angustifolium* оказалось более значительным, чем у межвидовых гибридов голубики, – в 1,9 раза у сорта *Northblue* и 12,7 раза у сорта *Northcountry*.

Анализ данных таблицы 3 показал, что в течение вегетационного периода трехлетние растения *V. angustifolium* в зависимости от уровня минерального питания образовывали в среднем от 12 до 43 побегов формирования (вегетативных) со средней длиной от 19 до 27 см, при среднем количестве листьев на одном побеге от 23 до 32 штук. Степень же облиственности данных побегов, определяемая количеством листьев, приходящихся на 10 см их длины, варьировала в рамках эксперимента от 11 до 14 шт. При этом размеры листовых пластинок изменялись в среднем от 22 до 31 мм в длину и от 8 до 15 мм в ширину при показателе листового индекса, характеризуемом соотношением данных параметров, в интервале значений 2,2–2,9.

Количество побегов ветвления (генеративных), сформировавшихся к концу вегетационного периода на одном растении узколистной голубики, изменялось в диапазоне от 38 до 147 шт. (табл. 3). При этом их средняя длина составляла 5–11 см при среднем количестве образованных на них листьев от 9 до 14 шт. и при более высокой, чем у побегов формирования, степени облиственности – от 14,2 до 21,7. Размеры листовых пластинок на побегах ветвления несколько уступали таковым на побегах формирования при изменении их длины в рамках эксперимента от 20 до 25 мм и ширины от 7 до 12 мм. Диапазон варьирования индекса листа у побегов ветвления был сопоставим с таковым у побегов формирования и составлял 2,1–2,9 (см. табл. 3). Приведенные значения биометрических показателей вегетативных органов *V. angustifolium* в целом были сопоставимы с полученным нами для данного таксона в более ранних исследованиях [2].

Показанные выше в таблице 1 генотипические различия размерных параметров возрастных аналогов голубики узколистной и ее гибридов с высокорослым видом обусловили также заметные различия биометрических показателей текущего прироста их вегетативных органов. Как следует из табл. 4 и 5, количество новообразованных за сезон побегов формирования на одном растении сортов *Northcountry* и *Northblue* варьировалось в рамках эксперимента соответственно от 13 до 20 и от 16 до 27 шт. при средней длине 22–26 и 17–25 см, среднем количестве листьев 21–26 и 15–24 шт., степени облиственности побегов 9–12 и 8–11 шт./10 см. Размерные параметры листовых пластинок изменялись в интервалах соответственно 32–40 и 35–40 мм в длину и 14–17 и 16–19 мм в ширину при более низких, чем у растений *V. angustifolium*, значениях листового индекса в пределах 2,2–2,5 и 2,3–2,6.

Таблица 3. Биометрические показатели текущего прироста вегетативных органов растений *V. angustifolium* в опытной культуре в конце вегетационного периода

Вариант опыта	Побеги формирования													
	кол-во, шт.		длина, см		кол-во листьев		степень облиственности		длина листа (*d*), мм		ширина листа (*l*), мм		индекс листа, *d*/*l*	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*
1	11,7±3,5	-	20,8±4,0	-	24,5±4,9	-	11,8±1,0	-	30,7±3,4	-	14,5±1,3	-	2,2±0,2	-
2	22,0±3,2	2,17*	20,6±3,3	-0,04	22,9±3,6	-0,26	11,4±3,6	-0,11	21,7±1,8	-2,34*	7,5±0,6	-4,89*	2,9±0,2	2,57*
3	30,0±5,0	3,00*	19,4±3,2	-0,27	25,3±3,8	0,13	13,8±1,7	1,01	26,9±2,1	-2,17*	10,7±1,2	-2,71*	2,7±0,3	2,88*
4	29,0±3,8	3,35*	26,7±1,9	2,19*	32,3±1,9	2,25*	12,4±2,4	0,23	26,5±1,6	-2,28*	9,7±1,6	-2,33*	2,7±0,4	2,15*
5	42,7±4,8	5,22*	25,4±1,4	2,48*	31,1±2,1	2,14*	12,4±2,7	0,21	24,3±1,4	-2,29*	8,9±2,0	-2,35*	2,8±0,2	3,34*
6	35,3±4,2	4,32*	21,1±2,2	0,07	24,0±2,4	-0,09	11,4±1,1	-0,27	22,2±1,9	-2,18*	8,5±1,4	-3,14*	2,6±0,2	2,59*
Вариант опыта	Побеги ветвления													
	кол-во, шт.		длина, см		кол-во листьев		степень облиственности		длина листа (*d*), мм		ширина листа (*l*), мм		индекс листа, *d*/*l*	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*
1	37,7±6,1	-	5,0±1,9	-	9,1±2,1	-	18,7±3,2	-	24,7±2,1	–	12,1±2,0	–	2,1±0,1	–
2	146,7±11,6	8,32*	5,1±1,2	0,04	10,3±1,6	0,45	21,7±3,7	0,61	23,1±0,4	-2,02*	8,7±0,3	-2,24*	2,7±0,2	2,66*
3	121,3±8,7	7,87*	5,0±1,5	0	9,9±2,3	0,26	20,2±3,9	0,30	21,1±0,5	-2,10*	7,9±0,2	-2,40*	2,7±0,3	2,31*
4	141,0±12,5	7,43*	10,7±1,7	2,24*	14,4±1,9	2,48*	15,4±1,2	-2,15*	22,8±0,4	-2,12*	8,5±0,3	-2,04*	2,7±0,2	2,66*
5	115,0±9,2	7,00*	9,3±1,1	2,32*	12,7±1,3	2,30*	14,2±1,1	-2,18*	21,4±0,4	-2,34*	7,5±0,4	-2,13*	2,9±0,3	2,89*
6	78,3±5,1	5,11*	5,4±1,1	1,18	10,0±1,4	0,36	18,5±1,9	-0,05	19,9±0,3	-2,58*	7,2±0,9	-2,23*	2,8±0,3	2,65*

Примечание: * – статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $P < 0,05$.

Таблица 4. Биометрические показатели текущего прироста вегетативных органов растений голубики сорта *Northcountry* в опытной культуре в конце вегетационного периода

Вариант опыта	Побеги формирования													
	кол-во, шт.		длина, см		кол-во листьев, шт.		степень облиствения		длина листа (*d*), мм		ширина листа (*l*), мм		индекс листа, *d*/*l*	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*
1	12,7±3,5	-	21,9±5,2	-	21,5±2,2	-	9,9±1,2	-	31,9±3,5	-	13,5±1,6	-	2,4±0,2	-
2	13,7±3,1	0,21	25,6±2,4	2,19*	21,4±4,8	-0,02	8,6±0,5	-2,05*	37,4±2,7	2,82*	17,1±1,2	2,32*	2,2±0,3	-0,55
3	19,7±1,5	2,31*	22,3±3,8	0,06	25,6±1,6	2,66*	11,5±0,4	2,17*	36,4±2,2	2,72*	15,8±1,8	2,01*	2,3±0,3	-0,28
4	19,3±2,9	2,11*	25,3±2,3	2,25*	25,8±1,1	2,99*	10,3±1,3	0,23	33,8±4,7	0,32	14,0±3,0	0,15	2,5±0,3	0,28
5	20,3±2,5	2,17*	22,8±3,5	0,14	26,1±1,5	3,03*	11,8±0,7	2,08*	37,3±2,1	3,15*	16,5±1,6	2,08*	2,3±0,3	-0,28
6	16,3±1,7	2,13*	23,4±3,2	0,25	22,4±1,6	0,20	9,9±1,8	0	40,1±3,4	3,27*	16,9±1,7	2,75*	2,4±0,3	0
Вариант опыта	Побеги ветвления													
	кол-во, шт.		длина, см		кол-во листьев, шт.		степень облиствения		длина листа (*d*), мм		ширина листа (*l*), мм		индекс листа, *d*/*l*	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*
1	270,0±26,1	-	3,2±0,4	-	6,3±1,8	-	21,7±2,8	-	30,0±1,5	-	12,9±1,7	-	2,3±0,2	-
2	316,0±19,8	2,16*	4,1±0,3	2,27*	7,9±1,1	2,72*	20,3±3,6	-0,27	34,7±1,4	2,03*	14,7±1,7	2,56*	2,4±0,2	0,35
3	376,7±18,9	3,31*	3,6±0,9	0,54	8,1±1,2	2,63*	24,1±1,6	2,02*	32,3±2,7	0,52	13,3±1,3	0,19	2,4±0,1	0,45
4	330,3±19,8	2,22*	3,6±0,6	0,86	8,1±1,1	2,85*	25,7±1,7	2,05*	29,3±3,0	-0,15	12,0±1,5	-0,40	2,5±0,2	0,71
5	592,3±22,2	9,41*	4,6±0,5	2,19*	8,3±1,1	2,95*	19,1±2,9	-0,54	32,0±3,3	0,42	14,2±2,3	0,45	2,3±0,3	0
6	349,3±17,3	2,53*	4,5±0,6	2,06*	8,5±1,6	2,91*	20,3±2,2	-032	31,6±4,2	0,29	13,5±2,4	0,20	2,4±0,2	0,35

Примечание: * – статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $P < 0,05$.

Таблица 5. Биометрические показатели текущего прироста вегетативных органов растений голубики сорта *Northblue* в опытной культуре в конце вегетационного периода

Вариант опыта	Побеги формирования													
	кол-во, шт.		длина, см		кол-во листьев		степень облиственности		длина листа (*d*), мм		ширина листа (*l*), мм		индекс листа, *d/l*	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*
1	15,7±2,8	-	22,7±4,5	-	19,7±3,6	-	8,4±1,5	-	35,7±5,4	-	16,9±1,3	-	2,1±0,3	-
2	26,7±3,0	2,68*	16,5±1,3	-2,11*	14,8±1,7	-2,23*	10,3±1,8	0,81	35,1±5,0	-0,02	15,5±1,5	-2,29*	2,3±0,3	0,47
3	17,3±4,2	0,28	22,2±3,7	-0,09	21,2±4,8	0,25	10,1±1,7	0,75	37,2±6,0	0,19	15,8±1,3	-2,24*	2,4±0,6	0,45
4	25,7±3,5	2,23*	20,6±2,2	-0,42	20,9±2,6	0,27	10,5±1,1	1,13	39,7±2,9	2,06*	18,3±1,0	2,23*	2,2±0,3	0,24
5	18,7±2,9	0,74	25,3±1,6	2,23*	23,8±0,8	2,08*	10,3±1,9	0,78	37,5±3,4	0,28	16,7±2,6	-0,05	2,3±0,3	0,47
6	19,0±1,0	1,11	23,1±3,0	0,07	22,4±1,1	0,72	10,0±2,0	0,64	39,5±1,1	2,61*	18,8±1,2	2,41*	2,1±0,2	0
Вариант опыта	Побеги ветвления													
	кол-во, шт.		длина, см		кол-во листьев		степень облиственности		длина листа (*d*), мм		ширина листа (*l*), мм		индекс листа, *d/l*	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	*t*
1	392,7±26,1	-	2,2±1,3	-	6,3±1,8	-	37,1±3,5	-	26,8±6,0	-	11,9±3,9	-	2,3±0,4	-
2	377,0±25,2	-0,43	4,9±0,8	2,22*	8,7±0,8	2,22*	25,1±1,8	-3,05*	35,5±2,1	2,10*	15,0±1,1	2,70*	2,4±0,3	0,20
3	460,0±12,9	2,31*	4,8±1,0	2,16*	9,9±0,7	2,36*	22,3±2,8	-3,30*	36,1±2,6	2,33*	15,7±1,2	2,85*	2,3±02	0
4	367,7±16,2	-0,81	4,6±0,9	2,04*	8,1±0,5	2,48*	20,1±3,5	-3,43*	30,9±1,5	2,13*	13,3±0,8	3,33*	2,6±0,5	0,47
5	298,7±12,7	-3,24*	3,8±0,5	2,11*	8,5±0,8	2,12*	23,3±3,0	-2,99*	33,5±2,4	2,02*	13,3±0,5	3,88*	2,5±0,4	0,35
6	383,0±20,2	-0,29	3,6±0,4	2,25*	7,6±0,5	2,05*	25,1±1,5	-3,15*	27,5±4,0	0,10	11,9±2,2	0	2,3±0,3	0

Примечание: * – статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $P < 0,05$.

Среднее количество новообразованных побегов ветвления на растениях сортов *Northcountry* и *Northblue* изменялось в рамках полевого опыта в диапазонах 270–592 и 299–460 шт. соответственно при средней длине 3,2–4,6 и 2,2–4,9 см, среднем количестве листьев 6–9 и 6–10 шт. и степени облиственности побегов 19–26 и 20–37 шт./10 см. Размерные параметры листовых пластинок изменялись в интервалах 29–35 и 27–36 мм в длину и 12–15 и 12–16 мм в ширину при значениях листового индекса в пределах 2,3–2,5 и 2,3–2,6. Нетрудно убедиться в заметной сопоставимости диапазонов варьирования в рамках полевого опыта показателей текущего прироста вегетативных органов межвидовых гибридов голубики. Вместе с тем на удобренном агрофоне у всех модельных объектов обозначились существенные различия с контролем биометрических характеристик текущего прироста вегетативных и генеративных побегов, имевшие выраженные генотипические особенности. Так, у растений *V. angustifolium* и сорта *Northblue* во всех вариантах опыта с внесением микробных удобрений на побегах ветвления (генеративных) был получен в целом в 2–5 раз более сильный позитивный эффект, нежели на фоне внесения полного минерального удобрения (табл. 6). Подобная картина, но выраженная значительно слабее, наблюдалась у данных объектов и в развитии побегов формирования (вегетативных), но лишь в 4-м и 5-м вариантах опыта (при использовании препарата Агромик – дифференцированном и в сочетании с Бактопином). Вместе с тем во 2-м и 3-м вариантах (при использовании препарата МаКлор – дифференцированном и в сочетании с Агромиком) позитивное действие полного минерального удобрения оказалось либо сопоставимым с таковым микробных удобрений, либо превышавшим его. В отличие от данных таксонов голубики, у сорта *Northcountry* более выраженное стимулирующее действие микробных препаратов проявилось в основном на развитии побегов формирования, тогда как на таковом побегов ветвления более результативным было внесение полного минерального удобрения.

Показанные выше генотипические различия интегральной картины ответной реакции модельных таксонов голубики на испытывавшиеся агроприемы определялись степенью их воздействия на отдельные характеристики текущего прироста вегетативных органов растений. Как следует из табл. 6, у *V. angustifolium* усиление минерального питания оказало наибольшее позитивное влияние на новообразование вегетативных и особенно генеративных побегов, что привело к увеличению их количества, по сравнению с контролем, соответственно на 88–265 и 108–289 %. При этом наиболее результативными в первом случае оказались 5-й и 6-й варианты опыта, во втором – 2-й и 4-й. Заметим, что новообразование генеративных побегов у растений узколистной голубики протекало в 1,9–2,7 раза активней при использовании микробных удобрений, тогда как вегетативных, напротив, при внесении полного минерального удобрения, и лишь в единичном случае – на фоне совместного применения Бактопина и Агромика отмечено наибольшее в эксперименте увеличение количества новообразованных побегов формирования.

Таблица 6. Относительные различия с контролем биометрических показателей текущего прироста вегетативных органов растений голубики в вариантах полевого опыта с внесением удобрений в конце вегетационного периода, %

V. angustifolium								
Вариант опыта	Побеги формирования							
	кол-во	длина	кол-во листьев	степень облиств.	длина листа	ширина листа	индекс листа	совокупн. эффект
2	+88,0	-	-	-	-29,3	-48,3	+31,8	+42,2
3	+156,4	-	-	-	-12,4	-26,2	+22,7	+140,5
4	+147,9	+28,4	+31,8	-	-13,7	-33,1	+22,7	+184,0
5	+265,0	+22,1	+26,9	-	-20,8	-38,6	+27,3	+281,9
6	+201,7	-	-	-	-27,7	-41,4	+18,2	+150,8
	Побеги ветвления							
2	+289,1	-	-	-	-6,5	-28,1	+28,6	+283,1
3	+221,8	-	-	-	-14,6	-34,7	+28,6	+201,1
4	+274,0	+114,0	+58,2	-17,6	-7,7	-29,8	+28,6	+419,7
5	+205,0	+86,0	+39,6	-24,1	-13,4	-38,0	+38,1	+293,2
6	+107,7	-	-	-	-19,4	-40,5	+33,3	+81,1
Сорт *Northcountry*								
	Побеги формирования							
2	–	+16,9	–	-13,1	+17,2	+26,7	–	+47,7
3	+55,1	–	+19,1	+16,2	+14,1	+17,0	–	+121,5
4	+52,0	+15,5	+20,0	–	–	–	–	+87,5
5	+59,8	–	+21,4	+19,2	+16,9	+22,2	–	+139,5
6	+28,3	–	–	–	+25,7	+25,2	–	+79,2
	Побеги ветвления							
2	+17,0	+28,1	+25,4	–	+15,7	+14,0	–	+100,2
3	+39,5	–	+28,6	+11,1	–	–	–	+79,2
4	+22,3	–	+28,6	+18,4	–	–	–	+69,3
5	+119,4	+43,8	+31,7	–	–	–	–	+194,9
6	+29,4	+40,6	+34,9	–	–	–	–	+104,9
Сорт *Northblue*								
	Побеги формирования							
2	+70,1	-27,3	-24,9	-	–	-8,3	–	+9,6
3	–	–	–	-	–	-6,5	–	-6,5
4	+63,7	–	–	-	+11,2	+8,3	–	+83,2
5	–	+11,5	+20,8	-	–	–	–	+32,3
6	–	–	–	-	+10,6	+11,2	–	+21,8

Окончание таблицы 6

Вариант опыта	кол-во	длина	кол-во листьев	степень облиств.	длина листа	ширина листа	индекс листа	совокупн. эффект
	Побеги ветвления							
2	–	+122,7	+38,1	-32,3	+32,5	+26,1	–	+187,1
3	+17,1	+118,2	+57,1	-39,9	+34,7	+31,9	–	+219,1
4	–	+109,1	+28,6	-45,8	+15,3	+11,8	–	+119,0
5	-23,9	+72,7	+34,9	-37,2	+25,0	+11,8	–	+83,3
6	–	+63,6	+20,6	-32,3	–	–	–	+51,9

Примечание: прочерк означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при $P > 0,05$.

На наш взгляд, более выраженное стимулирующее действие микробных удобрений на новообразование побегов ветвления, косвенно свидетельствующее об активизации развития генеративной сферы и повышении урожайности *V. angustifolium*, указывает на целесообразность преимущественного их использования при выращивании данного вида на рекультивируемых землях. Наряду с этим было установлено, что большинство испытывавшихся агроприемов не оказало достоверного влияния на среднюю длину и количество листьев как у вегетативных, так и у генеративных побегов узколистной голубики (см. табл. 6). Лишь в двух вариантах опыта – 4-м и 5-м (с дифференцированным и совместным с Бактопином внесением Агромика) отмечено увеличение этих показателей, по сравнению с контролем, более выраженное у побегов ветвления. При этом, из-за несопоставимости темпов увеличения средней длины последних и количества сформированных на них листьев, имело место достоверное снижение степени их облиственности на 18–24 %. Во всех же остальных случаях не было выявлено изменения данного показателя.

Вместе с тем во всех удобрявшихся вариантах опыта, особенно на фоне внесения полного минерального удобрения, отмечено уменьшение размеров листовых пластинок, по сравнению с контролем, как на побегах формирования, так и на побегах ветвления, соответственно на 12–29 и 7–19 % в длину и на 26–48 и 28–41 % в ширину (см. табл. 6). Различия темпов данного снижения в этих направлениях обусловили увеличение значений листового индекса на 18–32 %, что мы не рассматриваем как положительное явление, поскольку данный показатель свидетельствует лишь об изменении формы листовой пластинки в сторону ее удлинения.

Несколько иной характер влияния испытывавшихся агроприемов на характеристики текущего прироста вегетативных органов растений установлен у межвидовых гибридов голубики. Как и у *V. angustifolium*, усиление минерального питания способствовало увеличению количества новообразованных побегов формирования и ветвления у растений сорта *Northcountry* соответственно на 28–60 и 17–119 %, по сравнению с контролем, при наиболее выраженном и примерно одинаковом эффекте в первом случае в вариантах опыта с использованием микробных удоб-

рений, во втором – на фоне совместного внесения Бактопина и Агромика (см. табл. 6). Как видим, у данного таксона голубики, в отличие от узколистного вида, наибольшая активизация новообразования вегетативных побегов установлена при использовании микробных удобрений. Лишь в единичном случае – во 2-м варианте опыта с внесением МаКлора в сочетании с Агромиком не было выявлено достоверных различий с контролем по данному признаку. Заметим, что данный вариант опыта оказался также наименее эффективным и в плане увеличения количества новообразованных генеративных побегов. Тем не менее именно в этом варианте отмечено увеличение средней длины обоих типов побегов на 17–28%, относительно контроля. Удлинение побегов формирования наблюдалось также в 4-м варианте опыта, побегов ветвления – в 5-м и 6-м.

Активизация развития побегов сорта *Northcountry* на удобренном агрофоне сопровождалась увеличением количества листьев на обоих типах побегов на 19–35%, по сравнению с контролем. Если на побегах формирования это наблюдалось только при использовании микробных удобрений, то на побегах ветвления – уже во всех вариантах опыта. В отдельных же случаях, из-за различий темпов удлинения побегов и увеличения количества сформированных на них листьев, имело место более выраженное, чем у *V. angustifolium*, изменение степени их облиственности. Однако, в отличие от узколистной голубики, обогащение минерального фона способствовало пропорциональному увеличению размерных параметров листьев на вегетативных побегах на 14–26% в длину и на 17–27% в ширину, без изменения их формы. При этом подобное увеличение размеров листовых пластинок на генеративных побегах наблюдалось лишь во 2-м варианте опыта с совместным внесением препаратов МаКлор и Агромик.

У второго межвидового гибрида *Northblue* влияние испытывавшихся агроприемов на побегообразование проявилось намного слабее, чем у сорта *Northcountry*. Так, лишь в отдельных вариантах полевого опыта наблюдалось увеличение количества побегов формирования на 64–70% (2-й и 4-й варианты) и побегов ветвления на 17% (3-й вариант), по сравнению с контролем, при отсутствии достоверных различий с ним в остальных вариантах с внесением удобрений. Более того, в 5-м варианте опыта на фоне совместного внесения Бактопина и Агромика отмечено даже ингибирование новообразования генеративных побегов на 24%. Вместе с тем во всех удобрявшихся вариантах опыта наблюдалось весьма значительное (на 64–123%) увеличение средней длины генеративных побегов и возрастание на 21–57% среднего количества сформированных на них листьев, по сравнению с контролем, при более выраженном эффекте на фоне внесения микробных удобрений, нежели минеральных. Из-за несопоставимости темпов этих процессов, во всех удобрявшихся вариантах опыта отмечено снижение степени облиственности данных побегов на 32–46%.

Что касается вегетативных побегов сорта *Northblue*, то внесение удобрений практически не оказало влияния на их среднюю длину и количество сформированных на них листьев (см. табл. 6). Лишь во 2-м

и 5-м вариантах опыта имело место незначительное (в пределах 12–27%), причем сходное по относительным размерам снижение данных показателей в первом случае и увеличение во втором. При этом, в отличие от генеративных побегов, межвариантных различий в степени облиственности вегетативных побегов выявлено не было. Заметно слабее, чем на побегах ветвления, здесь проявилось действие испытывавшихся агроприемов и на размерные параметры листовых пластинок. Так, лишь в 4-м и 6-м вариантах опыта отмечено незначительное (не более чем на 11%) увеличение их средней длины и ширины, при снижении последней во 2-м и 3-м вариантах опыта без достоверного изменения листового индекса.

С целью определения интегрального позитивного эффекта от действия испытывавшихся агроприемов на параметры развития надземной сферы таксонов голубики и установления самого отзывчивого на них объекта исследований, а также выявления наиболее результативного варианта опыта, было проведено повариантное суммирование всех выявленных эффектов (табл. 7).

Таблица 7. Относительные размеры совокупного положительного влияния испытывавшихся микробных и минеральных удобрений на показатели развития надземной сферы трехлетних растений голубики в вариантах полевого опыта в конце вегетационного периода, %

Вариант опыта	Габитус куста	Биометрические показатели	Суммарный эффект
V. angustifolium			
2	+119,2	+325,3	+444,5
3	+294,0	+341,6	+635,6
4	+188,2	+603,7	+791,9
5	+506,3	+575,1	+1081,4
6	+141,0	+231,9	+372,9
Сорт *Northcontry*			
2	+62,7	+147,9	+210,6
3	+21,1	+200,7	+221,8
4	-28,9	+156,8	+127,9
5	+47,6	+334,4	+382,0
6	+11,1	+184,1	+195,2
Сорт *Northblue*			
2	+53,7	+196,7	+250,4
3	+87,8	+212,6	+300,4
4	+87,6	+202,2	+289,8
5	+64,0	+115,6	+179,6
6	+74,1	+73,7	+147,8

Нетрудно убедиться, что наиболее выраженной ответной реакцией на внесение и микробных, и минеральных удобрений характеризовалась надземная сфера *V. angustifolium*, совокупный позитивный эффект у которой в удобрявшихся вариантах полевого опыта превосходил таковой у межвидовых гибридов голубики в 1,8–6,2 раза. В наших более ранних исследованиях ответной реакции одно- и двулетних растений *V. angustifolium* и сорта *Northcountry* на некорневые обработки рострегулирующими препаратами «Элегум-комплекс», «КомплеМет», «Альбит» и «Сок Земли» также было показано более выраженное влияние последних на формирование текущего прироста вегетативных органов узколистной голубики, нежели межвидового гибрида [2]. Очевидно, повышенная восприимчивость *V. angustifolium* к воздействию стимулирующих веществ является физиологической особенностью данного вида рода *Vaccinium*.

Сравнение эффективности внесения микробных и минеральных удобрений в плане активизации формирования текущего прироста вегетативных органов модельных объектов показало, что в большинстве вариантов полевого опыта в первом случае она была выше, чем во втором, в 1,2–2,9 раза у *V. angustifolium* и в 1,1–2,0 раза у обоих межвидовых гибридов. При этом для голубики узколистной и сорта *Northcountry* наиболее результативным (со значительным отрывом от других вариантов опыта) следовало признать 5-й вариант с совместным внесением жидкого препарата Бактопин и сухого микоризного удобрения Агромик, тогда как для сорта *Northblue* – 3-й и в меньшей степени 4-й варианты опыта с дифференцированным внесением жидких удобрений МаКлор и Агромик.

Заключение. В результате сравнительного исследования в опытной культуре на рекультивируемом участке торфяной выработки на севере Беларуси габитуса кустов и биометрических характеристик текущего прироста вегетативных органов трехлетних растений *V. angustifolium* и межвидовых гибридов *Northcountry* и *Northblue* на фоне внесения полного минерального (NPK 16:16:16 кг/га д. в.) и трех видов микробных удобрений – жидкого препарата МаКлор в концентрациях 10 и 50 %, жидкого и сухого препарата Агромик и жидкого препарата Бактопин при дифференцированном и совместном применении установлено следующее.

Обогащение минерального фона способствовало увеличению, по сравнению с контролем, габитуса кустов *V. angustifolium* на 119–506 %, межвидовых гибридов *Northcountry* и *Northblue* – на 11–63 и 54–88 % и параметров развития их вегетативной сферы соответственно на 232–604, 148–334 и 74–213 %, на фоне существенных генотипических различий ответной реакции растений на испытывавшиеся агроприемы. При этом внесение микробных удобрений оказало в 1,2–5,6 раза более значительное, по сравнению с полным минеральным удобрением, стимулирующее действие на формирование габитуса кустов голубики и обес-

печило в 1,1–2,9 раза более высокие показатели текущего прироста вегетативных органов, при наиболее выраженной активизации побегообразования у *V. angustifolium* и сорта *Northcountry*, а также увеличении количества листьев и их размерных характеристик у обоих межвидовых гибридов голубики.

Наиболее выраженной ответной реакцией на внесение и микробных, и минеральных удобрений характеризовалась *V. angustifolium*, совокупный позитивный эффект у которой в плане активизации развития надземной сферы растений в удобрявшихся вариантах полевого опыта превосходил таковой у межвидовых гибридов голубики в 1,8–6,2 раза. При этом обогащение минерального фона приводило к уменьшению размеров листовых пластинок у узколистного вида на 7–29 % в длину и на 26–48 % в ширину с изменением их формы в сторону удлинения, по сравнению с контролем, тогда как у обоих межвидовых гибридов голубики преимущественно наблюдалось пропорциональное увеличение данных параметров на 8–35 % без изменения формы листа.

При формировании габитуса кустов и текущего прироста вегетативных органов трехлетних растений *V. angustifolium* и сорта *Northcountry* наибольший совокупный позитивный эффект, превосходивший таковой в остальных удобрявшихся вариантах полевого опыта соответственно в 1,4–2,9 и 1,7–3,0 раза, был достигнут в 5-м варианте с двукратным за сезон луночным внесением жидкого препарата Бактопин в сочетании с сухим микоризным удобрением Агромик, тогда как для сорта *Northblue* наиболее успешными следовало признать 3-й и 4-й варианты опыта с двукратным за сезон луночным внесением в первом случае 50 %-ного раствора жидкого удобрения МаКлор и во втором – жидкого препарата Агромик, суммарная эффективность воздействия которых на вегетативную сферу растений превышала таковую в остальных вариантах опыта в 1,2–2,0 раза.

Литература

1. Алещенкова З.М. Микробные удобрения для стимуляции роста и развития растений // Наука и инновации. Август 2015. № 8 (150). С. 66–67.

2. Рупасова Ж.А., Яковлев А.П., Решетников В.Н., Лиштван И.И., Василевская Т.И., Криницкая Н.Б. Возделывание голубики на торфяных выработках Припятского Полесья: (физиолого-биохимические аспекты развития). Минск:Беларуская навука, 2016. 242 с.

3. Соловьева Е.А., Савчиц Т.Л., Алещенкова З.М., Буштевич В.Н. Микробный препарат АгроМик для стимуляции роста и развития тритикале // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. науч. тр. / Ин-т микробиол. НАН Беларуси, Белорус. респ. фонд фундаментальных исслед., Белорус. общ-ое объединение микробиол.; под ред. Э.И. Коломиец, А.Г. Лобанка (отв. ред.) и [др.]. Минск: Беларуская навука, 2013. С. 331–342.

Ж. А. РУПАСОВА, А. П. ЯКОВЛЕВ, З. М. АЛЕЩЕНКОВА, Э. И. КОЛОМИЕЦ,
П. Н. БЕЛЫЙ, А. М. НИКОЛАЙЧУК, М. Н. ВАШКЕВИЧ

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ ГОЛУБИКИ ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ НА ВЫРАБОТАННОМ УЧАСТКЕ ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА СЕВЕРЕ БЕЛАРУСИ

Резюме

Показано влияние полного минерального (NPK) и микробных удобрений – жидкого препарата МаКлор, жидкого и сухого препарата Агромик и жидкого препарата Бактопин при дифференцированном и совместном применении на формирование габитуса кустов и текущего прироста вегетативных органов трехлетних растений *Vaccinium angustifolium* и межвидовых гибридов *Northcountry* и *Northblue* в опытной культуре на рекультивируемом участке торфяной выработки на Севере Беларуси.

Установлено, что у *V.angustifolium* и сорта *Northcountry* наибольший позитивный эффект, превосходивший таковой в остальных вариантах полевого опыта соответственно в 1,4–2,9 и 1,7–3,0 раза, был достигнут в варианте опыта с двукратным за сезон луночным внесением жидкого препарата Бактопин в сочетании с сухим микоризным удобрением Агромик, тогда как для сорта *Northblue* наиболее успешными были варианты с двукратным за сезон луночным внесением 50%-го раствора жидкого удобрения МаКлор и жидкого препарата Агромик, суммарная эффективность воздействия которых на вегетативную сферу растений превышала таковую в остальных вариантах опыта в 1,2–2,0 раза.

ZH. A. RUPASOVA, A. P. YAKOVLYEV, Z. M. ALESHCHENCOVA,
E. I. KOLOMIETS, P. N. BELY, A. M. NIKOLAICHUK, M. N. VASHKEVICH

SPECIFIC FEATURE OF *VACCINIUM ANGUSTIFOLIUM* PLANTS DEVELOPMENT ON THE OPEN CUT PEAT DEPOSIT IN THE NORTH OF BELARUS ON THE BACKGROUND OF TREATMENT BY FERTILIZERS

Summary

It was shown the effect of differentiated and joint application of complete mineral (NPK) and microbial fertilizers (liquid preparation of «MaClor», liquid and dry preparation «Agromik» and liquid preparation «Bactopin») on habitus and current growth of vegetative organs of *Vaccinium angustifolium* three-year plants and interspecific hybrids «*Northcountry»* and «*Northblue*» in experimental culture in the recultivated area of open-cut peat deposit in the north of Belarus.

It was established that in *V. angustifolium* and «*Northcountry»* variety the greatest positive effect, exceeding that in the other variants of the field experiment in 1,4–2,9 and 1,7–3,0 times respectively was achieved in the variant of experiment with a two-fold application (in the hole) during the season liquid fertilizer «Bactopin» in combination with dry mycorrhizal fertilizer «Agromik». At the same time for the «*Northblue*» variety the most successful were variants with two-fold seasonal application of 50% water solution of liquid fertilizer «MaClor» and liquid preparation «Agromik», the total effectiveness of which on the vegetative sphere of plants was higher 1,2–2,0 times than in the other variants of the experiment.

Поступила в редакцию 14.06.2017 г.

УДК 581.4:581.19

О. В. ЧИЖИК, О. В. КОВЗУНОВА, И. П. КОНДРАЦКАЯ

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОТЕОМА *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO* И *IN VIVO*

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Состояние и прохождение жизненного цикла клетки определяется составом ее белков (протеомом), гетерогенность и специфичность которых обуславливают ход метаболизма на каждом из этапов онтогенетического развития организма и, в свою очередь, зависят от условий внешней среды (стрессы разной природы, обеспеченность элементами питания, водный режим, регуляторные воздействия и т. п.).

В последние годы активно изучаются особенности как генома, так и протеома в интактных растениях и биологических системах. Возможность количественного и качественного анализа мРНК и популяций белков [1] увеличивает перспективу расшифровки функциональной и регуляторной сети, которая является «мостом» между генотипом и фенотипом, составления глобальных схем транскриптома для широкого разнообразия видов растений и изучения огромного количества информации, генерируемой кДНК.

Как известно, экспрессия генов регулируется на уровне образования РНК, когда хроматин находится в деконденсированной форме, что впоследствии выражается в биосинтезе белков [2].

В связи с этим исследование даже относительно простых генетических сетей требует знаний о белках, т. к. реальная оценка транскриптома может быть полностью осуществлена только совместно с изучением протеома и регуляции транскрипции при участии специализированных белков (Marmorstein, 2001), [3]. Необходимо также учитывать посттрансляционные модификации белков [4–6], приводящие к увеличению сложности белка без сопутствующего усиления в экспрессии гена. Дополнительные аргументы к использованию протеомики в качестве экспериментальной платформы основываются на том, что протеом отражает экспрессию молекул, связанную с функциональным состоянием клетки.

Выявление и идентификация белков поможет решить многие фундаментальные и прикладные проблемы.

Материалы (объекты) и методы исследований. Объектом исследования служили растения голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) сортов Нортланд и Эрлиблю из коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси, перспективные для промышленного выращивания на территории Беларуси (устойчивость к низким температурам, болезням и вредителям, урожайность, продукционные характеристики). Образцы для анализов отбирали из вегетативной части маточных растений *in vivo* и стабилизированных *in vitro* культур.

Общую фракцию клеточных белков из *in vitro* и *ex vitro* культур голубики высокорослой сортов Нортланд и Эрлиблю выделяли методом ТХУ/ацетоновой преципитации по Amme et al. [7] с нашими модификациями.

Определение содержания белка в образцах голубики проводили по [8].

В качестве реагентов использовали готовые киты – RC DC Protein Assay (Bio-Rad Laboratories, США) [8,9].

Вертикальный электрофорез белков образцов голубики высокорослой проводили в денатурирующих условиях в щелочной системе по методу Лэммли [10].

После электрофореза белки фиксировали в 40% спирте с 10% уксусной кислотой и окрашивали раствором коллоидного Кумасси (QC Colloidal Coomassie Stain, Bio-Rad, США). Окрашенные гели фотографировали с помощью цифровой фотокамеры. Анализ протеомных карт проводили с помощью специализированного программного обеспечения Quantity One Basic (Bio-Rad, США).

Все анализы проводили, как минимум, в трехкратной повторности, полученные результаты обрабатывали с использованием компьютерной программы StatSoft STATISTICA 7.0, отличия считали достоверными при $p<0,05$.

Результаты и их обсуждение. В ходе работы были получены карты общего пула белков *in vitro* и *in vivo* культур голубики сортов Нортланд и Эрлиблю и проведен их сравнительный анализ (рисунок).

В результате скрининга протеомов были обнаружены бэнды, представляющие собой дифференциально экспрессирующиеся белки, которые могут претендовать на роль белков-маркеров функционального состояния голубики высокорослой на разных стадиях онтогенеза.

На электрофореграммах при окрашивании проявились фракции в диапазоне молекулярных масс (Мм) от 224,7 до 17,0 kDa (рисунок).

Сравнение электрофореграмм белков голубики высокорослой *in vivo* и *in vitro* культур сортов Нортланд и Эрлиблю позволил выявить индивидуальные белки, претендующие на роль сортоспецифичных белков, а также маркеров функционального состояния растений. В частности, у сорта Нортланд было выявлено 13 полипептидов, не характерных для сорта Эрлиблю, однако имеющие 14 своих тест-белков с Мм 224,7; 79,6; 74,8; 71,8; 65,2; 60,0; 57,9; 37,5; 37,1; 34,7; 27,4; 24,3; 24,5 и 17,0 кДа (таблица). У сорта Нортланд указанные 13 фракций имели Мм 97,5; 62,7; 61,7; 54,6; 52,2; 47,1; 44,0; 43,4; 32,8; 24,6; 23,1; 20,9 и 17,2, отсутствующие в белковых профилях голубики сорта Эрлиблю.

В ходе протеомных исследований также были выявлены группы белков, которые детектировались только в *in vitro* или *in vivo* культурах каждого сорта – потенциальные маркеры функционального состояния растения.

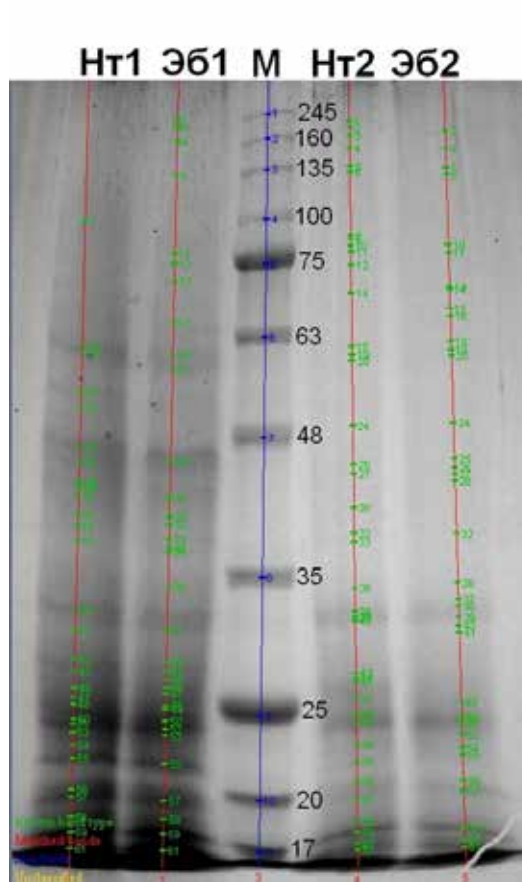


Рисунок. 1-D-электрофореграмма протеома *in vivo* (1) и *in vitro* (2) культур голубики высокорослой сортов Нортланд (Нт) и Эрлиблю (Эб),
М – маркер молекулярной массы (кДа).

Таблица. Общий пул белков in vitro и in vivo культур голубики высокорослой сортов Нортланд и Эрлиблю *

№	Молекулярная масса, kDa	Сорт Нортланд *ex vitro*	Сорт Нортланд *in vitro*	Сорт Эрлиблю *ex vitro*	Сорт Эрлиблю *in vitro*
1.	224,7		+	+	
2.	202,9	+	+	+	+
3.	184,6		±		
4.	173,2	+	+	+	+
5.	144,3		+		+
6.	129,1	+	+	+	+
7.	97,5	±			
8.	89,2		±		
9.	87,7		±		
10.	84,4		+		+
11.	79,6		+	+	+
12.	74,8		+	+	
13.	71,8			+	+
14.	71,2		+		+
15.	67,9				±
16.	66,7				±
17.	65,2			±	
18.	62,7	+	+		+
19.	61,7	+	+		+
20.	60,0		+	+	+
21.	57,9			±	
22.	54,6	±			
23.	52,2	±			
24.	50,1		+		+
25.	47,1	+			+
26.	45,5	+	+	+	+
27.	44,9		+		+

Продолжение таблицы

№	Молекулярная масса, кDa	Сорт Нортланд *ex vitro*	Сорт Нортланд *in vitro*	Сорт Эрлиблю *ex vitro*	Сорт Эрлиблю *in vitro*
28.	44,0	+			+
29.	43,4	±			
30.	41,9	+	+	+	
31.	40,2	+		+	
32.	39,5	+	+	+	+
33.	38,2	+	+	+	
34.	37,5			±	
35.	37,1			±	
36.	34,7		+	+	+
37.	33,3				±
38.	32,8	+	+		+
39.	31,9		+		+
40.	31,2		+		+
41.	30,8	+		+	+
42.	28,7	+		+	
43.	27,9	+	+	+	
44.	27,6		±		
45.	27,4		+	+	
46.	26,9	+		+	
47.	26,5	+	+	+	
48.	25,8	+		+	+
49.	25,5		+	+	+
50.	24,8	+	+	+	+
51.	24,6	+			
52.	24,3			±	
53.	23,8	+		+	+
54.	23,1	+	+		+
55.	22,1	+	+	+	+

Окончание таблицы

№	Молекулярная масса, кDa	Сорт Нортланд *ex vitro*	Сорт Нортланд *in vitro*	Сорт Эрлиблю *ex vitro*	Сорт Эрлиблю *in vitro*
56.	20,9	+	+		+
57.	20,1	+	+	+	+
58.	18,9	+	+	+	
59.	18,1	+	+	+	+
60.	17,2	+	+		+
61.	17,0		+	+	+

* Примечание: + и – обозначают наличие или отсутствие полосы полипептида на электрофореграмме.

Так, в образцах *in vitro* культуры сорта Эрлиблю отмечены белки с Мм 67,9; 66,7 и 33,3; *in vitro* культуры сорта Нортланд – с Мм 184,6; 89,2; 87,7 и 27,6 кДа, отсутствующие у сорта Эрлиблю.

Для каждого исследуемого сорта голубики было выявлено по 5 полипептидов, синтезирующихся только в *in vivo* образцах.

У сорта Нортланд – это белки с Мм 97,5; 54,6; 52,2; 43,4 и 24,6 кДа, которые претендовали на роль белков-маркеров *in vivo* культуры данного сорта. Полипептиды с молекулярными массами 65,2; 57,9; 37,5; 37,1 и 24,3 кДа характерны только для *in vivo* образцов голубики сорта Эрлиблю.

Заключение. Проведенные электрофоретические исследования выявили сортоспецифичность протеома голубики высокорослой и фракций белков, претендующих на роль маркеров *in vivo* и *in vitro* культур. В протеоме сорта Нортланд и сорта Эрлиблю определено по 5 белков-маркеров в культуре *in vivo*, в образцах *in vitro* сорта Эрлиблю найдено 3, а у сорта Нортланд – 4 маркера.

Литература

1. Ponnala L. [et al.] // Plant J. 2014. Vol.78 (3). P. 424–40.
2. Шемарова И.В. // Цитология. 2008. Т. 50, № 8. С. 663–670.
3. Floris M. [et al.] // Int. J. Mol. Sci. 2009. Vol.10. P. 3168–3185.
4. Ghaemmaghami S [et al.] // Nature. 2003. Vol.425 (6959). P. 737–41.
5. Friso G., van Wijk K.J. // Plant Physiol. 2015 Vol. 169(3). P. 1469–87.
6. Kwon Sun Jae // Journal of Experimental Botany. 2006. Vol. 57, No. 7. P. 1547–1551.
7. S. Amme [et al.] // Proteomics. 2005. Vol. 5. P. 2508–2518.
8. Lowry O.H. [et al.]. // Journal of Biological Chemistry. 1951.Vol. 193. P. 265–275.
9. Peterson Gary. L. // Analytical Biochemistry. 1979. Vol. 100, Issue 2. P. 201–220.
10. Laemmli U.K. // Nature. 1970. Vol. 227. T4. P.680–685.

О. В. ЧИЖИК, О. В. КОВЗУНОВА, И. П. КОНДРАЦКАЯ

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОТЕОМА *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO* И *IN VIVO*

Резюме

Для 2-х сортов голубики высокорослой (Нортланд и Эрлиблю) проведен скрининг протеома исходных растений (*in vivo*) и стабилизированных *in vitro* культур. Оценены функциональные особенности продуктов экспрессированного генома у культивируемых *in vitro* и *in vivo* растений. Выявлены белки, претендующие на роль белков-маркеров физиологического состояния голубики высокорослой, культивируемой *in vivo* и *in vitro*.

O. V. CHIZHIK, O. V. KOVZUNOVA, I. P. KONDRATSKAYA

CHARACTERISTIC OF *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. PROTEOM IN CULTURE *IN VITRO* AND *IN VIVO*

Summary

The proteome screening for two high-bush blueberry cultivars (Northland and Earliblue) of the original plants (*in vivo*) and in vitro stabilized cultures were carried out. The functional features of the expressed genome products in plants cultivated *in vitro* and *in vivo* were evaluated. Proteins that claim to be protein markers of the physiological state of *in vivo* and *in vitro* high-bush blueberry have been identified.

Поступила в редакцию 10.11.2017 г.

УДК 632.938.1 : 635.64 : 632.4

С. Н. ШПИЛЕВСКИЙ, Л. Ф. КАБАШНИКОВА, Г. Е. САВЧЕНКО,
Л. М. АБРАМЧИК, И. Н. ДОМАНСКАЯ, В. Н. МАКАРОВ,
Е. В. СЕРДЮЧЕНКО

ВЛИЯНИЕ β-1,3-ГЛЮКАНА НА ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ И ПИГМЕНТНЫЙ СТАТУС РАСТЕНИЙ ТОМАТА ПРИ ФУЗАРИОЗНОМ УВЯДАНИИ

Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси

Введение. К объективным причинам значительного снижения урожая важнейших овощных культур можно отнести заражение возбудителями грибных болезней. Огромное разнообразие грибных патогенов, их высокая вариабельность и колоссальная способность приспосабливаться к растению-хозяину представляет собой серьезную проблему в защите растений. Одной из первоочередных задач современной биологии является выявление путей формирования устойчивости растений к патогенным микроорганизмам. Установлено, что уровень устойчивости растений к фитозаболеваниям обеспечивается многими физиолого-биохимическими показателями, отвечающими за перестройку метаболизма растений и сохранение жизнеспособности в стрессовых условиях [1]. В этой связи изучение структурно-функциональных особенностей инфицированного растения представляет важный этап на пути познания природы устойчивости к патогенным микроорганизмам и создания системы критериев оценки устойчивости к биотическому стрессу.

Фузариозы – болезни множества культурных и дикорастущих растений, вызываемые несовершенными грибами рода *Fusarium* и распространенные во всех климатических зонах. На томатах и других пасленовых культурах фузариозное увядание широко распространено [2]. Возбудитель заболевания *Fusarium oxysporum* в своем цикле развития образует макро- и микроконидии, хламидоспоры и склероции [3]. Главным источником возбудителя заболевания являются зараженные растения и их остатки, почва, семена. Возбудитель фузариозного увядания может сохраняться в почве в виде хламидоспор свыше 12 лет [3, 4]. У растений, больных фузариозом, в первую очередь начинается загнивание корней – появляются участки красновато-бурого оттенка, покрытые белым или бело-розовым налетом. Затем поражаются проводящие воду сосуды, обеспечивающие ткани необходимой влагой, происходит закупорка сосудов мицелием гриба. В процессе развития возбудителя в сосудах растения накапливаются выделяемые грибом токсические вещества, которые нарушают водопроницаемость клеток и уменьшают их водоудерживающую способность. Это приводит к необратимому нарушению обмена веществ, обезвоживанию тканей, резкому падению в них тургора и увяданию растений [3]. Характерными признаками поражения считаются пожелтение листьев, опадание, поникшая верхушка растений, потемневшие корни. У молодых растений симптомы заражения проявляются не так выражено,

можно заметить только замедление роста и развития. Тогда как на более поздних стадиях, усугубленных повышенной температурой окружающего воздуха и хроническим недостатком воды, фузариоз развивается стремительными темпами и гибель растений – вопрос нескольких дней [3].

Комплекс мер борьбы с болезнями растений, наряду с использованием устойчивых сортов, включает, прежде всего, ряд химических методов защиты, которые при всей их эффективности несут в себе опасность вызвать негативные последствия. Химические способы защиты включают фумигацию почвы, внесение в почву сублетальных доз препаратов и протравливание семян [4]. Системные фунгициды проникают в растения через корневую систему и транспортируются с током воды, накапливаясь во всех органах и оказывая фунгицидное и фунгистатическое действие на возбудителя. Однако существует и отрицательный момент использования системных фунгицидов – интенсивное применение пестицидов для подавления грибной инфекции приводит, с одной стороны, к химическому загрязнению экосистем, и с другой – к появлению высокорезистентных к пестицидам форм фитопатогенов.

Перспективным направлением защиты сельскохозяйственных культур является индукция устойчивости к патогенам и неблагоприятным факторам внешней среды с использованием биопрепаратов. Биологические методы борьбы с фитопатогенами основаны на использовании высокоактивных штаммов микробов-антагонистов возбудителей грибных и бактериальных болезней, антибиотиков или непатогенных штаммов гриба-возбудителя [5, 6]. Преимуществом биологического метода является сокращение загрязнений окружающей среды, неизбежно возникающих при использовании ядохимикатов. Биологические методы борьбы с фитопатогенами являются экологически безопасными, но и они не всегда эффективны.

Таким образом, перечисленные выше методы борьбы с грибной инфекцией имеют ряд недостатков. В этой связи остро встает проблема поиска средств повышения общей неспецифической устойчивости растений (иммунного статуса) к неблагоприятным факторам биотической и абиотической природы путем индукции природных защитных механизмов. К препаратам нового поколения, которые используются при разработке индукторов болезнеустойчивости растений, можно отнести глюканы, которые выполняют роль сигнальных молекул, обладают элиситорными свойствами и способны активировать гены устойчивости, приводящие к синтезу глюканаз и других фитоалексинов [7]. Бета-глюканы представляют собой семейство полисахаридов, в молекуле которых мономеры D-глюкозы соединены посредством бета-гликозидных связей. Биологическая активность глюканов многовекторна и зависит от многих факторов, прежде всего, от типа и конфигурации связей между составляющими остатками сахаров, степени разветвленности боковых цепей биополимеров, молекулярной массы полисахаридов, растворимости в воде. Природные глюканы синтезируются в нерастворимой форме в клеточной стенке оомицетов как структурный компонент, и как элиситор, они должны быть

сначала переведены в свободную форму. Показано, что растительная β-1,3-глюканаза в дополнение к ее прямой роли антигрибного фермента, также функционирует как источник элиситоров [7]. Классический элиситор 1,6-β-связанный и 1,3-β-разветвленный гептаглюкозид (гепта-β-глюкозид), изолированный из клеточной стенки оомицетного гриба *Phytophthora sojae f. sp. Glycinea* (патогена сои), индуцировал накопление фитоалексинов в семядолях сои при концентрациях от 10^{-8} до 10^{-9}М [8, 9]. β-глюкановый элиситор из *Phytophthora colocasiae* способен индуцировать устойчивость к увяданию листьев [10].

Установлено, что β-1,3-глюкан вызывает целый спектр различных защитных реакций в растениях табака [11], арабидопсиса [12], риса [13], люцерны [14] и винограда [15]. Для винограда показано, что обработка листьев сульфатом β-1,3-глюкана запускает активацию сигнальных путей с участием ионов Ca^{2+}, накопление активных форм кислорода (АФК), жасмоната и салицилата, МАРК-активность, индукцию хитиназ класса 3, глюконаз класса 2, белков, переносящих липиды, и синтез фитоалексинов [16]. На основе глюканов трутовика обыкновенного (*Fomes fomentarius*) создан препарат микосан, повышающий устойчивость и продуктивность некоторых сельскохозяйственных культур [17].

Вместе с тем, биофизические и биохимические механизмы развития устойчивости растений к грибным патогенам еще далеки от окончательного выяснения. Особенно это важно для конкретного взаимодействия растение-патоген, поскольку установлено, что защитные механизмы, возникающие в растительном организме в ответ на атаку фитопатогенном, часто являются видо- и сортоспецифическими [1]. Детальное изучение структурно-функционального состояния растений позволит в конечном итоге подойти к решению проблемы управления фитоиммунитетом и разработать новые экологически безопасные иммуномодулирующие препараты. С этой целью изучено действие β-1,3-глюкана на структурно-функциональное состояние растений томата при инфицировании грибным патогеном *Fusarium oxysporum.*

Материалы (объекты) и методы исследования. Исследования проводили на растениях томата сорта Тамара. Растения выращивали в почвогрунте «Овощное изобилие» в климатокамере при температуре 24 °С и освещенности 100 $\mu E \cdot м^{-2} \cdot s^{-1}$ с фотопериодом 14 ч на протяжении 2,5 месяцев, затем корни отмывали и растения переносили на водопроводную воду. После акклиматизации в течение 2-х суток на водной среде растения опрыскивали иммуномодулирующим препаратом, содержащим прилипатель – водорастворимый полимер (ВРП-3) и иммуномодулятор – β-1,3-глюкан из эвглены (Sigma-Aldrich), исходя из нормы расхода препарата (5 мл/1 растение). Контролем служили растения, обработанные дистиллированной водой. Инфицирование грибным патогеном *Fusarium oxysporum* (Sacc.) проводили через 48 ч после обработки иммуномодулирующим препаратом путем внесения суспензионной культуры гриба, содержащей 10^6 спор/мл, через корни в водную среду (50 мл/1 растение). Анализ листьев проводили через 72 ч после инокуляции растений патогеном.

Активность перекисного окисления липидов (ПОЛ) оценивали по количеству малонового диальдегида (МДА), тестируемого по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой с последующим измерением оптической плотности раствора на спектрофотометре «Shimadzu, UV – 2401PC» при 532 нм [18]. Определение общего уровня АФК проводили с помощью флуоресцентного теста, в основе которого лежит образование дихлорфлуоресцеина из нефлуоресциирущего дихлорфлуоресцеин-диацетата в экстрактах листьев [19]. Содержание пероксида водорода определяли методом, основанным на реакции окисления скополетина в присутствии H_2O_2, катализируемой пероксидазой хрена. Флуоресценцию скополетина регистрировали на спектрофлуориметре «Solar CM 2206» Беларусь (λвозб. 370 нм, λрег. 464 нм) [20].

Хлорофилловые пигменты анализировали в ацетоновых экстрактах спектрофотометрическим методом [21]. Содержание каротиноидов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с использованием хроматографа «Shimadzu LC20 Prominence» (Япония) и колонки Nucleodur C18 Gravity (размер частиц 3×150 мм) (Macherey Nagel, Германия) [22]. Пигменты регистрировали спектрофотометрическим детектором с диодной матрицей «SPD-M20A Prominence» (Shimadzu, Япония) по спектрам поглощения в диапазоне 200–700 нм. Для визуализации профиля хроматограммы выделяли спектр поглощения при 440 нм (рис. 1) и проводили количественное определение пигментов по площади пиков.

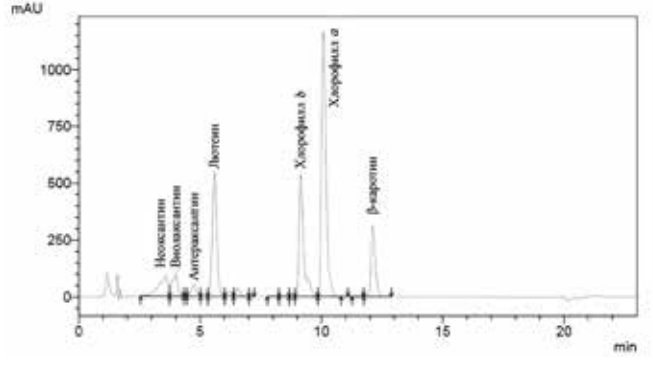


Рис. 1. Внешний вид хроматограммы и положение максимумов хлорофиллов а и в и каротиноидов при 440 нм.

Содержание антоцианов измеряли методом, описанным в работе [23]. Общее содержание полифенолов определяли методом Фолина-Дениса [24] по поглощению при 765 нм продуктов окисления фенольных соединений вольфрамовой кислотой в щелочной среде, используя в качестве калибровочного стандарта галловую кислоту.

Статистическая обработка данных проведена по [25] с помощью программы «Statistika 6.0».

Результаты и их обсуждение. Принято считать, что наиболее ранней ответной реакцией растительного организма на внедрение патогена является генерация АФК, что вызывает запуск защитных реакций в растительном организме, а при высоких напряжениях стрессового воздействия – активацию деструктивных процессов [26].

С изменением состояния мембран и деградацией липидов связывают начальный этап реакции клеток растений на действие различных стрессов, запускающий включение других защитных механизмов. Для характеристики окислительного статуса растений томата в условиях действия иммуномодулятора и фитопатогена *Fusarium oxisporum* определяли активность ПОЛ по содержанию конечного продукта пероксидации липидных компонентов клеточных мембран – МДА, количество которого является одним из важнейших показателей устойчивости растений к стрессу. Данные, представленные на рисунке 2, показывают, что при фузариозном увядании растений томата содержание МДА в листьях возрастало почти в 2 раза, что свидетельствует об активизации процессов деструкции липидных компонентов биомембран. Видно, что иммуномодулятор β-1,3-глюкан оказывал ярко выраженный защитный эффект на протекание процессов ПОЛ в клеточных мембранах, проявляющийся в снижении количества МДА в инфицированных растениях.

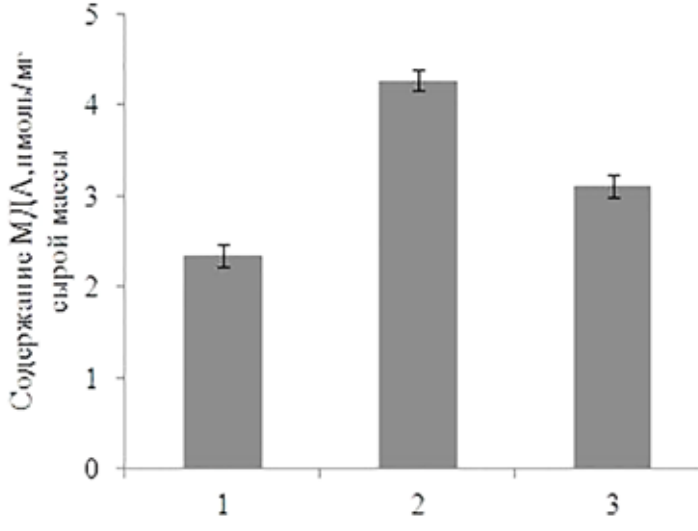


Рис. 2. Влияние β-1,3-глюкана на содержание МДА в инфицированных *Fusarium oxisporum* растениях томата: 1 – контроль без обработки; 2 – инфицирование *F.oxysporum*; 3 – β-1,3-глюкан + *F. oxysporum.*

Предобработка растений томата β-1,3-глюканом способствовала повышению общего уровня АФК в листьях в условиях поражения *Fusarium oxysporum* (рисунок 3). Данный факт может свидетельствовать о защитной роли препарата, так как известно, что некоторые виды АФК могут выполнять сигнальную функцию, необходимую для формирования системной приобретенной устойчивости [27].

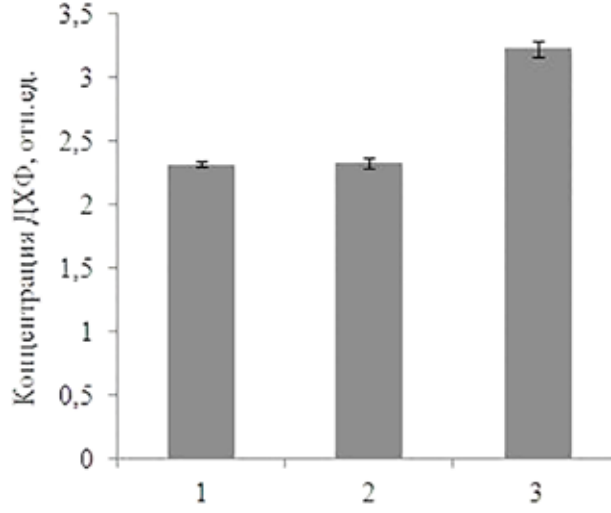


Рис. 3. Влияние β-1,3-глюкана на уровень ДХФ (АФК) в инфицированных *Fusarium oxisporum* растениях томата: 1 – контроль без обработки; 2 – инфицирование *F.oxysporum;* 3 – β-1,3-глюкан + *F.oxysporum.*

Известно, что генерация H_2O_2 как наиболее стабильной формы АФК, является характерной стрессовой реакцией растений на инфицирование патогенами. Из рисунка 4 видно, что ответной реакцией клеток листа томата на поражение фузариозом является усиление генерации H_2O_2 на 19% по отношению к контролю. После обработки составом, содержащим β-1,3-глюкан, генерация H_2O_2 в инфицированных растениях усиливалась еще на 10%. Предполагается, что повышенный уровень H_2O_2 оказывает прямое антифунгальное действие на патоген, или вызывает локальную программируемую гибель клеток растения-хозяина, препятствуя распространению инфекции [26].

Устойчивость фотосинтетического аппарата (ФСА) играет важнейшую роль в защите растений от действия стрессоров. Одним из главных показателей фотосинтетической деятельности растений является содержание пластидных пигментов. Результаты определения их содержания в листьях томатов, инфицированных *Fusarium oxysporum*, представлены в таблицах 1 и 2.

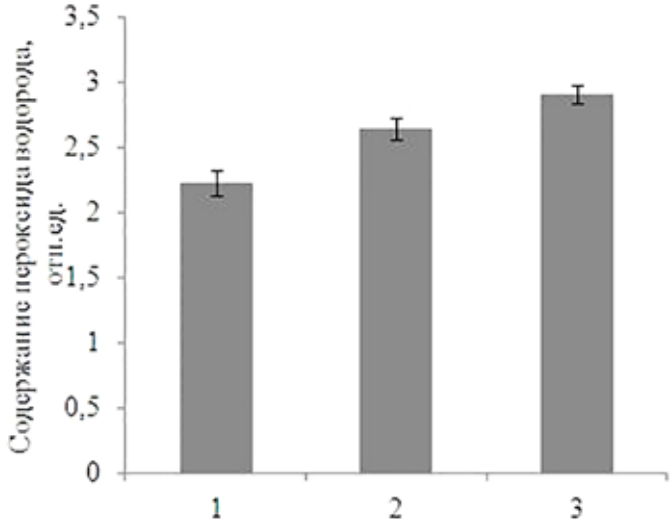


Рис. 4. Влияние иммуномодулятора β-1,3-глюкана на содержание H_2O_2 в инфицированных патогенным грибом *Fusarium oxisporum* растениях томата: 1 – контроль без обработки; 2 – инфицирование *F.oxysporum*; 3 – β-1,3-глюкан + *F.oxysporum.*

Из полученных данных видно, что патогенный гриб оказывает негативное действие на процессы накопления фотосинтетических пигментов, о чем свидетельствует снижение содержания хлорофиллов (Хл) и каротиноидов в расчете на единицу площади листа. Оценка влияния β-1,3-глюкана на уровень хлорофилловых пигментов в инфицированных листьях томата показала, что опрыскивание растений предотвращало ингибирующее действие патогена на содержание Хл *a,* Хл *b* и Хл *(a+b)*, повышая эти показатели практически до уровня необработанного контроля (табл. 1).

Таблица 1. Влияние β-1,3-глюкана и фузариозного увядания на содержание хлорофилловых пигментов в листьях растений томата (мкг/см^2)

№ п. п.	Вариант	Хл *a*	Хл *b*	Хл *(a+b)*
1.	Контроль	32, 88±1,84	11,30±0,96	44,18±2,81
2.	Fusarium ox.	29,00±2,49	10,86±0,45	39,86±1,03
3.	β-1,3-глюкан + *Fusarium ox.*	31,69±1,45	12,08±0,54	43,77±1,76

Таблица 2. Влияние β-1,3-глюкана и фузариозного увядания на содержание каротиноидов в листьях растений томата (мкг/см^2)

№ п. п.	Вариант	Неоксантин	Виоло-ксантин	Антеро-ксантин	Лютеин	β-каротин
1.	Контроль	1,73	1,30	0,27	4,03	3,33
2.	Fusarium ox.	1,62	1,25	0,24	3,76	2,59
3.	β-1,3-глюкан + *Fusarium ox.*	1,98	1,22	0,15	4,41	3,78

Из данных, приведенных в таблице 2, видно, что β-1,3-глюкан предотвращает вызванное патогенной инфекцией снижение содержания каротиноидов, а именно, неоксантина, лютеина и β-каротина, и способствует повышению их количества в тканях листа выше контрольного уровня, характерного для здоровых растений. При этом заметна тенденция к снижению содержания пигментов ксантофиллового цикла – виолоксантина и антероксантина при фузариозном увядании, которая усиливается при обработке растений β-1,3-глюканом. Известно, что ксантофилловый цикл активизируется в растениях при воздействии абиотических стрессоров разной природы [28], однако относительно влияния биотического стресса, вызванного инфицированием растений фитопатогенами, в литературе имеются только единичные и неоднозначные сообщения [29]. Известно, что активация ксантофиллового цикла в высших растениях сопровождается синтезом зеаксантина, который дезактивирует синглетный кислород, образующийся в результате нарушений функционирования ФСА в стрессовых условиях, и препятствует развитию процесса фотоингибирования фотосистемы 2 фотосинтеза. В наших условиях образование зексантина не обнаружено, что возможно, связано с методическими ограничениями выбранной системы измерений. Очевидно, что для более детального изучения характера изменений содержания пигментов ксантофиллового цикла необходимо проведение специального исследования.

В качестве защитных веществ было изучено накопление антоциановых пигментов и фенольных соединений в листьях растений томата, роль которых заключается в диссипации избыточной солнечной энергии и обезвреживании АФК [30], т. е. лимитировании процессов патогенеза.

В ходе проведенного эксперимента было показано, что в листьях здоровых растений томата и в условиях фузариозного повреждения обнаруживаются только следовые количества антоцианов, но их содержание возрастало после обработки томатов β-1,3-глюканом (табл. 3). Количество полифенольных соединений в инфицированных растениях снижалось на 43,4 % относительно контроля, а в растениях, обработанных β-1,3-глюканом, снова восстанавливалось до контрольного уровня (табл. 3).

Таблица 3. Влияние β-1,3-глюкана и фузариозного увядания на содержание полифенолов и антоцианов в листьях томата (мг/г сырой массы)

№ п. п.	Вариант	Антоцианы	Полифенолы
1.	Контроль	0,08±0	7,17±0,06
2.	*Fusarium ox.*	0±0	5,00±0
3.	β-1,3-глюкан+ *Fusarium ox.*	0,14±0	7,07±0,06

Из полученных данных следует, что обработка β-1,3-глюканом индуцирует синтез антоцианов в листьях растений томата, инфицированных фитопатогеном *Fusarium ox.,* а также стабилизирует уровень фенольных соединений, что, по-видимому, создает определенный барьер для распространения фузариозной инфекции.

Заключение. Таким образом, установлено, что инфицирование растений томата патогенным грибом *Fusarium oxysporum* приводит к усилению окислительных процессов в листьях. Препарат, содержащий β-1,3-глюкан, вызывает повышение общего содержания АФК в инфицированных растениях томата, поддерживает на высоком уровне содержание стабильной формы АФК – пероксида водорода, и снижает активность процессов окисления липидных компонентов клеточных мембран. Защитное влияние глюкана прослеживалось также на уровне ФСА. В результате его применения в инфицированных растениях томата содержание Хл *a,* Хл *b* и Хл *(a+b)* в расчете на единицу листовой поверхности, сниженное в условиях фузариозного увядания, повышалось до контрольного уровня, а количество каротиноидов (неоксантина, лютеина и β-каротина) – превысило контрольные значения. Такие изменения создают дополнительный резерв повышения устойчивости растений при патогенезе за счет активации процессов светосбора и нейтрализации АФК в фотосинтетических мембранах. Изучение содержания защитных соединений (антоцианов, полифенолов) показало, что обработка β-1,3-глюканом вызывала увеличение содержания антоцианов в листьях инфицированных растений томата и способствовала восстановлению содержания полифенолов, существенно сниженному при фузариозе, что отражает активацию защитных реакций в растениях томата на уровне биосинтеза вторичных метаболитов. В целом, полученные результаты свидетельствуют о высокой физиологической активности β-1,3-глюкана и перспективности его использования в качестве иммуномодулирующего агента при фузариозном увядании томата.

Литературы

1. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем, 2001. 160 с.

2. Болезни сельскохозяйственных культур / Под ред. В.Ф. Пересыпкина. Киев: Урожай, 1991. Т. 3. 512 с.

3. Владимирская М.Е., Элбанян М.А., Цыпленков А.Е. Болезни и вредители овощных культур в защищенном грунте. Л.: Колос. Ленингр. отд., 1980. 190 с.

4. Сидорова С.Ф. Вертициллезное и фузариозное увядание однолетних сельскохозяйственных культур. М.: Колос. 1983. 157 с.

5. Калько Г.В., Воробьев Н.И., Новикова И.И. // Микология и фитопатология. 2003. Т. 37. Вып. 5. С. 84–92.

6. Toyota K., Yamamoto K., Kimura M. // Soil Sci. Plant Nutrition. 1994. V. 40. N. 3. P. 373–380.

7. Leubner-Metzger G. // Seed Science Research. 2003.13(1). P. 17–34.

8. Fliegmann J., Mithöfer A., Wanner G., Ebel J. // J. Biol. Chem 2004. V. 279. P.1132–1140.

9. Simoes K, Dietrich SMC, Hahn MG, Braga MR. // Revista Brasil Botanica 2005. V28. Issue 4. P.735–744.

10. Sriram S, Misra RS, Sahu AK, Maheswari SK. // J. Plant Dis. Protect 2003. V. 110. Issue 1. P. 17–26.

11. Klarzynski O., Plesse B., Joubert J.M., Yvin J.C., Kopp M., Kloareg B., Fritig B. // Plant Physiol. 2000. V. 124. Issue 3. P.1027–1038.

12. Ménard Claude. // Journal of Institutional and Theoretical Economics. 2004. V. 160. Issue 3. P. 345–376.

13. Inui H., Yamaguchi Y., Hirano S. // Planta. 1997. V. 205. P.452–458.

14. Kobayashi A., Tai A., Kanzaki H., Kawazu K. // Z. Naturforsch. 1993. V. 48. P. 575–579.

15. Aziz A., Poinssot B., Daire X., Adrian M., Bezier A., Lambert B., Joubert J.M., Pugin A. // Mol.Plant-Microbe Interact. 2003. V. 16. P. 1118–1128.

16. Рябушкина Н.А. // Евроазиатский журнал прикладной биотехнологии. 2013. №1. С. 4–11.

17. Горовой Л.Ф., Кошевский И.И., Теслюк В.В., Редько В.В. Препараты нового поколения для защиты растений // https://ipdo.kiev.ua/files/articles/tesluk7.pdf.

18. Курганова Л.Н., Веселов А.П., Синицына Ю.В., Еликова Е.А. // Физиология растений.1999. Т. 46. № 2. С. 218–222.

19. Crow J.P. // Nitric oxide. 1997. V. 1. № 2. P. 145–157.

20. Mohanty J.G., Jaffe J.S., Schulman E.S., Raible D.G. // J. Innunol Methods.1997.V. 202. № 2. P. 133–141.

21. Шлык А.А. // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука. 1971. С. 154–170.

22. Rodriguez-Amaya D. B. Handbook for Carotenoid Analysis // Ed. by D. B. Rodriguez-Amaya, M. Kimura. Harvest Plus, 2004. 63 p.

23. Тохвер А.К., Воскресенская Н.П. // Физиология растений. 1969. Т. 16. С. 187–195.

24. Мечикова Г.Я., Степанова Т.А., Загузова Е.В. // Химико-фармацевтический журнал. 2007. Т. 41. № 2. С. 38–41.

25. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Мн.: Высшая школа, 1973. 320 с.

26. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В. // Ukr. Biochem.J. 2014. V. 86. № 4. P. 18–35.

27. Galvez-Valdivieso G., Mullineaux P.M // Physiol. Plant. 2010. V. 138. P. 430–439.

28. Кабашникова Л.Ф. Фотосинтетический аппарат и стресс у растений. Минск: Беларус. навука, 2014. С. 61–66.

29. Jun Zhou, Lizhang Zeng, Jian Liu, and Da Xing // PLoS Pathog. 2015 May; 11(5): e1004878. Published online 2015 May 20. doi:10.1371/journal.ppat.1004878.

30. Колупаев Ю. Е., Ястреб Т. О. // Вісник Харьківського національного аграрного університету. Серія біологія. 2015. Вип. 2 (35). С. 6–25.

С. Н. ШПИЛЕВСКИЙ, Л. Ф. КАБАШНИКОВА, Г. Е. САВЧЕНКО,
Л. М. АБРАМЧИК, И. Н. ДОМАНСКАЯ, В. Н. МАКАРОВ, Е. В. СЕРДЮЧЕНКО

ВЛИЯНИЕ β-1,3-ГЛЮКАНА НА ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ И ПИГМЕНТНЫЙ СТАТУС РАСТЕНИЙ ТОМАТА ПРИ ФУЗАРИОЗНОМ УВЯДАНИИ

Резюме

Изучено влияние β-1,3 глюкана на структурно-функциональное состояние растений томата при фузариозном увядании. Показано, что β-1,3-глюкан вызывает повышение общего содержания АФК в инфицированных растениях томата, включая пероксид водорода, и снижает активность процессов переокисления липидов клеточных мембран. Под действием препарата в инфицированных растениях томата сохранялось высокое содержание хлорофилловых пигментов, а количество каротиноидов (неоксантина, лютеина и β-каротина) в расчете на единицу площади листа превысило контрольный уровень. β-1,3-глюкан вызывал увеличение содержания антоцианов в листьях инфицированных растений и способствовал стабилизации содержания полифенолов. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования β-1,3-глюкана в качестве иммуномодулирующего агента при фузариозном увядании томата.

S. N. SHPILEUSKI, L. F. KABASHNIKOVA, G. E. SAVCHENKO,
L. M. ABRAMCHIK, I. N. DOMANSKAYA, V. N. MAKAROV,
E. V. SERDUCHENKO

EFFECT OF β-1,3-GLUCAN ON OXIDATIVE AND PIGMENT STATUS OF THE TOMATO PLANTS DURING FUSARIUM WILT

Summary

The effect of the β-1,3-glucan on the structural and functional state of the tomato plants during fusarium wilt was studied. It has been shown that β-1,3-glucan causes an increase in total ROS in infected tomato plants, including hydrogen peroxide, and reduces the activity of lipid peroxidation in cell membranes. Under the action of the drug in infected tomato plants, a high content of chlorophyll pigments remained, and the amount of carotenoids (neoxanthine, lutein and β-carotene) per unit of leaf area exceeded the control level. β-1,3-glucan caused an increase in the content of anthocyanins in the leaves of infected plants and helped stabilize the polyphenol content. The obtained results testify to the prospects of using β-1,3-glucan as an immunomodulating agent in the fusarium wilt of tomato.

Поступила в редакцию 08.08.2017 г.

УДК 631.589:581.14.085:635.21

Т. Г. ЯНЧЕВСКАЯ, А. Л. ОЛЬШАНИКОВА, А. Н. ГРИЦ,
Т. Б. МАКАРОВА

ВЛИЯНИЕ ИОНООБМЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В СОСТАВЕ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ КОРНЕОБИТАЕМОЙ СРЕДЫ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ *IN VIVO* КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM* L.)

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

Введение. Поглощение и усвоение растениями элементов минерального питания подчиняется законам взаимодействия корневой системы с питательным раствором и включения поглощенных ионов в метаболические циклы. В условиях естественных почв адсорбция питательных веществ осуществляется на почвенном поглощающем комплексе [1, 2], представляющем дисперсные коллоиды, включающие нерастворимые минеральные, органические и органоминеральные соединения. Полиионность обмена катионами с корневой системой (обменная адсорбция) при сохранении постоянного равновесия на почвенном поглощающем комплексе и немедленное их усвоение и переработка осуществляются растениями при одновременном выделении в почвенную среду продуктов своей жизнедеятельности [3–5]. Поглощение из ионообменных субстратов корнем растения биогенных элементов происходит только по ионообменному механизму. Взаимный обмен между увлажненным субстратом, содержащим катионит, поглощающий обменные ионы водорода, выделяемые в среду корнеобитания, и растением, усваивающим биогенные катионы из ионообменного субстрата, осуществляется вплоть до установления состояния равновесия [4, 6]. При контакте с водой иониты поглощают влагу за счет осмотического эффекта, увеличиваясь в объеме за счет набухания [4, 7]. Субстрат, приготовленный с учетом активности ионов, представляет собой саморегулирующуюся систему, в которой поглощение катионов и анионов происходит независимо друг от друга без существенного сдвига pH [8, 9]. При создании субстратных композиций необходимо учитывать не токсичность ионообменных смол, скорость обмена, химическую стойкость, механическую прочность ионитов, их влагоемкость. Определенное внимание мы уделили изучению физико-химических характеристик ионитов – не растворимых в воде веществ, способных к реакциям обмена ионов – с целью выбрать из огромного разнообразия ионитов, выпускающихся современной химической промышленностью, необходимые для создания оптимальной среды корнеобитания, позволяющей реализовать максимальный коэффициент размножения картофеля при микроклонировании пробирочных растений *in vivo*.

В связи с этим, задача настоящей статьи заключалась в проведении испытаний 2-х новых субстратов, предназначенных в качестве среды для

укоренения регенерантов растений картофеля в процессе клонального микроразмножения и для роста и развития в процессе полной вегетации с минимальным стрессом для растений.

Материалы (объекты) и методы исследований. Объектом исследований являлись исходные пробирочные растения картофеля *in vitro* среднераннего сорта Уладар белорусской селекции. Предметом исследования были два новых субстрата на основе искусственных смол, обладающих катионо- и анионообменными свойствами, в составе которого кроме клиноптилолита и перлита в первом находились катионит С-100 и анионит А2ХМП (субстрат № 1), во втором – катионит Dowex monosphere 545 и анионит Amberlite IRA-402 (субстрат № 2). Соотношение цеолит: катионит: анионит: перлит в субстратах по всем вариантам опыта было 14: 1: 5: 20 соответственно. Субстратные смеси 1 и 2 насыщались растворами в соответствии с экспериментальными точками (по вариантам от 1 до 8 по катионам и анионам), рассчитанными по треугольнику Гиббса, в тройной концентрации, чтобы стабилизировать значения pH субстратов, оптимальных для выращивания растений картофеля (pH 6.0–6.4).

Процедура микрочеренкования растений, размножения и выращивания на ионообменных субстратах подробно описана [3]. Содержание хлорофилла определяли согласно [9], пероксидазную активность – по методу [10].

Результаты исследований и их обсуждение. Для испытаний 2-х новых ионообменных субстратов, в состав компонентов которых входили новые ионообменные синтетические катионо- (Purolite C-100 и Dowex monosphere 545C) и анионообменники (А2ХМП и Amberlite IRA-402), были проведены морфо-биометрические и биохимические исследования. В табл. 1 приводятся морфо-биометрические показатели укоренения и начального роста растений картофеля.

Из рис. 1 и 2 видно, что в первые 10 суток меристемные растения на субстрате № 2 несколько отставали в росте от растений субстрата № 1. Более низкую адаптационную способность и приживаемость укорененных черенков к новым условиям можно объяснить недостатком фосфора после насыщения анионита IRA-402, по-видимому, с его недостаточным сродством к ионам фосфора. Поскольку корневая система в начальных фазах роста и развития обладает слабой усвояющей способностью, растения особенно чувствительны к недостатку фосфора [3, 11]. Кроме того, фосфор участвует в процессах фотосинтеза, дыхания, биосинтеза белков, жиров, в ферментативных превращениях углеводов и их передвижении, оттоке в клубни картофеля. Основная роль фосфора – в формировании макро-эргических соединений, в частности АТФ, своеобразных хранителей и носителей энергии [3, 12].

К 50 суткам активизация роста на субстрате 2 стала превалировать у 1, 2, 3 и 5 вариантов на фоне торможения, вар. 4, 6, 8 и MS.

Таблица 1. Морфометрические параметры развития растений картофеля по вариантам опытов через 10 суток

Вариант	Количество листьев, шт.		Количество междоузлий, шт.	
	Субстрат № 1	Субстрат № 2	Субстрат № 1	Субстрат № 2
По катионам				
1	9,8±1,0	10,4±1,6	8,6±0,5	9,1±1,6
2	8,2±1,1	14,2±0,5	6,9±0,8	13,2±0,5
3	9,1±1,8	12,4±0,8	7,6±1,2	11,3±1,0
4	8,9±1,3	11,3±1,5	8,5±0,7	12,2±0,9
5	9,5±1,0	10,2±1,6	8,5±1,0	10,2±1,3
6	8,5±0,9	12,5±0,8	7,1±0,8	11,4±0,7
7	8,6±1,2	11,8±1,5	8,1±1,1	11,2±1,7
8	9,7±0,8	12,8±0,8	8,4±0,7	12,3±0,9
По анионам				
1	9,6±1,2	12,2±1,1	8,6±1,1	11,2±0,7
2	10,3±1,3	12,6±0,9	9,3±0,8	11,2±1,1
3	9,7±1,1	11,1±1,0	8,5±1,1	10,2±1,3
4	9,9±0,7	11,8±1,6	8,7±0,7	11,0±1,7
5	8,1±1,0	10,2±1,8	7,2±1,1	9,9±1,8
6	8,5±0,9	13,3±1,3	7,5±0,7	12,2±1,2
7	8,2±1,1	11,1±1,7	7,1±0,9	11,1±0,8
8	8,0±0,6	12,6±1,1	6,8±0,6	11,7±0,8
MS	7,7±0,8	9,3±1,0	7,1±0,6	8,1±0,8
Лебедева	7,2±1,0	10,8±0,9	7,1±0,7	9,0±0,7
Триона	9,8±0,6		8,1±0,7	

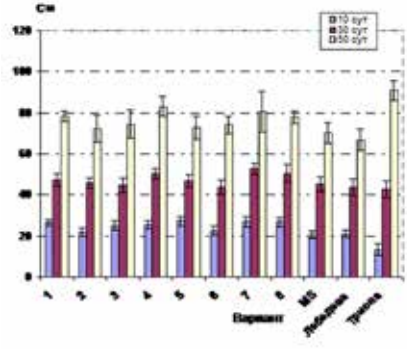


Рис. 1. Динамика роста растений в вариантах субстрат № 1 с варьированием **катионов** (Purolite C-100 и анионитов Tulsion A2X–МП).

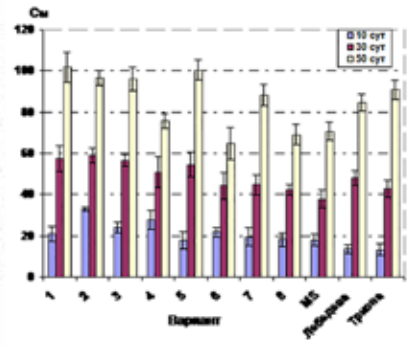


Рис. 2. Динамика роста растений в вариантах субстрата № 2 с варьированием **катионов** (Dowex monosphere 545C и анионитов Amberlite IRA-402).

Как следует из полученных данных, в возрасте 10 суток различий в развитии растений в различных субстратных композициях не наблюдалось. Приживаемость укорененных черенков и их адаптация после посадки в субстраты № 1 и № 2 с новыми ионообменниками практически были одинаковыми. Динамика дальнейшего развития растений в вариантах с варьированием катионов представлена на рис. 3 и 4.

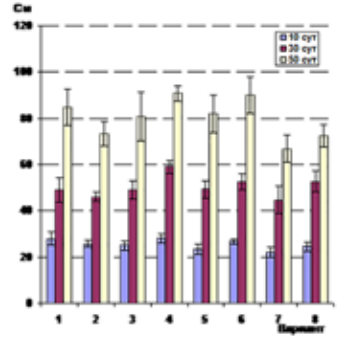


Рис. 3. Динамика роста растений в вариантах с варьированием **анионов** (субстрат № 1 с Purolite C-100 и Tulsion A2X–МП A2X–МП).

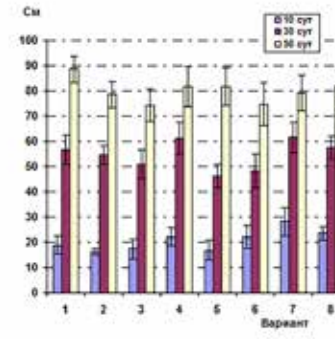


Рис. 4. Динамика роста растений в вариантах с варьированием **анионов** (субстрат № 2 с Dowex monosphere 545C и Amberlite IRA-402).

К 20 сут динамика роста по вариантам выровнялась. Активное цветение к 50 сут возрасту наблюдалось у растений субстрата № 1 по всем изучаемым вариантам. У растений субстрата № 2 цветение у растений не наблюдалось.

Сравнительное изучение работы фотосинтетического аппарата по вариантам опыта проводилось путем определения содержания хлорофилла в листьях растений [9].

Активность фотосинтетического аппарата по вариантам 1–8 при насыщении катионами в субстрате № 1 различна (табл. 2). Суммарное содержание хлорофиллов (*a*+*b*) в вариантах 4, 7 и 8 несколько выше других. Наиболее высокое суммарное содержание в варианте MS. Однако за счет повышенного содержания *Хл b* соотношение хлорофиллов (*a*/*b*) в этом варианте сравнимо с вариантами Лебедевой и Триона. По данному показателю выделяются варианты 1, 3, 4 и 7. По соотношению хлорофиллов и каротиноидов (a+b/car) показатели примерно равные во всех вариантах. Исключение составляет вариант с субстратной композицией Триона, в котором соотношение a+b/car существенно снижено, очевидно за счет образования большей доли каротиноидов.

В субстратной композиции № 1 (насыщение анионами) работа фотосинтетического аппарата в листьях картофеля практически не отличалась

по вариантам эксперимента (табл. 3). Небольшие изменения фотосинтетических параметров наблюдались в вариантах 2 и 8. Однако повышенное содержание *Хл a* и *b* и суммы хлорофиллов (*a+b*) в варианте 2 нивелируются их соотношением (a/b), и соответствует другим вариантам опыта. Пропорционально пониженное содержание *Хл a* и *b* привело к снижению суммы хлорофиллов (*a+b*) в варианте 8. Однако соотношение данных показателей (*a/b* и *a+b/car*) соотносится с данными по другим вариантам.

Таблица 2. Содержание хлорофилла в листьях картофеля сорта Уладар по вариантам насыщения **субстрата № 1** (С-100+А2ХМП) **катионами**

Вариант (катионы)	*Хл a*	*Хл b*	*Car*	*a +b*	*a/b*	*a+ b/car*
1	1,898±0,112	0,631±0,038	1,039±0,064	2,529±0,150	3,01±0,01	2,43±0,01
2	1,848±0,169	0,640±0,038	0,967±0,081	2,488±0,208	2,89±0,09	2,57±0,001
3	1,948±0,076	0,644±0,028	1,048±0,040	2,593±0,104	3,02±0,02	2,47±0,004
4	2,237±0,063	0,723±0,024	1,181±0,002	2,961±0,087	3,09±0,01	2,51±0,08
5	1,892±0,049	0,645±0,044	1,009±0,028	2,537±0,094	2,93±0,13	2,52±0,16
6	1,984±0,014	0,671±0,034	1,038±0,077	2,655±0,020	2,96±0,17	2,56±0,21
7	2,135±0,035	0,709±0,009	1,102±0,037	2,844±0,043	3,01±0,03	2,58±0,06
8	1,944±0,068	0,674±0,004	1,102±0,094	2,618±0,072	2,88±0,08	2,52±0,16
MS	2,387±0,061	0,908±0,026	1,283±0,046	3,295±0,087	2,63±0,01	2,57±0,02
Лебедева	2,029±0,093	0,763±0,021	1,102±0,084	2,792±0,113	2,66±0,05	2,53±0,09
Триона	1,980±0,087	0,696±0,022	1,191±0,018	2,676±0,119	2,84±0,05	2,25±0,07

В вариантах насыщения по катионам субстратной композиции № 2 (табл. 4) по накоплению *Хл a* и *b*, и соответственно их суммарному количеству, выделяются варианты 1, 5 и MS. Однако, по соотношению данных компонентов (*a+b*) и (*a+b/car*) отличается только вариант 2 за счет низкого содержания *Хл b* и *car*.

Таблица 3. Содержание хлорофилла в листьях картофеля сорта Уладар по вариантам насыщения **субстрата № 1** (С-100+А2ХМП) **анионами**

Вариант (анионы)	Хл a	Хл b	Car	a+b	a/b	a+ b/car
1	1,877±0,035	0,658±0,049	1,019±0,044	2,535±0,084	2,85±0,16	2,49±0,19
2	2,184±0,020	0,777±0,003	1,126±0,026	2,961±0,023	2,81±0,01	2,63±0,08
3	1,842±0,031	0,645±0,007	0,981±0,001	2,487±0,037	2,86±0,02	2,53±0,04
4	1,874±0,005	0,663±0,022	1,001±0,032	2,536±0,017	2,83±0,10	2,53±0,10
5	1,803±0,063	0,614±0,006	0,966±0,071	2,417±0,057	2,94±0,13	2,51±0,12
6	1,765±0,001	0,616±0,001	0,973±0,011	2,381±0,002	2,86±0,01	2,45±0,02
7	1,657±0,057	0,583±0,031	0,904±0,041	2,240±0,088	2,84±0,05	2,48±0,02
8	1,502±0,099	0,534±0,038	0,855±0,071	2,036±0,137	2,81±0,01	2,38±0,04

Таблица 4. Содержание хлорофилла в листьях растений сорта Уладар по вариантам насыщения **субстрата № 2 катионами**

Вариант (катионы)	*Хл a*	*Хл b*	*Car*	*a +b*	*a/b*	*a+ b/car*
1	2,168±0,202	0,709±0,068	1,200±0,109	2,88±0,27	3,06±0,01	2,39±0,01
2	1,859±0,144	0,351±0,004	0,658±0,039	2,21±0,14	5,30±0,48	3,36±0,01
3	1,649±0,191	0,534±0,120	0,938±0,114	2,18±0,31	3,11±0,34	2,33±0,05
4	1,598±0,127	0,544±0,015	0,908±0,044	2,14±0,14	2,93±0,15	2,36±0,04
5	2,457±0,060	0,824±0,019	1,351±0,015	3,29±0,08	2,95±0,01	2,44±0,03
6	1,638±0,025	0,609±0,020	0,942±0,014	2,24±0,05	2,69±0,05	2,38±0,01
7	1,834±0,077	0,652±0,033	1,079±0,054	2,49±0,11	2,81±0,02	2,31±0,01
8	1,571±0,179	0,567±0,054	0,914±0,103	2,14±0,23	2,77±0,05	2,34±0,01
MS	2,544±0,050	0,939±0,027	1,486±0,016	3,48±0,08	2,71±0,02	2,34±0,03
Лебедева	2,122±0,107	0,747±0,056	1,263±0,061	2,87±0,16	2,85±0,07	2,27±0,03
Триона	1,980±0,087	0,696±0,022	1,191±0,018	2,68±0,12	2,84±0,05	2,25±0,07

Таблица 5. Содержание хлорофилла в листьях растений сорта Уладар по вариантам насыщения **субстрата № 2 анионами**

Вариант (анионы)	Хл a	Хл b	Car	*a +b*	*a/b*	*a + b/car*
1	1,463±0,026	0,476±0,051	0,846±0,032	1,94±0,08	3,08±0,27	2,29±0,01
2	1,784±0,011	0,686±0,048	1,085±0,012	2,47±0,04	2,60±0,02	2,27±0,01
3	1,665±0,305	0,607±0,022	1,009±0,052	2,27±0,28	2,76±0,61	2,24±0,16
4	1,599±0,025	0,558±0,005	0,946±0,011	2,16±0,02	2,86±0,04	2,28±0,01
5	1,800±0,096	0,696±0,047	1,131±0,078	2,50±0,14	2,59±0,04	2,21±0,03
6	1,099±0,249	0,590±0,019	0,834±0,098	1,69±0,27	1,86±0,36	2,02±0,08
7	1,877±0,237	0,604±0,045	1,052±0,120	2,48±0,28	3,11±0,16	2,36±0,01
8	1,875±0,186	0,604±0,081	1,074±0,112	2,48±0,27	3,11±0,11	2,31±0,01

В вариантах насыщения по анионам в субстратной композиции № 2 (табл. 5) вариант № 6 выделяется низким содержанием *Хл a*, суммой хлорофиллов (a+b), и соотношением (a/b) и (a+b/car).

В наших экспериментах в качестве маркера стрессовых воздействий исследовалась пероксидазная активность по вариантам опыта [12]. Стрессовая реакция и устойчивость растений картофеля сорта Уладар на количественный состав элементов и их соотношение по вариантам субстратов, выраженная в единицах пероксидазной активности, представлена в таблице 6.

Таблица 6. Пероксидазная активность по вариантам насыщения субстратов

Варианты	По катионам		По анионам		Соотношение активностей (K^+/A^-)	
	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2
1	2,65±0,03	2,43±0,05	2,55±0,01	1,98±0,07	1,04	1,23
2	2,63±0,01	2,52±0,07	2,55±0,03	1,95±0,04	1,03	1,29
3	2,59±0,04	2,48±0,07	2,67±0,02	2,08±0,05	0,97	1,19
4	2,56±0,05	2,48±0,06	2,66±0,01	1,59±0,04	0,96	1,56
5	2,12±0,06	2,55±0,07	2,56±0,08	1,89±0,05	0,83	1,35
6	2,47±0,03	2,41±0,08	2,54±0,04	2,06±0,05	0,97	1,17
7	2,76±0,04	2,39±0,08	2,62±0,02	2,00±0,05	1,05	1,19
8	2,63±0,05	2,25±0,04	2,51±0,04	1,34±0,04	1,05	1,68
MS	2,24±0,06	1,96±0,04				
Лебедева	2,02±0,05	1,78±0,06				
Триона	1,48±0,06					

В субстратной композиции № 1 пероксидазная активность в листьях растений наиболее высокая в вариантах с варьированием по трем точкам катионов (K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) у вариантов 1, 2, 7 и 8, более низкая – у варианта 5 и вариантов насыщения растворами MS, Лебедевой и Триона. Варианты насыщения по трем точкам анионов (NO_3^-, SO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$) более выровнены по реакции на стресс. По соотношению K^+/A^- активность в вариантах 3, 4, 5 и 6 ниже 1,00, что свидетельствует о более высокой реакции на стресс в вариантах насыщения по анионам. Устойчивость растений картофеля сорта Уладар повышена в вариантах субстрата № 2 с насыщением по анионам. Пероксидазная активность в вариантах приближается к наименее подверженным стрессу контрольным вариантам, насыщенным растворами MS и Лебедевой, и субстрату Триона (варианты 4 и 8). Наиболее высокая стрессовая реакция растений (субстрат № 2) в вариантах насыщения катионами. Исключение составляет вариант 8, активность пероксидаз в котором приближается к вариантам насыщения растворами MS и Лебедевой.

Согласно данным таблицы 7 изменение pH субстратов наблюдалось во всех вариантах опыта в сторону его увеличения. Подщелачивание среды корнеобитания свидетельствует о выносе анионов из ионитов. Сорт Уладар с ранним сроком созревания выносит из субстрата больше ионов NO_3^-, SO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$, замещая их на ионы OH^-, что приводит к повышению значений pH. В варианте с раствором насыщения раствором Лебедевой реакция подщелачивания субстрата на вынос элементов питания расте-

ниями картофеля сорта Уладар снижена за счет неактивного роста и развития растений во всех вариантах (рис. 1–4).

Таблица 7. Изменение pH субстратов до и после вегетации

Вариант	С-100 + А2ХМП (сорт Уладар)		Dowex + IRA-402 (сорт Уладар)	
	до	после	до	после
К 1	6,03	6,40	6,18	6,76
К 2	5,88	6,48	6,24	6,77
К 3	5,88	6,49	6,30	6,74
К 4	5,73	6,58	6,30	6,42
К 5	5,68	6,52	6,40	6,54
К 6	5,76	6,49	6,50	6,52
К 7	5,91	6,52	6,16	6,50
К 8	5,94	6,50	6,68	6,34
А 1	6,09	6,26	6,21	6,54
А 2	6,15	6,63	6,54	7,14
А 3	6,20	6,78	6,70	6,98
А 4	6,07	6,42	6,10	6,86
А 5	6,02	6,50	5,68	6,71
А 6	5,90	6,45	6,11	6,82
А 7	5,97	6,77	6,23	6,85
А 8	6,07	6,69	6,02	6,66
MS	6,36	3,66	6,56	4,74
Лебедева	6,34	6,25	6,29	6,23
Триона	5,94	6,34	5,94	6,34

Незначительные изменения pH в субстрате Триона (до 0,40 ед.) как при насыщении катионами, так и при насыщении анионами может свидетельствовать о большей сбалансированности субстрата. Исключение составляет вариант с насыщением субстратов раствором MS, где pH снижается, что может объясняться большим выносом катионов из корнеобитаемой среды при высокой интенсивности работы фотосинтетического аппарата: по всем вариантам субстрата при насыщении MS наблюдали наибольшее содержание зеленых пигментов и каротиноидов при одновременном отставании в росте.

Заключение. В результате проведения экспериментальной работы выявлено низкое сродство анионита IRA-402 к анионам фосфора (субстрат № 2), что удлинило вегетационный период, исключило цветение картофеля во всех вариантах, уменьшило завязывание клубней. Наибольший стресс растения испытывали в вариантах насыщения в экспериментальных точках 2, 3 и 4 по трем катионам (K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) при постоянной

концентрации анионов 20 мг-экв/л. Варианты насыщения в экспериментальных точках 4 и 8 по трем анионам (NO_3^-, SO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$) субстрата № 2 при постоянной концентрации катионов 20 мг-экв/л и вариантов насыщения растворами MS, Лебедевой и Триона, оказались более выровнены по реакции на стресс.

В субстратной композиции № 1 пероксидазная активность в листьях в вариантах с варьированием по трем точкам катионов наиболее низкая у варианта 5 и вариантов насыщения растворами MS, Лебедевой и Триона.

Субстрат № 1 пригоден для выращивания картофеля при насыщении в соотношении ионов, соответствующих экспериментальной точке 5. Субстрат № 2 может быть использован для выращивания салатных культур, в связи с обеспечением интенсивности вегетативного роста.

Литература

1. Маркарова Е.Н. // Физиология корневого питания растений. Москва: Изд-во МГУ. 1989. 104 с.
2. Микая Б.Л., Чичев Ю.И. Искусственное поле. Москва: Колос. 1983. 175 с.
3. Янчевская Т.Г. Оптимизация минерального питания растений. // Минск: Беларуская навука. 2014. 458 с.
4. Солдатов В.С., Перышкина Н.Г., Хорошко Р.П. // Ионитные почвы. Минск: Наука и техника. 1978. 272 с.
5. Солдатов В.С., Бычкова В.А. // Ионообменные равновесия в многокомпонентных системах. Минск. 1988. 360 с.
6. Суровая Т.П., Кошелева Л.Л., Гришко Н.И. Выявление оптимального водного режима ионитной почвы для выращивания капусты Хибинская и редиса // Физиолого-биохимические исследования растений. Мн.: Наука и техника. 1970. С. 144–152.
7. Солдатов В.С., Перышкина Н.Г., Терентьев В.М. Искусственные питательные среды для роста растений на основе ионообменных материалов // Агрохимия. 1969. № 2. С. 101–108.
8. Солдатов В.С., Терентьев В.М., Перышкина Н.Г. Искусственные почвы на основе ионообменных материалов //Доклады АН БССР. 1968. Т. XII. № 4. С. 357–359.
9. Годнев Т.Н. Строение хлорофилла и методы его количественного определения // Минск: Изд-во АН БССР. 1952. 162 с.
10. Юсупова, З. Р., Хайруллин, Р.М, Максимов, И.В. Активность пероксидазы в различных клеточных фракциях при инфицировании пшеницы грибными патогенами // Физиология растений. 2006. Т. 53, № 6. С. 910–917.
11. http://neznaniya.net/index.php
12. Казаков Г.И., Кутилин В.Г. Влияние основной обработки почвы и систем удобрений на урожайность гороха // Зерновое хозяйство. 2002. № 2. С. 11–12.

Т. Г. ЯНЧЕВСКАЯ, А. Л. ОЛЬШАНИКОВА, А. Н. ГРИЦ, Т. Б. МАКАРОВА

ВЛИЯНИЕ ИОНООБМЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В СОСТАВЕ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ КОРНЕОБИТАЕМОЙ СРЕДЫ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ *IN VIVO* КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM* L.)

Резюме

Выявлено низкое сродство анионита IRA-402 к анионам фосфора (субстрат, в состав которого входит катионит Dowex monosphere 545C и анионит Amberlite IRA-402), что удлинило вегетационный период, исключило цветение картофеля во всех вариантах, уменьшило завязывание клубней. Наибольший стресс растения испытывали в вариантах насыщения в экспериментальных точках по трем катионам (K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) при постоянной концентрации анионов 20 мг-экв/л. Варианты насыщения в экспериментальных точках по трем анионам (NO_3^-, SO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$) субстрата № 2 при постоянной концентрации катионов 20 мг-экв/л и вариантов насыщения растворами MS, Лебедевой и Триона, оказались более выровнены по реакции на стресс. Субстрат № 1, в состав которого входит Purolite C-100 и анионит Tulsion A2X–МП, пригоден для выращивания картофеля и получения мини-клубней. Субстрат № 2 может быть использован для выращивания салатных культур, в связи с обеспечением интенсивности вегетативного роста.

T. G. YANCHEVSKAYA, A. L. OLSHANNIKOVA, A. N. GRYTS, T. B. MAKAROVA

THE INFLUENCE OF ION-EXCHANGE COMPONENT OF THE NEW GENERATION IN COMPOSED OF OPTIMIZED ROOT INVIRONMENT ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF PLANTS *IN VIVO* OF POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM* L.)

Summary

Revealed low affinity anionite IRA-402 to phosphorus anions (substrate, comprising cationite Dowex monosphere 545 and anionite Amberlite IRA-402) that extended the growing season, ruled out the flowering potatoes in all varieties, reduced the knotting minitubers. The greatest stress plants tested in versions of saturation in experimental points on three cations (K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) at constant anions concentration 20 MEQ/l. Saturation options in pilot locations for the three anions (NO_3^-, SO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$) in substrate No.2 at a constant concentration of cations 20 MEQ/l and saturation options solutions *MS*, *Lebedeva* and *Triona*, were more aligned to stress reactions. The substrate No.1, which includes the anionite P-100 and anions Purolite Tulsion A2H-MP, suitable for growing potatoes and became mini tubers. Substrate No. 2 can be used for growing salad crops, with respect to the intensity of vegetative growth.

Поступила в редакцию 03.11.2017 г.

УДК 582.998.16.04 : 581.143 : 633.86 : 577.15

С. Ю. МАКОГОНЕНКО [1], В. И. БАРАНОВ [1], Л. И. КАРПИНЕЦ [1],
С. П. ПОНОМАРЕНКО [2], О. И. ТЕРЕК [1]

ВЛИЯНИЕ ГИББЕРЕЛЛИНА, СТИМПО И РЕГОПЛАНТА НА РОСТ, СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ ФОТОСИНТЕЗА И БЕЛКА У *HELIANTUS ANNUUS* L. НА ТЕХНОГЕННЫХ СУБСТРАТАХ

[1]Львовский национальный университет имени Ивана Франко, г. Львов, Украина
[2]ДП МНТЦ «Агробіотех» НАН і МОН Украины, г. Киев, Украина

Введение. В настоящее время в результате производственной деятельности горнодобывающего комплекса Украины образуется огромное количество техногенно измененных почв в виде отвалов породы, которые являются одним из ключевых источников загрязнения среды вредными для здоровья и жизни элементами, в частности тяжелыми металлами (ТМ) [9]. Функционирование Червоноградского горнодобывающего комплекса (ЧГПК) привело к появлению значительных площадей загрязненных почв, которые составляют во Львовской области 11,6 тыс.га. В основных угледобывающих районах Львовско-Волынского угольного бассейна, в состав которого входят двенадцать угольных шахт, под породные отвалы отведено 211 га. На площадь примерно в 30 км^2, где проживает большинство населения района, находятся шахты и основной отстойник шахтных вод, приходится до 80 %.

Породные отвалы угольных шахт ЧГПК отличаются сложным рельефом поверхности, крутыми склонами, скорость ветра в воздушном пространстве над ними в 2–4 раза выше, чем на улицах города, температура поверхности в жаркие дни достигает 40–45 ^{0}C. В таких условиях потеря доступной для растений влаги в породе отвалов отмечается до глубины 20–30 см [7]. В виду постоянного изменения влажности и температуры часто происходят осыпи, оползни и смывы породы сточной водой, что в результате приводит к загрязнению ТМ грунтовых вод, атмосферы, растительныого покрова и в определенной степени индуцирует возникновение заболеваний у населения данного района [8]. Так, анализ содержания ТМ в почве отвала показал, что уровень загрязнения ими на отдельных участках и вокруг отвалов превышает предельно допустимые нормы, достигая для отдельных элементов 5–7 ГДК [9]. В то же время, у детей пгт. Сосновка, который находится на расстоянии 5 км от отвалов, наблюдаются изменения, сравнительно с региональными нормами, макро- и микроэлементного состава крови и волос – повышенное содержание Cr, Cd, Pb в крови и волосах, уменьшение в крови Fe, Cu и Zn – до 1,5 раза, Mn – до 2 раз, а в волосах детей – резкое уменьшение Fe, Mn и Zn. Эти изменения негативно отразились на здоровье детей данного района [12].

В связи с этим техногенные территории требуют рекультивации, одним из направлений которой является фиторекультивация. Фиторемедиация, как одно из направлений фиторекультивации – это процесс очистки

загрязненных почв промышленных зон, при котором растения-аккумулянты накапливают и/или трансформируют в менее токсичные формы вредные элементы почвы, в том числе ТМ, тем самым улучшая и восстанавливая ее свойства. К таким растениям можно отнести подсолнечник (*Helianthus annus* L.*)* – накопитель ТМ [2].

Выращивание растений на любом грунте, особенно на техноземах, нуждается в удобрениях, а также использовании методов и приемов повышения адаптационных свойств растений. К таким все более распространенным в настоящее время приемам относится применение регуляторов роста (РР) [6,13].

В государственном межведомственном научно-технологическом центре «Агробиотех» созданы новые РР 3-го поколения – Регоплант и Стимпо с широким спектром действия и биозащитным эффектом. Основу этих РР составляют продукты жизнедеятельности грибов-микромицетов, что указывает на экологичность их использования. Стимпо и Регоплант – препараты, в основу действия которых положен синергической эффект взаимодействия продуктов биотехнологического культивирования грибов-микромицетов из корневой системы женьшеня и аверсектина – продукта жизнедеятельности бактерий *Streptomyces avermetilis*. По данным [3,4], под воздействием этих препаратов увеличивается площадь листовой поверхности и содержание хлорофилла в тканях растений, снижается фитотоксичное действие пестицидов и усиливается антимутагенный эффект. Они способны повышать урожайность, устойчивость растений к болезням и неблагоприятным факторам окружающей среды (переохлаждению, перегреванию, дефициту или избытку света и влаги). Однако действие этих новых препаратов на растения в условиях техногенно измененных грунтов до настоящего времени не исследовалось.

Цель настоящей работы – изучение влияния препаратов Стимпо и Регоплант на рост, содержание пигментов фотосинтеза и белка у проростков подсолнечника при выращивании на субстратах породных отвалов угольных шахт.

Материалы (объекты) и методы исследования. При фиторекультивации субстратов породных отвалов, учитывая их экстремальные условия для культивирования растений, уже накоплен опыт использования видов растений, характеризующихся в силу своих биологических свойств экологической устойчивостью [11]. Выбор подсолнечника (*Helianthus annus* L.*)* в качестве объекта исследования был обусловлен засухоустойчивостью этого растения, устойчивостью к высоким температурам (что связано с низким коэффициентом транспирации и хорошо развитой корневой системой), устойчивостью к тяжелым металлам, присутствующим в породах отвала [5].

Программа исследований предусматривала 2 этапа:

– на первом этапе изучали влияние различных концентраций РР (для Стимпо – 0,1; 0,25; 0,5 мл/л; для Регопланта – 0,05; 0,1; 0,25; 0,5 мл/л) и времени замачивания семян на ростовые показатели проростков подсолнечника. С этой целью семена проращивали в чашках Петри на рас-

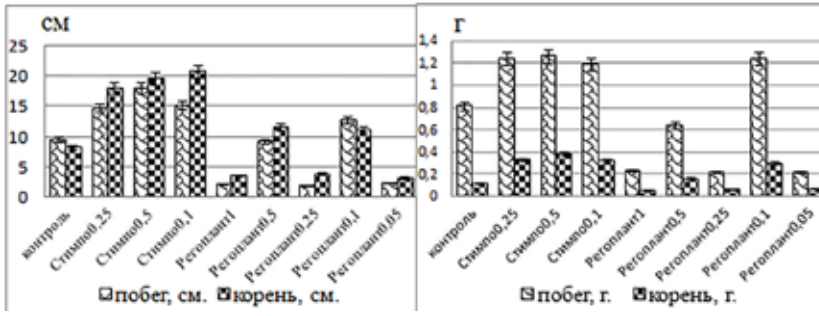
творах РР в течение 7-ми суток в термостате при 22^0С согласно ГОСТ 12038–84, после чего проводили измерение морфометрических показателей – длины проростков, массы их корней и надземной части. Аналогично определяли оптимальное время замачивания семян после экспозиции 1, 3 и 6 часов в растворах установленной для каждого РР оптимальной концентрации.

– на втором этапе исследования семена замачивали в течение установленного на первом этапе исследования оптимального времени в оптимальных для роста подсолнечника концентрациях испытуемых препаратов (Регопланта и Стимо) и в растворе введенного в эксперимент для сравнительного анализа действия РР классического регулятора роста – гиббереллловой кислоты (ГК) в концентрации 10 мг/л. После экспозиции семян в растворах РР проростки культивировали 14 суток в сосудах с садовым грунтом (контроль) и двумя субстратами отвала – черном (неперегорелая порода) и красном (перегорелая порода). Садовый грунт (супесчаная почва, pH 7,2; содержание ТМ не превышает допустимые значения ГДК) отбирали на относительно экологически чистой территории ботанического сада Львовского национального университета им. И. Франко. Субстраты отбирали на породном отвале Центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) «Червоноградская» ОАО «Львовская угольная компания» (с. Силец Львовской области). Отвал этой фабрики является крупнейшим не только в пределах Червоноградского горнопромышленного района, но и западной Украины в целом. Оба субстрата отвала – черный и красный – характеризуются практически отсутствием органики, высокими уровнями pH – 3,5 и 4,6 соответственно и высоким содержанием ТМ [2].

По завершении эксперимента растения извлекали из сосудов, отмывали корневую систему и определяли морфометрические параметры проростков и биохимические показатели (содержание белка и пигментов фотосинтеза – хлорофилла a и b) в надземной фитомассе.

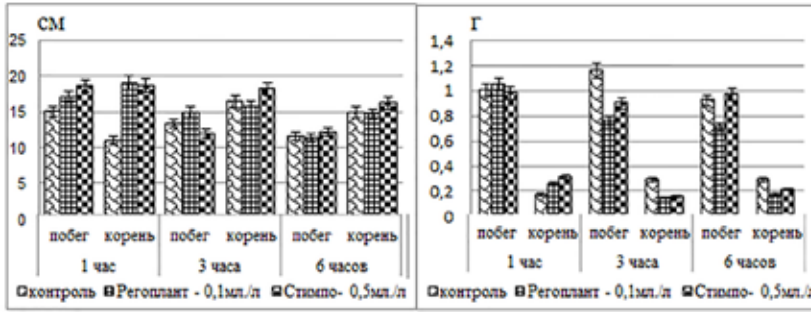
Определение содержания пигментов фотосинтеза проводили в ацетоновой вытяжке спектрофотометрическим методом [1]. Концентрацию белка в 14-ти суточных зеленых проростках определяли при экстракции фосфатным буфером (pH 7,0) спектрофотометрическим методом с использованием кумаси ярко-синего [10]. Количественную выборку опытных растений для анализа морфометрических показателей формировали в 3-х кратной повторности по 15 проростков в каждой. Для статистической обработки данных использовали программы Statist и Exel.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследований были выявлены оптимальные концентрации растворов Стимпо и Регопланта при использовании их для предпосевной обработки семян *Helianthus annuus*. По данным определения морфометрических параметров – длины и массы корней и побегов 7-дневных проростков, оптимальной концентрацией для замачивания семян подсолнечника в серии с применением препарата Стимпо оказалась концентрация 0,5 мл/л, в серии с препаратом Регоплант – 0,1 мл / л (рис. 1).



A B

Рис. 1. Влияние разных концентраций РР на длину и массу корней и надземной части этиолированных проростков *Helianthus annuus* L.: A – длина проростка, см; B – масса проростка, г.



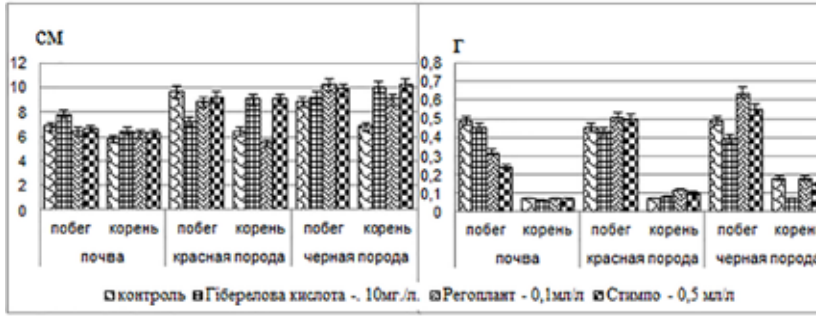
C D

Рис. 2. Характеристика длины и массы этиолированных проростков *Helianthus annuus* L. при разном времени замачивания семян в растворах регуляторов роста: C – длина проростка, см; D – масса проростка, г.

Также было установлено, что наибольший стимулирующий ростовые процессы эффект действия изучаемых препаратов достигается при экспозиции семян на их растворах оптимальной концентрации на протяжении 1-го часа, тогда как при увеличении времени замачивания до 3-х и 6-ти часов стимулирующее действие РР на рост и биомассу проростков как по абсолютным значениям, так и в сравнении с контролем снижалось, особенно резко на растворе Регопланта (рис. 2).

Следующим этапом нашей работы было изучение влияния Стимпо и Регопланта в оптимальных концентрациях и времени замачивания семян

(1 час) в сравнении с действием классического регулятора роста – гиббереллловой кислоты (ГК) на ростовые показатели проростков подсолнечника при выращивании на красном и черном субстратах отвала (рис. 3).



E F

Рис. 3. Морфометрические показатели проростков *Helianthus annuus* L. при выращивании на красном и черном субстратах отвала угольных шахт: почва – садовый грунт, E – длина проростка, см; F – масса проростка, г.

Влияние РР на длину проростков и массу корней и побегов подсолнечника при выращивании на садовой почве и на породах отвалов было неоднозначным – наблюдалась как стимуляция, так и слабое ингибирование величин этих показателей.

На садовом грунте ГК стимулировала рост побега и незначительно корня, тогда как Регоплант и Стимпо снижали длину побега и незначительно увеличивали рост корня. На красном субстрате все регуляторы слабо ингибировали длину побегов растений, длину корней ингибировал Регоплант, но стимулировали ГК и Стимпо. На черном субстрате все три регулятора стимулировали длину побегов и корней проростков растений.

Влияние РР на массу корней и побегов отличалось от влияния на показатели длины органов проростков. На садовом грунте (почве) все РР снижали массу побегов и практически не влияли на массу корней. ГК на красной и черной породах слабо ингибировала массу побегов, не влияла на массу корня на красной породе и снижала ее на черной породе. На красной породе массу побегов и корней увеличивали Регоплант и Стимпо, а на черной оба регулятора увеличивали только массу побегов, тогда как Регоплант не влиял на массу корней, а Стимпо даже снижал ее.

Таким образом, не наблюдалось определенной закономерности в действии изучаемых РР, хотя в определенной степени можно говорить о их стимулирующем влиянии на проростки, особенно при сравнении ростовых показателей при росте на породах с обработкой РР и без обработки.

При изучении влияния РР на содержание пигментов фотосинтеза было обнаружено, что как на почве, так и на обоих породах у проростков увеличивалось содержание хлорофиллов *а* и *в* (табл. 1). Причем содержание хлорофилла *в* увеличивалось в большей мере, чем содержание хлорофилла а, что, на наш взгляд, указывает на усиление окислительно-восстановительных процессов в растениях и, особенно, при росте на субстратах отвала, поскольку увеличение содержания хлорофилла *в* было значительно большим, чем при росте на контрольной почве.

Таблица 1. Влияние регуляторов роста – Регопланта, Стимпо и гиббереллловой кислоты на содержание пигментов фотосинтеза у проростков подсолнечника при выращивании на субстратах породного отвала угольных шахт

Содержание пигментов фотосинтеза (мг/г сырого вещества)					
Вариант	хлорофилл *a*		хлорофилл *b*		хл. *a* / хл. *b*
	M±m	%	M±m	%	
Контроль – садовый грунт (СГ)	3,74±0,02	100	1,93±0,05	100	1,93
СГ+ГК10 мг/л	5,46 ± 0,3	145,98	2±0,06	103,62	2,73
СГ+ Регоплант 0,1 мл/л	5,42±0,36	144,91	3,68±0,57	190,67	1,47
СГ + Стимпо 0,5 мл/л	4,78±0,21	127,8	1,79±0,12	92,74	2,67
Красный субстрат (КС)	5,19±0,29	138,77	4,35±0,39	225,38	1,19
КС + ГК	5,35±0,20	143,04	4,60±0,30	238,34	1,22
КС +Регоплант	5,67±0,10	151,6	4,54±0,36	235,23	1,24
КС + Стимпо	5,28±0,14	141,17	4,65±0,58	240,93	1,13
Черный субстат (ЧС)	4,17±0,07	111,49	3,95±0,21	204,66	1,05
ЧС + ГК	4,78±0,30	127,8	4,10±0,18	212,43	1,16
ЧС +Регоплант	4,76±0,24	127,27	4,0±0,21	207,25	1,19
ЧС + Стимпо	4,64±0,36	124,06	4,33±0,12	224,35	1,07

Примечание: ЧС – черный субстрат, КС – красный субстрат, ГК – гиббереллловая кислота.

Необходимо также отметить, что менялось и отношение хлорофилла *а* к хлорофиллу *b* – на обоих субстратах при действии всех РР наблюдалось снижение этого показателя по сравнению с его отношением у растений на садовом грунте, что указывает на увеличение теневыносливости растений на техноземах. Однако при сравнении отношения пигментов у проростков при росте на обоих субстратах и при действии РР наблюдалась иная зависимость – гиббереллловая кислота и Регоплант увеличивали отношение хлорофилл *а* / хлорофилл *b*, а Стимпо снижал этот показатель, то есть наблюдалось как увеличение светолюбивости, так и увеличение теневыносливости.

Было изучено также содержание белка в проростках подсолнечника, выращиваемых на субстратах отвала, при обработке растений РР (табл. 2).

Таблица 2. Влияние регуляторов роста – Регопланта, Стимпо и гиббереллловой кислоты на содержание белка в 14-ти суточных проростках подсолнечника при выращивании на субстратах породного отвала угольных шахт

Вариант	Белок (мг/г сырого вещества)	
	M±m	%
Контроль – садовый грунт (СГ)	1,333±0,069	100,0
СГ+ГК 10 мг/л	1,436±0,078	107,7
СГ+Стимпо	1,393±0,054	104,5
СГ+Регоплант	1,260±0,005	94,5
Красный субстрат (КС)	1,136±0,080	85,2
КС+ГК	1,176±0,052	88,2
КС+Стимпо.	1,250±0,083	93,8
КС+Регоплант	1,143±0,049	85,7
Черный субстрат (ЧС)	0,903±0,031	67,7
ЧС+ГК	1,006±0,098	75,5
ЧС+Стимпо	1,053±0,063	79,0
ЧС+Регоплант	1,076±0,083	80,7

Примечание: ЧС – черный субстрат, КС – красный субстрат, ГК – гиббереллловая кислота.

Данные таблицы 2 показывают, что содержание белка в проростках, растущих на субстратах отвала, существенно ниже, чем у растений, выращиваемых на садовом грунте как в контроле, так и при обработке РР. В то же время, при действии регуляторов роста у растений на субстратах отвала содержание белка в проростках возрастает. Наиболее существенно это проявляется на красном субстрате в варианте с препаратом Стимпо, на черном субстрате – под действием обоих препаратов. Эффективность от обработки гиббереллловой кислотой в сравнении с новыми препаратами проявилась только в контроле в условиях садового грунта.

Заключение. Подобраны оптимальные концентрации и время замачивания семян подсолнечника в новых регуляторах роста – Регопланте и Стимпо. Определенной закомерности в действии новых регуляторов роста не обнаружено, однако наблюдалась тенденция к стимулированию роста проростков растений. При действии РР у проростков, растущих на субстратах отвалов, по сравнению с необработанными РР, наблюдалось повышение содержания пигментов фотосинтеза и белка, что, на наш взгляд, указывает на повышение стойкости растений к стрессовым эдафическим условиям породных отвалов угольных шахт.

Литература

1. Гавриленко В. Ф., Ладыгина М. Е., Хандобина Л. М. Большой практикум по физиологии растений. Москва: Высшая школа, 1975. С. 270–290.

2. Гащишин В.Р., Пацула О.І, Терек О.І. // Физиология растений и генетика. 2014. Т. 46, № 4. С.343–350.

3. Гриценко З. М., Пономаренко С. П. Біологічно активні речовини в рослинництві. Умань, 2008. С.179–191.

4. Бабаянц А.В., Гриценко З. М., Пономаренко С. П. Біостимулятори (регулятори росту) рослин. Київ: МНТЦ Агробіотех, 2013 – 2014. С. 3–15.

5. Бакун В.Р., Ковальська О.Р., Пацула О.І. // IV Міжнар. наук. конф. студентів і аспірантів. «Молодь і поступ біології»: Протекторна роль трептолему у рослин ріпака та соняшника за дії іонів свинцю (Львів, 7 – 10 квітня, 2008). Львів, 2008. С. 373–374.

6. Баранов В.І. // Вісн. Львів. універ. Сер. біол. 2008. Вип. 46. С. 172–178.

7. Башуцька У. // Сукцесії рослинності породних відвалів шахт Червоноградського гірничопромислового району. Львів, РВВ НЛТУ України, 2006. 178 с.

8. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2015 році. Департамент екології та природних ресурсів. Львів. 2015 http:// www. menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2015-rosti/Lvivska 2015.pdf.

9. Книш І. Б., Харкевич В. В. // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол. 2003. Вип. 17. С. 148–158.

10. Мусієнко М. М., Паршикова Т. В., Славний П. С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 153 с.

11. Сметанин В.И. Рекультивация земель: обзор технологий. Экология и промышленность России. Москва, 2004. С. 24–45.

12. Трахтенберг И. Опыт изучения биогеохимической провинции одного из горнопромышленных районов Западной Украины: Книга о ядах и отравлениях. Очерки токсикологии. Київ: Наукова думка, 2000. С. 213–225.

13. Олійник О.О., Фурман В.М., Солодка Т.М., Вакуленчук С.І. // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки. 2013. Т.4(64). С. 112–118.

14. ГОСТ 12038-84. Методы определения всхожести и энергии прорастания. Семена сельскохозяйственных культур Часть 1. // М.: Издательство стандартов, 1984. 57 с.

С. Ю. МАКОГОНЕНКО, В. И. БАРАНОВ, Л. И. КАРПИНЕЦ,
С. П. ПОНОМАРЕНКО, О. И. ТЕРЕК

ВЛИЯНИЕ ГИББЕРЕЛЛИНА, СТИМПО И РЕГОПЛАНТА НА РОСТ, СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ ФОТОСИНТЕЗА И БЕЛКА У *HELIANTUS ANNUUS* L. НА ТЕХНОГЕННЫХ СУБСТРАТАХ

Резюме

Исследовано действие двух регуляторов роста нового поколения – Стимпо и Регопланта («Агробиотех», Украина) на ростовые показатели, содержание пигментов фотосинтеза и белка у растений подсолнечника *(Helianthus annuus* L.), при росте на техноземах – субстратах породных отвалов каменноугольных шахт.Установлено, что обработка регулятора-

ми роста семян подсолнечника способствовала улучшению морфометрических параметров проростков, увеличивала содержание пигментов фотосинтеза и белка как при росте на садовом грунте, так и на субстратах. Для эффективной обработки растений РР установлены оптимальные концентрации – 0,5 мл/л для Стимпо и 0,1 мл/л для Регопланта и оптимальное время (1 час) предпосевного замачивании семян в растворах РР. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения регуляторов Стимпо и Регопланта для стимуляции роста подсолнечника как на обычных грунтах, так и на техногенно измененных почвах.

S. YU. MAKOGONENKO, W. I. BARANOW, L. I. KARPINETZ,
S. P. PONOMARENKO, O. I. TEREK

INFLUENCE OF GIBBERELIN, STIMPO AND REGOPLANT ON GROWTH, CONTENT OF PHOTOSYNTHESIS PIGMENTS AND PROTEIN IN *HELIANTHUS ANNUUS* L. ON TECHNOGENIC SUBSTRATES

Summary

The effect of two growth regulators of the new generation – Stimpo and Regoplant (Agrobiotech, Ukraine) – on growth parameters, content of photosynthesis pigments and protein in sunflower plants (*Helianthus annuus* L.), with growth on technogenic substrates of rock dumps of coal mines was investigated. It was found that treatment by growth regulators (GR) of sunflower seeds promoted the improvement of morphometric parameters of seedlings and increased the content of photosynthetic pigments and protein both with growth on the garden soil and with growth on substrates. The optimal concentrations of GR – 0.5 ml / l for Stimpo and 0.1 ml / l for Regoplant were selected. At the soaking of seeds in the growth regulators the best was soaking for an hour. The results got by us testify to prespective of application of regulators Stimpo and Regoplant for stimulation of sunflower growth both on ordinary soils and on technogenically changed soils.

Поступила в редакцию 21.01.2017 г.

Флористические находки

УДК 582. 282 (476)

Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА, Т. Г. ШАБАШОВА

НАХОДКИ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ МИКРОМИЦЕТОВ НА ХВОЙНЫХ ПОРОДАХ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ

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

Введение. В настоящее время в Беларуси наблюдаются вспышки болезней древесных пород, вызванных инвазивными видами грибов [1]. В Беларуси только в условиях Минской возвышенности выявлено 84 вида инвазивных фитопатогенных микромицетов, что составило 17 % от всех известных на этой территории патогенов [3, 4]. Многие инвайдеры сформировали вторичные ареалы и оказывают существенное влияние на состояние и устойчивость лесов отдельных формаций. Внедрение чужеродных видов в исторически сложившуюся микобиоту является значительной частью глобальных природных изменений и часто ведет к существенным потерям биологического разнообразия. В этой связи большой интерес вызывают не только возбудители болезней, но и сапротрофные виды грибов, встречающиеся за пределами своих естественных ареалов.

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектом исследования являлась микобиота хвойных пород в различных фитоценозах Брестской области Беларуси. При документировании и обработке гербарных образцов использовались общепринятые методы [2, 6]. Идентификация микромицетов проводилась в соответствие с анатомо-морфологическими признаками [5, 6]. При определении таксономического положения возбудителей использовалась система, опубликованная в Словаре грибов Айнсворта и Бисби [6]. Названия и синонимы приводятся в соответствии с Index Fungorum (международная микологическая база данных). Гербарные сборы приведенных в статье видов хранятся в гербарии грибов (MSK-F) Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича.

Результаты и их обсуждение. При изучении хвойных пород в летний полевой сезон 2017 года были идентифицированы следующие виды микромицетов, представляющих адвентивный элемент микобиоты.

Coleosporium tussilaginis (Pers.) Lév., in Orbigny, Dict. Univ. Hist. Nat. 12: 786 (1849). Syn.: *Coleosporium campanulae* (Pers.) Tul., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 4 2: 137 (1854); *Lindrothia calendulae* (McAlpine) Syd., Annls mycol. 20(3/4): 119 (1922); *Peridermium acicola* Cooke [as ‘acicolum’], Grevillea 6(no. 38): 72 (1877); *Puccinia sonchi-arvensis* Tokun. & Kawai, Annls Sci. Nat., Bot., sér. 10 11(4): 235 (1931); *Ustilago tussilaginis* Losa, An. Jard. bot. Madr. 5: 126 (1945). На хвое *Pinus sylvestris* L. – Ляховичский р-н, окр. д. Грушевка. Усадьба Рейтанов. Аллея возле каплицы-усыпальницы.

Costantinella terrestris (Link) S. Hughes, Can. J. Bot. 36: 758 (1958). Syn.: *Botrytis tillettei* Desm., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 2 10: 308 (1838); *Costantinella tillettei (*Desm.) E. W. Mason & S. Hughes, in Nannfeldt & Eriksson, Svensk bot. Tidskr. 46(1): 117 (1952). На опаде *Picea abies* (L.) Karst. – Ляховичский р-н, Кривошинское л-во, к-в. 113.

Cyclaneusma minus (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter, Eur. J. For. Path. 13(4): 208 (1983). Syn.: *Naemacyclus minor* Butin, Eur. J. For. Path. 3(3): 160 (1973). На хвое *Pinus sylvestris* L. – Ляховичский р-н, Новоселковское л-во, к-в. 45.

Diplococcium parcum Hol. – Jech., Folia geobot. phytotax. 17(3): 315 (1982) На коре *Pinus silvestris* L. – Ляховичский р-н, Кривошинское л-во, к-в. 172.

Endoconidiophora polonica (Siemaszko) Z.W. de Beer, T.A. Duong & M.J. Wingf., in de Beer, Duong, Barnes, Wingfield & Wingfield, Stud. Mycol. 79: 211 (2014). Syn.: Ceratocystis polonica (Siemaszko) C. Moreau, Revue Mycol., Paris 17(Suppl. Colon. no. 1): 22 (1952); Ophiostoma polonicum Siemaszko, Planta Pol. 7(3): 33 (1939). На древесине *Picea abies* (L.) Karst. – Ляховичский р-н, Кривошинское л-во, к-в. 122.

Helicoma muelleri Corda, Icon. fung. (Prague) 1: 15 (1837). Syn.: *Helicomyces muelleri* (Corda) Pound & Clem., Minn. bot. Stud. 1(Bulletin 9): 659 (1896); *Helicosporium muelleri* (Corda) Sacc., Michelia 2(no. 6): 129 (1880). На коре *Picea abies* (L.) Karst. – Ляховичский р-н, Кривошинское л-во, к-в. 122

Monodictys lepraria (Berk.) M.B. Ellis, More Dematiaceous Hyphomycetes (Kew): 44 (1976). Syn.: *Sporidesmium lepraria* Berk., Hooker's J. Bot. Kew Gard. Misc. 5: 43 (1853). На коре *Picea abies* (L.) Karst. – Ляховичский р-н, Новоселковское л-во, к-в. 45.

Pestalotiopsis funerea (Desm.) Steyaert, Bull. Jard. bot. État Brux. 19(3): 340 (1949). Syn.: *Pestalotia conigena f. abietis* Roum., Revue mycol., Toulouse 5(no. 17): 11 (1883); *Pestalotia punctiformis* (Sacc.) Mussat, in Saccardo, Syll. fung. (Abellini) 15: 242 (1901). На побегах *Larix decidua* Mill. – Пружанский р-н, окр. д. Белый Лесок. НП «Беловежская пуща».

Phragmocephala elliptica (Berk. & Broome) S. Hughes, N.Z. Jl Bot. 17(2): 164 (1979). Syn.: *Endophragmia elliptica* (Berk. & Broome) M.B. Ellis, Mycol. Pap. 72: 20 (1959); *Monotospora elliptica* Berk. & Broome, Ann. Mag. nat. Hist., Ser. 5 7: 130 (1881); *Phragmocephala cookei* E.W. Mason & S. Hughes, Naturalist: 98 (1951). На древесине *Picea abies* (L.) Karst. – Ляховичский р-н, Кривошинское л-во, к-в. 114.

Rosellinia obliquata (Sommerf.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 1: 260 (1882). Syn: *Coniochaeta obliquata* (Sommerf.) Minter, in Minter & Kirk, IMI Descr. Fungi Bact. 174 (nos 1731–1740): 1731: [1] (2007). На шишках *Picea abies* (L.) Karst. – Ляховичский р-н, Кривошинское л-во, к-в. 123; Новоселковское л-во, к-в. 45.

Sirococcus conigenus (Pers.) P.F. Cannon & Minter, Taxon 32(4): 577 (1983). Syn.: *Ascochyta strobilina* (Corda) Wollenw., Fusaria autographica delineata 1: no. 505 (1916); *Discella conigena* (Pers.) Höhn., Mitt. bot. Inst. tech. Hochsch. Wien 6(1): 120 (1929); *Sirococcus strobilinus* (Desm.) Petr., Sydowia 1(1–3): 155 (1947). На шишках *Picea abies* (L.) Karst. – Ляховичский р-н, Кривошинское л-во, к-в. 112, 113, 120.

Sphaeropsis sapinea (Fr.) Dyko & B. Sutton, in Sutton, The Coelomycetes (Kew): 120 (1980). Syn.: *Botryodiplodia pinea* (Desm.) Petr., Annls mycol. 20(5/6): 308 (1922); *Coniothyrium pinastri* (Lév.) Tassi, Bulletin Labor. Orto Bot. de R. Univ. Siena 5: 25 (1902); *Diplodia conigena* Desm., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 36: 69 (1846); *D. pinastri* Grove, J. Bot., Lond. 54: 193 (1916); *Granulodiplodia sapinea* (Fr.) Zambett., Bull. trimest. Soc. mycol. Fr. 70(3): 331 (1955) [1954]; *Macrophoma sapinea* (Fr.) Petr., Sydowia 15(1–6): 311 (1962) [1961]. На побегах *Pinus sylvestris* L. – Ляховичский р-н, Новоселковское л-во, к-в. 45.

Sydowia polyspora (Bref. & Tavel) E. Müll., Sydowia 7(5–6): 342 (1953). Syn.: *Dothichiza pithyophila* (Corda) Petr., Annls mycol. 21(3/4): 267 (1923); *Hormonema dematioides* Lagerb. & Melin, in Lagerberg, Lundberg & Melin, Svensk Skogsvårdsförening Tidskr. 25: 219 (1927); *Phoma acicola* (Moug. & Lév.) Sacc., Michelia 2(no. 7): 272 (1881); *Plowrightiella polyspora* (Bref. & Tavel) Trotter, in Saccardo, Syll. fung. (Abellini) 24(1): 542 (1926); *Pullularia fermentans* E.S. Wynne & Gott, J. gen. Microbiol. 14: 517 (1956); *Sclerophoma pithyophila* (Corda) Höhn., Sber. Akad. Wiss. Wien, Math. – naturw. Kl., Abt. 1 118: 1234 [78 repr.] (1909); *Sclerotiopsis pithyophila* (Corda) Oudem., Ned. kruidk. Archf, 2 sér. 17: 247 (1901); *Selenophoma pithyophila* (Corda) Luc, (1953). На побегах *Pinus sylvestris* L. – Ляховичский р-н, Новоселковское л-во, к-в. 45.

Trimmatostroma scutellare (Berk. & Broome) M.B. Ellis, More Dematiaceous Hyphomycetes (Kew): 28 (1976). Syn.: *Sporidesmium scutellare* Berk. & Broome, Ann. Mag. nat. Hist., Ser. 2 5: 459 (1850). На опаде *Abies alba* Mill. Ляховичский р-н, Кривошинское л-во, к-в. 172. Памятник природы «Пихта белая» (0.5 га, выдел 18).

Veronaea carlinae M.B. Ellis, More Dematiaceous Hyphomycetes (Kew): 212 (1976). Syn.: *Ramichloridium carlinae* (M.B. Ellis) de Hoog, Stud. Mycol. 15: 85 (1977). На опаде *Picea abies* (L.) Karst. – Ляховичский р-н, Кривошинское л-во, к-в. 112.

Xylohypha pinicola D. Hawksw., Trans. Br. mycol. Soc. 64(1): 98 (1975). На древесине *Picea abies* (L.) Karst. – Ляховичский р-н, Кривошинское л-во, к-в. 114.

Заключение. Идентификация данных видов представляет безусловный интерес для изучения биоразнообразия микобиоты Беларуси. Ряд выявленных микромицетов являются возбудителями болезней хвойных пород – *Coleosporium tussilaginis, Cyclaneusma minus, Pestalotiopsis*

funerea, Sphaeropsis sapinea, polyspora. Однако в изученных фитоценозах значительного влияния на лесопатологическое состояние насаждений эти виды грибов не оказывали.

Литература

1. Беломесяцева Д.Б., Гапиенко О.С., Звягинцев В.Б., Жданович С.А. Инвазивные виды фитопатогенных организмов в Беларуси и сопредельных странах // Ботаника (исследования). Вып. 42, Мн., 2013. С. 87–98.

2. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наук. думка, 1982. 551 с.

3. Поликсенова В.Д., Храмцов А.К. К вопросу о чужеродных видах фитопатогенных микромицетов в Беларуси // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: Материалы II-ой международной научно-практической конференции. Сб. науч. работ / Под общей редакцией В.И. Парфенова. Минск, Минсктиппроект, 2012. С. 488–491.

4. Поликсенова В.Д., Храмцов А.К. Чужеродные фитопатогенные микромицеты Беларуси // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. Хим., биол., геогр. – 2015. № 3. С. 43–48.

5. Ellis M.B., Ellis J.P. Microfungi on Land Plants. An Identification Handbook. London: Helm, 1987. 819 p.

6. Kirk P.M., Cannon P., Stalpers J., Minter D. (edit.) Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. 10th ed. Wallingford: CAB International, 2011. 784 p.

Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА, Т. Г. ШАБАШОВА

НАХОДКИ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ МИКРОМИЦЕТОВ НА ХВОЙНЫХ ПОРОДАХ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ

Резюме

При изучении микромицетов, развивающихся на хвойных породах, был выявлен ряд адвентивных для микобиоты видов, в т. ч. возбудителей болезней хвойных пород – *Coleosporium tussilaginis, Cyclaneusma minus, Pestalotiopsis funerea, Sphaeropsis sapinea, Sydowia polyspora*. Значительного влияния на лесопатологическое состояние насаждений эти виды грибов не оказывали.

D. B. BELOMESYATSEVA, T. G. SHABASHOVA

SOME ALIEN SPECIES OF MICROMYCETES ON CONIFERS IN THE SOUTHWEST PART OF BELARUS

Summary

The investigation of the micromycetes developing on conifers has been provided. Several alien species of fungi, including plant pathogenic species (*Coleosporium tussilaginis, Cyclaneusma minus, Pestalotiopsis funerea, Sphaeropsis sapinea, Sydowia polyspora*) were identified. These species of fungi had not exerted the considerable impact on forest pathological condition of plantings.

Поступила в редакцию 24.11.2017 г.

УДК 581.9(476)

Д. К. ГАРБАРУК, А. В. УГЛЯНЕЦ, М. В. КУДИН, Л. М. ТУРЧИН

НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ВИДОВ ОХРАНЯЕМЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, г. Хойники, Гомельская область, Беларусь

Введение. Одной из основных экологических проблем современности является сокращение разнообразия видов из-за интенсивной трансформации природных экосистем, которое может привести к дестабилизации и утрате ими способности поддерживать необходимые для жизни качества среды.

Важнейшими задачами сохранения растительного мира являются выявление, инвентаризация местонахождений редких и исчезающих видов растений, оценка их состояния и проведение практических мероприятий по обеспечению охраны и предотвращения сокращения численности.

Уникальные условия для изучения природных процессов восстановления растительных комплексов Полесского региона сложились в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС (далее ЧАЭС), входящей в состав Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (далее заповедник) и включающей наиболее пострадавшие территории Брагинского, Наровлянского и Хойникского административных районов. Флористические исследования на данной территории проводились сотрудниками Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, а с 1993 года ведутся сотрудниками заповедника. За этот сравнительно короткий период накоплен значительный материал по флоре редких и исчезающих видов сосудистых растений зоны отчуждения ЧАЭС. Однако на территории Наровлянского района эти исследования носили фрагментарный характер.

Объекты и методы исследования. Объектом изучения явились редкие и находящиеся под угрозой исчезновения сосудистые растения, включенные в Красную книгу Республики Беларусь (растения) 4-го издания (далее ККРБ), произрастающие на территории Наровлянского района. Исследования проводились маршрутно-поисковым методом, который предусматривает прохождение заранее выбранного маршрута с охватыванием наиболее интересных с флористической точки зрения участков естественной растительности. Предварительный подбор участков и планирование маршрутов осуществлялись с использованием картографических и лесоустроительных материалов. При обнаружении интересующих нас объектов производились замеры, записи в полевой дневник, сбор гербария. Определялось распространение растений каждого из этих видов на участке, размеры и площадь популяции, их количественные характеристики, производилось описание условий произрастания. Места их произрастания устанавливали по картографическим материалам ле-

соустройства. При помощи GPS приемников определяли географические координаты.

Номенклатура таксонов принята по С. К. Черепанову [1]. Перечень видов приводится согласно списку редких и находящихся под угрозой исчезновения на территории Республики Беларусь видов дикорастущих растений, включенных в ККРБ [2].

Результаты и их обсуждение. Приводим характеристику местонахождений редких и исчезающих видов растений, включенных в ККРБ, впервые выявленных на территории Наровлянского района Гомельской области.

Viola uliginosa Bess. (сем. Violaceae Batsch) – европейский вид IV категории национальной природоохранной значимости (NT).

На территории района произрастает в Хильчанском лесничестве заповедника: 1) в квартале 39, выделе 1, окр. д. Киров, 2,5 км к С, в высоковозрастной разреженной дубраве орляковой с примесью граба и мелколиственных пород, на прогалинах и полянах по сырым и заболоченным местам небольшими группами, часто, М. Кудин, 18.04.2017 г.; 2) в квартале 65, выделе 18, окр. д. Хутор Сергеев, 3 км к СВ, в средневозрастном березняке папоротниковом с примесью ольхи черной и дуба, на заболоченном берегу р. Стрелка, на микроповышении небольшая группа, М. Кудин, 09.06.2016 г.

Dentaria bulbifera L. (сем. Brassicaceae Burnett) – неморальный реликтовый вид IV категории национальной природоохранной значимости (NT).

На территории района произрастает в Хильчанском лесничестве заповедника: 1) в квартале 22, выделе 43, окр. отселенной д. Ленинский поселок, 1 км к С, в высоковозрастной, среднеполнотной дубраве снытевой с примесью сосны, березы и осины, небольшими группами, М. Кудин, 10.06.2016 г.; 2) в квартале 58, выделе 24, окр. д. Киров, 2,5 км к СВ, в высоковозрастной, среднеполнотной дубраве кисличной с примесью граба, березы, осины, единично сосны, микропопуляция 40×50 м произрастает на микроповышении, А. Углянец, 14.04.2016 г.; 3) в квартале 58, выделе 34, окр. д. Киров, 2 км к СВ, в высоковозрастной, среднеполнотной дубраве кисличной с примесью сосны и единичными мелколиственными породами, по всему выделу редкими группами, А. Углянец, 14.04.2016 г.; 4) в квартале 69, выделе 34, окр. д. Хутор Сергеев, 2 км к С, в смешанном средневозрастном лиственном насаждении орлякового типа с преобладанием дуба и березы с примесью осины и ольхи черной, по всему выделу, часто, Д. Гарбарук, 15.04.2016 г.; 5) в квартале 70, выделе 9, окр. д. Хутор Сергеев, 3 км к СВ, в средневозрастном, среднеполнотном грабняке кисличном с примесью дуба, березы, осины, берег р. Мутвица, по всему выделу, часто, Л. Турчин, 9.06.2016 г.; 6) в квартале 70, выделе 13, окр. д. Хутор Сергеев, 2,5 км к СВ, в средневозрастной дубраве орляковой с примесью березы и ольхи черной и вторым ярусом из граба, берег р. Стрелка, небольшая популяция из 15 генеративных и 21 вегетативного экземпляров, Л. Турчин, 9.06.2016 г.; 7) в Партизанском лесничестве в квартале 93,

выделе 5, в отселенной д. Дуброва вдоль дороги и у домов, небольшими группами, М. Кудин, 13.04.2017 г.

Potentilla alba L. (сем. Rosaceae Juss.) – европейский вид III категории национальной природоохранной значимости (VU).

На территории района произрастает в Хильчанском лесничестве заповедника, окр. д. Киров, 3 км к СВ: 1) в квартале 59, выделе 1 в высоковозрастной, среднеполнотной дубраве орляковой с примесью сосны, на прогалине возле лесной дороги образуя микропопуляцию из 30 растений, Д. Гарбарук, 14.04.2016 г.; 2) в квартале 59, выделе 3 в высоковозрастной, среднеполнотной дубраве кисличной с примесью сосны и вторым ярусом граба, образует микропопуляцию на прогалине возле лесной дороги, изредка встречается по небольшим открытым участкам по всему выделу, М. Кудин, 14.04.2016 г.; 3) в квартале 59, выделе 7 в старовозрастном, среднеполнотном, высокопродуктивном сосняке орляковом с примесью дуба и вторым ярусом из дуба и граба, по небольшим прогалинам по всему выделу, редко, М. Кудин, 14.04.2016 г.

Pulmonaria angustifolia L. (сем. Boraginaceae Juss.) – евразийский вид III категории национальной природоохранной значимости (VU).

На территории района произрастает в Хильчанском лесничестве заповедника, окр. д. Киров, 3 км к СВ: 1) в квартале 59, выдел 1, на прогалинах редко, Д. Гарбарук, 14.04.2016 г.; 2) в квартале 59, выделе 3, по всему выделу, часто, М. Кудин, 25.07.2015 г.; 3) в Партизанском лесничестве заповедника в квартале 112, выделе 1, окр. отселенной д. Ясенок, 2 км к ЮЗ, в приспевающем, среднеполнотном березово-осиновом насаждении черничного типа с примесью сосны и дуба, по прогалинам, редко, Г. Прищеп, 08.04.2015 г.; 4) в Вербовичском лесничестве заповедника в квартале 98, выделе 47, окр. отселенной д. Лиховня, 0,5 км к С, в средневозрастной, среднеполнотной злаково-пойменной дубраве с примесью мягколиственных пород, по прогалинам, часто, Д. Гарбарук, 19.04.2017 г.

Lilium martagon L. (сем. Liliaceae Juss.) – реликтовый понтийско-сарматский вид IV категории национальной природоохранной значимости (NT).

На территории района произрастает в Хильчанском лесничестве заповедника: 1) в квартале 59, выделе 3, по микроповышениям по всему выделу, редко М. Кудин, 25.07.2015 г.; 2) в квартале 59, выделе 7, по всему выделу, редко, М. Кудин, 14.04.2016 г.; 3) в квартале 70, выделе 3, окр. д. Хутор Сергеев, 3 км к СВ, в высоковозрастной, среднеполнотной дубраве кисличной с примесью ольхи черной и вторым ярусом клена и граба, по всему выделу, редко, А. Углянец, 09.06.2016 г.

Platanthera chlorantha (Cust.) Reichenb. (сем. Orchidaceae Juss.) – европейско-средиземноморский вид IV категории национальной природоохранной значимости (NT). Включен в Приложение II к Конвенции СИТЕС.

На территории района произрастает в Хильчанском лесничестве заповедника: 1) в квартале 59, выделе 3, по всему выделу, часто, Д. Гарбарук, 14.04.2016 г.; 2) в квартале 70, выделе 3, по всему выделу, редко – учтено 15 вегетативных и одно генеративное растение, Д. Гарбарук, 14.04.2016 г.

Carex umbrosa Host (сем. Juncaceae Juss.) – европейский вид IV категории национальной природоохранной значимости (NT).

На территории района произрастает в Вербовичском лесничестве заповедника в квартале 98, выделе 47, на прогалине, единично, Д. Гарбарук, 19.04.2017 г.

Заключение. Приведены сведения о 22 местонахождениях семи видов сосудистых растений, занесенных в ККРБ, впервые зарегистрированных на территории Наровлянского района Гомельской области, из которых к III категории национальной природоохранной значимости относятся два вида *(Potentilla alba* L. и *Pulmonaria angustifolia* L.*)* и к IV – пять видов *(Viola uliginosa* Bess., *Dentaria bulbifera* L., *Lilium martagon* L., *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb. и *Carex umbrosa* Host*)*. Полученные результаты исследований важны для расширения списка охраняемой флоры данной территории, уточняют общий ареал распространения указанных видов в Полесском регионе и могут быть использованы в качестве дополнений к последующим изданиям ККРБ.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю благодарность за помощь в определении видовой принадлежности растений сотрудникам лаборатории флоры и систематики растений Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси Д. В. Дубовику и А. Н. Скуратовичу.

Литература

1. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Санкт-Петербург: Мир и семья, 1995. 991 с.

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

Д. К. ГАРБАРУК, А. В. УГЛЯНЕЦ, М. В. КУДИН, Л. М. ТУРЧИН

НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ВИДОВ ОХРАНЯЕМЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

Резюме

На территории Наровлянского района впервые выявлены 22 места произрастания семи видов редких и находящихся под угрозой исчезновения сосудистых растений: *Viola uliginosa* Bess., *Dentaria bulbifera* L., *Potentilla alba* L., *Pulmonaria angustifolia* L., *Lilium martagon* L., *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb. и *Carex umbrosa* Host. Полученные результаты исследований важны для расширения списка охраняемой флоры данной территории, уточняют общий ареал распространения указанных видов в Полесском регионе и могут быть использованы в качестве дополнений к последующим изданиям Красной книги Республики Беларусь.

D. K.GARBARUK, A. V. UHLIANETS, M. V. KUDIN, L. M. TURCHIN

THE NEW GROWING SITES OF PROTECTED PLANT SPECIES IN THE SOUTH-EAST PART OF BELARUS

Summary

Twenty two new growing sites of seven rare and endangered vascular plant species have been discovered on the territory of Narovlya district: *Viola uliginosa* Bess., *Dentaria bulbifera* L., *Potentilla alba* L., *Pulmonaria angustifolia* L., *Lilium martagon* L., *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb. and *Carex umbrosa* Host. The deliverables of this research are substantial for extension of the list of protected flora of this territory, they specify the general areal of the above species in Polesye region and may be used as supplement to the next edition of The Red Book of the Rebublic of Belarus.

Поступила в редакцию 17.06.2017 г.

УДК 582.293.378 (476)

В. В. ГОЛУБКОВ[1], П. Н. БЕЛЫЙ[2], А. Г. ЦУРИКОВ[3,4]

РЕВИЗИЯ И АНАЛИЗ ЛИШАЙНИКОВ РОДА *PUNCTELIA* (PARMELIACEAE, LICHENIZED ASCOMYCOTA) В БЕЛАРУСИ

[1]Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, г. Гродно
[2]Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск
[3]Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель
[4]Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С. П. Королева, Россия

Введение. Первое десятилетие 21 века в Европе характеризуется значительным увеличением информации, позволяющей пересмотреть устаревшие позиции и взгляды на многие таксоны пармелиоидных лишайников [1–11]. При определении границ на уровне видов этой группы большую поддержку оказали филогенетические исследования, что в значительной мере позволило произвести переоценку фенотипических признаков, пересмотреть и уточнить понимание видообразования у многих лихенизированных грибов (лишайников). Большая часть лихенологов европейских стран пересмотрели свои позиции по ранее принятым таксонам пармелиоидных лишайников, включая и представителей рода *Punctelia* [6, 13, 14]. Результаты молекулярных исследований поддержали многие универсальные предложенные понятия о родах пармелиоидных лишайников, и, хотя некоторые роды оказались полифилетическими, было показано, что род *Punctelia* имеет монофилетическое происхождение [15]. Род *Punctelia* включает приблизительно 45 видов и является космополитным, имеет наиболее высокое разнообразие видов в Неотропиках и Африке [15]. Из 6 видов этого рода, известных в Европе [10], наиболее распространенными оказались только 2 два – *P. jeckeri* и *P. subrudecta* s. str.

В связи с этим возникла необходимость продолжить исследования, касающиеся видов этого рода, собранных на территории Беларуси и хранящихся в лихенологических коллекциях страны. Последнее входило в одну из основных задач краткого предыдущего сообщения [12] и является целью настоящих и более подробных исследований.

Особое внимание в изучении представителей этого рода было уделено видам, включенным в Красную книгу РБ [16, 17], в связи с чем был проведен их созологический (природоохранный) анализ.

Материалы (объекты) и методы исследования. Данное исследование является результатом обработки коллекций и гербариев лишайников Беларуси (GRSU, GSU, MSK, MSKH и MSKU). Морфология видов рода *Punctelia* была изучена под стереомикроскопом. Для образцов лишайников этого рода использовали пробу на реакцию с K (10%-ный раствор гидроокиси калия), C (насыщенный водный раствор гипохлорита кальция) и P (5-%-ный спиртовой раствор парафенилендиамина). Для выявления состава вторичных метаболитов применяли метод тонкослойной хроматографии (TLC) в системе растворителей C [18]. При созологическом

анализе были использованы категории и критерии, принятые Международным Советом по охране природы (МСОП) в 2001 году (версия 3.1) [19]. Кроме собственных наблюдений в работе были учтены материалы и сообщения других авторов [20–22 и др.].

Результаты и их обсуждение. В результате изучения образцов рода *Punctelia* Krog., собранных на территории Беларуси, было выявлено два вида, *P. jeckeri* (Roum.) Kalb и *P. subrudecta* (Nyl.) Krog. Оба вида содержали леканоровую кислоту, но отличались по нескольким морфологическим признакам и, в первую очередь, цветом и налетом по краю лопастей слоевища. *Punctelia subrudecta* s.str. имеет серое слоевище без характерного налета и, в основном, с глянцевыми краями лопастей [23]. Для *P. jeckeri*, наоборот, характерна зеленовато-серая окраска слоевища с налетом по краям лопастей, либо реже без него [24].

История таксономии. До 50-х годов к роду *Punctelia* относились соредиозные лишайники с талломом серовато-зеленого цвета и точковидными соредиями на поверхности, содержащие леканоровую кислоту, а именно как *Parmelia dubia* (Wulfen) Schaer [23, 25]. Под этим названием лишайник длительное время приводился для некоторых стран Европы [26, 27 и др.]. В 1951 году Y. Asahina [28] описал схожий вид *Parmelia pseudoborreri* Asah., но с гирофоровой кислотой, которая также положительно реагировала на C (+). Позднее, в 1962 году, W. L. Culberson [29] для *Parmelia dubia* с другой химией и морфологией принял старое название *Parmelia borreri* (Sm.) Turner. Через три года M. E. Hale, понимая, что старое название *Parmelia dubia* (Wulfen) Schaer., имеющее прямое отношение к виду рода *Physcia* (*Parmelia caesia* var. *dubia* Ach.) и основанное на эпитете *Lichen dubius* Wulfen, не может быть использовано для *Parmelia* и вводит старое *Parmelia subrudecta* Nyl [25], в настоящее время, рассматриваемое как синоним *Punctelia subrudecta*. В 1982 году H. Krog выделила новый род *Punctelia* для всех видов, относящихся в то время к роду *Parmelia* и имеющих круглые псевдоцифеллы и соредии, а также содержащие в верхней части коры слоевища леканоровую кислоту с атранорином [30].

Как и многие другие представители пармелиоидных лишайников, *Parmelia subrudecta* оказался полиморфным видом. Одна из его форм – *Parmelia subrudecta* Nyl. f. *ulophylla* (Sandst.) Rassad. – была приведена для России [26]. В 1993 году для территории Украины была указана новая комбинация наиболее распространенной формы *Punctelia subrudecta – Parmelia subrudecta* Nyl. f. *ulophylla* (Sandst.) Kondratjuk comb. nov. [31]. В 2005 году в Красной книге РБ [16], эта форма была приведена как синоним для *Punctelia subrudecta* s.lat (*Parmelia subrudecta* Nyl. f. *ulophylla* (Ach.) Harm.). Исследуя европейские виды *Punctelia* с леканоровой кислотой, нидерландские исследователи K. van Herk и A. Aptroot [23] выше приведенную форму подняли до уровня вида – *Punctelia ulophylla* (Ach.) van Herk & Aptroot. В последующих публикациях A. Crespo et al. [6] и A. Thell et al. [13] показали, что *P. subrudecta* и *P. ulophylla* генетически различны и, следовательно, не должны рассматриваться в качестве синонимов, как это было ранее приведено в [32]. Работы предыдущих ученых послужили

поводом для дальнейших исследований K. Kalb, который описал и лектотипировал *P. ulophylla* под новым названием *Punctelia jeckeri* Kalb [14]. После чего в странах Европы последовал ряд публикаций пересмотревших таксономические позиции видов рода *Punctelia* [11, 12, 21, 33–38].

Несмотря на многочисленные научно-исследовательские экспедиции в период 1889–1980 гг., организованные на территории Беларуси учеными разных стран, представитель рода *Punctelia* был найден только после 1980 года на территории Мозырской гряды на ольхе черной в дегрессированном черноольховом лесу в полосе отчуждения линии электропередач и в дубраве на стволе дуба [39]. Остальные его местонахождения отмечены в пойме реки Лесная Правая на стволе ивы ломкой (*Salix fragilis*) у гостиницы № 1 в южной части Национального парка (НП) «Беловежская пуща» [39, 40], а также в различные периоды на территории НП «Припятский» [39, 41].

Все известные местонахождения *Punctelia subrudecta* в республике были собраны в различные периоды на протяжении последних 35 лет. В период 1981–2009 гг. было зафиксировано 6 локалитетов этого вида. В течение следующих 3 лет (2009–2011 гг.) было найдено еще 8 местопроизрастаний *Punctelia subrudecta* [12, 16, 41, 42]. К сожалению, по ряду причин не все изученные исторические экземпляры сохранились в коллекциях ИЭБ НАН Беларуси и, следовательно, на сегодняшний день не могут быть пересмотрены.

Распространение в Беларуси и соседних странах: Большая часть изученных образцов рода *Punctelia* была собрана в юго-восточной части Гомельской области, и только одно местопроизрастание было отмечено в северо-западной части Беларуси [42]. Указанное ранее произрастание *P. subrudecta* [43] в западной части республики оказалось ошибочным [12, 44].

Основная часть местонахождений *Punctelia subrudecta* и *Punctelia jeckeri* в Беларуси [12], как и в Польше [11, 21] относится к периоду 80-х и 90-х годов. В Беларуси (рисунок 1), как и в Польше [11], оба вида были отмечены чаще на юге, чем в других частях страны, и почти отсутствовали на западе. В России *P. jeckeri* был известен из европейской части, в то время как *P. subrudecta* s. str. встречался на Южном Урале, на Кавказе и Сибири [38]. На территории Украины род *Punctelia* в 1993 году был представлен одним видом *Punctelia subrudecta* (Nyl.) Krog и тремя формами, среди которых *P. subrudecta* Nyl. f. *ulophylla* (Sandst.) Kondratjuk comb. nov. Последний таксон, впоследствии стал синонимом *Punctelia jeckeri* Kalb. Идентификация образцов *Punctelia jeckeri*, хранившихся в коллекции ИЭБ НАН Беларуси, собранных на территории Украины, позволяет подтвердить местообитание и произрастание этого вида на территории республики и соседней Украины. В Литве *P. jeckeri* был выявлен после пересмотра образцов этого рода [45].

Проверенные материалы *Punctelia subrudecta*: Беларусь. **Гомельская область**: Лельчицкий р-н, окр. г. Лельчицы (1 км к С), на коре ствола дуба в ельнике кисличном, П. Н. Белый, 18.09.2009 (MSKH); на коре ствола молодого ясеня в ельнике черничном, П. Н. Белый, 19.09.2009 (MSKH); Житковичский р-н, НП «Припятский», Найдянское лесничество, кв. 68., 52°06’N/27°58’E, на ветке дубе у края дороги, Собр. А. П. Яцына (MSK

8269, 8270); Озеранское л-во, окр. д. Озераны (3.5 км к Ю), 52°00’N/27°51’E, на ольхе черной, 22.08.2010, В.В. Голубков (GRSU); Переровское л-во, кв. 23, 52°04’N/29°04’E, Черноольшаник касатиковый, на дубе, 28.09, 2011, А.П. Яцына (MSK 8200); **Витебская область**: Браславский р-н, д. Ахремовцы, НП «Браславские озера», Браславское л-во., кв. 140, парк «Бельмонты», 55°34’N/27°06’E, Кленовник снытевый, на дубе, 04.08.2010. (MSK 5060).



Рис. 1. Распространение изученных образцов *Punctelia* в Беларуси.

Проверенные материалы *Punctelia jeckeri*: Беларусь. **Гомельская область**, Мозырский район, Моисеевское лесничество, кв. 41/42, черноольховый лес, на ольхе черной, 21.05.1981, В.В. Голубков (GRSU, GSU); Моисеевское лесничество, кв. 41, линия электропередач в дубовом лесу, на ольхе черной, 21.05.1981, В.В. Голубков (GRSU); Лельчицкий район, НП «Припятский», Слободское лесничество, кв. 5, дубрава осиново-разнотравная у автобусной остановки, на северо-западной стороне замшелого дуба, 24.08,2010, В.В Голубков (GRSU, GSU).

Дополнительный проверенный материал *Punctelia jeckeri*: Украина, **Львовская область**, санаторий в г. Трусковец, 49°16’N/23°30’E, на липе в парке, В.В. Голубков,18.07.1995; **Закарпатская область**, Мукачевский район, санаторий «Карпаты», 48°31’N/22°52’E, на дубе в старом дубовом парке, 09.05.2011, А.П. Яцына (MSK 7462); Ужгородский район, г. Ужгород, на деревянном заборе музея архитектуры и быта, 07.04.2011, А.П. Яцына (MSK 7464).

На сегодняшний день в республике отмечено увеличение местонахождений видов рода *Punctelia*, что следует из количества описаний, сделанных различными авторами за 2009–2011 гг.

Требования к экологии. Экология лишайников рода *Punctelia* приводится в объеме *Punctelia subrudecta* s. lat. из исторических описаний этого вида в 80–90-х годах 20 столетия. Информация об экологии *P. jeckeri* и *P. subrudecta* s. str. в Беларуси и на территории других стран действительна

лишь после 2000 года, поскольку оба вида рода *Punctelia* приобрели самостоятельность после выхода статьи [23] и работы [33].

Биогеографический анализ образцов рода *Punctelia* позволил отнести их к группе южных видов [41, 46]. Увеличение теплообеспеченности и континентальности с севера-востока на юго-запад республики, снижение участия еловых лесов в южной части республики, усиление фитоценотической устойчивости дуба [47], возрастные условия форофита и, вероятно, глобальное потепление могли способствовать здесь сохранению и дальнейшему расселению неморальных видов лишайников из родов *Punctelia*, *Flavoparmelia* Hale и др.

На сегодняшний день в отношении местообитаний и произрастаний виды рода *Punctelia* нельзя считать специфическими, поскольку они зафиксированы как на территории антропогенных (созданных человеком), так и антропоургических (слабо измененных человеком) ландшафтах. Образцы *Punctelia jeckeri*, собранные на территории Львовской области (Украина), как и белорусские образцы *Punctelia subrudecta* были отмечены в антропогенных ландшафтах: в парках в окрестностях санатория г. Трусковец и санатория «Карпаты», а также на деревянном заборе музея архитектуры и быта (г. Ужгород Закарпатской области). На территории Польши *P. jeckeri*, как и *P. subrudecta*, встречаются как эпифиты на открытых условиях, в основном, на коре старых придорожных деревьев [11, 37].

Интересно отметить, что *P. subrudecta* в качестве активного колониста все больше и больше проникал в районы, где уровни содержания двуокиси серы в воздухе понизились в достаточной степени, чтобы позволить его выживание на этих территориях [6, 33, 43, 48–50]. В случаях [6, 33] это объяснялось общим увеличением эвтрофицирующих азотных соединений, осажденных на коре форофитов. Как правило, *Punctelia subrudecta* произрастал с такими нитрофильными видами как: *Candelaria concolor* (Dickson) Stein, *Pertusaria albescens* var. *corallina* (Zahlbr.) J. R. Laundon, *Phlyctis argena* (Ach.) Flot., *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Physconia grisea* (Lam.) Poelt, *Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Elix & Lumbsch, *Lepraria incana* (L.) Ach. [33]. В подобной экологической ситуации *Punctelia subrudecta* s.lat. оказался и в Австралии [51], где он был приведен как хороший индикатор нарушенных эутрофных условий и, по-видимому, являлся умеренно устойчивым к высоким условиям атмосферного загрязнения. В сопровождении представителей нитрофильных видов (*Candelariella* Müll. Arg., *Physcia* Fr., *Ramalina* Ach., *Usnea* Dill. ex Adans., *Xanthoria* (Fr.) Th. Fr. и др.) *Punctelia subrudecta* был отмечен также на интродуцированных деревьях в парках и садах урбанизированных (антропогенных) ландшафтах [51].

Созологический (природохранный) анализ. В результате созологического анализа лихенобиоты Беларуси, проведенного в 1988 году, среди 17 лишайников, нуждающихся в охране на территории республики, оказался и представитель рода Punctelia – Punctelia subrudecta [52]. Спустя 3 года вместе с другими видами он был рекомендован [46], а затем и включен во 2-е издание Красной книги РБ [53]. В 2002 году было отмечено, что этот вид относится к критически угрожаемым, очень редким видам, которые встре-

чаются локально, островами, или в виде отдельных особей [54]. Впоследствии, в этом же статусе охраны, он оставлен в следующем (3-м) издании Красной книги РБ [16]. В этом же статусе охраны он был оставлен в последующем 4-м издании Красной книги РБ [17]. Дальнейшее изучение Punctelia subrudecta было посвящено установлению причин уменьшения мест его обитания и произрастания, а также возможного исчезновения[55, 56].

В виду таксономических изменений *Punctelia*, освещенных в публикациях [6, 12–14, 23, 33 и др.] возникла необходимость пересмотра национального природоохранного статуса *Punctelia subrudecta* s.lat., представленного в объеме 2 – видов (*Punctelia jeckeri* и *Punctelia subrudecta* s.str.).

В связи с выше указаными причинами и некоторой относительной экологической стабильности (по состоянию на 2016 год) в известных условиях мест произрастания *Punctelia subrudecta* s.str. и *Punctelia jeckeri*, рекомендуется перевести *Punctelia subrudecta* s. str. с I категории охраны (CR – находящиеся на грани исчезновения) [17] на более низкую, соотвествующую категории EN-исчезающие. *Punctelia jeckeri* рекомендуется включить в список кандидатов последующего издания Красной книги РБ с присвоением категории EN – исчезающие.

Заключение. Изучение образцов *Punctelia subrudecta* s.lat. в коллекциях Беларуси, а также текущих публикаций показало, что ранее цитируемый в различных источниках вид *Punctelia subrudecta* s.lat. в настоящее время представлен двумя видами – *P. subrudecta* s. str. и *Punctelia jeckeri*.

Биогеографический анализ исторических образцов рода *Punctelia* и видов, собранных на территории Беларуси в период 2009–2011 гг. позволил отнести их к группе южных видов, что подтверждается климатическими и фитоклиматическими условиями мест их обитания и произрастания.

Выявленные и изученные виды рода *Punctelia* не являются специфическими, поскольку зафиксированы как на территории антропогенных (созданных человеком) и антропоургических (слабоизмененных человеком) ландшафтах. Кроме того отмечено, что *P. subrudecta* в качестве активного колониста вторгался в районы (парки, аллеи) с пониженным уровнем содержания двуокиси серы, где он встречается вместе с представителями нитрофильных видов лишайников.

Исследования видов *P. jeckeri* и *P. subrudecta* s. str. показали, что они не испытывают ситуаций, которые приближают их численность к границе исчезновения. Во многих случаях на территории Беларуси в местах произрастаний *Punctelia subrudecta* s.str. и *Punctelia jeckeri* наблюдается некоторая относительная экологическая стабильность, по-видимому, обусловленная, заметным снижением уровня диоксида серы и обогащением мест произрастаний питательными веществами (пылью и азотсодержащими веществами). За счет последнего, вероятно, происходит улучшение условий местообитаний видов рода *Punctelia*. Немаловажным являются и отмеченные антропогенные факторы, способствующие проникновению и заселению этих видов на территорию антропогенных ландшафтов (например, парки). В последнем случае создается близкая имитация условий, в которых численность популяций выше указанных

видов не чувствует значительно ущерба в местах их обитания и произрастания. Другой причиной относительной стабильности являются последствия климатических изменений (например, глобальное потепление).

В связи с выше указаными причинами и некоторой относительной экологической стабильности (по состоянию на 2016 год) в известных условиях мест произрастаний *Punctelia subrudecta* s.str. и *Punctelia jeckeri*, рекомендуется перевести *Punctelia subrudecta* s. str. с I категории охраны (CR – находящиеся на грани исчезновения) [17] на более низкую, соотвествующую категории EN-исчезающие. *Punctelia jeckeri* рекомендуется включить в список кандидатов последующего издания Красной книги РБ с присвоением категории EN – исчезающие.

Литература

1. (17) Blanco O. et al. // *Taxon.* 2004. Vol. 53. P. 959–975.
2. (18) Blanco O. et al. // *Mycologia.* 2005. Vol. 97. p. 150–159.
3. (19) Blanco O. et al. // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2006. Vol. 39. P. 52–69.
4. (23) Crespo A., Cubero O. F. // Lichenologist. 1998. Vol. 30**.** P**.** 369–380.
5. (24.) Crespo A., Blanco O., Hawksworth D. L. // Taxon. 2001. Vol. 50. P. 807–819.
6. (25.) Crespo A. et al. // Lichenologist. 2004. Vol. 36. P. 299–308.
7. (26.) Crespo A. et al. // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2007. Vol. 42. P. 812–824.
8. (29) Divakar P.K. et al. // Lichenologist. 2005. Vol. 37. P. 55–65.
9. (30.) Divakar P. K. et al. // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2006. Vol. 40. P. 448–458.
10. (35) Hawksworth D.L. et al. // Lichenologist. 2008. Vol. 40. P. 1–21.
11. (52) Tsurykau A., Golubkov V., Bely, P. Herzogia. 2015. Vol. 28. P. 736–745.
12. (54) Szymczyk R. et al. // Herzogia. 2015. Vol. 28. P. 556–566.
13. (53) Thell A. Folia Cryptogamica Estonica. 2005. Vol. 41. P. 115–122.
14. (38) Kalb K. // Bibliotheca Lichenologica. 2007. Vol. 95. P. 297–316.
15. (27) Crespo A. ae al. // Taxon. 2010. Vol. 59(6). P. 1735–1753.
16. (11) Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений. Растения / под общ. ред. Л. И. Хоружика. Минск : БэлЭн, 2005. 456 с.
17. (12.) Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений. Растения // под. ред. И.М. Качановского (предс.) [и др.]. Минск: Беларус. Энцикл., 2015. 448 с.
18. Orange A., James P.W., White F.J. Microchemical methods for the identification of lichens. London: British Lichen Society. 2001. 101 p.
19. IUCN Red List Categories & Criteria. 2001. – Version 3.1. Gland, Switzerland: IUCN. [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.iucnredlist.org/technical.– Date of access: 12.08.2016.
20. Brand A.M. The lichens and lichenicolous fungi of Belgium and Luxembourg. An annotated checklist. Musee national d'histoire naturelle de Luxembourg. Luxembourg, 2000. 207 p.
21. Łubek A. // Acta Mycol. 2009. Vol. 44(2). P. 275–282.

22. Pišút I, // Ochr. Prír. 2001. Vol. 20. P. 23–30.
23. van Herk K., Aptroot A. // Lichenologist. 2000. Vol. 32. P. 233–246.
24. Gauslaa Y. // Graphis Scripta. 2000. Vol. 12. P. 12–14.
25. Hale M. E. // Svensk Botanisk Tidskrift. 1965. Vol. 59(1). P. 37–48.
26. Определитель лишайников СССР. Выпуск 1. Пертузвриевые, Леканоровые, Пармелиевые. Л.: Наука, 1974. 284 с.
27. Motyka J. Porosty (Lichenes) Tom V Cz. 1960; S.158–162.
28. Asahina Y. // Journal of Japanese Botany. 1951. Vol. 26. P. 257–261.
29. Culberson W.L. // Nova Hedwigia.1962. Vol. 4: 563–577.
30. Krog H. // Nordic Journal of Botany. 1982. Vol. 2. P. 287–292.
31. Окснер А.М. Флора лишайників України. К.: Наук. думка, 1993. Т. 2, вип. 2. С. 209–214.
32. Santesson R. et al. Lichen-forming and lichenicolous fungi of Fennoscandia. Museum of Evolution, Uppsala University, Uppsala. 2004. 359 p.
33. Christensen S., Søchting U. // Graphis Scripta. 2007. Vol. 19. P. 13–16.
34. Liška J., Palice Z., Slavikova Š. // Preslia. 2008. Vol. 80. P. 151–182
35. Liška J., Palice Z. // Příroda. 2010. Vol. 29. P. 3–66.
36. Bomble F.W., Joussen N., Wolgarten H. // Online-Veröff. Bochumer Bot. 2011.Vol. 3(9). P. 109–126.
37. Kapek N. // Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica. 2014. Vol. 21(1). P. 147–164.
38. Urbanavichus G. P. A checklist of the lichen flora of Russia. St Petersburg: Nauka. 2010.
39. Голубков В.В. // Ботаника (исследования). 1986. Вып. 27. С. 139–141.
40. Голубков В.В. // Актуальные проблемы охраны, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов: Материалы конф. Минск, 1985. С. 99.
41. Голубков В.В. Лихенобиота Национального парка «Припятский». Минск: Белорус. Дом печати, 2011. 192 с.
42. Yatsyna A. // Bot. Lith. 2011. Vol. 17(4). P. 177–184.
43. Krawiec F. // Spraw Kom. Fiz. PAU. 1938. Vol. 71. P. 65–82.
44. Голубков В.В. Весці НАН Беларусі. 1987. 85 с. Деп. в ВИНИТИ 22.04.1987, N 2829 В87. С. 91-92.
45. Kukwa M., Motiejūnaitė J. // Herzogia. 2012. Vol. 25. P. 5–14.
46. Голубков В.В. Лишайники охраняемых природных территорий Белоруссии (флористическая и эколого-флористическая характеристика): дис. ... канд. биол. наук: СПб, 1992. 187 с.
47. Гельтман В.С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1982. 326 с.
48. Nimis P. L. The lichens of Italy. An annotated catalogue. Mus. Reg. Sci. Nat.. Torino. Monogr. 1993. 12: 1–897.
49. Spier, van Herk // Lichenologist. 1997. Vol. 29(4). P. 390–393.
50. Hawksworth D.L., McManus P.M. // Botanical Journal of the Linnean Society. 1989. Vol 100. P. 99–109.
51. Galloway D.J. // New Zealand Journal of Botany. 1983. Vol. 21. P. 397–420.
52. Голубков В.В. // 11 Симпозиум микологов и лихенологов Прибалтийских республик и Белоруссии: тез. докл. Таллинн, 1988. С. 125–128.

53. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь: Рэдкіе і тыя што знаходзяцца пад пагрозай знікнення віды жывел і раслін. Мінск: Беларуская энцыклапедыя 1993. С. 515–526.

54. Голубков В.В. Красная книга Республики Беларусь: состояние, проблемы, перспективы: Материалы республиканской научной конференции. 12 – 13 декабря 2002 г. Витебск: УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2002. С. 69–71.

55. Голубков В.В // Материалы Всероссийской конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века». 22–27 сентября 2008 г., Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. С. 181–183.

56. Голубков В.В. // Заповедное дело в Республике Беларусь: итоги и перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию Березинского заповедника, 22–25 сентября 2010 г. п. Домжерицы. Минск.: Белорус. Дом печати, 2010. С. 150–152.

В. В. ГОЛУБКОВ, П. Н. БЕЛЫЙ, А. Г. ЦУРИКОВ

РЕВИЗИЯ И АНАЛИЗ ЛИШАЙНИКОВ РОДА *PUNCTELIA* (PARMELIACEAE, LICHENIZED ASCOMYCOTA) В БЕЛАРУСИ

Резюме

В результате изучения образцов рода *Punctelia*, собранных на территории Беларуси, было выявлено два вида, *P. jeckeri* и *P. subrudecta*. 8 новых местонахождений образцов *P. subrudecta* в республике подтвердили ранее известные местообитания и произрастания этого вида. По-видимому, в результате некоторой относительной экологической стабильности эти виды не испытывают ситуаций, приближающей их численность к границе исчезновения. В виду выше указанного, рекомендуется перевести *Punctelia subrudecta* s. str. с I категории охраны (CR – находящиеся на грани исчезновения) на более низкую, соотвествующую категории EN-исчезающие. *Punctelia jeckeri* рекомендуется включить в список кандидатов последующего издания Красной книги РБ с присвоением категории EN – исчезающие.

U. U. HALUBKOU, P. M. BELY, A. H. TSURYKAU

REVISION AND ANALYSYS OF LICHEN OF *PUNCTELIA* GENUS (PARMELIACEAE, LICHENIZED ASCOMYCOTA) IN BELARUS

Summary

The study revealed the genus *Punctelia* was represented by two species in Belarus, namely *P. jeckeri* and *P. subrudecta*. Eight new Belarusian findings of *P. subrudecta* confirmed the previously known localities of this species. Apparently, populations of these species do not come to extinction due to a relative ecological stability. In view of the foregoing, we recommend to transfer *Punctelia subrudecta* s. str. from CR category (critically endangered) to EN (endangered). *Punctelia jeckeri* is considered as a candidate to the next edition of the Red Data Book of Belarus with EN (endangered) status.

Поступила в редакцию 27.07.2017 г.

УДК 581.95+582.542.2(476)

Д. В. ДУБОВИК, А.О. САУЛОВ, А. Н. СКУРАТОВИЧ

CYPERUS HAMULOSUS M. BIEB. (CYPERACEAE) – НОВЫЙ АБОРИГЕННЫЙ ВИД ДЛЯ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ

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

Введение. Род *Cyperus* L. (в зависимости от понимания объема видов и их систематической принадлежности) включает от 300 до 700 и более видов в мировом масштабе [1,2]. Представители этого рода произрастают преимущественно в тропической и субтропической зонах обоих полушарий, реже встречаются в умеренной зоне. Во флоре Беларуси до настоящего времени было известно 2 аборигенных вида (*C. fuscus* L. и *C. michelianus* (L.) Delile) и один культивируемый – *C. esculentus* L. [2]. Наши флористические исследования в Полесском радиационно-экологическом заповеднике осенью 2017 г. уже после выхода очередного тома «Флоры Беларуси» [2], где этот род и был описан, позволили дополнить список аборигенных видов еще одним таксоном – *C. hamulosus*.

Материалы (объекты) и методы исследования. Исследования проводили традиционным маршрутно-поисковым методом. Для выявления группы видов, которые произрастают на отмелях рек использовалась моторная лодка. Нами был изучен участок р. Припять в Наровлянском и Хойникском районах Гомельской области с целью выявления специфических отмельных видов от д. Тульговичи до устья р. Словечна. Номенклатура таксонов принята по электронной базе данных Миссурийского ботанического сада «Tropicos» [3]. Гербарные сборы приведенных в статье видов хранятся в Гербарии ИЭБ им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (MSK).

Результаты и их обсуждение. Найденный нами вид является крайне редким в Европе и Азии, лишь местами в Украине и на юге европейской части России он встречается несколько чаще. В литературе довольно слабо освещена его морфология и экологическая приуроченность, поэтому мы представляем его описание и приводим экологические характеристики выявленного местопроизрастания.

C. hamulosus M. Bieb., 1808, Fl. Taur. – Caucas., 1: 35. – Сыть крючковатая. Растение однолетнее (эфемерофит). Корневая система мочковатая, корни тонкие. Стебли до 15 см высотой, прямостоячие или слегка отклоненные, трехгранные, тонкие, обычно немногочисленные. Листья расположены у основания стеблей, линейные, обычно вдоль сложенные, короче или равны стеблю, до 4 см дл. и 1 мм шир., влагалища буровато-фиолетовые. Прицветных листьев 2–4, сильно отклоненные в сторону, по длине почти равны прикорневым, но обычно все разной длины. Колоски мелкие (6–8 цветковые), зеленовато-коричневатые, широко-яйцевидные, до 4 мм дл., плотно скученные в 2–4 яйцевидно-шаровидные головки до 1 см дл. и 7 мм шир., из которых одна головка более крупная, сидячая, остальные на цветоносах до 12 мм дл. Прицветные чешуйки расположены спираль-

но (2–3 рядные), яйцевидные, до 2 мм дл., часто буровато-фиолетовые, на верхушке с длинным шиловидным острием. Околоцветные щетинки отсутствуют, рылец 3, тычинок 1, реже 3, орешек продолговато-обратнояйцевидный, трехгранный, мелкоточечный, до 1 мм дл. и 3 мм шир.

Внешне растения немного напоминают *C. michelianus*, однако у них соцветие в виде одной сидячей головки, а у *C. hamulosus* их несколько, причем 2–3 на заметной цветоножке (рисунок).



Cyperus hamulosus M. Bieb.:
1 – общий вид; 2 – плод
(Оригинальный рисунок В. Н. Лебедько).

Вид встречается в Южной Европе (Италии, Украине, Молдове, Румынии, Болгарии, в центральной и южной частях европейской России), Азии (Зап. Сибирь, Казахстан, Туркменистан, Узбекистан, Турции), локально в Северной (Алжир, Морокко), Центральной и Южной Африке, заносный в Австралии [4–7].

В сопредельных с Беларусью регионах встречается в Киевской и Черниговской областях Украины, в том числе и в окрестностях Чернобыля [6].

Вид довольно редок почти во всем ареале, поэтому в некоторых регионах Восточной Европы взят под охрану, включен в список исчезающих видов Международным Союзом Охраны Природы [8–10].

В пойме Черного Иртыша (Восточный Казахстан) была описана новая ассоциация растительности мелкоситниковых сообществ: *Marisco hamulosi-Crypsietum schoenoidis* Taran, 1993 (*Isoeto-Nanojuncetea* Br. – Bl. et Tx. 1943, *Cyperetalia fusci* Pietsch 1963, *Elatini-Eleocharition ovatae* Pietsch 1965). Ее диагностическими видами были: *Crypsis schoenoidis*, *Cyperus* (*Mariscus*) *hamulosus*, *Middendorfia borysthenica*, *Spergularia diandra*. Для прохождения полного цикла развития сообществам *Marisco-Crypsietum* требуется 5–6 недель. [11]. Подобный набор видов был отме-

чен нами и в Беларуси по отмели Припяти, включая один из видов печеночных мхов – *Riccia* sp.

Cyperus hamulosus отмечен нами на лентовидном острове, расположенном ближе к левому берегу р. Припять. Микрорельеф острова характеризируется чередованием серповидных повышений и микропонижений с водой. Грунт острова песчаный с хорошо выраженным наилком. Территориально местонахождение расположено в Хойникском районе Гомельской области (ниже бывшей д. Ломачи). Нами найдено всего 2 экземпляра *Cyperus hamulosus* в разных частях острова 09.10.2017 в стадии цветения и начала плодоношения.

Здесь получил распространение пойменный эфемеретум, который развивается за короткое время (около полутора месяцев) и затем погибает при повышении уровня воды, однако растительные организмы успевают создать банк диаспор. Вид произрастал на склоновых подсохших участках со значительным заилением вблизи кромки воды.

По литературным данным [11], для прорастания семян большинства эфемерофитов требуется всего 8–20 дней и их жизненный цикл также длится очень короткий период (около месяца или немного более). Растения могли проникнуть на данный остров, вероятно, орнитохорно, поскольку здесь остался крупный ствол усохшего дерева, которое регулярно посещается птицами. Занос диаспор мог произойти из соседней Киевской области Украины. Успешному закреплению вида способствовали несколько предыдущих лет с экстремально низкими уровнями воды в р. Припять.

Примечательно, что на острове была найдена гибридная *Chenopodium x schulzeanum*, которая также является однолетником и очень быстро проходит все фенофазы в отличие от родительских видов. Этот гибрид отмечен нами также неоднократно и по другим отмелям на исследованном участке. Здесь, вероятно, сформировался особый устойчивый гибридный клон этой мари. Высокой численностью и проективным покрытием на отмелях отличается *Cyperus mischelianus, Eragrostis rivalis, Crypsis alopecuroides, C. schoenoides,* что представляется довольно редким явлением для флоры Беларуси.

Таблица 1. Видовой состав и частота встречаемости растений в локалитете произрастания *Cyperus hamulosus*

Вид растений	Частота встречаемости по О. Друде
Cyperis fuscus	Cop. 1
C. hamulosus	Sol.
C. mischelianus	Cop. 1
Gnaphalium uliginosum s. l.	Cop. 1
Rumex ucrainicus	Sp.
Middendorfia borysthenica	Sol.

Окончание таблицы 1

Вид растений	Частота встречаемости по О. Друде
Rumex ucrainicus	Sol.
Bidens radiatus	Sol.
Veronica anagallis-aquatica	Sol.
Ranunculus sceleratus	Sol.
Cardamine parviflora	Un.
Crypsis schoenoides	Sol.
C. alopecuroides	Sol.
Juncus bufonius	Sol.
Eragrostis albensis	Sol.
E. rivalis	Sol.
Chenopodium x schulzeanum	Sol.

Заключение. Таким образом, нами выявлен *Cyperus hamulosus*, новый аборигенный вид семейства Cyperaceae во флоре Беларуси. Растение редкое во всех странах Европы, где оно выявлено, во многих регионах является охраняемым.

Литература

1. World Checklist of Cyperaceae. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. [Electronic resource]. 20 November 2017. Mode of access: http: / www.kew.org/wcsp/monocots.

2. Флора Беларуси. Сосудистые растения. В 6 т. Т. 3. / Д. В. Дубовик [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова. Минск: Беларуская навука, 2017. С. 501–506.

3. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. [Electronic resource]. 20 November 2017. Mode of access: http: / www.tropicos.org.

4. The Euro+Med PlantBase: the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity (on-line resource). [Electronic resource]. 25 November 2014. Mode of access: http: /www.emplantbase.org.

5. Verloove F. A. // Webbia. 2014. Vol. 69. № 2. P. 179–223.

6. Кречетович В.І. Рід Scirpus L. // Флора УРСР в 12 т. Т. 2 / под ред. Є.І. Бордзіловського. К.: Вид –во АН УРСР, 1940. С. 412–413.

7. Cyperus hamulosus M. Bieb. Plants of the World Online. Kew Science. [Electronic resource]. 16 November 2017. Mode of access: http: / powo.science.kew.org

8. Cyperus hamulosus. The IUCN Red List of Threatened Species 2014. [Electronic resource]. 20 November 2017. Mode of access: http: / dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T19617902A19620871.en.

9. Печенюк Ю.В., Хлызова Н.Ю. Марискус крючковатый – Mariscus hamulosus (Bieeb.) Hooper // Красная Книга Воронежской области: в 2 т. Т. 1. Растения. Лишайники. Грибы. Воронеж, МОДЭК, 2011. С. 309–310.

10. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання) / Укладачі: Т. Л. Андрієнко, М. М. Перегрим. Київ: Альтерпрес, 2012. 148 с.
11. Таран Г.С. // Сиб. биол. журн. 1993. Вып. 5. С. 79–84.

Д. В. ДУБОВИК, А.О. САУЛОВ, А. Н. СКУРАТОВИЧ
CYPERUS HAMULOSUS M. BIEB. (CYPERACEAE) – НОВЫЙ АБОРИГЕННЫЙ ВИД ДЛЯ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ

Резюме

Выявлен *Cyperus hamulosus*, новый аборигенный вид из семейства Cyperaceae во флоре Беларуси. В Европе растение редкое во всех странах, где оно выявлено, во многих регионах является охраняемым.

D. V. DUBOVIK, A. O. SAULAU, A. N. SKURATOVICH, *CYPERUS HAMULOSUS* M. BIEB. (CYPERACEAE) – NEW NATIVE SPECIES FOR THE FLORA OF BELARUS

Summary

Cyperus hamulosus, new native species from the Cyperaceae family is found in flora of Belarus. In Europe a plant rare in all countries where it is revealed, in many regions it is protected species.

Поступила в редакцию 13.11.2017 г.

Юбиляры

ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ РЕШЕТНИКОВ
(к 80-летию со дня рождения)



6 января 2018 года исполняется 80 лет известному ученому в области биохимии и биотехнологии растений, академику НАН Беларуси, доктору биологических наук, профессору, заслуженному деятелю науки Республики Беларусь, заведующему Отделом биохимии и биотехнологии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси Владимиру Николаевичу Решетникову.

В. Н. Решетников родился в д.Холопеничи Глусского района Могилевской области в семье служащих. После окончания в 1954 году с золотой медалью Подсвильской средней школы Глубокского района он продолжил учебу в Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева. После окончания академии Владимир Николаевич по собственному желанию направляется на работу в Казахстан, где трудится в системе Госсортсети. В 1960 году В. Н. Решетников возвращается в Беларусь и работает младшим научным сотрудником в Белорусском НИИ плодоводства, овощеводства и картофеля. В 1963 году по приглашению академика А. С. Вечера он поступает в аспирантуру Института биологии АН БССР по специальности «биохимия».

При подготовке диссертационной работы В. Н. Решетниковым впервые в Беларуси для исследования белков растений были применены методы электрофореза. Результаты этих исследований были обобщены в кандидатской диссертации «Исследования азотсодержащих веществ и соотношений между ними в важнейших сортах картофеля БССР», которую он успешно защитил в 1967 году.

В последующие годы В. Н. Решетниковым выполнены важные фундаментальные исследования структурно-функциональной активности клеточных органелл и биосинтетических систем растительной клетки, определена специфичность пластид при полиплоидизации клеточного ядра и предложена гипотеза физиолого-биохимического взаимодействия ядер и пластид при дифференциации ткани в онтогенезе растения. Эти результаты стали важным вкладом в решение теоретических и прикладных проблем биохимии и физиологии растений, в изучение строения, биогенеза и функциональной активности субклеточных структур растительной клетки, свойств высокомолекулярных веществ растительного происхождения и их роли в регуляции биосинтетических процессов. Эти результаты обобщены и проанализированы Владимиром Николаевичем в монографиях «Пластиды и клеточные ядра высших растений (1982), «Техника биохимических исследований субклеточных структур и биополимеров» (1977, 1986), «Клеточные ядра высших растений: состав, структура, функции» (1992), в ряде статей. Обобщенные и систематизированные данные легли в основу докторской диссертации «Функциональная активность и специфичность пластид высших растений при полиплоидизации клеточного ядра», которую он защитил в 1986 году в Институте физиологии и генетики АН УССР в г. Киеве. В 1985 году В. Н. Решетников был избран заведующим лабораторией биохимии растений, возглавив исследования созданной академиком А. С. Вечером научной школы.

В этот период В. Н. Решетников выполнял и большую научно-организационную работу. В 1977 году решением Президиума АН БССР он назначается ученым секретарем, а в 1978 году заместителем директора по научной работе Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича АН БССР. В течение более чем 30 лет работы в Институте экспериментальной ботаники, из которых 19 лет в должности заместителя директора по научной работе (1978–1997) Владимир Николаевич успешно сочетал научно-исследовательскую, научно-организационную и общественную работу. Им осуществлялось планирование и организация исполнения исследований в области общей и технической биохимии растений, технологии культивирования растений в замкнутых экосистемах, радиационной физиологии и биохимии растений, формировалось и развивалось новое направление – культура клеток и тканей растений. В это время велась и активная научно-организационная работа: в качестве заместителя директора, секретаря, а затем заместителя председателя Совета по защите диссертаций.

Одновременно им проводилась большая общественная работа: он избирался председателем профсоюзного комитета Института, членом Объединенного комитета профсоюза АН БССР, Минского областного совета профсоюзов. За плодотворную научную и научно-организационную деятельность В. Н. Решетников награжден медалью «За доблестный труд: в ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина» (1970), Почетной Грамотой Верховного Совета БССР (1981), грамотами Министерств и ведомств.

В 1997 году решением Президиума НАН Беларуси В. Н. Решетников назначен директором Центрального ботанического сада, который он возглавлял по 2009 год. Первоочередной и важной вехой в развитии ЦБС являлась разработка «Положения о научных объектах, составляющих национальное достояние» и признание таковыми объектов ЦБС, занесенных в Государственный реестр под № 1 с выделением финансовых средств на содержание коллекций. Важным для успешной деятельности ЦБС стал его перевод в разряд научных учреждений первой категории по оплате труда сотрудников.

Особо следует отметить разработку стратегических направлений в деятельности Центрального ботанического сада, сформированных по итогам его посеще-

ния Президентом Республики Беларусь А. Г. Лукашенко 8 июля 1999 года. В их числе были обозначены программно-целевые научные исследования, капитальное строительство, усиление материально-технической базы, придание природоохранного статуса территории сада. Это существенно повысило значимость ЦБС как научного и научно-производственного учреждения страны, определило его роль в изучении мирового биологического разнообразия растений и использования их в зеленом строительстве, пищевой промышленности и медицине. Для осуществления коренной реконструкции ЦБС и повышения результативности научно-исследовательских работ были инициированы для выполнения государственные программы «Фитопрепараты», «Реконструкция объектов ЦБС», «Генофонд», в ходе которых активизировалось плодотворное сотрудничество ЦБС с министерствами и ведомствами, НИИ, ВУЗами, производством. С 2002 года под руководством В. Н. Решетникова в рамках программы «Реконструкция объектов ЦБС» осуществлены масштабные работы по модернизации материально-технической базы и научно-производственных сооружений. Так, в 2006 году построена и сдана в эксплуатацию современная экспозиционная оранжерея, предназначенная для изучения и сохранения биоразнообразия растений тропических, субтропических, аридных и умеренных зон, для образовательных и демонстрационных целей.

В рамках программы «Фитопрепараты» Владимир Николаевич инициировал работы по промышленному культивированию в Беларуси ряда новых лекарственных и пряно-ароматических растений, разработке рецептур на их основе, способов и технологий их переработки. Весомый вклад был внесен им в изучение биологически активных веществ растений, причем особое внимание было уделено нетрадиционным ягодным культурам (клюква крупноплодная, голубика высокорослая и др.) и развитию в республике новой подотрасли плодоводства – «нетрадиционного ягодоводства». Импульс в развитии этого нового направления дал подготовленный в 2010 году аналитический доклад В. Н. Решетникова «Перспективы развития промышленного голубиководства в Республике Беларусь». Результаты успешной интродукции этой культуры в Беларуси под эгидой ЦБС и налаженной системы производства саженцев позволили обеспечить закладку плантаций голубики высокорослой на площади свыше тысячи гектаров в хозяйствах различной формы собственности. В Отделе биохимии и биотехнологии растений были созданы и документированы коллекции сортов хозяйственно-ценных видов растений, которые являются основой при разработке технологии производства их посадочного материала для промышленных целей.

В Центральном ботаническом саду под руководством В. Н. Решетникова были широко развернуты работы по биотехнологии растений, включающие клональное микроразмножение, производство пищевых ингредиентов и продуктов функционального питания растительного происхождения. Большое внимание уделялось созданию коллекционных фондов как составной части системы сохранения и рационального использования растительного биоразнообразия. Поэтому отдельным направлением в деятельности Отдела биохимии и биотехнологии растений стало формирование, поддержание и пополнение коллекции асептических культур хозяйственно-полезных и охраняемых растений.

В последние годы под руководством В. Н. Решетникова в Отделе развернуты работы по биохимическому и молекулярно-генетическому тестированию растений коллекционных фондов Центрального ботанического сада и представителей природной флоры Беларуси, включая редкие и охраняемые виды растений, создан банк ДНК интродуцированных растений, продолжаются исследования по протеомике и эпигенетике растительной клетки, биохимии и физиологии, дифференциации и дедифференциации в культуре клеток и тканей растений, регуляции мета-

болизма на повышенный синтез целевого продукта. Биотехнологические исследования и разработка технологии клонального микроразмножения сортовых сиреней российской и белорусской селекции позволили выдвинуть и осуществить социально-патриотический проект «Сирень Победы», в ходе которого заложены экспозиции сортов сирени, созданных в честь городов-героев и выдающихся участников Великой Отечественной войны. Руководители проекта В. Н. Решетников, В. В. Титок, Е. В. Спиридович в 2016 году за эту работу удостоены звания Лауреатов Международной премии СНГ «Звезды Содружества».

В. Н. Решетников – автор более 400 научных статей, 11 монографий, 16 авторских свидетельств на изобретения. Под его руководством выполнены 22 кандидатские и 1 докторская диссертации. Он ведет большую научно-педагогическую работу в высшей школе (БГУ, Полесский и Брестский университеты) в качестве Председателя государственных экзаменационных и аттестационных комиссий, активно пропагандирует научные знания, выступает в средствах массовой информации.

Научную работу Владимир Николаевич успешно совмещает с большой научно-организационной деятельностью. Он – председатель Белорусского биохимического общества, Научного совета по проблемам физиологии и биохимии растений при Отделении биологических наук НАН Беларуси, член экспертного совета ВАК Республики Беларусь и редколлегии журнала «Известия академии наук Беларуси. Серия биологических наук».

В настоящее время В. Н. Решетников активно ведет международную деятельность: является инициатором сотрудничества в области биологии растений с научными учреждениями России, Кубы, Вьетнама, Венгрии, Польши, Казахстана, Украины, Грузии. С 2009 года он является сопредседателем Совета Ботанических садов России и Беларуси.

Научная общественность высоко оценила вклад В. Н. Решетникова в развитие науки, подготовку научных кадров, организацию научных исследований. В 1991 году он избран членом-корреспондентом НАН Беларуси, в 1992 году ему присвоено звание профессора, в 2000 году избран действительным членом (академиком) НАН Беларуси. Указом Президента Республики Беларусь в 2008 году он удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки Республики Беларусь».

Владимир Николаевич Решетников заслуженно пользуется уважением всех, кто работает рядом с ним и знает его как крупного ученого и общественного деятеля, чуткого и отзывчивого, принципиального и честного человека.

Коллеги по работе сердечно поздравляют Владимира Николаевича с юбилеем, желают ему крепкого здоровья, личного счастья и новых творческих свершений.

А. В. Пугачевский, В. И. Парфенов,
Н. А. Ламан, Т. Ф. Сосновская,
Е. В. Спиридович, О. В. Чижик

ТАМАРА АМВРОСИЕВНА БУДКЕВИЧ
(к 70-летию со дня рождения)



В апреле 2017 года исполнилось 70-лет со дня рождения и 45 лет научной деятельности Тамары Амвросиевны Будкевич, кандидата биологических наук, ведущего научного сотрудника Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси.

Т. А. Будкевич родилась в 1947 г. в Минске в семье железнодорожных служащих. После окончания в 1965 г. средней школы № 74 г. Минска с серебряной медалью и дипломом сестры-воспитательницы дошкольных учреждений в течение года работала воспитателем ведомственного детского сада. В 1966 г. поступила на работу в Институт экспериментальной ботаники АН БССР, где прошла ступени должностного роста от старшего лаборанта до ведущего научного сотрудника – высококвалифицированного специалиста в области агрофитоценологии, экофизиологии и радиоэкологии многолетних трав.

В 1966–1972 гг. она без отрыва от производства проходит обучение на вечернем отделении биологического факультета Белгосуниверситета (со специализацией на кафедре физиологии и биохимии растений), а в 1974–1977 гг. – в заочной аспирантуре под руководством известного белорусского фитоценолога и корневеда, заслуженного деятеля науки БССР И. Н. Рахтеенко. Еще в начале работы в лаборатории экологии (в 1986– 2006 гг. – радиоэкологии) растений Тамара Амвросиевна определила для себя главную область научных интересов – экспериментальную фитоценологию, в которой решение ботанической проблемы создания культурных фитоценозов из экологически совместимых видов неразрывно связано с физиолого-биохимическими особенностями жизнедеятельности растений, определяющих характер взаимодействия последних в сообществах. Основой дальнейшей научной деятельности Т. А. Будкевич стало приоритетное направление исследований в тематике лаборатории – эколого-физиологическое изучение роли корневых систем в ценотических отношениях растений в моно- и поликомпонентных фитоценозах.

В 1983 г. Т. А. Будкевич успешно защитила кандидатскую диссертацию «Межвидовые и внутривидовые взаимоотношения клевера красного, люцерны и тимофеевки в агрофитоценозах», внесшую вклад в теорию конструирования сообществ многолетних луговых растений на дерново-подзолистых почвах. В работе была представлена впервые установленная экспериментальным путем количественная оценка биологического азота, поступающего в почву в составе прижизненных корневых выделений бобовых трав, и исследована его роль в азотном питании злаковых компонентов агроценоза; показана роль метаболитов видоспецифической корневой микрофлоры в ослаблении процесса клевероутомления в травосмесях двух видов бобовых. Материалы диссертационной работы и продолженных в рамках государственных программ фундаментальных исследований многолетних кормовых растений были обобщены в монографиях «Регулирование роста, развития и питания растений в фитоценозах» (1982), «Межвидовые и внутривидовые отношения растений в искусственных фитоценозах» (1987), «Физиология плодообразования люцерны» (1989).

В 1980–1990-х гг. Т. А. Будкевич участвовала в организации и осуществлении с использованием методов изотопной диагностики серии оригинальных модельных экспериментов, расширивших представления о таких сторонах взаимодействи растений в фитоценозе как межвидовой обмен корневыми метаболитами через ризосферу, взаимовлияние произрастающих в одном сообществе бобовых и злаковых растений посредством выделяемых корнями в почву физиологически активных соединений на процессы фотосинтеза, дыхания, водного обмена и минерального питания. Уже в 2000-е годы нашло подтверждение практическое значение этих исследований. Т. А. Будкевич в сотрудничестве с учеными Института мелиорации и луговодства НАН Беларуси на основе изучения влияния аллелопатического режима ризосферы бобово-злаковых травосмесей на физиологию, продуктивность и азотфиксирующую способность бобовых компонентов были разработаны оптимальные составы и режимы пользования долголетних агроценозов с устойчивым сохранением высокобелковых бобовых трав в травостоях на мелиорированных почвах.

Особое место в научной биографии Т. А. Будкевич занимает 20-летний период исследований, связанных с работами по минимизации последствий радиационного загрязнения растительности в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Результаты радиоэкологического мониторинга луговой растительности в природных экосистемах Беларуси, исследования физиологических адаптаций луговых растений к действию радионуклидов и разработки способов снижения их аккумуляции растениями дикорастущей и культурной луговой флоры представлены в монографии «Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС) » (1995), патенте на изобретение (2004), публикациях в научных изданиях Беларуси, России, Украины, в материалах Международных симпозиумов по проблемам радиоэкологии растений, изданных в Австрии, Польше, Японии.

Т. А. Будкевич – автор и соавтор более 150 научных публикаций, в том числе 5 монографий, соавтор технологии и 3-х рекомендаций по отраслевому внедрению законченных научно-исследовательских работ в производство.

За разработку методов выращивания смешанных посевов кормовых культур и способов экологически безопасного кормопроизводства на почвах, загрязненных техногенными и радиоактивными веществами, Т. А. Будкевич в 2001 г. была награждена Почетной грамотой Министерства сельского хозяйства Республики Беларусь, а в 2010 г. ей была объявлена Благодарность Председателя Президиума Национальной Академии наук Беларуси.

Т. А. Будкевич – член Президиума Белорусского ботанического общества, член Ученого совета Института, являлась руководителем дипломных работ, неоднократно выступала рецензентом научных статей, учебных пособий и монографий, оппонировала на защите кандидатских диссертаций. Более 10 лет Тамара Амвросиевна является ответственным секретарем выпускаемого Институтом рецензируемого периодического издания «Ботаника (исследования) », которому она отдает много сил и энергии, осуществляя не только свои функциональные обязанности секретаря, но и оказывая редакторскую поддержку и помощь авторам статей.

Наряду с высокими профессиональными качествами – аналитическим складом ума, эрудицией, творческим подходом к решению научных проблем, Тамару Амвросиевну Будкевич отличает человеческая принципиальность, интеллигентность, доброжелательное и внимательное отношение к людям, поэтическое восприятие окружающего мира и развитое чувство прекрасного.

От имени коллектива сотрудников Института искренне желаем Тамаре Амвросиевне крепкого здоровья, активного долголетия, благополучия и личного счастья!

А. В. Пугачевский, Ж. М. Анисова

ЛЕОНИД СТЕПАНОВИЧ ЧУМАКОВ
(к 60-летию со дня рождения)



25 апреля 2017 года исполнилось 60 лет со дня рождения ученого-эколога, кандидата биологических наук Леонида Степановича Чумакова. Родился Леонид Степанович в г. Минске в 1957 году. В 1974 году с отличием окончил СШ № 80 г. Минска. В 1979 году закончил с красным дипломом учебу на биологическом факультете БГУ им. В. И. Ленина.

С 1978 по 1995 годы работал в Институте зоологии АН БССР, занимаясь вопросами почвенной зоологии, биоиндикацией и мониторингом. В 1988 году защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Экология» в Лаборатории мониторинга окружающей среды и климата при Госкомгидромете СССР, а в 1990 году окончил спецотделение МГУ им. М. В. Ломоносова с присвоением квалификации «Эколог-эксперт».

В период с 1992 по 1995 годы работал старшим научным сотрудником в БелНИЦ «Экология» в отделе мониторинга. В настоящее время является старшим научным сотрудником сектора кадастра растительного мира в ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси», где занимается вопросами ведения Государственного кадастра растительного мира Республики Беларусь, распространения растений инвазивных видов, редкими растениями, а также рядом прикладных вопросов, связанных с охраной растительного мира при разработке проектов реконструкции и освоения земель на территории страны.

Леонидом Степановичем Чумаковым на основе многолетних исследований выявлены закономерности восстановления болотных экосистем Беларуси после лесных пожаров и при вторичном заболачивании, а также в условиях воздействия рекреационной нагрузки. Разработаны шкалы биоиндикационной оценки загрязнений почв вблизи химпредприятий. Изучены структура и особенности формирования почвенной фауны в биотопах разных типов на ООПТ. Установлены закономерности пространственного распространения и направления экспансии видов инвазивных растений на территории Республики Беларусь. Осуществлена разработка комплекса мер по предотвращению распространения наиболее опасных видов инвазивных растений для НП «Нарочанский» и «Припятский», а также г. Минска. Внесен значительный вклад в реализацию охраны популяций видов редких и исчезающих растений.

Помимо научной деятельности свыше 30 лет Л. С. Чумаков занимается экологическим образованием. Долгие годы руководил секцией «Экология и краеведение» научного общества учащихся в Республиканском экологическом центре учащихся в г. Минске, проводил занятия в экологических кружках ряда минских гимназий, на республиканских и международных слетах юных экологов, в летних экологических лагерях и экспедициях учащихся. В настоящее время занимается с дошкольниками в школе «Экознайка» Республиканского центра экологии и краеведения.

Автор около 200 научных публикаций по экологии, зоологии, ботанике, биомониторингу, экологическому образованию, а также более 30 научных

и научно-популярных книг и учебно-методических пособий, свыше 60 публикаций в СМИ в области природоведения и экологического образования. Более 2 лет вел страничку в журнале «Родная прырода». Леонид Степанович – автор порядка 20 мультимедийных образовательных программ по экологии и охране природы для школьников и студентов.

В 1986 году принимал участие в работах по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС на территории Белорусской ССР, а несколько позднее в работах по разработке мероприятий, направленных на реабилитацию загрязненных радионуклидами районов Брянской области России.

Одно из увлечений Леонида Степановича – литературная деятельность, включающая в себя написание сказок и стихов. За стихи, опубликованные в одном из сборников Интернационального союза писателей (г. Москва), он получил диплом им. Антуана-де-Сент Экзюпери.

Коллектив сектора кадастра растительного мира от всей души поздравляет Леонида Степановича с юбилеем и желает крепкого здоровья, творческих успехов и удачи во всех делах!

О. М. Масловский,
сотрудники сектора кадастра растительного мира

ТАТЬЯНА ГАРЬЕВНА ШАБАШОВА
(к 50-летию со дня рождения)



В ноябре 2017 исполнилось 50 лет со дня рождения и 26 лет научной деятельности заведующей лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, кандидату биологических наук Татьяне Гарьевне Шабашовой.

Коротко перечислим основные вехи ее научной биографии.

Татьяна Гарьевна родилась 27 ноября 1967 года в Минске. В 1991 году окончила Белорусский государственный университет (биологический факультет, кафедра микробиологии) и поступила на работу в Институт экспериментальной ботаники в лабораторию микологии на должность стажера-исследователя. Последовательно занимала должности младшего научного сотрудника (с 1994 г.), научного сотрудника (с 2003 г.), старшего научного сотрудника (с 2009 г.) лаборатории микологии.

Т. Г. Шабашова как ответственный исполнитель входила в коллектив разработчиков биологического препарата для защиты растений от болезней «Миколин».

Под руководством академика В. Н. Решетникова Татьяной Гарьевной была защищена кандидатская диссертации на тему «Бактерии-антагонисты из ризосферы и филлопланы картофеля и возможность их применения против фитопатогенов» (2005 г.). Впервые были проведены комплексные исследования бактерий-антагонистов различных экологических ниш, сделан количественный анализ бактерий-антагонистов различных мест обитания – почвы, филлопланы и ризосферы картофеля, разработан наиболее эффективный способ выделения потенциальных агентов биоконтроля и создана коллекция перспективных штаммов, обладаюших антагонистической активностью.

В течение ряда лет Татьяна Гарьевна являлась заместителем заведующей Лабораторией микологии Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича, известного белорусского миколога Ольги Степановны Гапиенко, которая в 2016 году передала бразды руководства лабораторией Т. Г. Шабашовой.

Научные интересы Татьяны Гарьевны охватывают широкий круг современных проблем микологии и экологии грибов, систематику сумчатых и базидиальных грибов, включая различные морфолого-кариологические стадии развития видов, изучение консортивных связей микромицетов с сосудистыми растениями, биоразнообразие почвенных микоценозов.

Важной областью прикладных исследований, проводимых и руководимых Татьяной Гарьевной, стало изучение проблем биоповреждения различных мате-

риалов, вызываемых развитием грибов, а также структура грибных популяций в промышленных, общественных и жилых помещениях.

Новое научное направление в современной микологии – изучение генетических особенностей грибов – начало развиваться в лаборатории с 2007 г. и в настоящее время под руководством Т. Г. Шабашовой ведутся исследования по уточнению таксономического положения различных видов аскомицетов с применением методов ПЦР-анализа, что в перспективе позволит на новом уровне изучить как генетический полиморфизм отдельных грибных таксонов, так и его влияние на популяционный и эволюционный аспекты генетики грибов.

Значительное внимание Татьяна Гарьевна уделяет дендропатогенным грибам, в первую очередь видам, актуальным для лесного и коммунального хозяйства. Под ее руководством проводятся микологические экспертизы лесных культур, лесных питомников и дендропарков, зеленых насаждений в городской черте. Она является куратором раздела «Грибы (MSK-L, MSK-F) и коллекция культур грибов» Гербария Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича.

Татьяна Гарьевна Шабашова – автор и соавтор более 130 научных работ, в том числе 7 монографий, нескольких патентов на изобретения.

Татьяна Гарьевна ведет также активную научно-организационную и педагогическую работу, является научным руководителем соискателей магистерской и кандидатской степеней, читает лекции в Институте подготовки научных кадров Национальной академии наук Беларуси.

От имени всего нашего коллектива поздравляем Татьяну Гарьевну с юбилеем и сердечно желаем доброго здоровья, дальнейших успехов в научной и педагогической работе, новых творческих планов и большого человеческого счастья.

А. В. Пугачевский, В. И. Парфенов, О. С. Гапиенко;
сотрудники лаборатории микологии Института
экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси

Потери науки

КОНСТАНТИН МЕРКУРЬЕВИЧ СЫТНИК
1926-2017



22 июля 2017 года на 92 году жизни скончался выдающийся украинский ученый-ботаник, физиолог растений, эколог, организатор науки и общественный деятель, почетный директор Института ботаники им. М.Г. Холодного НАН Украины, академик НАН Украины Константин Меркурьевич Сытник.

Масштаб личности К.М. Сытника, творческая и организационная деятельность этого широко известного представителя украинской ботанической школы во многом определили тот важный по научной значимости вклад, который привнесен украинскими биологами в достижения отечественной и мировой ботанической науки.

Уход из жизни Константина.Меркурьевича Сытника особенно остро воспринят белорусскими учеными-биологами, которые знали его не только как всемирно известного авторитетного специалиста во многих областях ботаники, физиологии и экологии растений, но и как добросердечного коллегу, открытого для общения, совместной плодотворной научной работы, инициатора и организатора межгосударственных проектов Украины и Беларуси, направленных на сохранение и приумножение природных богатств наших стран, на укрепление творческих научных связей в природоохранной деятельности, биологизации сельскохозяйственного производства, сфере передовых биотехнологий.

Академик АН УССР, доктор биологических наук, профессор К.М. Сытник был первым физиологом растений, возглавившим Институт ботаники – старейшее на Украине научно-исследовательское учреждение ботанического профиля, руководителями которого до того времени были известные специалисты в области ботаники, цитологии, генетики и селекции растений. За 30-летний период пребывания К.М. Сытника на посту директора, благодаря его таланту ученого, организаторской деятельности, энергии руководителя Институт ботаники им. М.Г. Холодного Национальной академии наук Украины утвердился в сознании научного сообщества как центр, отвечающий самым современным требованиям ботанической мысли и охватывающий исследованиями все передовые направления изучения растений.

Начиная с 1970 г. под руководством и личном участии К.М. Сытника в Институте развернулись исследования физиологических механизмов роста и развития отдельных органов и целого растения на молекулярном, клеточном, тканевом уровнях, результаты которых отразили классические фундаментальные научные труды – «Физиология корня» (1972), удостоенный премии им. Н.Г. Холодного АН УССР; «Физиология листа» (1978); «Взаимодействие надземных и подземных органов растений».

В развитие идей и продолжение работ своего учителя Н. Г. Холодного о гормональном комплексе растений, определяющем направление и скорость процессов в растительных тканях, К. М. Сытником были организованы комплексные исследования фитогормональной регуляции роста целого растения и его органов в зависимости от условий окружающей среды. Проводимое украинской школой физиологов изучение функциональной роли фитогормонов в растительном организме реализовалось впоследствии в решении практических задач воздействия экзогенных регуляторов роста на продуктивность различных видов культурных растений.

По инициативе К. М. Сытника были начаты весьма важные для развития эволюционной теории исследования разнообразных в филогенетическом плане видов растений. Изучением состава и динамики гормонального комплекса как своеобразного маркера происхождения и филогенетических связей таксонов были охвачены представители широкого ряда морских и пресноводных водорослей, культивируемых и фитопатогенных грибов. Итогом многолетних экспериментальных исследований и анализа обширнейшего материала, собранного сотрудниками Института в организованных К. М. Сытником водных (на научно-исследовательском судне «Академик Вернадский») и сухопутных ботанических экспедициях, стало издание фундаментального теоретического труда «Evolutionary trends in phytohormonology» и монографии «Гормональный комплекс растений и грибов» (2003).

Значимый вклад внесен К. М. Сытником и возглавляемым им коллективом в достижения космической биологии растений. Проведенные на прокариотических и эукариотических организмах исследования выявили общие закономерности воздействия факторов космического полета на физиологические, включая фитогормональный статус, изменения, происходящие в живом организме в условиях невесомости. За цикл работ по исследованию закономерностей роста и развития микроорганизмов в условиях космического полета К. М. Сытник был удостоен Государственной премии Украинской ССР в области науки и техники (1979).

Несомненной заслугой К. М. Сытника является создание в Институте ботаники в 1975 году лаборатории цитофизиологии и конструирования растительной клетки, что позволило обогатить методологический арсенал учреждения новым направлением в биологии растений – генной инженерией. Развивая и совершенствуя молекулярно-биологический подход в исследованиях по систематике и филогении растений, объединяющий классическую биоморфологию с цитогенетическими, кариологическими и биохимическими методами, ботаники и физиологи Института сумели добиться значительных успехов в работах по дифференциации, выявлению филогенетических связей и путей эволюции сложных родовых таксонов. Впечатляющим результатом комплексной работы на основе этого подхода служит получившая высокую оценку отечественных и зарубежных ботаников монография «Тысячелистники» (1984). За успешную разработку фундаментальных основ клеточной генной инженерии К. М. Сытник удостаивается Государственной премии СССР в области науки и техники (1984).

Широко известны взгляды К. М. Сытника и его научная и общественная деятельность в области экологии, охраны природы, экологического образования. Он был страстным популяризатором знаний о природных богатствах Земли, о необходимости их сбережения и охраны. Пропагандировал планетарную роль растений и значение ботаники как всеобъемлющей науки о растениях, которые обеспечивают существование людей на нашей планете, продолжительное время возглавлял Национальный комитет Украины в программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера», основатель и первый президент Всеукраинской экологической лиги,

с 2011 года – почетный президент Украинского ботанического общества, которое возглавлял более двух десятилетий.

Именно на почве решения проблем экологической безопасности растительного мира, а значит здоровья и жизни населения, зародились и со временем перешли в тесные научные связи и личную дружбу взаимоотношения руководства и научных коллективов Института ботаники им. М. Г. Холодного Национальной академии наук Украины и Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси. Особенно укрепилось тесное содружество украинских и белорусских ученых при выполнении инициированного К. М. Сытником долговременного научного проекта 3-х союзных республик – Украины, Беларуси и Молдовы по рациональному использованию и охране важнейших ботанических объектов в бассейнах рек Припяти, Днепра и Днестра. На основе полученного богатейшего материала этого межгосударственного проекта в 1980 году под научной редакцией К. М. Сытника была издана фундаментальная коллективная монография «Охрана важнейших ботанических объектов Украины, Белоруссии и Молдавии», давшая научную основу для разработки стратегий охраны ключевых территорий с локалитетами редких видов растений, подвергающихся риску исчезновения при техногенных воздействиях. В дальнейшем творческое содружество двух ведущих научных ботанических учреждений Украины и Беларуси многократно подтверждало свою состоятельность при решении серьезнейших экологических проблем территорий, прежде всего это относилось к выработке скоординированных совместных действий по ослаблению последствий радиационной катастрофы на Чернобыльской АЭС. Созданная в свое время ботаническая ось Киев – Минск – Санкт-Петербург, несмотря на некоторые перипетии, по прежнему существует и продолжает развиваться.

Нельзя не восхититься масштабом и значительностью главного научного наследия академика Константина Меркурьевича Сытника – созданной им научной школы фитобиологов. Им подготовлено 20 докторов и 32 кандидата наук, в числе учеников – 2 академика и 2 члена-корреспондента НАН Украины. В научной библиографии К. М. Сытника – 35 монографических работ, вошедших в мировую научную классику и при этом остающихся востребованными новыми поколениями исследователей, более 1000 научно-популярных публикаций в отечественных и зарубежных изданиях.

Широко известна общественная и государственная деятельность академика К. М. Сытника. Проявившиеся еще в должности главного ученого секретаря Президиума Академии наук УССР инициативность, организаторский талант, высокий уровень научной подготовки ученого-биолога послужили основанием его избрания в 1974–1988 гг. вице-президентом Академии наук УССР. В течение 10 лет (1980–1990 гг.) К. М. Сытник избирался депутатом Верховного Совета Украинской ССР, в 1980–1985 гг. – председателем Верховного Совета УССР. За выдающиеся заслуги в научной, научно-организационной и государственной деятельности награжден орденами Ленина, Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени (1971), орденами князя Ярослава Мудрого IV и V степеней (1998 и 2006).

Отдавая дань памяти Константину Меркурьевичу Сытнику – выдающемуся ученому и замечательному человеку, нашему коллеге и доброму товарищу, белорусские ботаники и физиологи растений уверены, что заложенный им фундамент наших дружеских отношений и научных связей будет укрепляться и прирастать новыми идеями и совместными делами во имя служения науке.

В. И. Парфенов, Н. А. Ламан, В. Н. Решетников, Г. Ф. Рыковский

ИРИНА АЛЕКСАНДРОВНА ДУДКА
1934–2017



20 июня 2017 года ушла из жизни Ирина Александровна Дудка – заведующая отделом микологии Института ботаники им. М. Г. Холодного НАН Украины, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Украины, заслуженный деятель науки и техники, лауреат премии им. М. Г. Холодного, трижды лауреат Государственной премии Украины.

Выдающийся ботаник и миколог, Ирина Александровна на протяжении многих лет поддерживала тесные научные контакты с коллегами из Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича. В 2003 году она выступала на Международной научной конференции «Проблемы экспериментальной ботаники: IV Купревичские чтения» с докладом «Развитие идей В. Ф. Купревича о виде у облигатных паразитных грибов (на примере порядка Peronosporales»); в 2004 году принимала участие в работе Международной научной конференции «Биология, систематика и экология грибов в природных экосистемах и агрофитоценозах» с докладом «Микромицеты – эфемеры и эфемероиды природных зон Украины». Как авторитетный специалист, рецензировала I том «Флоры Беларуси. Грибы (Boletales, Amanitales и Russulales) ».

И. А. Дудка являлась всемирно известным ученым. Ее основные научные интересы были связаны с исследованием видового и таксономического разнообразия грибов и грибовидных организмов, их экологии, в частности, гидромикологии, микогеографии, консортивных связей грибов с ассоциированными растениями.

Как основатель советской школы гидромикологии, И. А. Дудка одной из первых в СССР начала исследования эколого-систематической группы водных грибов, теоретически и экспериментально определив роль микобиоты в структурно-функциональной организации водоемов и водотоков, сформулировала представление об их гетеротопности, установила закономерности эволюции водных гифомицетов из числа эпифильных и грунтовых анаморфных грибов.

Значительный вклад И. А. Дудка внесла в разработку научных основ культивирования грибов. При ее непосредственном участии получены и запатентованы высокопроизводительные штаммы шампиньона двуспорового и вешенки обыкновенной, разработаны оригинальные безотходные технологии глубинного и поверхностного культивирования съедобных грибов на отходах сельского и лесного хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности.

Результаты научных исследований Ирины Александровны Дудки нашли отражение в многотомных трудах «Определитель грибов Украины», «Флора грибов Украины», а также перечне «Fungi of Ukraine. A Preliminary Checklist». Лично Ирина Александровна работала над томами, посвященными альбуговым, фитофторовым, пероноспоровым и анаморфным грибам.

Ирина Александровна являлась одним из основателей Европейской микологической ассоциации, президентом XIV Конгресса европейских микологов, председателем Киевской городской организации Всеукраинской экологической лиги, членом редколлегии журналов «Украинский ботанический журнал» (Киев), «Микология и фитопатология» (С.-Петербург, Россия), «Экологический вестник» (Киев), долгое время был вице-президентом Украинского ботанического общества.

Ирина Александровна Дудка – автор и соавтор более 550 научных работ, в том числе 31-й монографии, 10-ти авторских свидетельств на изобретения.

Много внимания она уделяла подготовке научных кадров. Она подготовила 23 кандидата и 2-х докторов биологических наук по специальности «микология».

За научные достижения награждена орденом Трудового Красного Знамени (1981).

Ирина Александровна осталась в памяти коллег и друзей как образец ученого энциклопедически широкого кругозора, целеустремленного исследователя и выдающегося организатора науки, душевно щедрого и отзывчивого человека. Ее светлый образ сохранится в сердцах всех, кому посчастливилось встретиться с Ириной Александровной на жизненном и профессиональном пути.

В. И. Парфенов, Т. Г. Шабашова, Д. Б. Беломесяцева, О. С. Гапиенко
(*Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, г. Минск*),

Е. О. Юрченко (*Полесский государственный университет*, *г. Пинск*),

В. Д. Поликсенова (*Белорусский государственный университет*, *г. Минск*),

Я. А. Шапорова
(*Белорусский государственный технологический университет, г. Минск*).

ВАДИМ АЛЕКСАНДРОВИЧ МЕЛЬНИК
1937–2017



10 апреля 2017 г. ушел из жизни замечательный человек и выдающийся миколог Вадим Александрович Мельник – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В. Л. Комарова Российской академии наук. Ученый с мировым именем, много сделавший для развития ботанической науки, автор более 220 печатных работ, на протяжении многих лет являвшийся куратором гербария грибов БИН РАН (LE).

В. А. Мельник уделял большое внимание выявлению биоразнообразия анаморфных грибов.

Вадим Александрович описал 3 новых для науки рода (*Nagrajomyces*, *Braunomyces* и *Parasarcopodium*) и свыше 70 новых для науки видов. Он путешествовал и собирал гербарный материал во многих регионах бывшего СССР, в т. ч. в Молдавии, Грузии, Армении, Латвии, Литве, Туркмении, Узбекистане, Таджикистане, Горно-Алтайской Республике, на Дальнем Востоке России. По приглашению зарубежных научных организаций и ученых В. А. Мельник работал и оказывал консультативную помощь микологам во многих странах дальнего зарубежья – в Австрии, Великобритании, Канаде, Китае, Корее, Турции, ЮАР, Швеции. Вадим Александрович, являлся членом Исполнительного комитета Международной микологической ассоциации, был руководителем секции «Коллекции и гербарии» Национальной академии микологии России. Многие годы участвовал в работе редколлегии журнала «Микология и фитопатология», в 2012 году был награжден медалью А. А. Ячевского.

Как признание заслуг Вадима Александровича в изучении таксономии грибов, в его честь были названы 5 новых видов и 2 новых рода анаморфных грибов (*Melnikomyces* Crous et U. Braun (2014) и *Melnikia* Wijayaw., Goonas., Camporesi, D. J. Bhat et K. D. Hyde (2016)).

За годы плодотворной деятельности в области микологии Вадим Александрович установил множество научных связей с учеными из советских республик. Это сотрудничество было продолжено уже с учеными государств на просторах бывшего СССР. Еще в 80-х годах у Вадима Александровича были налажены тесные научные связи с микологами Беларуси, работающими в Институте экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича. Большая профессиональная наставническая помощь была оказана им с определением грибов родов *Ascochyta* и *Cladosporium* старшему научному сотруднику Института В. И. Нитиевской, изучавшей грибные патогены бобовых культур Беларуси. В дальнейшем содействовал сотруднику лаборатории микологии В. И. Корзенку в определении микромицетов, собранных на сеянцах и саженцах хвойных пород в питомниках республики. Совместными усилиями двух ученых были выявлены примечательные находки: *Pestalotiopsis stevensonii* (первая европейская находка из Беларуси была процитирована в моно-

графии «Coelomycetous anamorphs with appendage-bearing conidia» Nag Raj, 1993) и род *Acarosporium*, найденный впервые на хвойных и впервые для СССР.

Дружеские отношения и научные интересы связывали В. А. Мельника с профессором А. С. Шукановым, в те годы возглавлявшим кафедру ботаники Белорусского государственного университета, а затем и с новым поколением микологов – В. Д. Поликсеновой, А. К. Хромцовым.

В 2000-х годах при неоценимой помощи Вадима Александровича были обработаны коллекции микромицетов можжевельника обыкновенного, впоследствии эти материалы вошли в кандидатскую диссертацию (2003) и монографию (2004) Д. Б. Беломесяцевой по микобиоте в консорции можжевельника в Беларуси. В частности, были выявлены, описаны и опубликованы микогеографические редкости – *Ojibwaya perpulchra, Matsushimaea fasciculata, Cheiromoniliophora gracilis*. Белорусским коллегам В. А. Мельник не только охотно помогал с редкой научной литературой по анаморфным и другим группам грибов, но и давал уроки микроскопии и научного рисунка, редактировал рукописи. Особо следует отметить рецензирование В. А. Мельником научной монографии Д. Б. Беломесяцевой и Т. Г. Шабашовой «Флора Беларуси. Грибы. Т. 2. Анаморфные грибы. Кн. 1» (2015).

Благодарная память о Вадиме Александровиче Мельнике навсегда сохранится в наших сердцах.

Т. Г. Шабашова, Д. Б. Беломесяцева, О. С. Гапиенко
(*Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси*, *г. Минск*),

Е. О. Юрченко
(*Полесский государственный университет*, *г. Пинск*),

В. Д. Поликсенова
(*Белорусский государственный университет*, *г. Минск*)

ГЕННАДИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ВЫНАЕВ
1951-2017



7 декабря 2017 г. ушел из жизни известный белорусский ботаник Геннадий Владимирович Вынаев, талантливый ученый и неординарная личность, которого без преувеличения можно назвать прирожденным ученым-флористом с беззаветной любовью в крови к ботанике, экспедиционным исследованиям и гербаризации растений.

Г. В. Вынаев родился 7 апреля 1951 г. в г. Галле (бывшая ГДР) в семье военнослужащего. С 1953 по 1957 гг. он с семьей проживал в г. Витебске, а с 1957 г. переехал в г. Минск, где в 1968 г. окончил –

Будучи в старших классах школы, Г. В. Вынаев посещал занятия студенческого кружка при кафедре ботаники БГУ, где выступали с лекциями ведущие ботаники Беларуси (Ю. А. Бибиков, З. Н. Кудряшева и др.). В 1967 г. такие лекции читала и Н. В. Козловская, которая первой рассмотрела в Геннадии Владимировиче неординарную личность и талант исследователя. Уже в 1967 г. Г. В. Вынаев был принят на летний период в качестве сезонного рабочего в Институт экспериментальной ботаники, участвовал в настоящих научных экспедициях по изучению сорняков Могилевской области, картированию лесов в Брестской, Гомельской и Могилевской областях. Первый полевой сезон этого года в своих дневниковых записях он назвал «цыганским летом», поскольку многодневные командировки были сопряжены с довольно большими испытаниями и длительным сроком отсутствия дома.

В 1968 г. Г. В. Вынаев поступил на биологический факультет БГУ, где также с большой увлеченностью занимался научной работой, совместно с Д. И. Третьяковым и другими студентами университета много времени уделял приведению в порядок гербария кафедры ботаники. Во время учебы в университете (1968–1973) продолжал каждое лето активно участвовать в изучени флоры Беларуси в составе экспедиций лаборатории флоры и гербария Института экспериментальной ботаники. Это были поездки в Беловежскую пущу, на оз. Свитязь и Нарочь, в пойму р. Горынь и др. Также в рамках заданий кафедры ботаники БГУ он изучал и флору Налибокской пущи. Собранные гербарные материалы позже стали основой для написания «Флоры Налибокской пущи» (1980). Везде, где бы он ни был, занимался своим любимым делом – сбором гербария. В этих поездках им практически ежегодно собирались новые для флоры Беларуси виды растений или тех, которые не были представлены в гербариях республики, составлялись обширные списки растений.

Уже в студенческие годы он проявил себя как талантливый, скрупулезный до мельчайших деталей в работе с растениями, начитанный и неординарный исследователь. Его увлекали вопросы философии ботаники (что нашло отражение в его дипломной работе), флорогенетики, экологии растений, зависимости распространения растений от природных факторов, адвентивные виды; он с легкостью мог увлекать однокурсников, студентов младших курсов и даже малознакомых людей вопросами ботаники, сбором гербария. В этот период вокруг Г. В. Вынаева организовалась целая группа увлеченных своим делом биологов (В. В. Маврищев, Д. И. Третьяков, В. В. Голубков, И. М. Яковлева, Е. Е. Блудов, А. Г. Песнякевич, братья А. И. и В. И. Гречухо, И. С. Ласоцкая, М. Г. Кудряшева, Д. В. Гельтман и др.). Впоследствии некоторые из них посвятили свою жизнь ботанике. Совместно с Г. В. Вынаевым на

одном курсе учились и многие другие известные сейчас биологи, проявившие себя в других областях знаний – зоологи В. П. Семенченко, В. М. Байчоров, Е. И. Бычкова; генетик О. Г. Давыденко, биохимик С. А. Усанов и др. Выпуск 1973 года биологического факультета БГУ был тогда очень сильным по составу.

На 5-м курсе университета Г. В. Вынаев на несколько месяцев был зачислен на работу в ИЭБ АН БССР в должности лаборанта, а затем переведен на должность старшего лаборанта. На постоянную работу в Институт экспериментальной ботаники он был принят в 1973 г., в 1975 г. избирается на должность младшего научного сотрудника, а в марте того же года ему утверждается тема кандидатской диссертации «Фитогеографические связи флоры Белоруссии с флорами сопредельных областей», научным руководителем которой был В. И. Парфенов.

Г. В. Вынаев отличался высокой эрудицией, работоспособностью, стремлением постоянно расширять и углублять свой научный кругозор – в научных публикациях его интересовали вопросы фитогеографии, флорогенетики, синантропизации, охраны флоры республики; распространение и приуроченность растений к местопроизрастаниям в зависимости от природных факторов и ландшафтной структуры территории (геологии, геоморфологии и др.). В 1975–1979 гг. и более поздний период он активно участвует в работе кружков краеведения при Центральной станции юных натуралистов, создает совместно с Д. И. Третьяковым участок охраняемых растений, привлекает к изучению флоры многих талантливых исследователей. В это же время им продолжается активная работа по сбору материала для кандидатской диссертации, которую он совмещает с выполнением НИР лаборатории флоры и гербария, являясь непременным участником многих экспедиций. В сентябре 1984 г. Г. В. Вынаев успешно защитил кандидатскую диссертацию «Флорогенетическая структура и фитогеографические связи флоры Белоруссии». В 1986 г. был избран на должность научного сотрудника, в 1989 г. – старшего научного сотрудника, а в 1993 г. – ведущего научного сотрудника.

За более, чем двадцатилетний период постоянной работы в Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси (1973–1994) и позже им было опубликовано более 80 научных и научно-популярных работ. В их числе многие основополагающие работы по флоре республики: «Список флоры Белоруссии» (1987), «О классификации антропофитов и новых для флоры БССР интродуцированных видов растений» (1979), «Экотопологический и флорогенетический аспекты изучения и охраны реликтовых видов растений и флоротопологических комплексов» (1981), «Редкие и исчезающие виды растений Белоруссии и Литвы» (1987), «О понятии «флора» и задачах науки о флоре» (1987), «Программа изучения флоры Белоруссии методом эталонных проб» (1987 г.) и др.

Геннадий Владимирович был весьма открытым человеком, который мог всегда дать квалифицированную и исчерпывающую консультацию по любому сложному для коллег вопросу – систематике таксонов, терминологии ботаники и просто каким-то жизненным проблемам. Он с большим энтузиазмом брался за многие передовые научные проекты, одним из первых в республике инициировал применение в ботанической науке компьютерных технологий, был организатором и исполнителем научных исследований, мог поразительно быстро сформировать рабочую группу и сплотить коллектив. При его участии разрабатывалась схема природно-миграционных русел в республике, были написаны и изданы несколько выпусков «Красной книги» (1981; 1993), «Определитель высших растений Беларуси» (1999), он стоял у истока создания многих ООПТ республики и всестороннего изучения их флоры, поддерживал тесные научные связи с ботаниками Украины, России, Литвы, Латвии и других стран; за достижения в ботанической науке неоднократно награждался бронзовыми и серебряными медалями ВДНХ.

Удивительная способность Г. В. Вынаева увлечь свое окружение сбором растений овеяна целыми «томами» всевозможных рассказов, передаваемых из уст в уста его коллегами и знакомыми. Популяризация им ботанических знаний нашла свое отражение и в нетривиальном, увлекательном проведении вместе

с В. В. Маврищевым телепередачи «Человек и природа», о чем свидетельствовали многочисленные письма телезрителей, приходившие в то время в редакцию.

С 1994 по 1996 гг. Г. В. Вынаев работал в Белорусской энциклопедии им. П. Бровки, в 1996–1997 гг. в рамках хозяйственных договоров в ИЭБ НАН Беларуси, в 1997–2004 г. в научно-исследовательской лаборатории озероведения при БГУ, в 2004 г. в Полесском радиационно-экологическом заповеднике, в 2005 г. в ЦБС НАН Беларуси. Уже вне Института экспериментальной ботаники им была составлена совместно с З. П. Козло книга «Блюда из дикорастущих растений» (1996), а в 2001 г. в соавторстве с Б. П. Власовым и Г. С. Гигевич написана монография «Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана».

Не только профессионально выполняемым элементом исследования флоры, но и любимым увлечением Г. В. Вынаева был сбор гербария везде, где бы он ни был. Представляемые им гербарные образцы были тщательно собраны и аккуратно выполнены (часто во многих экземплярах, так называемые «серийные сборы»), засушены. За весь период работы им было собрано более 22 000 гербарных образцов, среди которых много редких и охраняемых видов, значительное их число является документальным подтверждением первой регистрации видов в Беларуси. Его любимыми местами в Беларуси были Мозырская возвышенность и прилегающие к ней Пховские дюны, Нарочанский край с комплексом Голубых озер, Минская возвышенность, уникальный флористический комплекс в окрестностях о. п. Веленский. В этих местах он бывал многократно и каждый раз поражался своеобразию их флоры. С флористическими исследованиями Г. В. Вынаев побывал практически во всех административных районах республики, в отдельных местах многократно. Сбор гербария проводился им до 2009 г. включительно.

Большой вклад Г. В. Вынаев внес в изучение адвентивной флоры Беларуси и особенно тщательно им совместно с Д. И. Третьяковым была обследована растительность территорий многих железнодорожных веток и узлов, пешком пройдены десятки километров с составлением очень подробных флористических списков. Особое внимание он уделял охраняемым растениям и флористическим комплексам, в составе которых они произрастают, тщательно изучались с флористической точки зрения уникальные территории (часто впервые в Беларуси), которые затем были предложены для охраны. Г. В. Вынаев постоянно корректировал электронный список флоры Беларуси с учетом новейших изменений.

С легкой руки Г. В. Вынаева пришли в науку и приобщились к изучению флоры в 1980-е и начале 1990-х гг. Л. М. Мержвинский, О. М. Масловский, Г. Н. Антонов, А. Н. Скуратович, Е. О. Юрченко, Т. К. Морозова, Д. В. Дубовик и др. Геннадий Владимирович с большим энтузиазмом учил молодое поколение всем тонкостям флористических знаний и гербарного дела, передавал свой богатый опыт, аккуратность в мелочах, учил правилам ведения полевых дневников, особенностям полевых исследований.

Г. В. Вынаев являлся одним из теоретиков сравнительной флористики, был разработчиком терминологии при изучении синантропных флор, создал оригинальные бланки описания флоротопологических комплексов, великолепно владел терминологией в геологии и геоморфологии, занимался популяризацией ботанических знаний. Кроме гербария пополнял коллекции своих коллег – попутно собирал материал по лишайникам, мохообразным, грибам, привозил зоологам собранных им насекомых.

К большому сожалению не все замыслы и мечты Г. В. Вынаева воплотились в жизнь… Безвременно ушел из жизни большой, талантливый ученый-ботаник, надежный друг и коллега, которому были присущи исключительные качества: товарищество, взаимовыручка, бескорыстие. Таким он останется на долгие годы в памяти тех, кто его окружал и с кем он работал.

В. И. Парфенов, Д. В. Дубовик, А. Н. Скуратович

Памяти ученых

ЛЕОКАДИЯ ГЕОРГИЕВНА СИМОНОВИЧ
1926–2016



В год своего 90-летнего юбилея 19 апреля 2016 г. не стало Леокадии Георгиевны Симонович, одного из старейших ботаников Беларуси, проработавшей долгие годы в Институте экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича. Несмотря на отсутствие в творческой биографии Л. Г. Симонович присуждения научных степеней и званий, объем и значение полученных ею научных данных для Института и ботанической науки в целом велик и выражается в описаниях новых видов растений, ценных гербарных коллекциях, публикациях и других научных материалах.

Л. Г. Симонович родилась 8 мая 1926 года в г. Минске в семье филологов – отец был преподавателем русского языка и литературы в БГУ, мать работала учителем в минской СШ № 18, в которой Леокадия Георгиевна до начала Великой Отечественной войны успела окончить 7 классов. Рано утратив родителей – отец умер в 1936 г., а мать в год освобождения Минска от немецкой оккупации, Леокадия Георгиевна начала свой нелегкий самостоятельный трудовой путь с поступления в октябре 1944 г. в Минское железнодорожное училище № 3, окончив которое в 1946 г., получила специальность дежурного по станции. В 1946–1949 гг. работала на станции «Минск товарный» сначала в должности дежурного, а затем оператора. За этот период без отрыва от производства окончила школу рабочей молодежи и в 1949 г. поступила, как и мечтала со школьного возраста, на биологический факультет БГУ. Специализация на кафедре ботаники, летние практики, проходившие в Беловежской пуще, предопределили направленность ее дальнейшего пути в науке.

В 1954 г. с университетским дипломом по специальности «биолог-ботаник» Леокадия Георгиевна распределяется на работу в г. Горки в Белорусскую сельскохозяйственную академию, где последующие 7 лет (с 1954 по 1961 гг.) проработала ассистентом кафедры ботаники. Время работы в Горицкой академии Леокадия Георгиевна вспоминала часто и всегда с большой теплотой. Она умела и любила работать со студентами. Наверно поэтому также тепло и благодарно вспоминали своего преподавателя и руководителя практик по ботанике выпускники академии, ставшие впоследствии видными учеными сотрудники Института экспериментальной ботаники доктор биологических наук А. И. Заболотный, кандидат биологических наук Т. П. Суровая и другие.

В 1961 г. Леокадия Георгиевна поступает в аспирантуру Института биологии (с 1966 года – Института экспериментальной ботаники) АН БССР в Отдел флоры и гербария по специальности «систематика растений». С целью подготовки для Института своего квалифицированного специалиста-систематика Л. Г. Симонович на период прохождения обучения в аспирантуре (1961–1964 гг.) была прикомандирована к ведущему ботаническому учреждению страны – Ботаническому институту им. В. Л. Комарова АН СССР в г. Ленинграде, где работали известнейшие специалисты мирового уровня в области систематики растений. Приступив к работе

над утвержденной ей темой диссертации «Систематика и география рода *Arnica*», уже за первый год аспирантуры Леокадия Георгиевна сумела собрать значительную литературную информацию по роду *Arnica*, познакомиться натурно и просмотреть богатейший гербарий представителей этого рода, собрать за время летних экспедиций фактический полевой материал. Однако после годового отчета на Ученом совете БИНа выяснилось, что эта тема мало перспективна и поэтому диссертанту была предложена новая тема – «Систематика и география секции *Consoligo* DC. рода *Adonis* L.». К сожалению, из-за смены тем время на выполнение новой работы существенно сократилось, однако аспирантка проявила исключительную настойчивость, трудоспособность и свойственную ей тщательность в выполнении исследований по новому объекту, выяснению всевозможных его деталей. Благодаря своей трудоспособности и особой тщательности в исследовании объекта, Леокадия Георгиевна за 2 года смогла не только как следует разобраться в изучаемом роде, но и выяснить, что некоторые образцы присланные по ее просьбе из других Гербариев мира не соответствуют по описаниям уже известным видам. После тщательного и всестороннего анализа материала она приходит к заключению, что данные образцы следует описать как новые виды. В результате изучения рода *Adonis* Л.Г. Симонович описала 3 новых для науки вида: в 1968 году – *A. bobroviana* Simonov. и *A. mongolica* Simonov., а в 1971 г. – *A. nepalensis* Simonov. Данные виды признаны ботаниками всего мира, вошли в мировые ботанические сводки. Так, в Монголии особенно трепетно относятся к *A. mongolica*, считая его своим эндемиком и очень благодарны автору, описавшему и назвавшему этот таксон монгольским. Вид *A. Bobroviana*, произрастающий в Китае, был назван ею в честь Е.Г. Боброва, обработавшего род *Adonis* для флоры СССР.

На заседании отдела флоры, систематики и эволюции БИН РАН в 1964 г. проделанная Л.Г. Симонович работа по систематике рода *Adonis* была единогласно одобрена и рекомендована, но, к сожалению, так и не представлена к защите. Требовательная к себе и своей работе, Леокадия Георгиевна сочла выполненную ею диссертационную тему недостаточно полной, незавершенной и требующей доработки. Но вернувшись в Минск после окончания аспирантуры и приступив к своим служебным обязанностям, она не смогла, к сожалению, завершить работу над диссертацией, поскольку утратила возможность пользоваться так необходимыми ей для аналитической работы гербарными и литературными источниками, предоставлявшимися в БИНе в период обучения в аспирантуре.

С 1964 г. Л.Г. Симонович продолжила работу в Институте экспериментальной ботаники АН БССР сначала в должности младшего научного сотрудника, затем научного сотрудника. Здесь она проработала до выхода на пенсию в конце 1982 года. За этот период принимала самое активное участие в выполнении плановых тем отдела флоры и гербария. По итогам работы над важнейшей в научном и хозяйственном отношении темой «Сорные растения Белоруссии и меры борьбы с ними», в выполнение которой Леокадией Георгиевной внесен значительный вклад, была издана коллективная монография с ее участием «Краткий определитель сорных растений Белоруссии» (1979). Не менее существенным представляется вклад Л.Г. Симонович в работу по сбору, анализу и описанию материала для фундаментального научного труда «Лекарственные растения и их применение» (1974), очень популярной в свое время коллективной монографии, выдержавшей 7 изданий.

В дальнейшем Л.Г. Симонович были опубликованы научные статьи по отдельным редким и новым для флоры Беларуси видам: «Эколого-географическое изучение популяций *Arnica montana* L. в Белоруссии» (1970 г.), «Горечавка весенняя – *Gentiana verna* L. во флоре Белоруссии (1977 г.), «О произрастании *Carex magellanica* Lam. subsp. *irrigua* (Wahl.) Hiit. в Белоруссии» (1979 г.), по распространению сорных растений, флоре заповедных территорий, научно-популярные статьи для Белорусской Энциклопедии, очерки по лекарственным и ядовитым растениям.

Л. Г. Симонович была постоянным участником многих экспедиций отдела флоры и гербария растений, ее заслуженно можно было назвать страстным полевиком, всегда до мелочей подготовленным к трудностям походной жизни. Велика ее роль в изучении флоры Беловежской пущи, Березинского биосферного заповедника, некоторых заказников. Зачастую сбор материала в труднодоступных местах обследуемых территорий сопровождался вполне реальным риском для жизни и здоровья, но Леокадия Георгиевна всегда проявляла себя не только как неутомимый, но и бесстрашный исследователь. Ее не останавливали ни болотные топи, ни присутствие в непосредственной близости от мест сбора растений опасных диких животных – кабанов, лосей, зубров, которых она еще к тому же считала нужным запечатлеть на фотопленку. На охраняемых территориях ею собран очень ценный материал, причем часто он собирался из каждого лесного квартала отдельно и в большом количестве. Собранный гербарий всегда очень аккуратно формировался и часто был представлен многими экземплярами для дублетов, а также в виде серийных сборов. Гербаризировать растения она очень любила и поэтому близких ей по духу людей называла «настоящими гербарщикам». В целом на особо охраняемых территориях лично Леокадией Георгиевной собрано около 10 000 листов бесценного гербарного материала.

После ухода в 1982 году на пенсию Л. Г. Симонович на добровольных основаниях в течение последующих 15 лет посещала свою родную лабораторию флоры и систематики, обрабатывала гербарий, восстанавливала на него этикетки, дневниковые записи, составляла картотеку. Часть образцов, которые не успела восстановить Леокадия Георгиевна, была восстановлена позже по ее дневникам Д. И. Третьяковым, проработавшим долгие годы с ней в творческом тандеме, и введена в базу (MSK-V). В лаборатории как ценные документы для новых поколений флористов оставлены полевые дневники с флористическими описаниями видов собранных растений, номерами их гербарных образцов, краткими характеристиками местообитаний.

Леокадия Георгиевна была фанатичным сборщиком не только гербария, но и ботанической литературы, на приобретение которой тратила немало личных средств, старалась быть в курсе всех новых публикаций, редкие издания она даже выписывала из-за рубежа. Собранная ею богатейшая библиотека научной литературы по ботанике стала еще одним достоянием Отдела флоры и гербария Института экспериментальной ботаники.

Значительную часть времени Л. Г. Симонович посвящала общественной деятельности, популяризации научных знаний. Почти до самых последних лет своей жизни она старалась навещать лабораторию флоры и систематики растений, живо интересовалась успехами коллег, делилась своими знаниями и опытом. Взгляды Л. Г. Симонович на некоторые научные проблемы не всегда совпадали с мнением коллег, поэтому у нее возникали страстные споры с сотрудниками, когда она старалась в научных дискуссиях доказать свою правоту, часто выступая при этом добрым советчиком для молодежи. Запомнился свойственный ей тонкий юмор, желание порой по-доброму пошутить с коллегами, исключительная порядочность в отношениях с ними. В памяти сотрудников, засиживающихся допоздна в лаборатории над гербариями, осталась её фраза: «Помогай бог!» как доброе напутствие и одобрение их любви и интереса к тому делу, которому она посвятила всю свою жизнь.

Леокадия Георгиевна скончалась 19 апреля 2016 года в г. Минске, похоронена на Колодищанском кладбище.

Светлый образ Леокадии Георгиевны Симонович – скромного, трудолюбивого, бескорыстного человека, страстного ученого-«гербарщика» навсегда сохранится в сердцах тех, кто её знал и работал вместе с ней.

Д. И. Третьяков, Д. В. Дубовик

АЛЕКСАНДР ЛАВРЕНТЬЕВИЧ ЕФРЕМОВ (1947-2010)



4 июня 2017 года исполнилось 70 лет со дня рождения безвременно ушедшего из жизни доктора биологических наук Александра Лаврентьевича Ефремова.

Становление А. Л. Ефремова как ученого, известного специалиста в области биохимии и микробиологии почв связано с лабораторией почвенной энзимологии Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича, где успешно развивались и воплотились в оригинальное биолого-почвоведческое научное направление идеи академика В. Ф. Купревича. Воодушевленный этими идеями, на своем без малого 40-летнем пути исследователя Александр Лаврентьевич внес достойный вклад в достижения лаборатории.

А. Л. Ефремов родился в г. Ново-Белица Гомельской области в семье военнослужащего. Окончив в 1965 г. СШ № 58 в г. Минске, свою трудовую деятельность начал с работы монтажником электро- и радиооборудования в воинской части по месту службы отца. В 1966 г. поступает на заочное отделение биологического факультета Белорусского госуниверситета, стараясь при этом определиться с местом работы, где он смог глубже изучить свой любимый предмет – химию. В 1967 г. А. Л. Ефремов был принят на должность старшего лаборанта в Институт общей и неорганической химии АН БССР, а в 1968 г. он переводится в той же должности в Институт экспериментальной ботаники АН БССР, где сначала работает в лаборатории физиологии питания растений, а затем в лаборатории почвенной энзимологии. Именно в этой лаборатории, с традициями и научным фундаментом, заложенными В. Ф. Купревичем и его научной школой, определилась для молодого сотрудника сфера его научных интересов – происходящие в почве биохимические процессы как производное жизнедеятельности растений и микробиоты и одновременно как мощный фактор почвообразования, определяющий условия существования самих растений во взаимосвязи с почвенной средой.

Влившись в руководимый ученицей и соратницей В. Ф. Купревича кандидатом биологических наук Т. А. Щербаковой коллектив высококвалифицированных специалистов – почвенных биохимиков, А. Л. Ефремов осваивает методы определения ферментативной активности почв, содержания в ней биогенных элементов, хроматографического анализа свободных аминокислот в почве и активно подключается к выполнению работ, связанных с исследованием энзиматической активности и азотного режима почв как основы трансформации органического вещества в лесных экосистемах и агроценозах кормовых культур. В 1972 г., защитив на «отлично» дипломную работу, А. Л. Ефремов заканчивает обучение на биологическом факультете БГУ, получив квалификацию «биолог, преподаватель биологии и химии». С 1973 по 1974 гг. он проходит службу в рядах Советской армии. Вернувшись на работу в Институт, в 1978 году как перспективный молодой специалист направляется в целевую аспирантуру при кафедре биологии почв факультета почвоведения Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Позднее, творческую атмосферу в период обучения в аспирантуре МГУ Александр Лаврентьевич оценивал как один из важнейших этапов своей научной биографии, когда он с позиции освоения новых методологических подходов к проблеме биогенности почв

определил для себя направление дальнейших исследований – изучение жизнедеятельности почвенной микробиоты с целью использования ее в диагностике процессов биохимической трансформации почвенного плодородия в биогеоценозах под воздействием экстремальных природных и техногенных факторов. В 1982 году на Спецсовете по почвоведению МГУ он успешно защищает кандидатскую диссертацию «Нуклеиновые кислоты и количество микроорганизмов в почвах вертикальных зон Северо-Западного Кавказа» по специальности «микробиология».

По возвращении в Институт после окончания аспирантуры А. Л. Ефремов включается в выполнение основных научно-исследовательских тем лаборатории почвенной энзимологии в качестве ответственного исполнителя разделов, связанных с изучением ферментативной активности почв лесных биогеоценозов при воздействии на них отходов химических производств, удобрений, пестицидов, а также с исследованием микробиологической трансформации органического вещества в различных типах почв фитоценозов. Успешному выполнению заданий по такому широкому кругу проблем способствовали целеустремленность и высокая трудоспособность Александра Лаврентьевича. Понимая необходимость постоянно совершенствовать профессиональный уровень, в 1982–1984 гг. он заочно проходит курс обучения в Белорусском институте патентоведения, где получает специальность патентоведа ВОИР, в 1993–1994 гг. курсы пользователей ПЭВМ и разговорного французского языка.

Результаты исследований, выполненных в 1983–2000 гг., нашли отражение в более, чем 70-ти фундаментальных статьях, опубликованных в Беларуси, России, Украины, Польши, англоязычных изданиях. В их числе следует выделить такие этапные работы как: «Соотношение внутри- и внеклеточной ДНК микроорганизмов в основных типах горных пород» в соавторстве с И. В. Асеевой (1983); «Сравнительная характеристика количества свободных аминокислот в дерново-подзолистых почвах» (1985); «Оценка степени загрязнения почв промышленными выбросами по их ферментативной активности» в соавторстве с Н. Ф. Ловчим, С. Н. Ивлевой, Н. А. Шимко (1989); «Микробиологическая активность почв сельхозугодий при загрязнении отходами химического производства» (1986); «Количество микроорганизмов и содержание нуклеиновых кислот в почвах луговых фитоценозов северо-западной Белоруссии» (1987); «Энзиматическая активность и микробиологические процессы в почвах лесных биогеоценозов Беларуси» в соавторстве с Т. А. Щербаковой, Н. Ф. Ловчим и А. И. Малюкович (1997); «Индикация радионуклидного загрязнения хвойных лесов по активности почвенной микробиоты (1997); «Состав микробиоты и пул нуклеиновых кислот в почвенных микробоценозах Восточной и Центральной Европы» (1998).

В 1999 г. на Спецсовете ИЭБ НАН Беларуси А. Л. Ефремов защищает докторскую диссертацию «Зонально-типологический анализ биогенных процессов в почвах сосновых лесов Беларуси» по специальностям «ботаника» и «экология». Как значительный вклад автора в развитие фундаментальных основ понимания роли микробиоты в биохимических процессах в почве были оценены: установленная им связь уровней биогенных процессов, обусловленных жизнедеятельностью почвенной микробиоты, с гидроморфизмом и трофическим потенциалом местообитаний; создание тест-системы показателей трофического потенциала эдафотопов сосновых лесов по критериям количественного состава, метаболитного и ферментативного пула основных групп почвенных микроорганизмов (бактерий, микромицетов); установление происхождения (растительного или бактериального) нуклеиновых кислот в почве по их нуклеотидному составу; расчет имитационной модели прогноза продуктивности сосновых насаждений по биомассе микроорганизмов; разработка способов индикации химического и радионуклидного загрязнения почв по интегральным показателям микробиоты.

Основанные на анализе обширного экспериментального материала теоретические и методологические разработки А. Л. Ефремова нашли широкое применение в эколого-фитоценотических исследованиях белорусских и зарубежных ботаников

и экологов. К проведению этих работ неоднократно присоединялся и сам автор. В течение длительного периода (1990–2004 гг.) Александр Лаврентьевич по собственной инициативе участвовал в радиоэкологическом мониторинге природно-растительных комплексов Беларуси, выполняемом лабораторией радиоэкологии растений (рук. член-корр. НАН Беларуси Б. И. Якушев); оказывал методическую помощь и принимал участие в работах по договорной тематике в лабораториях продуктивности и устойчивости лесных экосистем (рук. к. б.н. А. В. Пугачевский) и геоботаники (рук. д. б.н. Д. С. Голод); являлся соисполнителем Белорусско-Польского проекта «Влияние воздушного загрязнения и климата на структуру и функционирование лесных экосистем Восточной и Центральной Европы». В Беларуси эффективность диагностики состояния лесных и луговых фитоценозов на основе интегральной характеристики почвенной микробиоты прошла успешную проверку и способствовала получению ценной информации для оценки и прогноза экологических режимов на радиационно-загрязненных территориях ПГРЭЗ, в природных комплексах Беловежской пущи, на лугах Припятского Полесья, на землях, примыкающих к Новополоцкому нефтепромышленному комплексу и др.

В 1995–1996 гг. А. Л. Ефремов принимал участие в Международных микробиологических симпозиумах в Польше (Польская академия наук) и Австрии (университет г. Инсбрука), где выступал с докладами и лекциями. Всего на проводимых в Беларуси и за ее пределами научных конференциях по почвоведению, микробиологии и экологии (радиоэкологии) им сделано более 60-ти докладов. Ко времени своего избрания в 2001 году на должность заведующего лабораторией биогенности почв фитоценозов (бывшей почвенной энзимологии) А. Л. Ефремов подошел зрелым ученым-экологом, автором более 140 научных публикаций, научным руководителем дипломных, магистерских и кандидатских работ, полный энтузиазма расширить круг исследования биохимических механизмов жизнедеятельности почвенной микробиоты лесов и лугов в условиях техногенного пресса. К сожалению, эти планы не осуществились.

Со второй половины 2002 г. до своей скоропостижной кончины в 2010 г. А. Л. Ефремов работал в должности профессора кафедры лесных культур и почвоведения Белорусского государственного технологического университета, не прерывая связей с родным Институтом, где по совместительству продолжал работу над проектами БРФФИ.

Сотрудникам Института и всем, кто сотрудничал с Александром Лаврентьевичем в лабораториях, экспедициях, участвовал вместе с ним в общественных мероприятиях, он запомнился как высокообразованный, скромный, интеллигентный человек, с уважением относящийся к мнению коллег, лично участвующий, не считаясь со временем и состоянием здоровья, в аналитических работах, полевых исследованиях. Поражала его увлеченность предметом изучения и желание поделиться информацией с окружающими. Участники радиоэкологических экспедиций неоднократно были слушателями его «лекций», раздающихся из глубины почвенного разреза с довольно высокой радиоактивностью, об особенностях структуры почвенных горизонтов, генезисе почв, почвенных микроорганизмах. В экспедициях это был надежный товарищ, организатор полевых работ и налаженного походного быта, а в часы отдыха в конце рабочего дня – интересный собеседник, знаток театра, истории, литературы. Таким же демократичным характером, вниманием к повседневным заботам сотрудников отличалась работа профсоюзного комитета Института, возглавляемого А. Л. Ефремовым в течение 8 лет.

Александр Лаврентьевич Ефремов скончался 14 декабря 2010 г. на 64-м году жизни, оставшись в нашей памяти примером талантливого, увлеченного, безмерно преданного любимому делу и упорного в достижении поставленной цели исследователя, внесшего достойный вклад в научное наследие нашего Института.

А. В. Пугачевский, И. М. Степанович, И. М. Сарнацкий,
Т. А. Будкевич, О. С. Гапиенко

СОДЕРЖАНИЕ

Флора и систематика

РЫКОВСКИЙ Г. Ф.
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА МОХООБРАЗНЫХ. 3

РЫКОВСКИЙ Г. Ф., ШАБЕТА М. С.
МОХООБРАЗНЫЕ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ПОДЗОНЫ ЕЛОВО-ГРАБОВЫХ ДУБРАВ В ПРЕДЕЛАХ БЕЛАРУСИ. 8

ДУБОВИК Д. В., САУЛОВ А. О.
СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИЕ ВИДЫ РОДА *SOLIDAGO* L. (ASTERACEAE) ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ 18

ЗАВЬЯЛОВА Л. В.
ИНВАЗИОННЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ ВО ФЛОРЕ ЗАПОВЕДНЫХ ОБЪЕКТОВ УКРАИНЫ 27

МЯЛИК А. Н.
ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА АБОРИГЕННОЙ ФЛОРЫ БАССЕЙНА РЕКИ ЯСЕЛЬДЫ 40

САУТКИНА Т. А., ПАЦЕВИЧ А. И.
К ИЗУЧЕНИЮ РОДА *DIANTHUS* L. – ГВОЗДИКА (CARYOPHYLLACEAE) В БЕЛАРУСИ. 51

ПАЦЕВИЧ А. И., САУТКИНА Т. А.
МОРФОЛОГИЯ ПРИЦВЕТНЫХ ЧЕШУЙ КАК ТАКСОНОМИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЙ ПРИЗНАК В РОДЕ *DIANTHUS* L. (CARYOPHYLLACEAE) 60

Фитоценология

ЕРМОХИН М. В., МЫЧКО В. Е., КНЫШ Н. В., ЛУКИН В. В.
РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ВЫСОКОВОЗРАСТНЫХ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩИ 67

ЖДАНОВИЧ С. А., ВЕРШИЦКАЯ И. Н.
ДИНАМИКА ЗАРАСТАНИЯ КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ В ЛЕСАХ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАЦИЙ 84

ЛЕВКОВИЧ А. В.
ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЦЕНО- И МЕТАПОПУЛЯЦИЙ НЕКОТОРЫХ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ 95

ЛУКИН В. В.
РОЛЬ КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ В ПОДДЕРЖАНИИ РАЗНООБРАЗИЯ КСИЛОФИЛЬНЫХ НАСЕКОМЫХ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕЛАРУСИ 113

ПУГАЧЕВСКИЙ А. В., УГЛЯНЕЦ А. В.
ВЫСОКОВОЗРАСТНЫЕ ЛЕСА БЕЛАРУСИ: СТРУКТУРА, РАЗМЕЩЕНИЕ И ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ. 126

СЫСОЙ И. П.
ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЙ И РЕСУРСНЫЙ АНАЛИЗ *VACCINIUM MYRTILLUS* L. НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКО-ВАЛДАЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ 138

ЧУМАКОВ Л. С., ПОДРЕЗ Ю. С.
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ЛЕСАХ ЗЕЛЕНОЙ ЗОНЫ Г. МИНСКА. 152

Микология и фитопатология

ЗВЯГИНЦЕВ В. Б., БЕЛОМЕСЯЦЕВА Д. Б., ШАБАШОВА Т. Г.
***MELAMPSORIDIUM HIRATSUKANUM* – НОВЫЙ ИНВАЗИВНЫЙ ВОЗБУДИТЕЛЬ РЖАВЧИНЫ ОЛЬХИ И ЛИСТВЕННИЦЫ В БЕЛАРУСИ 169**

КОРИНЯК С. И.
ЦЕЛОМИЦЕТЫ (COELOMYCETES) – ВОЗБУДИТЕЛИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА» 174

ЛЫСЮК В. О., ШАБАШОВА Т. Г., СИНЯВСКАЯ М. Г.
ВИДОВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГРИБОВ СЕМЕЙСТВА ERYSIPHACEAE С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА. 184

Экологическая физиология растений

ДОМАШ В. И., ИВАНОВ О. А., ШАРПИО Т. П., ЗАБРЕЙКО С. А., БАТХУУ Г. Ж., БАТСҮРЭН Т. Д., ТУУЛ Б. Б.
АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ БЕЛКОВ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ И МОНГОЛИИ. 190

ДОРОЩУК О. В., КАЛАЦКАЯ Ж. Н., ЛАМАН Н. А., ОВЧИННИКОВ И. А.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОДНОЛЕТНИХ 200

ЕМЕЛЬЯНОВА А. В., ЩЕРБАКОВ Р. А., АВЕРИНА Н. Г.
ВЛИЯНИЕ 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА СОСТОЯНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ ОЗИМОГО РАПСА 208

КАРАСЕВА Е. Н., ГРИЦ А. Н., МАКАРОВА Т. Б., ЯНЧЕВСКАЯ Т. Г.
АКТИВНОСТЬ ОКСИДОРЕДУКТАЗ ПРИ ДЕЙСТВИ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ *BACILLUS SUBTILIS* У РАСТЕНИЙ *DIOSCOREA ALATA* L.. 218

МОЛЧАН О. В., ЗАПРУДСКАЯ Е. В., КУДЕЛИНА Т. Н.
ВЛИЯНИЕ ФУЛЛЕРЕНОЛА НА РОСТ И СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ПРОРОСТКАХ ЯЧМЕНЯ. 224

ПРОХОРОВ В. Н., ЛАМАН Н. А.
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОДЕРЖАНИЯ ГАЗОННЫХ ТРАВОСТОЕВ ЧИСТЫМИ ОТ МНОГОЛЕТНИХ СОРНЯКОВ 233

РУПАСОВА Ж. А., ЯКОВЛЕВ А. П., АЛЕЩЕНКОВА З. М., КОЛОМИЕЦ Э. И., БЕЛЫЙ П. Н., НИКОЛАЙЧУК А. М., ВАШКЕВИЧ М. Н.
ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ ГОЛУБИКИ ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ НА ВЫРАБОТАННОМ УЧАСТКЕ ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА СЕВЕРЕ БЕЛАРУСИ 251

ЧИЖИК О. В., КОВЗУНОВА О. В., КОНДРАЦКАЯ И. П.
ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОТЕОМА *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO* И *IN VIVO*. 267

ШПИЛЕВСКИЙ С. Н., КАБАШНИКОВА Л. Ф., САВЧЕНКО Г. Е., АБРАМЧИК Л. М., ДОМАНСКАЯ И. Н., МАКАРОВ В. Н., СЕРДЮЧЕНКО Е. В.
ВЛИЯНИЕ β-1,3-ГЛЮКАНА НА ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ И ПИГМЕНТНЫЙ СТАТУС РАСТЕНИЙ ТОМАТА ПРИ ФУЗАРИОЗНОМ УВЯДАНИИ. 274

ЯНЧЕВСКАЯ Т. Г., ОЛЬШАНИКОВА А. Л., ГРИЦ А. Н., МАКАРОВА Т. Б.
ВЛИЯНИЕ ИОНООБМЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В СОСТАВЕ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ КОРНЕОБИТАЕМОЙ СРЕДЫ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ *IN VIVO* КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) 285

МАКОГОНЕНКО С. Ю. БАРАНОВ В. И., КАРПИНЕЦ Л. И., ПОНОМАРЕНКО С. П., ТЕРЕК О. И.
ВЛИЯНИЕ ГИББЕРЕЛЛИНА, СТИМПО И РЕГОПЛАНТА НА РОСТ, СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ ФОТОСИНТЕЗА И БЕЛКА У *HELIANTUS ANNUUS* L. НА ТЕХНОГЕННЫХ СУБСТРАТАХ 295

Флористические находки

БЕЛОМЕСЯЦЕВА Д. Б., ШАБАШОВА Т. Г.
НАХОДКИ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ МИКРОМИЦЕТОВ НА ХВОЙНЫХ ПОРОДАХ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ 304

ГАРБАРУК Д. К., УГЛЯНЕЦ А. В., КУДИН М. В., ТУРЧИН Л. М.
НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ВИДОВ ОХРАНЯЕМЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ 308

ГОЛУБКОВ В. В., БЕЛЫЙ П. Н., ЦУРИКОВ А. Г.
РЕВИЗИЯ И АНАЛИЗ ЛИШАЙНИКОВ РОДА *PUNCTELIA* (PARMELIACEAE, LICHENIZED ASCOMYCOTA) В БЕЛАРУСИ. 313

ДУБОВИК Д. В., САУЛОВ А.О., СКУРАТОВИЧ А. Н.
***CYPERUS HAMULOSUS* M. BIEB. (CYPERACEAE) –**
НОВЫЙ АБОРИГЕННЫЙ ВИД ДЛЯ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ 322

Юбиляры

ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ РЕШЕТНИКОВ
(К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ) 327

ТАМАРА АМВРОСИЕВНА БУДКЕВИЧ
(К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ) 331

ЛЕОНИД СТЕПАНОВИЧ ЧУМАКОВ
(К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ) 333

ТАТЬЯНА ГАРЬЕВНА ШАБАШОВА
(К 50-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ) 335

Потери науки

КОНСТАНТИН МЕРКУРЬЕВИЧ СЫТНИК
(1926–2017) 337

ИРИНА АЛЕКСАНДРОВНА ДУДКА
(1934–2017) 340

ВАДИМ АЛЕКСАНДРОВИЧ МЕЛЬНИК
(1937–2017) 342

ГЕННАДИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ВЫНАЕВ
(1951–2017) 344

Памяти ученых

ЛЕОКАДИЯ ГЕОРГИЕВНА СИМОНОВИЧ (1926–2016) 347

АЛЕКСАНДР ЛАВРЕНТЬЕВИЧ ЕФРЕМОВ (1947–2010) 350

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 (Coreldrow). Заголовки таблиц печатаются **12 шрифтом Times New Roman,** шрифт таблиц должен быть не менее **12 пунктов**, в исключительных случаях **11 пунктов**. Подпись под рисунком 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.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

БОТАНИКА
(ИССЛЕДОВАНИЯ)

Выпуск 46

Ответственный за выпуск *Е. С. Патей*
Компьютерная верстка *Д. С. Гавинович*

Подписано в печать 29.12.2017. Формат 60 × 84 $^{1}/_{16}$.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 20,92.
Уч.-изд. л. 19,74. Тираж 220 экз. Заказ 13453.

Издатель и полиграфическое исполнение:
частное производственно-торговое
унитарное предприятие «Колорград».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/471 от 23.12.2015.

Пер. Велосипедный, 5-904, 220033, г. Минск,
www.сегмент.бел