

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 45

*Посвящается 85-летию
Института экспериментальной ботаники
им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси*

Минск
«Колорград»
2016

УДК 582

Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Выпуск 45 / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск: 2016. – 446 с.
ISSN 2221-9927.

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

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

Редакционная коллегия:

акад. НАН Беларуси, проф. Н. А. Ламан
акад. НАН Беларуси, проф. В. И. Парфенов
д. б. н., проф. Н. Г. Аверина
к. б. н. Д. Г. Груммо
д. б. н., проф. В. В. Карпук
к. б. н. Н. А. Копылова
д. б. н. Г. Ф. Рыковский
д. б. н. В. Н. Прохоров
к. б. н. А. В. Пугачевский
д. б. н. В. В. Сарнацкий
член-корр. НАН Беларуси, проф. Е. А. Сидорович
д. б. н., проф. А. Т. Федоров

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», 2016
© Оформление. ЧПГУП «Колорград», 2016

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

**А. В. ПУГАЧЕВСКИЙ, Т. Ф. СОСНОВСКАЯ
ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ
ИМЕНИ В. Ф. КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ: ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ (К 85-ЛЕТИЮ ОБРАЗОВАНИЯ)**

История одного из старейших в Беларуси научно-исследовательских учреждений биологического профиля, Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, насчитывает 85 лет. Институт создан постановлением Президиума Белорусской академии наук от 29 марта 1931 г. на базе кафедр ботаники, зоологии, физиологии и экспериментальной биологии Института белорусской культуры. С момента организации и до начала Великой Отечественной войны (1931–1941 гг.) вновь созданное учреждение носило название Институт биологических наук.

Становление и развитие Института невозможно рассматривать вне общей истории формирования национальной академической науки: от Института белорусской культуры (Инбелкульт) – к Белорусской академии наук (БАН), далее – к Академии наук Белорусской ССР (АН БССР) и, наконец, – к Национальной академии наук Беларуси (НАН Беларуси).

Возвращаясь к истокам зарождения Института, следует вспомнить, что 27 января 1921 года на собрании работников культуры Белоруссии, созданном Народным комиссариатом просвещения БССР, было вынесено решение о создании Института белорусской культуры (Инбелкульт). Тяжелые экономические условия того времени не позволили немедленно приступить к его организации. Тем не менее, уже в феврале 1921 года в системе Наркомпроса была создана Научно-терминологическая комиссия, в составе которой были три секции: гуманитарная, природоведческая и математическая. На базе этой комиссии в начале 1922 года и был организован Инбелкульт. Первое общее собрание сотрудников Инбелкульт состоялось 30 января 1922 года. Но лишь 25 июля 1924 года Центральный Исполнительный Комитет и Совет Народных Комиссаров БССР утвердили «Положение об Институте белорусской культуры», согласно которому институт должен был стать мощным научно-исследовательским учреждением, прообразом будущей Академии наук [1].

В феврале 1926 года институт был реорганизован в Государственное научно-исследовательское учреждение при Совете Народных Комиссаров БССР. В то время в Инбелкульте работали 9 секций, включая секцию природоведческую с подсекциями: геологии и почвоведения, химии, физики, математики и метеорологии, зоологии, ботаники, географии, два национальных отдела. Кроме того, в качестве самостоятельных учреждений работали: редакционно-издательский отдел, библиотека, природоведческий музей с коллекциями по геологии, зоологии, гербарием белорусской флоры (около 1200 видов). Все секции вели большую научную

работу. В 1927 году структура Инбелкульта была изменена: были созданы кафедры в соответствии с представленными в нем специальностями. Всего было организовано 17 кафедр, 41 комиссия, 2 института, 4 лаборатории и 3 музея [1].

13 октября 1928 года постановлением Центрального Исполнительного Комитета Совета Народных Комиссаров Инбелкульт был реорганизован в Академию наук БССР. Это постановление было претворено в жизнь 1 января 1929 года, и именно эта дата считается днем основания Академии наук Белорусской ССР [1].

Наряду с организационными вопросами развития белорусской науки и расширения сети научных учреждений важное место отводилось государством вопросам воспитания научных кадров. В Белорусской ССР вопрос подготовки научных кадров стоял особенно остро. По архивным данным в 1927/1928 годах в высших учебных заведениях обучалось всего 93 аспиранта. Отсутствовала единая система подготовки научных кадров, слабо учитывалась потребность в них отраслей народного хозяйства. Практически не велась подготовка специалистов по физике, математике, химии, биологии. В декабре 1930 года СНК БССР принял постановление «О подготовке аспирантов», и уже в январе 1931 года был создан Институт аспирантуры. В результате численность аспирантов возросла со 173 человек в начале 1931 года до 301 к концу 1932 года. Прием в аспирантуру рос с каждым годом.

Вначале Академия сохраняла структуру Инбелкульта. Совет Народных Комиссаров БССР постановлением № 173 от 13 мая 1931 г. одобрил решение Президиума БАН о структурной перестройке – переходе от сети кафедр к системе специальных институтов. После ряда реорганизаций к 1932 году в составе Академии насчитывалось 14 институтов, в том числе Институт биологических наук. Штат Института биологических наук при его образовании насчитывал всего 39 штатных единиц [1].

Первым директором Института биологических наук был назначен заведующий кафедрой гистологии и биологии Белорусского государственного медицинского института профессор Петр Аристархович Мавродиани (1931–1933).

Впоследствии Институт возглавляли: академик АН БССР и ВАСХНИЛ Н. М. Кулагин (1934–1936), академик Н. А. Дорожкин (1936–1940), кандидат сельскохозяйственных наук А. А. Езубчик (1940–1941).

Уже в начальный период работы Академии были организованы широкие флористические и геоботанические исследования, к выполнению которых были привлечены специалисты Главного ботанического сада (г. Ленинград) во главе с профессором Н. И. Кузнецовым. Так, весьма значительный материал был собран в ходе ботанических экспедиций, в которых принимали участие О. Полянская, Н. Збитковский, Г. Высоцкий, С. Юзепчук, В. Доктуровский и И. Васильков. На основе проведенных исследований были опубликованы экспедиционные отчеты и работа О. С. Полянской «Склад флоры БССР», впервые была описана растительность Березинского заповедника (В. А. Михайловская), сенокосные

угодья Бобруйщины, проведено геоботаническое обследование трассы проектируемого канала по проекту «Большого Днепра». Эти результаты были опубликованы в 1931–1935 гг. Огромная работа была проведена по изучению сорной растительности БССР (В. А. Михайловская, А. П. Абрамчук, В. О. Витковский и др.), в результате которой была опубликована монография «Пустазелле, ступень яго распаўсюджання ў пасевах і насенні БССР і меры барацьбы з ім» (1939 г.). Начато изучение флоры Полесья, продолженное В. А. Михайловской в послевоенный период. Крупные работы по флоре лишайников БССР и ССРСР были опубликованы академиком М. П. Томиным (1930, 1937, 1939 гг.). Гербарий Института к 1938 году превысил 13 тысяч экземпляров цветковых растений. Много внимания уделялось изучению лесов. Эти работы проводились под руководством академика И. Д. Юркевича.

Исследования по физиологии растений на кафедре, а затем в Институте начиная с 1929 года проводил М. Н. Гончарик. Под его руководством исследовали физиологическую роль антоцианов, причины гибели озимых хлебов при перезимовке, проведены первые исследования сои [2].

В годы Великой Отечественной войны, находясь в эвакуации, сотрудники института академики продолжали по мере возможности заниматься научно-исследовательской работой. Значительная часть сотрудников сражалась на фронтах и в партизанских отрядах, часть осталась на оккупированной территории. В период оккупации здания учреждений Академии были разрушены, уничтожено или вывезено оборудование. Институт биологических наук во время войны не работал.

Президиум АН БССР принял решение о восстановлении в составе Академии наук БССР Института биологии с 1 января 1946 года и утвердил его штатное расписание в количестве 61 единицы [1]. В этом же 1946 году возобновляется прием в аспирантуру Института.

В послевоенный период Институтом руководили профессор Г. Ф. Железнов (1947), академик Н. А. Дорожкин (1948–1952), академик Н. Д. Нестерович (1952–1953), академик АН БССР и ВАСХНИЛ Н. В. Турбин (1953–1963), академик И. Д. Юркевич (1963–1967), член-корреспондент М. Н. Гончарик (1967–1972), академик В. И. Парфенов (1972–2000), академик Н. А. Ламан (2000–2010). В настоящее время институт возглавляет кандидат биологических наук А. В. Пугачевский. Академик Виктор Иванович Парфенов, руководивший Институтом в течение 28 лет, избран его почетным директором.

По мере развития различных направлений биологической науки менялась структура Института и, соответственно, его название. Отдельные подразделения и научные школы по мере их развития стали базой для образования самостоятельных учреждений: Центрального ботанического сада (в 1935, 1940, 1952, окончательно – в 1957 г.); лаборатории биофизики и изотопов (1957 г.), реорганизованной в 1973 г. в Институт фотобиологии – ныне Институт биофизики и клеточной инженерии; Отдела зоологии и паразитологии (1958 г.), который в 1980 г. преобразован в Институт зоологии – ныне Научно-практический центр НАН Беларуси

по биоресурсам; Отдела генетики и цитологии (1963 г.), в 1970 г. преобразованного в одноименный институт; Отдела микробиологии (1966 г.), на основе которого в 1975 г. создан Институт микробиологии. В соответствии с этим менялось и название Института: 1948–1963 гг. – Институт биологии АН БССР, 1963–1966 гг. – Институт экспериментальной ботаники и микробиологии АН БССР, 1966–1972 гг. – Институт экспериментальной ботаники АН БССР. В 1972 г. Институту присвоено имя академика В. Ф. Купревича.

В разные периоды 85-летней истории Института в нем работали выдающиеся белорусские ученые: член-корреспондент АН СССР, академик В. Ф. Купревич, академики Т. Н. Годнев, Н. М. Кулагин, М. Е. Макушок, М. П. Томин, А. Р. Жебрак, Н. В. Турбин, Л. В. Хотылева, А. С. Вечер, Н. А. Дорожкин, Н. Д. Нестерович, И. Д. Юркевич, В. Н. Решетников, А. Г. Лобанок, член-корреспондент АН СССР А. А. Шлык, члены-корреспонденты М. Н. Гончарик, С. П. Мельник, И. Н. Сержанин, С. А. Самцевич, В. Е. Бормотов, М. Т. Чайка, Б. И. Якушев, член-корреспондент АН Казахской ССР П. А. Буланов, доктора биологических наук П. А. Мавродиади, А. В. Федюшин, Г. Ф. Железнов, Л. П. Розанов, В. С. Гельтман, А. Ф. Иванов, Н. В. Козловская, Л. П. Смоляк, В. М. Терентьев, А. В. Мироненко, С. М. Маштаков, И. Н. Рахтеенко, В. М. Иванченко, А. Н. Палилова, В. Г. Володин, Р. И. Гончарова, И. Б. Моссэ, Л. Н. Каминская, Л. А. Юрченко, М. А. Бардышев, В. Л. Калер, Е. Г. Петров, А. И. Русаленко, В. М. Юрин, Л. Е. Фридлянд, В. В. Карпук, Д. С. Голод, В. П. Деева, А. И. Заболотный, Л. Г. Емельянов, А. Л. Ефремов, Н. Ф. Ловчий, В. Г. Реуцкий, З. Я. Серова и др.

В настоящее время в штате института 135 человек, из них 113 научных сотрудников. Это высококвалифицированный коллектив ученых, среди которых 9 докторов и 42 кандидата наук – ботаники, физиологи и биохимики растений. Многие из них своим вкладом в развитие различных областей ботанической науки хорошо известны в Беларуси, странах СНГ и в дальнем зарубежье. В Институте трудятся академики В. И. Парфенов и Н. А. Ламан, доктора биологических наук А. П. Волынец, С. А. Дмитриева, В. И. Домаш, В. В. Сарнацкий, И. М. Степанович, Г. Ф. Рыковский, В. Н. Прохоров, другие известные ученые.

Годы послевоенного восстановления и развития новых направлений биологической науки были отмечены крупными достижениями как в сфере фундаментальной науки, так и в области крупных прикладных исследований.

Физиологические исследования пигментов, фотосинтеза и биохимии растений в системе Академии наук БССР, начиная с 1934 года, развивались под руководством академика Т. Н. Годнева. Его работы по теории образования и состояния хлорофилла в растениях широко известны в мире. Т. Н. Годнев впервые высказал мысль о первичном формировании порфирина на уровне лейкосоединений, о наличии генетической связи в образовании хлорофилла и каротиноидов, о постоянстве содержания хлорофилла в единице объема хлоропластов и ряд других положений, на-

шедших признание в мировой науке. Результаты исследований, имеющее большое теоретическое значение, обобщены им в монографии «Строение хлорофилла и методы его количественного определения» (1952 г.). Изучение процессов обновления хлорофилла были успешно продолжены А. А. Шлыком.

Под руководством академика М. П. Томина была развернута работа по подготовке пятитомного издания «Флора Беларуси», публикация которого была завершена в 1959 году. В 1967 году вышел из печати «Определитель растений Белоруссии», в написании которого приняли участие М. П. Томина, В. А. Михайловская, Н. В. Козловская, Е. В. Иванова, Р. Т. Протасевич, Д. К. Гесь. В то время были изданы фундаментальные работы, сохранявшие значение до сих пор: «Флора споровых растений СССР», авторы В. Ф. Купревич и В. Г. Траншель (1957 г.), «Ядовитые и вредные растения», авторы В. А. Михайловская и Н. В. Козловская (1962 г.), «Определитель лишайников БССР», автор Н. В. Горбач (1965 г.), «География, типология и районирование лесной растительности Белоруссии», авторы И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман (1965 г.), «Леса Белоруссии» под редакцией академика И. Д. Юркевича (1966 г.) и другие [3]. Многократно переиздавалась книга «Лекарственные растения Белоруссии», авторы А. Ф. Гамерман, В. А. Михайловская, Н. В. Козловская, Г. И. Сержанина, В. Г. Николаева и др.

На 1 января 1969 года, когда Академия наук праздновала своё 40-летие, в ее составе было 19 научно-исследовательских институтов, Центральный ботанический сад, 9 самостоятельных отделов, секторов и лабораторий, Фундаментальная научная библиотека имени Якуба Колоса, издательство «Наука и техника», экспериментальный завод. В системе Академии было 5 отделений, в том числе Отделение биологических наук. Отделение объединяло: Институт экспериментальной ботаники, Институт генетики и цитологии и Институт физиологии, – а также Отделы: зоологии и паразитологии, физиологии и систематики низших растений, микробиологии, лабораторию биофизики и изотопов, сектор геронтологии, Центральный ботанический сад [3].

В Институте экспериментальной ботаники в то время было 5 лабораторий: биохимии растений, фотосинтеза, хлорофилла, белковых веществ, химической регуляции роста и развития растений, также 5 отделов: геоботаники, флоры и гербария, древесных растений, экологии растений, физиологии питания растений. Штат сотрудников составлял 137 человек, включая 7 докторов и 40 кандидатов наук. В Институте работали академики Т. Н. Годнев, Н. Д. Нестерович, И. Д. Юркевич, А. С. Вечер.

Под руководством академика А. С. Вечера проводились широкие исследования по биохимии картофеля, изучению пластидного аппарата клубня; получили развитие работы по технической биохимии: разработаны технологии получения кормовых дрожжей из отходов крахмало-паточной промышленности, получения кормового биомицина и многое другое.

В лаборатории химической регуляции роста и развития растений под руководством доктора биологических наук С. М. Маштакова при уча-

стии В. П. Деевой, А. П. Волынца, Р. А. Прохорчик и др. были выявлены соединения, стимулирующие образование корней у черенков древесных растений. Закончен цикл работ по изучению физиологических реакций растений на воздействие гербицидами, доказана возможность применения гербицидов в качестве дефолиантов и десикантов кормового люпина.

Под руководством доктора биологических наук И. Н. Рахтеенко сотрудниками лаборатории экологии растений (Б. И. Якушевым, Б. С. Мартиновичем, И. А. Кауровым, И. Ф. Минько и др.) выполнены обширные эколого-физиологические исследования взаимоотношений растений в фитоценозах и обоснованы преимущества смешанных посевов сельскохозяйственных культур и посадок лесных пород по сравнению с чистыми. Разработаны и внедрены практические рекомендации для лесного хозяйства и зеленого строительства.

Период 1970–1980 гг. характеризовался успешным развитием биологической науки. Они отмечены значительными теоретическими и практическими результатами в ботанике, физиологии и биохимии растений.

Изучена типологическая структура лесов, закономерности размещения, формирования и смен растительности, включая её антропогенную динамику, завершено описание растительного покрова Беларуси, составлена серия детальных карт растительности. Эти результаты получили высокую оценку государства: в 1972 году за цикл работ по комплексному исследованию растительности Беларуси группа сотрудников Института была удостоена Государственной премии БССР в области науки. Эти работы были выполнены под руководством академика И. Д. Юркевича коллективом геоботаников в составе В. С. Адерихо, Н. А. Буртыс, В. С. Гельтмана, Д. С. Голода, Е. А. Кругановой, Н. Ф. Ловчего, В. И. Парфенова, Л. П. Смоляка, П. Я. Петровского.

В 1976 году лауреатами Государственной премии БССР в области науки стал авторский коллектив под руководством академика Н. Д. Нестеровича (Л. В. Кравченко, Л. И. Рахтеенко, А. Ф. Иванов, А. А. Новикова, Т. Ф. Дерюгина, В. А. Смирнова, Н. И. Чекалинская, Ю. Д. Сироткин) за цикл работ по изучению морфологических и биологических особенностей древесных растений.

В 1980 году доктор биологических наук, профессор В. М. Терентьев и кандидат биологических наук Д. В. Федюнкин в составе авторского коллектива Института физико-органической химии АН БССР были удостоены Государственной премии БССР в области науки за работы по физиологическому обоснованию использования ионитного субстрата как универсальной среды для обитания корней.

В 1981 году за большой вклад в развитие биологической науки, подготовку научных кадров и в связи с 50-летием со дня образования Указом Президиума Верховного Совета СССР Институт награжден орденом Трудового Красного Знамени [5].

В период 1981–1999 гг. в Институте были выполнены крупные фундаментальные исследования, возникли новые научные направления. И хотя в работе Института наметились негативные тенденции, обуслов-

ленные замедлением обновления приборной и экспериментальной базы, сокращением бюджетного финансирования, уходом из жизни ряда ведущих ученых старшего поколения и т. д., Институт по-прежнему оставался одним из лидеров биологической науки в Беларуси.

В этот период были проведены исследования динамики флоры (академик В. И. Парфенов и сотр.), биологии и географии грибов и лишайников, биологии возбудителей болезней картофеля, состава патогенной микрофлоры бобовых и других видов растений (Н. А. Дорожкин, С. И. Бельская, О. С. Гапиенко и сотр.), состава почвенных ферментов, изменений их активности под влиянием факторов среды и их роли в превращении органического вещества почвы (Т. А. Щербакова, Н. Ф. Ловчий, А. Л. Ефремов и сотр.), изучены эколого-биологические особенности древесных растений в зависимости от основных факторов среды (Н. Д. Нестерович, Т. Ф. Дерюгина, А. Н. Новикова, Л. И. Рахтеенко, В. В. Савельев, А. И. Лучков и др.).

В области физиологии и биохимии растений выявлены физиологические особенности влияния ионов хлора на картофель и сахарную свеклу (М. Н. Гончарик, Л. П. Лагун и др.), показаны структурные изменения хлоропластов и их влияние на процесс фотосинтеза (В. М. Иванченко, М. И. Маршакова, Т. А. Урбанович и др.), изучены биохимический состав, свойства и функциональная активность пластид и клеточных ядер растений (А. С. Вечер, В. Н. Решетников, О. К. Лаптева и др.), раскрыт ряд особенностей физиологии и биохимии люпина (А. В. Мироненко, А. И. Заболотный, В. И. Домаш и сотр.), выявлены физиолого-биохимические особенности действия гербицидов и регуляторов роста на сельскохозяйственные растения (В. П. Деева, З. И. Шелег и др.), изучена структурно-функциональная организация хлебных злаков в связи с их устойчивостью и реализацией биологического потенциала; установлены особенности взаимоотношений растений в смешанных ценозах (Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров и сотр.) [3].

26 апреля 1986 года произошла Чернобыльская трагедия. Специалисты института в числе первых развернули планомерные исследования особенностей загрязнения природно-растительных комплексов радиоактивными выбросами, круговорота радионуклидов в природных биогеоценозах, их влияния на физиолого-биохимические процессы в растениях. Итоги этих исследований обобщены в широко известной монографии «Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси», изданной под редакцией В. И. Парфенова и Б. И. Якушева (1995 г.).

Результаты, полученные в эти годы, широко использовались в народном хозяйстве страны и в природоохранной деятельности. В частности, при разработке Национальной стратегии и плана действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия (В. И. Парфенов, Д. С. Голод и сотр.), Стратегического плана развития лесного хозяйства (Е. Г. Петров, А. В. Пугачевский и сотр.), проекта Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (А. В. Пугачевский, И. М. Степанович); при разработке научных обосно-

ваний создания ряда заказников республиканского значения и сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в целом (В.И. Парфенов, Д.С. Голод, А.В. Пугачевский и сотр.). Работа по развитию сети ООПТ продолжается и в настоящее время.

Реализована широкая программа изучения растительности, подверженной интенсивному техногенному и рекреационному воздействию, разработан комплекс мероприятий по повышению устойчивости лесов в зонах воздействия Новополоцкого нефтепромышленного комплекса и Минской городской агломерации (Е.Г. Петров, А.И. Лучков, А.В. Пугачевский и сотр.).

В области физиологии и биохимии были разработаны регламенты возделывания ряда важных для экономики сельскохозяйственных культур, морфофизиологические и биохимические методы первичного скрининга селекционного материала на продуктивность и качество продукции (Н.А. Ламан и сотр.).

В первое десятилетие 2000-х деятельность Института, как и всей белорусской науки, проходила в сложных условиях перманентного реформирования, поиска новых форм работы, перехода от фундаментальной науки к фундаментально ориентированной и прикладной, оптимизации системы управления наукой, изменений в объемах и источниках её финансирования.

На встрече Президента Республики Беларусь А.Г. Лукашенко 22 января 2002 года с научной общественностью были рассмотрены важнейшие вопросы совершенствования государственного управления в сфере науки, реформирования деятельности Национальной академии наук, кадровой политики. Основным выводом этой встречи – наука должна обосновать реальную основу экономического, социального и духовного развития Беларуси, обеспечить научную базу для развития народно-хозяйственного комплекса республики. Это был принципиально новый подход. Был также провозглашен тезис о постепенной трансформации НАН Беларуси в научно-производственную корпорацию, производящую не только новые знания, но и значительные объемы продукции, главным образом инновационного характера. Взят курс на постепенное сокращение прямого бюджетного финансирования научной деятельности.

Процесс реформирования не прошел мимо Института. В 2007 г. во исполнение Указа Президента Республики Беларусь от 01.11.2007 № 554 ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси» на правах юридического лица вошел в состав ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», головная организация которого образована на базе ГНУ «Институт зоологии НАН Беларуси».

В результате проведенных реформ научно-исследовательский процесс стал более прагматичным, ориентированным на нужды отраслей экономики, жестко зависимым от целевого финансирования, а также от управленческих способностей руководителей организаций и структурных подразделений. Резко возросла производительность исследовательского процесса, обусловленная широким использованием вычислитель-

ной техники и новых методов. При этом, однако, не обошлось без потерь: сократилась численность работников (со 189 в 2001 до 130 в 2011 г.), были свернуты работы по ряду направлений (почвенная энзимология, исследования в области фотосинтеза, химической регуляции роста и развития растений) [5].

Преобразования были сопряжены со многими трудностями объективного и субъективного характера, которые, тем не менее, были преодолены. В 2001–2010 гг. Институт участвовал в выполнении более чем 300 проектов и заданий ряда государственных программ. Работы, выполняемые Институтом, соответствовали перечням приоритетных направлений научно-технической деятельности и фундаментальных научных исследований Республики Беларусь. В этот период существенное развитие получили новые направления исследований и разработок, направленные на удовлетворение потребностей экономики и связанные с новыми вызовами в природе и обществе, развитием новых и высоких технологий:

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

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

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

- оценка вредоносности, темпов распространения и картографирование мест произрастания чужеродных инвазивных видов растений, разработка мер борьбы с ними;

- развитие технологий картографирования растительности, оценки и прогнозирования состояния растительного покрова с использованием ГИС-технологий и материалов дистанционного зондирования Земли;

- создание искусственных субстратов и сред, разработка технологий размножения и культивирования растений в тепличных хозяйствах.

Анализ тематики и программ исследований за 2001–2010 гг. показывает, что они актуальны, развивают традиционные для Института направления и нацелены на решение важнейших народнохозяйственных проблем, удовлетворение потребностей отраслей экономики и природоохранной деятельности. Институт в рамках своей компетенции в полной мере осуществлял научно-техническое обеспечение деятельности профильных министерств и других государственных органов (Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерства лесного хозяйства, Министерства сельского хозяйства и продовольствия, Управления делами Президента Республики Беларусь, Минского городского, областных и районных исполнительных комитетов и т. д.).

В этот период Институт является головной организацией по ГПОФИ «Биологическое разнообразие» (2001–2005 гг.), «Ресурсы растительного и животного мира» (2006–2010 гг.), с 2000 года – головной организацией НАН Беларуси по государственным программам, обеспечивающим функционирование и развитие Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (2001–2005, 2006–2010, 2011–2015 гг.), осуществляет научное обеспечение государственного регулирования в области обращения с объектами растительного мира, возложенное на НАН Беларуси Законом Республики Беларусь «О растительном мире» (с 2003 г.).

Продолжен многолетний цикл исследований по инвентаризации, уточнению видового состава, экологической и географической структуры флоры отдельных регионов и республики в целом. Полученные результаты обобщены в многотомном фундаментальном издании «Флора Беларуси», публикация которого начата в 2004 году. К настоящему времени опубликовано 6 томов. Эти исследования базируются на материалах функционирующего при институте крупнейшего в Беларуси гербария, включающего более 300 000 образцов в собраниях сосудистых растений, мохообразных, водорослей, лишайников, грибов, палеоботанической и карпологической коллекциях. Постановлением Совета Министров № 758 от 11.06.2002 г. гербарию Института присвоен статус научного объекта, составляющего Национальное достояние Республики Беларусь.

В соответствии с международными критериями подготовлены 3-е (2006 г.) и 4-е (2015 г.) издания Красной книги Республики Беларусь, составлены списки редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений, являющиеся официальными документами для информирования и активации усилий по охране природы. В соответствии с постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 09.06.2014 № 26 в Красную книгу Республики Беларусь включено 303 вида дикорастущих растений: 189 видов сосудистых, 34 – мохообразных, 21 – водорослей, 25 – лишайников, 34 – грибов. В подготовке 4-го издания Красной книги принимали участие академик В. И. Парфенов, О. С. Гапиенко, А. В. Пугачевский, Д. В. Дубовик, А. Н. Скуратович, Д. Б. Беломесяцева, А. П. Яцына, С. С. Савчук, Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский и др.

В соответствии с Законом «О растительном мире» и постановлением Правительства № 1580 от 13.12.2004 «Об утверждении Положения о порядке ведения государственного кадастра растительного мира» специалистами Института, начиная с 2006 года, обеспечивается ведение кадастра растительного мира. Наличие в Институте крупнейшего в стране собрания дикорастущих растений, наиболее полных материалов по видовому составу и структуре растительности, её ресурсах, сведений о закономерностях её географического размещения и экологической приуроченности, наличие результатов мониторинга позволяет создавать и поддерживать государственный кадастр растительного мира в форме баз данных о со-

стоянии растительных ресурсов, разрабатывать законодательную и нормативно-правовую основу их устойчивого использования, сохранения и воспроизводства. Специалистами Института обследована территория страны и создан Государственный кадастр растительного мира всех ее районов. Кадастровая информация передана для использования в районные инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды. Работа по развитию и актуализации кадастра продолжается постоянно (О. М. Масловский и сотр.).

В лабораториях Института создана серия карт растительности Беларуси и её отдельных регионов, растительных ресурсов и распространения отдельных видов растений, часть из которых вошла в Национальный атлас Республики Беларусь, изданный в 2002 году (Д. С. Голод, В. И. Парфенов, О. М. Масловский и др.).

Исследования и научно-организационная деятельность Института создают научную основу для реализации крупных природоохранных и народнохозяйственных программ, во многом обеспечивают выполнение обязательств страны по ряду международных конвенций: Конвенции о биологическом разнообразии, Рамсарской конвенции по сохранению водно-болотных угодий, Бернской конвенции об охране дикой фауны и флоры и природных сред обитания в Европе, Конвенции по опустыниванию и деградации земель, Рамочной конвенции по изменению климата и др.

Исследования в области решения ботанико-экологических проблем стали научной базой создания и развития сети особо охраняемых природных территорий, среди которых более 70 заказников республиканского значения, 3 национальных парка, Полесский радиационно-экологический заповедник. Совместно с НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам разработана и в 2008 году принята Государственная программа развития системы особо охраняемых природных территорий на 2008–2014 годы.

Работы, выполненные Институтым в рамках пилотного проекта «Устойчивое экологически ориентированное лесоуправление и лесопользование на примере Сморгонского опытного лесхоза» совместно с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, Комитетом лесного хозяйства при Совете Министров Республики Беларусь, позволили создать модель ведения экологически ориентированного лесного хозяйства, обеспечивающего сохранения основных компонентов биологического и ландшафтного разнообразия без существенного ограничения лесопользования (А. В. Пугачевский, А. В. Судник, И. Н. Вершицкая). Это дало возможность Сморгонскому лесхозу первому в стране пройти процедуры лесной сертификации по наиболее жёсткой международной системе Лесного попечительского совета (FSC).

В эти же годы были разработаны комплекс мероприятий и Стратегия адаптации лесного хозяйства Беларуси к изменению климата до 2050 года, получившие одобрение Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь и реализуемые в опытно-производственном порядке (А. В. Пугачевский, М. В. Ермохин и сотр.).

Обобщены материалы по массовому усыханию еловых лесов, определены факторы и механизмы, определяющие гибель ели, разработаны меры по повышению устойчивости еловых лесов в условиях меняющегося климата, разработан прогноз усыхания ельников (В. В. Сарнацкий).

Многоплановые исследования в этот период проводятся в Институте и в области физиологии и биохимии растений.

В частности, разработан способ и созданы биотехнологические комплексы для круглогодичного производства оздоровленных миниклубней картофеля на основе ионитопонной технологии, которые установлены в НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству, во Всероссийском НИИ картофельного хозяйства, Гродненском зональном НИИ по сельскому хозяйству, элитно-семеноводческих хозяйствах «Советская Белоруссия» Клецкого и им. Ф. Э. Дзержинского Речицкого районов. Институт включен в Государственный реестр производителей семян с правом производства миниклубней первого поколения и реализации семенного материала картофеля высших репродукций (Т. Г. Янчевская и сотр.).

В рамках задания ГНТП «Промышленная биотехнология» был разработан и включен в реестр препаратов, разрешенных к применению, бактериальный препарат «Миколин» для борьбы с болезнями картофеля и овощных культур, на момент создания – первый созданный в республике бактериальный препарат (О. С. Гапиенко, Т. Г. Шабашова и сотр.).

В этот период в Институте начались совместные с РУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси» исследования по разработке технологии выращивания растениеводческой продукции в закрытом грунте с применением энергосберегающих отечественных светодиодных источников освещения (В. Г. Реуцкий с сотр.). Эти работы продолжаются. В рамках инновационного проекта, финансируемого Минским городским исполнительным комитетом, на Минской овощной фабрике создан опытно-производственный участок, оснащенный системой светодиодной досветки растений. Специалистами Института разработан регламент работы светодиодного излучателя, позволяющий в 1,5–2 раза уменьшить расход энергии на единицу продукции при производстве овощей в условиях закрытого грунта. Рационально подобранный режим освещения позволяет не только сократить расходы энергии на 30–40%, но и оптимизировать получение конечной продукции за счет увеличения урожайности на 20–30% (О. В. Молчан, Л. В. Обуховская и сотр.).

Получили развитие исследования физиолого-биохимических основ устойчивости семян растений к абиотическим факторам: установлена роль протеиназно-ингибиторной системы и лектинов в процессе адаптации растений к неблагоприятным факторам среды, показано, что протеиназно-ингибиторная система и лектины принимают участие в метаболизме бобовых и злаковых культур при воздействии ионов хлора, меди, алюминия, высоких температур и пр. Действие стресс-факторов индуцирует экспрессию генов, кодирующих синтез белков-ингибиторов протеиназ и лектинов (Домаш В. И., Канделинская О. Л. и сотр.). Практическим результатом исследований стали разработка, а также выпуск

опытной партии (совместно с ИФОХ НАН Беларуси и ЦСБ НАН Беларуси) экологически безопасных стимулятора роста растений «Тубелак» и средства защиты растений «Губерит», для производства которых в качестве сырья использованы отходы крахмальной промышленности (Домаш В. И. и сотр.).

Подтверждением эффективной работы коллектива Института является и тот факт, что Постановлением Бюро Президиума НАН Беларуси № 235 от 31 мая 2011 года «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси» занесен на Доску почета Национальной академии наук Беларуси за достижение в 2010 году наилучших результатов в научной, научно-технической и инновационной деятельности.

Начало нового десятилетия в жизни Института было отмечено важным событием: Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь и Национальная академия наук Республики Беларусь решением от 4 августа 2011 г. № 45 аккредитовали Институт в качестве научной организации на 2011–2015 гг., а 15 августа 2016 года Институт повторно аккредитован как научная организация на период 2016–2021 гг.

2011–2016 годы отмечены рядом результатов, имеющих важное фундаментальное и прикладное значение.

В 2011–2015 гг. Институт оставался головным учреждением НАН Беларуси по Государственной программе обеспечения функционирования и развития Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. В настоящее время Институт является головным учреждением НАН Беларуси по Подпрограмме 5 «Обеспечение функционирования, развития и совершенствования НСМОС в Республике Беларусь» Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов на 2016–2020 годы».

При этом осуществлялась координация работ между НСМОС в целом и подсистемой «Мониторинг растительного мира», разработано и принято «Положение о порядке проведения комплексного мониторинга естественных экологических систем на особо охраняемых природных территориях». Дана оценка состояния лесных и защитных древесных насаждений вдоль автомобильных дорог, а также защитных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения; получена информация о состоянии экосистем заказников республиканского значения «Днепро-Сожский», «Смычок», «Сорочанские озера» и др., выявлены угрозы их функционированию и сохранению биоразнообразия, дана оценка степени проявления этих угроз. Дана оценка состояния луговой и болотной растительности, популяций инвазивных и охраняемых видов растений; разработаны прогнозы продуктивности и качества травостоев естественных кормовых угодий Беларуси (А. В. Судник, И. М. Степанович, О. М. Масловский, И. П. Вознячук и сотр.).

В рамках государственных программ научных исследований выполнен широкий комплекс работ по изучению природной флоры и растительности Беларуси. Впервые дана полная экологическая характеристика мохообразных как компонента сообществ подтаежных хвойных

лесов. На основании анализа специфики организации мохообразных и свойств заселяемых ими субстратов впервые выдвинуто и научно обосновано представление об экологической трансформации в историческом аспекте характера произрастания этой группы растений от эпигейного к эпифитному и соотношению во времени данного процесса у основных групп мохообразных-печеночников и мхов. Полученные результаты обобщены в монографии Рыковского Г. Ф. «Происхождение и эволюция мохообразных» (2011).

Сотрудниками Института описано 4 новых для науки таксона сосудистых растений: *Alisma praecox* Skuratovicz sp. nova., *Potamogeton x belorussicus* D. Dubovik nothosp. nov., *Tradescantia x cultorum* D. Dubovik nothosp. nov., *Typha x soligorskiensis* D. Dubovik nothosp. nov. (А. Н. Скуратович, Д. В. Дубовик), – а также одного вида лишайника – *Xanthoria polessica* S. Y. Kondr. et A. P. Yatsyna (А. П. Яцына).

Выполнен сравнительный анализ динамики состояния лесов в условиях заповедного режима (Березинский биосферный заповедник), интенсивного техногенного воздействия (санитарно-защитная зона Новополюцкого нефтепромышленного комплекса) и рекреационного пресса (г. Минск). Установлены особенности влияния фитотенотических факторов на состояние и семеношение сосны, ели и березы.

Разработана классификация рисков лесовыращивания по факторам, определяющим их возникновение, по силе воздействия и масштабам проявления, возможности их предотвращения и предсказания (прогнозирования), а также по вероятности реализации.

Разработаны перечень и критерии выделения редких и типичных природных биотопов на территории Беларуси, разработан нормативно-технический документ (технический кодекс установившейся практики), регламентирующий их выделение и установление режимов охраны и использования (А. В. Пугачевский, М. В. Ермохин и сотр.).

При выполнении заданий ГНТП «Леса Беларуси – продуктивность и устойчивость» 2011–2015 гг.:

- подготовлен, издан и внедрен в лесхозы Беларуси интерактивный мультимедийный определитель для диагностики болезней лесообразующих пород (совместно с УО «Белорусский государственный технологический университет» и ГУ «Беллесозащита») (О. С. Гапиенко и сотр.);

- для выделения и типизации антропогенно-производных ассоциаций сосновых лесов впервые разработана их классификация, а также комплекс лесохозяйственных мероприятий по их рациональному использованию, повышению устойчивости и продуктивности (А. В. Пучило и сотр.).

В рамках заданий Государственных программ развития системы особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь на 2008–2014 гг. и на 2015–2019 гг. в порядке оптимизации системы ООПТ разработаны научные и технико-экономические обоснования создания либо преобразования 24 заказников республиканского значения («Жада», «Споры», «Белый мох», «Ольманские болота», «Выгонощанское», «Докудовский», «Гайна-Бродня» и др.), 67 – местного значения («Жлобин-

ский», «Калиновка», «Пойма Птичи», «Мох Озерский», «Булев Мох», «Габь» и др.) (Д. Г. Груммо и сотр.); подготовлены паспорта и охранные свидетельства на 44 памятника природы местного значения (А. В. Судник, И. П. Вознячук и сотр.).

На основе разработанных научных обоснований 7 водно-болотных угодий («Пойма реки Днепр», заказники «Козьянский», «Острова-Дулбы», «Заозерье», «Старый Жаден», «Выдрица», национальный парк «Припятский»), включены Секретариатом Рамсарской конвенции во Всемирный список водно-болотных угодий международного значения (Д. Г. Груммо и сотр.).

В рамках Государственной программы социально-экономического развития и комплексного использования природных ресурсов Припятского Полесья на 2010–2015 годы проведена оценка воздействий техногенного и природного характера на растительный мир региона. Установлены основные особенности динамики флоры и растительности, вызванные антропогенной деятельностью. Обоснованы типовые технологические решения по интенсификации использования ресурсов естественных лугов региона. Проведена оценка состояния популяций редких и исчезающих видов растений, состояния ресурсов лекарственных и пищевых растений, дан анализ распространения и динамики популяций инвазивных растений. Составлен каталог редких и эталонных растительных сообществ. Разработана «Региональная стратегия природно-ресурсного обеспечения устойчивого развития Припятского Полесья на период до 2030 года» (в части ресурсов и биоразнообразия растительного мира) (А. В. Пугачевский, В. И. Парфенов, А. В. Пучило, О. М. Масловский и сотр.).

В рамках заданий Программы Союзного государства «Мониторинг-СГ» разработан алгоритм оценки объектов лесопользования, представляющий собой поэтапную схему идентификации мест сплошнолесосечных вырубок по мультивременным композитам, получаемым на основе мультиспектральной или радарной космической съемки, с последующим формированием векторного представления вырубок и оценкой их параметров. Составлен электронный каталог аэрокосмоэталонов естественных болот Березинского биосферного заповедника, созданы тематические карты растительности (А. В. Пучило, Д. Г. Груммо и др.).

В рамках Государственной программы «Генетические ресурсы» создана семенная коллекция генетических ресурсов аборигенных видов семейств Злаки и Бобовые, а также редких и охраняемых видов растений других семейств (всего более 400 образцов 164 видов). Изучена встречаемость хозяйственно-полезных представителей изучаемых семейств, подготовлен к публикации «Каталог Национального генетического фонда хозяйственно полезных растений природной флоры Беларуси» (2-е издание) (С. А. Дмитриева и сотр.).

В целях расширения внедрения в отрасль лесного хозяйства системы лесной сертификации FSC специалистами Института выделены леса высокой природоохранной ценности для всех лесохозяйственных учреждений страны. Это позволило снять замечания международных органов

лесной сертификации по одному из проблемных направлений (А. В. Пугачевский, М. В. Ермохин и сотр.).

С 2014 г. ведется мониторинг за состоянием, химическим и радиационным загрязнением растительности наземных и водных экосистем зоны наблюдения Белорусской атомной электростанции (А. В. Пучило и сотр.).

В порядке реализации Плана действий по предотвращению и минимизации ущерба от распространения вредоносного чужеродного вида – борщевика Сосновского проведена серия обучающих семинаров для специалистов из регионов Беларуси по предотвращению его распространения и мерам борьбы с этим опасным растением. Разработана методика и ведутся на договорной основе работы по оценке засоренности грунта, снимаемого со строительных площадок в г. Минске, семенами борщевика, даются рекомендации по использованию засоренных грунтов. В течение 2011–2016 гг. выполнены более 400 договоров со строительными, проектными организациями (Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров и сотр.).

При выполнении задания ГПНИ «Информатика и космос, научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций» впервые для Беларуси разработана оптимальная методика учета ресурсов растительного мира болот, включающая полную «технологическую цепочку» от получения космического снимка до создания ресурсных карт и ведомости стоимостной оценки ресурсов. Составлены крупномасштабные (М 1:25 000–М 1:50 000) ресурсоведческие карты для ряда водно-болотных угодий Беларуси (Березинский заповедник, заказники «Ельня», «Жада», «Дикое», «Званец» и др.). Разработан классификатор тематических задач ресурсоведения с использованием данных космической съемки среднего и высокого разрешения. В 2015 году начаты работы над крупномасштабным проектом – цифровой картой растительности Беларуси (А. В. Пучило, Д. Г. Груммо и сотр.).

В интересах агропромышленного комплекса совместно с Институтом физико-органической химии НАН Беларуси разработаны, испытаны и выпускаются микроудобрения семейства «Наноплант» на основе наночастиц Co, Mn, Cu, Fe и др. Препарат зарегистрирован ГУ «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений» Министерства сельского хозяйства и продовольствия и рекомендован для применения на зерновых, зернобобовых и овощных культурах в промышленном масштабе, а также для розничной продажи. Реализация проводится как в Беларуси, так и за рубежом. С производителем препарата НТОО «АКТЕХ» заключен договор уступки прав на результаты НТД (2014–2023 гг.) (В. И. Домаш и сотр.).

В рамках ГНТП «Промышленные биотехнологии» разработаны технологии производства органо-минеральных бактериализованных биогрунтов и биопрепаратов с ростостимулирующей и фитозащитной активностью. Проведены испытания эффективности почвогрунтов при производстве посадочного материала, в том числе полученного путем микроклонирования. Уже на первом году освоения (2015–2016 гг.) объем выпуска биогрунтов составил 47 м³, а выращенных на них микросаженцев и сажень-

цев хозяйственно-ценных видов растений – 36,5 тыс. штук (Н. А. Ламан, Ж. Н. Калацкая и сотр.).

Совместно с Институтом микробиологии НАН Беларуси разработан, зарегистрирован и рекомендован к применению биопестицид Карфил, полученный на основе бактерий штамма *Bacillus subtilis* 47, оценены его антимикробные, антивирусные свойства и способность стимулировать индуцированную устойчивость растений (Т. Г. Янчевская и сотр.).

Организовано производство опытных партий ионообменного субстрата (торговые марки «Триона» и «Трионит») для оптимизации минерального питания растений (Т. Г. Янчевская и сотр.).

Приказом по Министерству сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь № 231 от 16 апреля 2014 г. Институту предоставлено право проводить испытания средств защиты растений и удобрений, подлежащих государственной регистрации для хвойных, лиственных древесных и кустарниковых пород в лесных, защитных, озеленительных насаждениях, лесных плантациях и питомниках, а также для льна.

В Институте созданы и функционируют кластерные структуры: Республиканский центр комплексного картографирования биоразнообразия и Головной центр экспертизы объектов живой природы, которые проводят работы по картографированию растительности, оценке воздействия на окружающую среду действующих и проектируемых промышленных объектов, специальной экспертизе (микологической, дендрологической, фитопатологической и др.), оценке биоресурсов и т. д.

В целом за период 2011–2016 гг. при выполнении заданий всех типов программ, хозяйственных договоров, зарубежных контрактов внедрено 1795 результатов НИР и разработок. Вследствие специфики профиля Института большая часть разработок была внедрена в производство с экологическим и социальным эффектом. Основными потребителями продукции являются Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, Государственная инспекция охраны растительного и животного мира при Президенте Республики Беларусь, природоохранные учреждения Управления делами Президента Республики Беларусь, строительные, проектные, дорожные организации и др.

В составляемые НАН Беларуси списки лучших научных работ ТОП-100 за 2011–2015 гг. вошли 9 разработок института:

- принципы и методы крупномасштабного геоботанического и экологического картографирования растительного покрова с использованием ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования Земли;
- комплекс агротехнических, технологических, лесохозяйственных мер по устройству и содержанию защитных снегозадерживающих древесно-кустарниковых насаждений вдоль автомобильных дорог;
- рекомендации по оптимизации рубок леса, лесовосстановления и лесоразведения с учетом требований по сохранению биоразнообразия;
- интерактивный мультимедийный определитель болезней древесных растений в лесном фонде, лесных питомниках и дендропарках;

- эффективный экологически безопасный способ ограничения распространения злостного инвазивного вида – борщевика Сосновского;
- экспериментальная система досветки высокостебельных сортов томатов с использованием светодиодных излучателей в условиях закрытого грунта;
- новые органо-минеральные грунты с высокой биологической активностью;
- технология ускоренной адаптации растений, полученных *in vitro*, к нестерильным условиям выращивания *in vivo*;
- инструкция по определению аварийности и жизненного состояния деревьев в составе зеленых насаждений.

За 5 лет (2011–2015 гг.) сотрудниками Института опубликовано 747 научных статей (в т. ч. в 290 – в рецензируемых журналах) и 75 книжных изданий, из них 26 монографий. Институт ежегодно издает сборник трудов «Ботаника (исследования)», включенный в перечень ВАК РФ.

Активно велась работа по защите интеллектуальной собственности. В течение 2011–2016 гг. подано 44 заявки и получено 35 патентов, в том числе на изобретения – 33, полезные модели – 2; 5 свидетельств на товарные знаки.

Институт активно развивает международное сотрудничество. Действуют договора с 40 образовательными, научными и некоммерческими экологическими организациями из 9 стран (Российская Федерация, Украина, Китай, Франция, Финляндия, Таджикистан, Киргизия, Сербия, Индонезия), направленные на реализацию совместных научных исследований, творческое и научно-педагогическое сотрудничество.

Создана российско-белорусская лаборатория инновационных биоинженерных технологий (организация – партнер – Институт биофизики Сибирского отделения РАН) с целью проведения исследований в области разработки новых принципов формирования фототрофного звена высших растений замкнутых искусственных экосистем космического и земного назначения (руководитель от ИЭБ – Т. Г. Янчевская).

В 2016 году Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси принят в качестве ассоциированного члена в Европейский институт леса (EFI, г. Йоенсуу, Финляндия), объединяющий 113 научных организаций-членов из 36 стран. Институт является также ассоциированным членом Интегрированной системы банков генов Европы (AEGIS).

На базе Института регулярно проводятся международные конференции:

- Купревичские чтения «Проблемы экспериментальной ботаники»;
- Международная научная конференция «Регуляция роста, развития и продуктивности растений»;
- Международная научно-практическая конференция «Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов»;

– Международная научная конференция «Мониторинг и оценка состояния растительного мира»;

– Международная научная конференция «Биология, систематика и экология грибов и лишайников в природных экосистемах и агрофитоценозах»;

– ежегодные обучающие семинары для студентов и аспирантов белорусских и российских ВУЗов по специальности «Лесное хозяйство».

Ученые Института регулярно проходят стажировки в ведущих научных центрах Великобритании, Германии, Китая, Российской Федерации, США, Финляндии, Швеции, Японии.

В 2011–2015 гг. в Институте реализовано 69 международных проектов, грантов БРФФИ, заданий программ Союзного государства. Общее количество привлеченных валютных средств составило 691,7 тыс. долларов США, что составило 8,3% общего объема внутренних расходов Института за 5 лет. Кроме того, сотрудниками Института получено персональных грантов на выполнение исследований и участие в международных мероприятиях на общую сумму 213,0 тысяч долларов США. Динамика валютных поступлений характеризуется устойчивым ростом: если в 2011 году экспорт составил 121,7 тыс. долларов США, то в 2015 – уже 165,7 тыс. долларов США.

Деятельность Института (совместно с Минприроды, Минлесхозом, НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, ОО «Ахова птушак Бацькаўшчыны») способствовала привлечению в страну значительных валютных поступлений на реализацию ряда крупных проектов в области сохранения биоразнообразия, ренатурализации нарушенных земель, экологизации отраслей экономики.

Ученые Института входят в состав научно-технических советов Минприроды и Минлесхоза, всех национальных парков и Березинского биосферного заповедника, ряда государственных экспертных и межведомственных координационных советов, участвуют в работе редакционных коллегий научных и научно-производственных журналов в Беларуси («Лесное и охотничье хозяйство», «Природные ресурсы», «Вести НАН Беларуси» и др.) и Российской Федерации («Растительные ресурсы», «Лесоведение»).

Работая на перспективу, Институт готовит научные кадры высшей квалификации через аспирантуру и докторантуру по 4 специальностям: ботаники, физиологии и биохимии растений, микологии и экологии (фитоценозов). При этом подготовка научных кадров ведется как для собственных нужд Института, так и для сторонних организаций: ВУЗов, государственных научных и природоохранных учреждений и т. д.

В Институте выполняют курсовые, дипломные и магистерские работы студенты и магистранты различных ВУЗов республики. Совместным приказом по Белорусскому государственному университету и Институту от 27.06.2012 г. № 364-ОД/59 образован филиал кафедры ботаники биологического факультета БГУ; ответственным за работу филиала назначен заведующий отделом Института академик Парфенов В. И.

При Институте функционирует Совет по защите диссертаций Д 01.38.01, которому, единственному в Беларуси, разрешено принимать к защите кандидатские и докторские диссертации по специальностям 03.01.05–физиология и биохимия растений, 03.02.01–ботаника, 03.02.08–экология (фитоценозов). За период 2011–2016 гг. было защищено: 1 докторская и 25 кандидатских диссертаций, проведено 2 переаттестации диссертаций, защищенных в других странах.

Ведущие ученые Института участвуют в работе советов по защите диссертаций также в других учреждениях: Белорусском государственном технологическом университете, Институте леса НАН Беларуси, – работают в экспертных советах Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь, Государственного комитета Республики Беларусь по науке и технологиям.

Научные достижения сотрудников Института отмечены рядом наград и премий, среди них: медаль Франциска Скорины (В. И. Парфенов, Н. А. Ламан), Почетная грамота Национального собрания Республики Беларусь (В. И. Парфенов), Почетные грамоты Совета Министров Республики Беларусь (В. И. Парфенов, Н. А. Ламан), Золотая медаль и диплом Европейской научно-промышленной палаты (В. И. Парфенов), Почетная грамота Управления делами Президента Республики Беларусь (А. В. Пугачевский), Нагрудный знак Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь «ГАНАРОВЫ ЭКОЛАГ» (В. И. Парфенов, А. В. Пугачевский), Почетные грамоты и премии Национальной академии наук Беларуси, министерств и ведомств Республики Беларусь и многие другие.

Успешное развитие Института, ботанической науки в целом невозможно вне общего инновационного процесса, без широкого внедрения новых методов, технических средств, без новых идей и опоры на мировые достижения в ботанической науке и смежных дисциплинах. Поэтому в заключение скажем об основных новых направлениях, которые будут реализованы в ближайшей и среднесрочной перспективе в научных подразделениях Института.

К 2020 году планируется завершить публикацию многотомного фундаментального издания «Флора Беларуси», в котором впервые в истории нашей страны будут обобщены знания о наличии и распространении всех основных групп растительных организмов: от высших сосудистых растений до грибов и лишайников. Всего планируется издать 18 томов.

В исследовании флоры и микобиоты, а также в отдельные направления экспертной деятельности будут широко интегрированы молекулярно-генетические методы и информационные технологии. Это позволит не только расширить и углубить таксономические исследования, но и приступить к геногеографическим оценкам природных популяций растений и грибов, расширить спектр предоставляемых услуг.

В области геоботанических исследований предполагается разработать многофункциональный интерактивный атлас растительности Бе-

ларуси, основанный на полевых материалах и данных дистанционного зондирования Земли. К 2020 году будут изданы первые тома фундаментального издания «Растительность Беларуси», отражающего современную структуру и динамику растительного покрова страны. Дальнейшее развитие получит динамическая типология лесов.

На базе современных представлений о динамике лесного растительного покрова будут типизированы основные состояния лесных экосистем в динамических (сукцессионных) рядах и построены схемы их развития и формирования; создан реестр динамических схем развития и формирования лесных экосистем и индексированные перечни их основных динамических состояний. Будет дана оценка роли инвазионного флористического компонента в динамике лесных фитоценозов, находящихся в различных условиях антропогенного воздействия.

Будут созданы сверхдлинные (более 1000 лет) региональные древесно-кольцевые хронологии для сосны обыкновенной и дуба черешчатого и созданы модели связи «годовой прирост деревьев – климат» для реконструкции и прогнозирования регионального климата, а также разработаны региональные модели динамики лесного покрова Беларуси в условиях климатических и антропогенных изменений.

В систему мониторинга растительного мира будут интегрированы методы использования материалов дистанционного зондирования, разработана технология выявления угроз, количественной оценки и прогнозирования последствий антропогенного и негативного природного воздействия на объекты растительного мира.

В порядке научного обеспечения ведения государственного кадастра растительного мира будет создана многофункциональная система учета ресурсов и объектов растительного мира, позволяющая оперативно вовлекать растительные ресурсы в хозяйственный оборот, прогнозировать последствия их изъятия.

В области физиологии и биохимии растений развитие получают такие перспективные направления, как:

- разработка искусственных субстратов многоразового использования для выращивания пищевых (овощных, зеленных, пряно-ароматических) и декоративных растений в замкнутых экосистемах на основе синтетических смол и ионообменных материалов нового поколения;
- разработка для растениеводства закрытого грунта линейки бактеризованных органо-минеральных субстратов на основе отечественного природного сырья, а также отходов биотехнологических производств, обогащенных питательными элементами и обеспечивающих существенное повышение урожайности, качество урожая, а также успешную адаптацию клонированных растений, организация производства таких субстратов;
- изучение зависимости «доза-эффект» при обработке растений гербицидами и регуляторами роста, явления гормезиса и возможностей его практического использования;

– биохимическая оценка инвазивных видов растений в качестве потенциального источника сырья для производства фармпрепаратов и биологически активных добавок;

– изучение воздействия наночастиц и комплексов на основе производных фуллеренов на функции растительной клетки с целью разработки нанобиотехнологий регуляции стрессоустойчивости растений;

– разработка способов получения новых биопрепаратов из растительного сырья с включением наночастиц микроэлементов целевого назначения для сельского хозяйства, ветеринарии и медицины;

– получение новых сведений о молекулярных механизмах формирования продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных культур к неблагоприятным факторам среды;

– исследование влияния света различного спектрального состава на физиологию растений защищенного грунта, направленное на оптимизацию их светового режима в соответствии с целевой функцией повышения урожая при сохранении его качества и экономии электроэнергии, а также интенсификацию синтеза вторичных метаболитов растениями–продукентами фармацевтически ценных субстанций;

– изучение взаимосвязи энерготрансформирующих процессов (фотосинтеза и дыхания) и водообмена растений в формировании их стрессоустойчивых фенотипов с целью выявления критериев экологической пластичности растений, способов минимизации негативного воздействия стрессов на них и адаптации микроклонов растений к условиям *ex vitro*;

– развитие представлений о физиологических и биохимических закономерностях формирования фитоиммунитета, особенностях протекания патологического процесса в растении, разработка методов увеличения количества и качества растениеводческой продукции при применении экологически безопасных защитно-стимулирующих составов.

Коллектив Ордена Трудового Красного Знамени Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси уверенно смотрит в будущее. Накопленный опыт, научные достижения, наличие высококвалифицированных кадров, примеры успешного решения многих научных и научно-практических задач в новых социально-экономических условиях позволяют заключить, что в наступившем новом столетии Институт будет играть все возрастающую роль в решении актуальных проблем эффективного функционирования природоохранной отрасли, лесного и сельского хозяйства республики. Не менее важной является задача создания научной базы сохранения и рационального использования природных растительных ресурсов, выполнение Республикой Беларусь обязательств по ряду международных конвенций природоохранного характера.

Литература

1. Национальная академия наук Беларуси: историко-документальная летопись, 1928–2008 / сост.: Г. В. Корзенко [и др.]; редкол. М. В. Мясникович [и др.]. Минск: Беларуская навука, 2008. 604 с.
2. Купревич В. Ф. Академия наук Белорусской ССР. Минск: Наука и техника, 1968. 239 с.
3. Национальная академия наук Беларуси: 1929–1999 / Под науч.ред. Н. А. Борисевича. Минск: Беларуская навука, 1998. 251 с.
4. Ламан Н. А. // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск: Право и экономика, 2005. Вып. 33. С. 5–16.
5. Пугачевский А. В., Ламан Н. А. // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск: Институт радиологии, 2011. Вып. 40. С. 30–54.

Флора и систематика

УДК 582.28+581.2

В. И. ПАРФЕНОВ, Г. Ф. РЫКОВСКИЙ, С. А. ДМИТРИЕВА СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ

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

Изучение флоры на государственном уровне Белорусской ССР берет свое начало со времени организации на базе Инбелкульта (1931 г.) Института биологических наук в системе Академии наук БССР. Это исходило из признания того, что флористическое исследование является исходной первоосновой познания регионального растительного мира как вещественно-энергетической основы биоразнообразия. К тому же следует учитывать физико-географические особенности территории Беларуси, её положение на рубежах флористического и геоботанического районирования Европы. Конгломератность флоры страны, вызванная её резвакучационно-миграционным происхождением в голоцене как постгляцеале обусловила её высокую эколого-географическую подвижность. Первым знаменательным и значительным событием, обобщившим все известные в то время флористические материалы, явилось издание фундаментального труда «Флора БССР» в 5-ти томах (1949–1959 г.), подготовленная отделом флоры и гербария Института биологии АН БССР с привлечением иных специалистов и, прежде всего, из Ботанического института АН СССР. Однако в дальнейшем флора как динамичное образование с учетом быстро возраставшего антропопрессинга на природный комплекс непрерывно изменяется как в своем таксономическом, так и эколого-географическом облике. Неуклонное снижение удельного веса аборигенного ядра флоры вызывается повышением роли адвентивных растений. В результате ведущим процессом в динамике флоры стала синантропизация на фоне изменения климатической обстановки, способствующей этому процессу. Еще в 60-е годы 20-го столетия наряду с изучением состава и структуры высших растений было уделено внимание хозяйственно-значимым группам растений. Это – лекарственные и сеgetальные растения. Изучение флоры в то время возглавляли М. П. Томин и сменившая его на посту руководителя отдела В. А. Михайловская. С 1968 г. это подразделение, получившее наименование лаборатория флоры и систематики растений возглавил В. И. Парфенов, под руководством которого широко развернулись исследования закономерностей динамики флоры под влиянием природных и антропогенных факторов, изменяющих облик Белорусского Полесья в 70-е годы. В результате были установлены закономерности динамики флоры и разработаны соответствующие рекомендации, направленные на оптимизацию экологической обстановки. Значительный вклад в разработку важной проблемы – поведения видов на границах

ареала внес В. И. Парфенов. Под его руководством лаборатория изучила не только динамику флоры Полесья, но и динамику флоры всей Беларуси под влиянием комплекса антропогенных факторов. Вместе с тем изучались ресурсы основных видов лекарственных растений с передачей соответствующих материалов Белкопсоюзу и ГАПУ.

Не осталась лаборатория в стороне и от изучения последствий радиационного загрязнения растительного компонента экосистем в результате Чернобыльской катастрофы. Итоги этой работы освещены в соответствующей монографии.

В лаборатории также разрабатывались научные основы охраны флоры с выделением редких и исчезающих видов, требующих охраны на национальном уровне, были подготовлены четыре издания Красной книги Республики Беларусь по растениям. Особо следует отметить, что научное обоснование к первой Схеме рационального размещения особо охраняемых природных территорий по Белорусской ССР было подготовлено при ведущем участии лаборатории. Это обоснование базируется на ландшафтном подходе и оригинальном принципе «природно-миграционных русел», предусматривавшем объединение всех охраняемых природных территорий в единое, пространственно непрерывное образование. Тем самым в перспективе обеспечивалось беспрепятственное протекание миграционных и микроэволюционных процессов, что представляет собой радикальное решение проблемы сохранения биоразнообразия. К этому впоследствии пришло и европейское сообщество стран, выдвинувшее идею объединения охраняемых природных территорий в единое образование системой экологических коридоров (аналогов природно-миграционных русел, но более расплывчатого характера). Сотрудниками лаборатории внесен значительный вклад и в пополнение и оптимизацию ООПТ, а также в практическую охрану отдельных популяций редких и исчезающих видов растений. Заслуживает внимания сотрудничество с учеными Украины и Молдавии, а также с ботаниками Литвы в области охраны флоры, результаты которого опубликованы в 2-х монографиях. Подобное сотрудничество перспективно и в настоящее время, учитывая важность общеевропейской интеграции в вопросах сохранения биоразнообразия.

Весьма актуальна для флоры Беларуси проблема широкомасштабной инвазии чужеродных видов. Их источником являются адвентивные виды, а также дичающие культивируемые, проникающие в естественные аборигенные сообщества. Проведенное исследование уже позволило выявить наиболее агрессивные заносные виды, представляющие опасность для местной флоры и сообществ. При ведущем участии лаборатории флоры и систематики подготовлена Черная книга инвазионных растений для территории Беларуси.

Весьма актуальна концентрация усилий сотрудников лаборатории на подготовке нового капитального многотомного издания «Флора Беларуси», отражающего современное состояние изученности флоры белорусского региона, претерпевшей существенное изменение. Это результат основного направления деятельности лаборатории – изучения состава

и структуры флоры, ее природной и антропогенной динамики, лежащего в основе разработки рекомендаций по рациональному использованию ресурсов флоры и сохранения ее биоразнообразия. Отсюда естественен выход на сохранение генофонда природной флоры, ее хозяйственно полезных представителей, а также редких и исчезающих видов путем создания резервного генофонда, являющегося перспективным источником, в частности, материала для селекционного процесса, его адаптации в условиях Беларуси. К настоящему времени уже установлен видовой состав мохообразных, опубликованный в двух томах издания «Флора Беларуси. Мохообразные» (2004, 2009), опубликовано 2 тома из 7-ми серии «Флора Беларуси. Сосудистые растения» и 2 тома из 7-ми серии «Флора Беларуси. Грибы». Весьма актуально продолжение подготовки томов серий «Флора Беларуси» по сосудистым растениям и грибам, а также написание томов по лишайникам и в дальнейшем по водорослям. Всё это будет иметь общеевропейское и мировое значение в вопросе познания и сохранения биоразнообразия.

Параллельно с изданием сводок «Флора Беларуси» уделяется большое внимание тщательному изучению флоры отдельных, прежде всего, крупных и особо значимых в отношении сохранения фитогенофонда ООПТ – Березинского биосферного заповедника и национальных парков в составе природно-заповедного фонда страны и вообще развитию и оптимизации сети заказников республиканского и местного значения для достижения максимальной репрезентативности флористической их составляющей на территории Беларуси с выходом на соседние регионы.

Особо следует отметить результаты изучения вопросов генезиса различных групп биоразнообразия. Это, прежде всего, фундаментальная разработка – концептуальная модель происхождения и эволюции такой своеобразной группы высших растений как мохообразные, начиная с первичных архегониат. Данное монографическое исследование пока не имеет аналогов в мировой ботанической науке. В 2011 г. цикл работ сотрудников лаборатории по эволюции мохообразных и бриофлоре Беларуси отмечен премией НАН Беларуси в области биологии. Концептуальная модель генезиса мохообразных получает в настоящее время дальнейшее развитие в некоторых аспектах. Кроме того в лаборатории затрагивались вопросы видообразования, происхождения покрытосеменных растений и микобиоты.

Одним из новых и перспективных направлений исследований является изучение диких родичей культурных растений как части планетарно значимой проблемы по сохранению генофонда данного компонента природной флоры. Эта проблема возникла на рубеже 20–21-го веков и приобрела заслуженный научный приоритет в связи с тем, что родственные культурным растениям представители природной флоры являются источниками и донорами ценного генетического материала в селекции. Целью наших исследований является разработка научно обоснованных рекомендаций по сохранению генофонда диких родичей. С этой целью используются возможности сохранения генофонда в условиях *ex situ*

в генетическом банке страны, который функционирует с 2005 года при НПЦ НАН Беларуси по земледелию. К настоящему времени в этот генетический банк представлена семенная коллекция, включающая более 20% видов диких родичей от общего количества видов в составе природной флоры Беларуси.

Институт экспериментальной ботаники в связи с объемом выполненной работы и ее перспективами утвержден в качестве ассоциированного члена Европейской интегрированной системы генетических банков Европы (AEGIS). Коллекционные сборы семян документируются гербарными образцами растений, которые хранятся в гербарии, функционирующем при Институте экспериментальной ботаники и являющемся Национальным достоянием Республики Беларусь. Вместе с тем проводится разработка и реализация рекомендаций по охране этих видов в условиях *in situ*, как более действенного подхода сохранения генофонда этого ценного в хозяйственном отношении компонента природной флоры Беларуси.

**В. И. ПАРФЕНОВ, Г. Ф. РЫКОВСКИЙ, С. А. ДМИТРИЕВА
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ИЗУЧЕНИЯ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ**

Резюме

В статье кратко рассмотрено развитие флористических исследований в Беларуси в послевоенный период, обсуждается современное их состояние и дальнейшие перспективы.

**V. I. PARFENOV, G. F. RYKOVSKIY, S. A. DMITRIEVA
THE MORDEN STATE AND FUTURE PERSPECTIVES
OF THE FLORA STUDY IN BELARUS**

Summary

In the article development of floristic investigations in Belarus in post II World War time and in modern period, and future perspectives are discussed.

Поступила в редакцию 01.11.2016 г.

В. В. ГОЛУБКОВ¹, П. Н. БЕЛЫЙ², А. Г. ЦУРИКОВ^{3,4}
**ЛИШАЙНИКИ РОДА *PARMOTREMA* MASSAL. (PARMELIACEAE)
В БЕЛАРУСИ**

¹УО «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы»

²ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»

³УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»

⁴ФГАОУВО «Самарский национальный исследовательский университет
им. акад. С. П. Королева»

Введение. Пармелиоидные лишайники – одни из самых распространенных среди листоватых жизненных форм лихенизированных грибов, обратившие на себя внимание лихенологов еще с конца 17 века. Более 300 лет представители этой группы являлись объектом изучения ученых-систематиков. В связи с накоплением противоречивой информации, касающейся их систематики, было предложено разделить род *Parmelia* [1], а его представителей разместить в различные секции [2]. В дальнейшем секция рода *Parmelia* была трансформирована в подрод *Amphigymnia* (Vainio) Dodge [3], который в 1965 М. Е. Хэйл сузил до секции *Amphigymnia* [4]. Спустя некоторое время, в 1974 году, он выделил род *Parmotrema* A. Massal. [5] в объеме которого он изучается и в настоящее время.

В данной работе поставлена цель провести подробный анализ систематики и экологии представителей рода *Parmotrema* в Беларуси. Поскольку виды этого рода являются редкими, одной из главных задач являлось изучение их распространения на территории республики и других европейских стран, а также установление их природоохранного статуса (созологический анализ).

Материалы и методы исследования. Исследование является результатом обработки образцов лишайников рода *Parmotrema*, хранящихся в гербариях Беларуси (GRSU, GSU, MSK, MSKH и MSKU). Морфологию образцов исследовали под стереомикроскопом Nikon SMZ-745. Для выявления состава вторичных метаболитов использовали метод тонкослойной хроматографии в системе растворителей «С» [6]. Дополнительно использовали пробы на реакцию с К (10%-ный раствор гидроксида калия), С (насыщенный раствор гипохлорита кальция) и Р (5%-ный спиртовой раствор парафенилендиамина). При проведении созологического анализа использовали категории и критерии версии 3.1, принятые Международным Советом по охране природы (МСОП) в 2001 году [7].

Результаты и их обсуждение. Изучение образцов рода *Parmotrema*, собранных на территории республики, позволило выявить 2 вида – *P. perlatum* (Huds.) M. Choisy и *P. stuppeum* (Tayl.) Hale, синонимы, история изучения, распространение и экология которых на территории Беларуси и в Европе приводится ниже.

Parmotrema perlatum (Huds.) M. Choisy, Bull. Mens. Soc. Linn. Soc. Bot. Lyon 21: 174 (1952). Syn. *Lichen perlatus* Huds., *Parmelia perlata* (Huds.) Ach., *Parmotrema chinense* auct. non (Osbeck) Hale & Ahti.

Первый вероятный представитель рода *Parmotrema* на территории Беларуси найден в 18 веке в окрестностях г. Гродно и приведен в [8] под названием *Lichen perlatus* L. Позднее, в 1887 году Ф. Блоньски привел *Parmelia perlata* L. f. *sorediata* Schaeg. для территории Национального парка (НП) «Беловежская пушча» [9]. В начале 19 века во «Флоре лишайников Средней России» А. А. Еленкиным был указан *Parmelia perlata* (L.) Ach., у которого, как он полагал, к числу менее постоянных, но все же более характерных признаков принадлежат беловатые точки (разрывы коры), обыкновенно усеивающие ее верхнюю поверхность [10]. В 1913 году Г. К. Крейер [11], а в 1914 году и Л. И. Любичкая [12] на поверхности коры этого вида приводят похожие признаки. Причем, как и А. А. Еленкин, Л. И. Любичкая отмечает, что собранный ею образец *Parmelia perlata* относится к f. *ceptrarioides*.

В период 1924–1925 гг. А. Н. Окснер и В. П. Савич в своих публикациях также указывают этот вид для республики, причем А. Н. Окснер в окрестностях г. Минска (н. п. Тиволи) описывает новую форму *Parmelia perlata* f. *sorediifera* Окнер [13]. При подведении итогов результатов исследований 1923 года на территории Беларуси, В. П. Савич пишет, что *Parmelia perlata* «... легко узнается по широкому слоевищу и белым крапинкам (от мелких округлых отверстий в верхней коре)» [14, с. 11]. В этой же работе им была отмечена одна из форм этого вида (*P. perlata* f. *ceptrarioides*), отличающаяся химической реакцией. Таким образом, надо полагать, что во всех случаях В. П. Савич, как и все предыдущие авторы, имел дело с образцами видов рода *Cetrelia*, а не с *Parmotrema perlatum*, о чем уже ранее упоминалось в предыдущем сообщении [15]. Подобные таксономические ошибки ранее были отмечены и другими авторами [16–19].

Поскольку многие из собранных В. П. Савичем, Л. И. Любичкой и Г. К. Крейером образцов *Parmelia perlata* (включая f. *ceptrarioides*), а также указания и ссылки на них других авторов [20, 21] не имеют никакого отношения к видам рода *Parmotrema*, приведенные ими источники информации нельзя считать правдоподобными. Наиболее достоверными следует считать данные Н. В. Горбач, которая свела вышеуказанные таксоны в синоним *Parmelia ceptarioides* Del. [22, с. 75–76; 23, с. 239–240]. Дальнейшие исследования показали, что все они относятся к видам рода *Cetrelia* [24]. Вероятно, по этой же причине указания В. П. Савича на произрастание *Parmelia perlata* в окрестностях н. п. Августова (Польша) [25], а также в других соседних с республикой регионах следует отнести к видам рода *Cetrelia*, а не к *Parmotrema perlatum*. В 1971 году *Parmelia perlata* был приведен в зоне широколиственных и смешанных лесах всей Европы (включая и Беларусь) как обычный вид [26].

Поскольку на сегодняшний день ни один из исторических образцов *Parmelia perlata* не удалось найти в доступных нам коллекциях, местонахождение в окрестностях г. Гродно (рисунок 1) является пока единствен-

ными достоверным подтверждением местообитания и произрастания *Parmotrema perlatum* на территории Беларуси, основанном на образцах, хранящихся в гербариях Беларуси. Второе место произрастания этого вида в Беларуси было приведено для центральной части республики (Минская область) и известно по данным литературы [27].

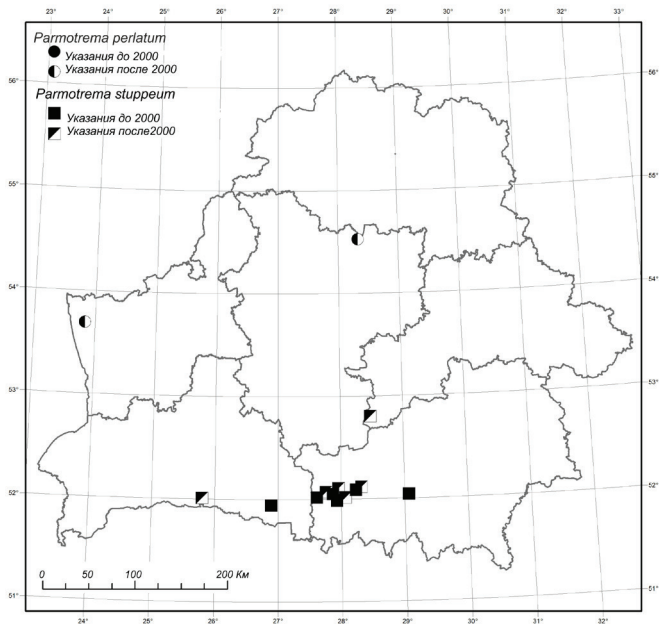


Рис. 1. Распространение видов рода *Parmotrema* в Беларуси.

Распространение и экология. *Parmotrema perlatum* – космополитный лишайник, известный в умеренных и тропических областях Земли [4, 28]. Большая часть видов рода *Parmotrema* произрастает в равнинных условиях или лесных поясах гор Европы и встречается от Скандинавии до Средиземноморья, а также на территории Западной и Восточной Европы. На сегодняшний день *P. perlatum* известен на территориях таких европейских стран, как Австрия [29], Беларусь [15], Бельгия [30], Великобритания [28, 31], Венгрия [32], Германия [33], Греция [32], Дания [34], Ирландия [35], Испания [36], Италия [16], Люксембург [30], Нидерланды [37], Норвегия [34], Польша [19], Португалия [32], Россия [26], Румыния [32], Сербия [32], Словакия [38], Словения [32], Турция [32], Украина [39], Франция [40], Хорватия [32], Черногория [32], Чехия [41], Швейцария [42] и Швеция [34].

В северной части Европы *P. perlatum* широко распространен на Британских островах, где особенно обильно произрастает на территории южного и западного побережья [31, 35]. В Германии *P. perlatum* встречается в предгорьях и на склонах гор в долинах рек, произрастая в открытых лиственных, особенно грабово-дубово-буковых лесах [33]. В Чехии из 14 местонахождений 13 были зафиксированы до 1950 года на дубе, ольхе черной, тополе и липе, а в 2004 году в Южной Богемии на скале было зафиксировано текущее его произрастание [43]. На территории Восточной Европы *P. perlatum* считается редким видом. Обычным и широко распространенным видом *P. perlatum* оказался на юге Европы, где его ареал в Италии охватывает всю территорию страны с максимальной частотой встречаемости вдоль западного побережья и предгорий Апеннин. Как эпифит он был отмечен на кустарнике; некоторые образцы были найдены на замшелом каменистом субстрате и, прежде всего, на территориях с высокой влажностью воздуха [16]. На территории Беларуси один из экземпляров этого вида, подобно образцам из Италии, был найден на мелких сучьях кустарника в лиственном лесу в локалитете с высокой влажностью воздуха.

Изученные образцы. Беларусь, Гродненская область, Гродненский район, окрестности г. Гродно, 53°44'N/23°48'E, на территории 13 форта Гродненской крепости, на сучьях кустарников во влажном лиственном лесу, 05.03.2005, О. Кулаковская (GRSU).

Parmotrema stuppeum (Tayl.) Hale, Phytologia 28: 339 (1974). Syn. *Parmelia stuppea* Tayl., *Parmotrema stuppea* (Tayl.) Hale.

Первое указание на произрастание этого вида на территории республики было сделано в 1971 году (как *Parmelia stuppea*) [26]. Через 15 лет, в 1986 году было приведено два его местонахождения для территории НП «Беловежская пуща» и одно для заказника «Мозырские овраги» [44], а спустя почти 20 лет – для НП «Припятский» [45].

На основании результатов исследований вид был рекомендован для использования в качестве индикатора старовозрастных лесов и включен в список лишайников кандидатов для 2-го издания Красной книги БССР [46, 47]. В статусе III категории охраны и как реликт субокеанической флоры третичного периода он вошел в ее состав [48]. В 2005 году в том же статусе охраны (VU) *Parmotrema stuppeum* включен в 3-е издание Красной книги РБ [49], а в 2015 в том же статусе охраны оставлен в 4-м издании Красной книги РБ [50].

Распространение и экология. *Parmotrema stuppeum* является преимущественно горным видом. Его местообитания и произрастания отмечены на территориях европейских предгорий в лесных поясах гор Австрии [29], Германии [51], Испании [36], Италии [16], Польши [19], Португалии [32], России [52], Украины [39], Франции [40], Чехии [41] и Швейцарии [42]. Распространение *P. stuppeum* напоминает распространение *P. perlatum* с той разницей, что *P. perlatum* почти полностью исчез с территории центрально-европейских гор [16, 33]. По данным литературы в юго-западной части Германии *P. stuppeum* произрастает в предго-

рьях в открытых лиственных лесах, и, прежде всего, на старых деревьях, (предпочтительно дубе). Также как и *P. perlatum*, является теплолюбивым и влаголюбивым видом [33]. В соседней Польше современные сборы *P. stuppeum* были сделаны исключительно в лесных поясах гор на *Fagus sylvatica* L. (один образец был найден на коре *Pyrus communis*) [19]. В Украине он встречался единично, реже группами на лиственных породах, замшелых скалах и валунах в Карпатах и Прикарпатье [39]. На территории России этот вид известен на Кавказе и Дальнем Востоке [52, 53].

В Беларуси *Parmotrema stuppeum* распространен в южной части республики (рис. 1, табл. 1): в Житковичском (15 местонахождений) и Мозырском (1) районах Гомельской области, в Ивановском (1) и Столинском (1) районах Брестской области и Глусском районе Могилевской области (1). Как отмечалось в [54], *P. stuppeum* является редким и уязвимым лишайником, относящимся к группе «южных» Полесских видов, основная концентрация которых известна на территории НП «Припятский».

Таблица 1. Количество местонахождений *Parmotrema stuppeum* в Беларуси

| Административное деление | | Количество местонахождений | |
|--------------------------|--------------|----------------------------|-----------------|
| Область | Район | До 2000 года | После 2000 года |
| Гомельская | Житковичский | 9 | 6 |
| | Мозырский | 1 | – |
| Брестская | Ивановский | – | 1 |
| | Столинский | 1 | – |
| Могилевская | Глусский | – | 1 |

Современные сборы *Parmotrema stuppeum* представлены 8 местонахождениями, из которых 2 оказались ранее неизвестными в республике (Глусский район Могилевской области, Ивановский район Брестской области). В Беларуси этот вид оказался наиболее распространенным в местах массовой концентрации грабовых лесов и пойменных дубрав, характеризующихся высоким уровнем влажности [54, 55]. В условиях лесных поясов гор Европы фитоклимат буковых лесов создает более стабильные и благоприятные условия влажности для произрастания *P. stuppeum*, что, например, подтверждается основными его местонахождениями на буке лесном в южной части Польши [19]. Территория Беларуси располагается за пределами ареала бука, где в равнинных условиях его замещает граб обыкновенный (*Carpinus betulus* L.), который совместно с дубом черешчатым (*Quercus robur* L.) создает схожие условия. Об этом свидетельствует значительное число местонахождений *P. stuppeum* на *Quercus robur* – 19 образцов. Другими субстратами для данного вида выступили *Populus tremula* L. – 3 образца, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn и *Fraxinus excelsior* L. – по 2, *Acer platanoides* L., *Carpinus betulus* и *Picea abies* (L.) Karst. – по 1 образцу.

Изученные образцы. Беларусь. Брестская область, Ивановский район, 51°58'N/25°43'E, Пинский лесхоз, Завишанское лесничество, ельник кисличный, на ветвях ели обыкновенной, 26.11.2014, П. Н. Белый (MSKH 6126); Столинский район, 51°58'N/26°52'E, дубовый лес, на дубе, 20.05.1981, В. В. Голубков (GRSU); Гомельская область, Мозырский район, Моисеевское лесничество, 52°04'N/29°04'E, дубовый лес, на дубе, 21.05.1983, В. В. Голубков (GRSU); Житковичский район, на ольхе черной, 19.06.1958, Д. К. Гесь (GRSU, MSK 6540); Житковичский район, 52°09'N/27°51'E, окр. д. Черетянка (2,9 км к ЮЗ), ельник кисличный, на ветвях дуба черешчатого, 05.11.2015, П. Н. Белый (MSKH 6292); 52°09'N/27°48'E, окр. д. Оцкованое (0,8 км к С), дубрава кисличная, на ветвях дуба черешчатого, 05.11.2015, П. Н. Белый (MSKH 6291); НП «Припятский», Переровское лесничество, 52°03'N/28°11'E, дубовый лес, на дубе, 15.07.1971, Н. В. Горбач (MSK-9321); то же лесничество, 52°05'N/28°12'E, дубовый лес, на дубе, 10.06.1974, О. П. Шахрай (GSU620); то же лесничество, 52°05'N/28°12'E, ясеневый лес, на ясене, 10.06.1975, Л. Н. Парукова (GSU619); то же лесничество, 52°03'N/27°54'E, дубовый лес, на дубе, 21.08.1982, В. В. Голубков (GRSU, MSK); то же лесничество, в окрестностях д. Хлупинская Буда, 52°02'N/28°10'E, дубовый лес, на осине, 24.09.1982, В. В. Голубков (GRSU, MSK); то же лесничество, 52°03'N/28°05'E, грабово-дубовый лес, на ясене и упавшем дубе, 27.09.1982, В. В. Голубков (GRSU, MSK); то же лесничество, окр. д. Переровский Млынок (6 км к С), 52°03'N/28°05'E, дубово-сосново-березовый лес, на дубе и осине, 17.09.2010, В. В. Голубков (GRSU); то же лесничество, окр. д. Переров (8 км к Ю), 52°01'N/28°00'E, дубово-сосновый лес, на замшелом стволе дуба, 17.09.2010, В. В. Голубков (GRSU); то же лесничество, 52°03'N/28°11'E, черноольховый лес, на стволах ольхи черной, граба и дуба, 28.08.2011, А. П. Яцына (MSK 8177, 8181, 8188); НП «Припятский», Ричевское лесничество, окр. д. Хочень (3,5 км к Ю), 52°01'N/27°44'E, на дубе, 23.08.2010, В. В. Голубков, А. А. Свирид (GRSU); НП «Припятский», Найдянское лесничество, 52°06'N/27°58'E, дубовый лес, на дубе, 27.09.2011, А. П. Яцына (MSK 8252); НП «Припятский», Озеранское лесничество, 52°01'N/27°56'E, березовый лес, на клене, 16.06.1971, О. П. Шахрай (GSU); Могилевская область, Глусский район, Славковичское лесничество, 52°43'N/28°24'E, грабово-дубовый лес, на дубе, 26.04.2011, А. П. Яцына (MSK 7323, 7324).

Природоохранный (созологический) анализ видов рода *Parmotrema*. Как в Беларуси [48–50], так и в Европе [19, 33, 36, 41, 52, 56, 57] многие из видов рода *Parmotrema* стали объектами Красных списков и Красных книг, а некоторые находятся уже в угрожаемом состоянии (табл. 2).

На территории Северной Европы *P. perlatum* еще не входил в категорию угрожаемых видов, хотя в некоторых регионах Норвегии [60] и Великобритании [58] он уже попал в зону внимания (табл. 2).

Таблица 2. Природоохранный статус видов рода *Parmotrema* в Европе

| Вид | Страны Европы* | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | GB | DK | NO | DE | AT | CZ | SK | PL | BY | UA | CH | IT |
| Критерии по IUCN, 2001** | | | | | | | | | | | | |
| <i>P. perlatum</i> | LC [58] | EN [59] | VU [60] | VU [51] | EN [42] | CR [41] | CR [41] | CR [19] | – | R [56] | VU [42] | DD [61] |
| <i>P. stuppeum</i> | – | – | – | EN [51] | EN [42] | RE [41] | RE [41] | EN [19] | VU [50] | EN [39] | EN [42] | EN [61] |

* GB – Великобритания, DK – Дания, NO – Норвегия, DE – Германия, AT – Австрия, CZ – Чехия, SK – Словакия, PL – Польша, BY – Беларусь, UA – Украина, CH – Швейцария, IT – Италия;

** R – редкий; LC – требующий внимания; VU – уязвимый; EN – угрожаемый; CR – критически угрожаемый; RE – регионально вымерший, DD – недостаточно изученный.

На территории Центральной Европы, где ранее *P. perlatum* считался широко распространенным видом, уже концу 20 века в результате загрязнения воздуха либо заготовки леса он оказался под угрозой полного исчезновения (CR) [19, 33, 41–43, 62]. Аналогичная ситуация была отмечена и в Восточной Европе. В частности, в юго-западной части Польши *P. perlatum* грозила опасность полного исчезновения, поскольку некоторые местонахождения этого вида до 1960 года считались уже исчезающими. В настоящее время его относят к видам, находящимся уже на грани полного исчезновения (CR) [19]. В странах Западной и Южной Европы благодаря благоприятному климату *P. perlatum* оказался вне зоны внимания Красных списков и Красных книг.

В отличие от предыдущего вида, *P. stuppeum* не отмечался для территорий стран Северной Европы. В Центральной Европе он считается редким видом (в Чехии), либо уже попал в категорию угрожаемых видов (в Австрии, Германии, Швейцарии) (табл. 2). На территории Польши *P. stuppeum* имеет только одно современное местонахождение, и, как и *P. perlatum*, находится под угрозой исчезновения [19]. На юге Европы *P. stuppeum* под влиянием загрязнения воздуха и нарушения естественной среды обитания также оказался под угрозой исчезновения [16].

В Беларуси *P. stuppeum* изучался более 20 лет и стал объектом 3-х изданий Красной книги РБ [48–50]. В текущем издании [50], он отмечен как вид, которому не грозит прямая угроза исчезновения (III категория национальной охраны). Современные исследования подтвердили эту точку зрения, и причины, вызвавшие сокращения численности этого вида в республике, сегодня не вызывают серьезных опасений. В подтверждение этому служит количество современных местонахождений этого вида (8 локалитетов) за последние годы (табл. 1). Кроме того, вероятной причиной сохранения и возможного увеличения распространения *P. stuppeum* на юге республики предположительно может служить глобальное потепление, отмечавшееся в последние десятилетия. Влияние глобаль-

ного потепления на распространение *P. perlatum* было ранее отмечено для Нидерландов [57, 63]. Таким образом, у *P. stuppeum*, констатируется появление положительной экологической стабильности и увеличение количества новых местонахождений, два из которых ранее считались неизвестными в республике.

Заключение. Исследование видов рода *Parmotrema* показало, что за последнее десятилетие у *P. stuppeum* на территории Беларуси наблюдается положительная экологическая стабильность, вероятной причиной которой могло стать глобальное потепление. Количество местонахождений *P. perlatum*, установленных за последние 10 лет, не позволяет делать оптимистические прогнозы для сохранения этого вида. Скорейшее его включение в последующее издание Красной книги РБ с присвоением ему наивысшей категории охраны положит начало решению этой проблемы.

Полученные данные могут использоваться для индикации лесов старого возраста, индикации изменения климата в условиях Беларуси и для обоснования организации природоохранных территорий. В дальнейшем рекомендуется проведение мониторинга и организации поиска, новых локалитетов указанных выше видов на всей территории республики.

Литература

1. Massalongo A. // Atti del I.L.R. Istituto Neneto di Scienze, Lettere ed Arti, Serie 3. 1860. Vol. 5. P. 247–276.
2. Vainio E. A. // Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica. 1890. Vol. 7. P. 1–247.
3. Dodge C. W. // Annals of the Missouri Botanical Garden. 1959. Vol. 46. P. 39–193.
4. Hale M. E. // Contrib. U. S. Nat. Herb. 1965. Vol. 36. P. 193–358.
5. Hale M. E. // Phytologia. 1974. Vol. 28. P. 334–339.
6. Orange A., James P. W., White F. J. Microchemical methods for the identification of lichens. London: British Lichen Society, 2001. 101 p.
7. 2001 IUCN Red List Categories and Criteria version 3.1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iucnredlist.org/technical-documents/categories-and-criteria/2001-categories-criteria>. – Дата доступа: 21.06.2016.
8. Gilibert J. E. Exercitia phytologica quibus omnes plantae europaeae, quas vivas invenit in variis herbationibus, seu in Lithuania, Gallia ...: [Texto impreso] volumen primum: plantae lithuanicae cum lugdunensibus comparatae. ex Typis J. B. Delamolliere, 1792. 601 p.
9. Blonski F., Drimmer K., Ejsmond A. // Pam. fizyogr. 1888. Vol. 8, № 3. P. 96–103.
10. Еленкин А. А. Флора лишайников Средней России. Ч. 1. Предисловие. Общая часть. Систематическая часть: сем. Umbilicariaceae, Parmeliaceae, Stereocaulaceae. Юрьев: Тип. К. Маттисена, 1906. 183 с.
11. Крейер Г. К. // Труды Императорского С.-Петербургского Ботанического Сада. 1913. Т. 31, № 2. С. 263–440.
12. Любичкая Л. К. // Труды Императорского Петроградского Общества Естествоиспытателей. 1914. Т. 44–45. С. 185–195.
13. Окснер А. Н. // Изв. Киев. ботан. сада. 1924. № 1. С. 27–36.

14. Савич В. П. // Зап. Белорус. Гос. Ин-та сельск. и лесн. хоз-ва. 1925. № 4. С. 10–11.
15. Tsurykau A., Golubkov V., Bely P. // *Herzogia*. 2015. Vol. 28, № 2. P. 743–752.
16. Coassini-Lokar L., Nimis P.L., Geatti M. // *Webbia*. 1987. Vol. 41, № 1. P. 125–142.
17. Culberson W.L., Culberson C.F. // *Contrib. U.S. Natl. Herb.* 1968. Vol. 34, № 7. P. 449–558.
18. DuRietz G.E. // *Sven. Bot. Tidskr.* 1924. Vol. 18. P. 371–396.
19. Jabłońska A., Oset M., Kukwa M. // *Acta Mycologica*. 2009. Vol. 44, № 2. P. 211–222.
20. Томин М. П. Определитель лишайников БССР. Ч. 1. Кустистые и листоватые формы. Минск: АН БССР, 1936. 74 с.
21. Yurchenko E.O. *Lichens of Belarus: an illustrated electronic handbook*. Minsk: K. E. Dovgailo, 2011.
22. Горбач Н. В. Определитель листоватых и кустистых лишайников БССР.– Минск: Наука и техника, 1965. 180 с.
23. Горбач Н. В. Лишайники Белоруссии: Определитель. Минск: Наука и техника, 1973. 582 с.
24. Randlane T., Saag A. // *The Lichenologist*. 1991. Vol. 23. P. 113–126.
25. Савич В. П. // *Известия Гл. Ботан. Сада*. 1923. Т. 22, № 2. С. 7.
26. Определитель лишайников СССР. Вып. 1. Пертузариевые, Леканоровые, Пармелиевые // Под ред. И. И. Абрамова. Л.: Наука, 1971. 412 с.
27. Motiejūnaitė J., Grochowski P. // *Herzogia*. 2014. Vol. 27, № 1. P. 193–198.
28. *The lichens of Great Britain and Ireland* // Eds.: C.W Smith, A. Aptroot, B. J. Coppins, A. Fletcher, O.L. Gilbert, P.W. James, P.A. Wolsley. London: British Lichen Society, 2009. 1046 p.
29. Hafellner J., Turk R. // *Stapfia*. 2001. Vol. 76. P. 98.
30. *The lichens and lichenicolous fungi of Belgium, Luxembourg and northern France*. [Электронный ресурс].–Режим доступа: <http://www.lichenology.info/>–Дата доступа: 21.06.2016.
31. Seaward M. R.D., Hitch C. J.B. *Atlas of the lichens of the British Isles*. Cambridge: Institute of Terrestrial Ecology. 1982. 186 p.
32. Hawksworth D. L., Blanco O., Divakar P.K., Ahti T., Crespo A. // *The Lichenologist*. 2008. Vol. 40. P. 1–21.
33. Wirth V. *Die Flechten Baden-Württembergs*. Stuttgart: Ulmer-Verlag, 1995. 1006 p.
34. Thell A., Moberg R. *Nordic Lichen Flora*. Vol. 4. Parmeliaceae. Göteborg: Museum of Evolution, 2011. 184 p.
35. *Lichens of Ireland project*. Lichen: *Parmotrema perlatum* [Электронный ресурс].–Режим доступа: <http://www.lichens.ie/lichen-descriptions/foliose/parmotrema-perlatum/>.–Дата доступа: 21.06.2016.
36. Llimona X., Hladun N.L. // *Bocconea*. 2001. Vol. 14. P. 1–581.
37. Aptroot A., Brand M., van Herk K., Sparrius L. // *Buxbaumiella*. 2004. Vol. 69. P. 17–55.
38. Lisická, E. *The Lichens of the Tatry Mountains*. Bratislava: Slovak Academy of Sciences, 2005. 439 p.

39. Окснер А. М. Флора лишайників України. Т. 2. Вип. 2. Київ: Наук. думка, 1993. С. 209–214.
40. Roux C. // *Bull. Soc. linn. Provence*. 2012. Vol. 16. P. 1–220.
41. Liška J., Palice Z. // *Příroda, Praha*. 2010. Vol. 29. P. 3–66.
42. Scheidegger C., Clerc P., Dietrich M., Frei M., Groner U., Keller C., Roth I., Stofer S., Vust M. Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Baum- und erdbewohnende Flechten. Bern, Birmensdorf, Genève: BUWAL, WSL und CJBG, 2002. – 124 s.
43. Vondrák J., Liška J. // *Biologia*. 2010. Vol. 65, № 4. P. 595–602.
44. Голубков В. В. // *Ботаника (исследования)*. 1986. Вып. 27. С. 139–141.
45. Голубков В. В. // *Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: Материалы III междунар. науч.–практ. конф., (г. Гомель, октябрь 2001 г.)*. Гомель, 2001. С. 36–37.
46. Голубков В. В. // *Тезисы докладов 11 симпозиума микологов и лишенологов Прибалтийских республик и Белоруссии*. Таллинн, 1988. С. 125–128.
47. Голубков В. В. *Лишайники охраняемых природных территорий Белоруссии (флористическая и эколого-флористическая характеристика)*. Дисс. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 1992. 187 с.
48. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь: Рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення віды жывёл і раслін // Пад. рэд. А. М. Дарафеева. Мінск: БэлЭн, 1993. – 560 с.
49. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений. Растения. // под. ред. Л. И. Хоружика. Минск: БэлЭн, 2005. – 456 с.
50. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений. Растения // под. ред. И. М. Качановского (предс.) [и др.]. Минск: БэлЭн, 2015. – 448 с.
51. Wirth V. Rote Liste und Artenverzeichnis der Flechten Baden-Württembergs. Rastatt: Greiserdruck, 2008. 64 s.
52. Otte V. // *Abh. Ver. Naturkundemus*. 2007. Bd. 79, № 1. S. 131–140.
53. Чабаненко С. И., Скирина, И. Ф., Княжева Л. А. Список лишайников Приморского края и обитающих на них грибов. Южно-Сахалинск: Сахалинский ботанический сад СахНЦ ДВО РАН, 2002. 89 с.
54. Голубков В. В. *Лишайники Национального парка «Припятский»*. Минск: Беларус. Дом печати, 2011. 192 с.
55. Юркевич И. Д., Голод Д. С., Адерихо В. С. *Растительность Беларуси, ее картографирование, охрана и использование*. Минск: Наука и техника, 1979. 248 с.
56. Червона книга України // под ред. Шеляг-Сосонка. Киев: Из-во «Українська енциклопедія» імені М. П. Бажана, 1996. 518 с.
57. van Herk C. M., Aptroot A., van Dobben H. F. // *The Lichenologist*. 2002. Vol. 34. P. 141–154.
58. Woods, R.G. *A lichen Red Data List for Wales*. Salisbury: Plantlife, 2010. 69 p.
59. Stoltze M., Pihl S. *Rødliste 1997 over planter og dyr i Danmark*. Copenhagen: Miljø- og Energiministeriet, 1998. 219 s.
60. Jordal J. B., Johnsen J. I. *Miljørapport nr. 1–2008. Supplerande kartlegging av naturtypar i Rogaland i 2007*. Stavanger, 2008. 222 p.

61. Ravera S., Nimis P.L., Brunialti G., Frati L., Isocrono D., Martellos S., Munzi S., Nascimbene J., Potenza G., Tretiach M. // *Fitosociologia*. 2011. Vol. 48, № 2. P. 145–153.
62. Pišút I. // *Ochr. Prír.* 2001. Vol. 20. P. 23–30.
63. Aptroot A., van Herk C. M. // *Environ. Pollut.* 2007. Vol. 146. P. 293–298.

В. В. ГОЛУБКОВ, П. Н. БЕЛЫЙ, А. Г. ЦУРИКОВ
**ЛИШАЙНИКИ РОДА *PARMOTREMA* MASSAL. (PARMELIACEAE)
В БЕЛАРУСИ**

Резюме

В статье проведен подробный анализ систематики и экологии представителей рода *Parmotrema* в Беларуси, а также установлен их природоохранный статус. На территории республики выявлено 2 вида – *P. perlatum* (Huds.) M. Choisy и *P. stuppeum* (Tayl.) Hale. За последнее десятилетие у *P. stuppeum* наблюдается положительная экологическая стабильность, количество местонахождений *P. perlatum* не позволяет делать оптимистические прогнозы для сохранения этого вида. Скорейшее его включение в Красную книгу РБ с присвоением наивысшей категории охраны положит начало решению этой проблемы.

U. U. HALUBKOU, P. M. BELY, A. H. TSURYKAU
**LICHEN GENUS *PARMOTREMA* MASSAL. (PARMELIACEAE)
IN BELARUS**

Summary

The article deals with systematics, ecology and conservation status of the genus *Parmotrema* in Belarus. Two taxa have been identified in the country, namely *P. perlatum* (Huds.) M. Choisy and *P. stuppeum* (Tayl.) Hale. Over the last decade, the former species has positive ecological stability while the number of localities of the latter does not allow being optimistic for its conservation. Inclusion of *P. perlatum* in the Belarusian Red Data Book with the highest protection category can start to solve the problem.

Поступила в редакцию 27.07.2016 г.

А. Ю. ДОКШИНА¹, М. А. ДЖУС²
**АСТРАГАЛ ЭСПАРЦЕТНЫЙ (*ASTRAGALUS ONOBRUCHIS* L.,
FABACEAE, GALEGEAE) ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ**

¹Центральный ботанический НАН Беларуси

²Белорусский государственный университет

Введение. В ходе изучения коллекционных материалов по видовому составу семейства Бобовые во флоре Беларуси в Гербарии Ботанического института им. В. Л. Комарова нами был обнаружен образец астрагала эспарцетного (*Astragalus onobrychis* L.), собранного Р. Пабо в окрестностях г. Гомеля в 1853 г. Спонтанное произрастание этого вида на территории Беларуси ранее отмечалось лишь по литературным данным.

Материалы (объекты) и методы исследования. При работе и документировании гербарных образцов использовались общепринятые методики [1]. Определение проводилось с помощью имеющихся в литературе и сети Интернет диагностических ключей и рисунков, касающихся диагностики видов рода. Регионы, при характеристике общего распространения вида, указаны по Brummitt et al. [2].

Результаты и их обсуждение. Астрагал – один из крупнейших родов цветковых растений, насчитывает от 2500 до 3000 видов, распространенных, главным образом, в аридных и семиаридных областях Голарктического флористического царства. В странах СНГ насчитывается около 1000 видов астрагалов. Основным очагом таксономического разнообразия и формирования этого полиморфного рода является Средняя Азия. Из 600 видов астрагалов, обитающих там, около 350 являются эндемиками. Систематика астрагалов изучена недостаточно. Многие виды, входящие в состав рода полиморфны, что обусловлено процессами интенсивного видообразования. В таксономическом отношении род дифференцирован на два подрода и более 100 в различной степени обособленных секций. Несмотря на чрезвычайный полиморфизм, род *Astragalus* является целостным и монофилетическим таксоном, что подтверждают данные молекулярной систематики [3].

В Беларуси в естественных условиях встречается 4 вида рода: *Astragalus arenarius* L. (астрагал песчаный), *A. cicer* L. (а. нутовый), *A. danicus* Retz. (а. датский) и *A. glycyphyllos* L. (а. солодколистный) [4]. По данным литературы для бывшей Могилевской губернии указывается также *A. depressus* L. (а. прижатый) [5]. В культуре, в основном в ботанических садах г. Минска, выращивается около 20 видов астрагалов [6, 7].

Краткая история изучения *Astragalus onobrychis* в Беларуси. Сведения о произрастании *A. onobrychis* на территории Беларуси приводятся в самых ранних работах, касающихся ее флористического изучения. Вид неоднократно регистрировался здесь и в дальнейшем. Вероятно первым указанием является работа Ж. Э. Жилибера «*Flora lithuanica inchoata...*», в четвертом томе которой в 1782 г. этот вид, под названием *Astragalus longiflorus* Gilib., указывался для пригорода г. Гродно – усадь-

бы Станиславо «in arvis prope Grodnam, florebat Stanislawow»¹ [8]. Несколько позже (в 1792 г.) это же указание Жилибер повторяет без изменений в своей работе «Exercitia phytologica...» [9]². В 1850 г. *A. onobrychis* приводится Э. Линдеманом для бывшей Гродненской губернии «in pratis siccis. Grodn. Jun.» [10]. В 1882 г. К. А. Чоловский указывает этот вид для бывш. Могилевской губернии [11]. В 1889 г. К. Дриммер привел *A. onobrychis* для Беловежской пушчи «Uroczyska: Podcerkiewne Lado, Sosnowe, Leśne, Łuki i Moreńska hrada» [12]. По мнению И. К. Пачоского, все эти указания сомнительны и относятся к *A. danicus* Retz., однако достоверно это было установлено им лишь для исследованного гербарного материала из Беловежской пушчи [13]. В последующих работах, посвященных флоре Беларуси, новые локалитеты *A. onobrychis* не указываются, а во «Флоре Беларуси» сказано, что «О нахождении этого вида в пределах республики пока достоверных сведений не имеется, но он указан во «Флоре СССР» для верхнего Днепра» [14]. Все это, вероятно, послужило причиной исключения вида из списка флоры республики [4, 15, 16]. *Astragalus onobrychis* в Беларуси неоднократно привлекался в культуру. Вероятно, первые сведения об этом датируются 1928 г. (ботанический сад Белорусской Государственной сельскохозяйственной академии, г. Горки) [17]. В ботаническом саду БГУ этот вид выращивался с 1949 по 1961 г.³ [18]. С 1976 г. *A. onobrychis* культивировался в центральном ботаническом саду НАН Беларуси (семена были получены в 1974 г. из Вюрцбургского ботанического сада (Германия)) [6]. Гербарные сборы этого вида, собранные в 1975 и 1977 гг. на территории ботанического сада, хранятся в коллекционных фондах этого учреждения (MSKH). *Astragalus onobrychis* значился в делектусах ЦБС НАН Беларуси также в 1987, 1996–1997, 2000–2001 гг. В настоящее время в ботанических садах г. Минска этот вид выращивается редко.

В 2013 г. при изучении коллекционных материалов по видовому составу семейства Бобовые во флоре Беларуси в Гербарии Ботанического института им. В. Л. Комарова нами был обнаружен образец *A. onobrychis* L., собранный в 1853 г. Робертом Пабо в окрестностях г. Гомеля – «пров. Mohilew (Homel). 26.06.1893. Нб. Dr. Pabo» (рис. 1). Данный локалитет расположен за северной границей сплошного распространения вида в Европе.

¹ В настоящее время находится в черте г. Гродно, на территории Гродненского аграрного университета (на пересечении ул. Тимирязева и ул. Терешковой).

² В Гербарии Института ботаники им. Н. Г. Холодного (KW), где хранятся сборы И. Жилибера, цитируемый образец нами не обнаружен.

³ Гербарные образцы, собранные Н. О. Цеттерман в 1950 г., хранятся в Гербарии кафедры ботаники БГУ (MSKU).



Рис. 1. Гербарный образец *Astragalus onobrychis* с территории Беларуси (LE).

Систематическое положение и номенклатура. Астрагал эспарцетный относится к трибе Galegeae (Bronn) Torr. et Gray, подроду *Cercidonthrix* Bunge и является типовым видом секции *Onobrychium* Bunge.

Astragalus onobrychis L. 1753, Sp. Pl.: 760; Jundzill S.B. 1811, Opis. roślin.: 218; Eichwald, 1830, Naturh. Skizze...: 167; Ledebur, 1841–1842, Fl. Ross., 1: 608, p.p.; Lindemann E. 1850, Prodromus florarum, 1850, 23, 2: 475; Шмальгаузен, 1895, Фл. Ср. и Южн. Росс... 1: 279; Пачоский, 1897, Фл. Польска и прил. мьст., 27, 2: 163; Борисова, 1946, Фл. СССР, 12: 484. – *Astragalus longiflorus* Gilib. 1782, Fl. Lith..., 4: 111; Giliber, 1792, Exerc. phytol... 1: 268. – Астрагал эспарцетный, или эспарцетовый.

Описан из Европы (Австрии), по протологу «Habitat in Austria», лектотип Gerber, Herb. Linn. No. 926.8 (LINN) выбран Chamberlain et Matthews in Davis (ed.), Fl. Turkey, Vol. 3: 211 (1970) фото!).

Astragalus onobrychis чрезвычайно полиморфный таксон, в пределах которого выделяется около 15 разновидностей. Некоторые из них нередко рассматриваются в качестве самостоятельных видов. Вместе с тем, *A. onobrychis* характеризуется значительной экологической, возрастной и географической изменчивостью. В различных частях ареала из его состава выделено несколько эндемичных видов: *A. elenevskyi* Sytin, *A. borysthenicus* Klokov, *A. troizkii* Grossh. и др. [19, 20]. Их таксономический статус остается спорным.

По отношению к другим видам рода, встречающимся в Беларуси, *A. onobrychis* морфологически несколько сходен с *A. danicus* Retz., от которого он отличается двухконечными (а не простыми) трихомами, более густым и обычно прижатым (а не отстоящим) опушением стебля и листьев, а также несколько более длинными бобами.

Морфологическое описание. *Astragalus onobrychis* – многолетнее травянистое стержнекорневое, каудексное растение высотой (20)30–60(80) см. Стебли многочисленные, прямостоячие или приподнимающиеся, прижато-волосистые. Корневище утолщенное, деревянистое. Листорасположение очередное. Листья непарно-перистосложные, 5–10 см длиной. Листочков (6)8–16(18) пар, 0,9–2,0(2,5) см длиной и 2–3 мм шириной, от

продолговато-яйцевидных до узкоэллиптических и линейно-ланцетных. Листочки тупые или заостренные, с коротким шипиком на верхушке, на коротких черешочках или сидячие, сверху почти голые, снизу – обычно прижато опушенные двухконечными кроющими трихомами. Прилистники свободные или до половины сросшиеся, 4–7(8) мм длиной, трехгольные. Цветки по 10–20 собраны в кистевидные соцветия. Цветоносы прямостоячие, 7–20 см длиной, почти равные или чаще превышающие по длине листья в 1,5–2 раза. Кисти пазушные, густые, головчатые или продолговатые, 1,5–5 см длиной, при плодах удлиняющиеся до 7–10 см. Прицветники пленчатые, ланцетные, (2)2,5–4,0 мм длиной, немного или почти вдвое короче чашечки. Чашечка трубчато-колокольчатая, (5)7–10(12) мм длиной, опушенная прижатыми или немного отстоящими беловатыми и черноватыми двуконечными кроющими трихомами. Зубцы чашечки (2)3–4(5) мм длиной. Венчик фиолетовый, мотылькового типа. Флаг венчика (15)16–25(28) мм длиной, продолговато-яйцевидный, шириной до 5–10 мм, на верхушке притупленный или слегка выемчатый. Крылья венчика почти в 2 раза короче флага, 10–14 мм длиной и около 3 мм шириной. Лодочка немного короче крыльев. Тычинок 10. Андроцей двубратственный. Стилодий голый. Боб продолговато-яйцевидный, (8)11–15(20) мм длиной и 4–5 мм шириной, постепенно переходящий в носик 2–3 мм длиной, рассеянно опушенный слегка оттопыренными длинными белыми или буроватыми (редко черными) кроющими трихомами, округлый или почти трехгранный на поперечном срезе, на спинке желобчатый, с 10–12 семяпочками. Семена почти округлые, буровато-коричневые. Число хромосом соответствует октоплоидному уровню $2n=8x=64$ [19, 21, 22]. Имеются единичные указания о нахождении диплоидных ($2n=16$) и тетраплоидных ($2n=32$) цитотипов в Крыму и на Кавказе соответственно [22].

Распространение. *Astragalus onobrychis* – европейско-западносибирский степной и лесостепной вид. На юг лесной зоны проникает преимущественно по долинам рек, реже встречается в качестве заносного растения [20].

Общее распространение: Центр. (Швейцария, Австрия, Венгрия, Германия, Чехия, Словакия, Польша), ЮЗ (Испания, Франция), ЮВ (Албания, Болгария, Греция, Италия, Румыния, Босния-Герцеговина, Хорватия, Македония, Черногория, Сербия, Словения), В. (Украина, Молдова, Беларусь, Россия) Европа, Кавказ (республика Ингушетия, Дагестан, Кабардино-Балкарская и Карачаево-Черкесская республика, Северная Осетия, Краснодарский и Ставропольский край, указывается для Азербайджана, Армении и Грузии), Ср. (Казахстан), З (Турция, Иран) Азия, Монголия, Сибирь (Тюменская, Курганская, Новосибирская, Челябинская, Свердловская, Омская области, Алтайский край, республика Алтай), С. (Алжир) Африка. Культивируется и иногда дичает в других регионах [20, 21].

Распространение в сопредельных регионах: в европейской части России встречается в степных и лесостепных преимущественно в черноземных регионах: Центральный федеральный округ: Брянская, Московская, Курская, Орловская, Тульская, Белгородская, Липецкая, Рязанская,

Воронежская, Тамбовская области; Приволжский федеральный округ: Нижегородская, Пензенская, Ульяновская, Саратовская, Самарская, Оренбургская области, Пермский край, республика Мордовия, Башкортостан, Удмуртия, Чувашия и Татарстан, Южный федеральный округ: Ростовская, Волгоградская области, республика Калмыкия. Северная граница ареала проходит по территории Орловской, Тульской, югу Рязанской, Нижегородской областям [20, 24]. Севернее встречается как редкое заносное растение. Указание для Брянской области требует подтверждения (устное сообщение Панасенко Н. Н.). В Украине произрастает по всей территории (но к северу, в лесных районах – редко). Северная граница проходит через пос. Турыйск (Волынская область), с. Гремячее (Ровненская область), г. Житомир, г. Киев [25]. По данным литературы указывается также для Черниговской области [23]. В Польше произрастает почти исключительно в юго-восточной части страны в пределах Люблинского воеводства [26]. В странах Балтии отмечен только в Литве, где было известно единственное местонахождение на берегу р. Свента (Швянтойи) в северо-западной части страны. В последнее время в данном локалитете вид не обнаружен [27].

Фитоценология, экология, биология. *Astragalus onobrychis* – многолетний травянистый стержнекорневой поликарпик, гемикриптофит. Цветет в июне–июле. Подносит в июле–августе. В пределах ареала произрастает на остепнённых лугах, луговых степях, склонах, на песчаных и щебнистых почвах. Является характерным видом союзов *Festucion valesiacae* Klika 1931 и *Helictotricho-Stipion* Toman 1969. Встречается также вдоль шоссе и железных дорог, по высоким берегам рек, деградированным степным сообществам. Как и другие представители семейства, за счет ризобиального симбиоза с клубеньковыми бактериями способствует обогащению почвы азотными соединениями. Ценотическая значимость вида небольшая. На нарушенных участках в течение непродолжительного времени может выступать в качестве содоминанта. После восстановления растительности и в естественных фитоценозах обычно является асектатором. В этом качестве (после увеличения задернованности и проективного покрытия травостоя) может долгое время сохраняться в фитоценозе благодаря устойчивости взрослых особей и периодическому или эпизодическому пополнению популяции молодыми особями при семенном размножении. По жизненной стратегии является эксплерентом с выраженными чертами пациента. *Astragalus onobrychis* – вид с широкой экологической амплитудой. Как характерный лугово-степной вид, он обычно приурочен к условиям полного освещения (9-я ступень шкалы Элленберга), предпочитая невысокие разреженные травостои. По Д. Н. Цыганову, *A. onobrychis* предпочитает довольно богатые по общему солевому режиму почвы (балл 6–10), содержащие, однако, небольшое количество минерального азота (балл 1–7). Вид является субсерофитом (балл 2–13) и нейтрофитом, встречаясь на субстратах от слабощелочных до слабощелочных (балл 7–11). Однако в странах центральной Европы позиционируется как вид, характерный для щелочных почв, выступающий индикатором высокого содержания извести (9-я ступень по шкале Элленберга). Распространен

в регионах с довольно суровыми и с теплыми зимами (балл 5–12), как с океаническим, так и континентальным типом климата (балл 2–13), от мезоаридной до субгумидной зон (балл 9–15) [6, 14, 19, 20, 25].

Хозяйственное значение. Различные виды астрагалов имеют важное практическое значение. Некоторые из них (преимущественно многолетники) являются доминантами и эдификаторами степных сообществ равнинных ландшафтов, а также нагорных формаций. Однолетние виды в составе ксерофитной растительности пустынных биомов образуют синузии весенних эфемеров. Среди астрагалов известны ценные кормовые, лекарственные, фитомелиоративные, пищевые и декоративные, а также ядовитые растения [3]. Астрагалы представляют значительный интерес для интродукции и использования в кормопроизводстве, обладая многими ценными качествами кормовых растений: долголетием в агроценозах, высокой урожайностью, значительной устойчивостью к болезням и вредителям. Они характеризуются высоким содержанием протеина, количество которого по фазам изменяется в пределах 18–25% на сухое вещество, аскорбиновой кислоты—95–135 мг/100 г сырой массы. В листьях астрагалов содержится значительное количество незаменимых аминокислот, из которых преобладают лизин и валин. Особенностью астрагалов является высокое содержание метионина—дефицитной кислоты для бобовых растений. Кроме того, род Астрагал включает значительное число ценных лекарственных растений. В народной и тибетской медицине астрагалы издавна используются в качестве сердечно-сосудистых, диуретических, потогонных, желчегонных, общеукрепляющих и антимикробных средств. Кроме того, они широко применяются для лечения диабета, рака, гастроэнтеритов и некоторых заболеваний печени, почек, селезенки. Большое внимание исследователей привлекают флавоноиды астрагалов, проявляющие Р-витаминную активность и обуславливающие гипополипидемическое и гипотензивное действие. Среди астрагалов имеются виды обладающие высокой засухоустойчивостью. В связи с этим они представляют интерес для оценки перспектив их использования в качестве закрепителей крутых песчаных склонов с почвами, богатыми известью, а также для создания сухих пастбищ для овец [3, 6, 20, 23, 28].

В Беларуси целенаправленные исследования по интродукции и изучению биологии астрагалов проводятся с 1975 года в лаборатории биоразнообразия растительных ресурсов Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Наиболее перспективными для введения в культуру в условиях Беларуси оказались астрагалы серповидный—*A. falcatus* Lam., эспарцетный—*A. onobrychis* L., галеговидный—*A. galegiformis* L. и нутовый—*A. cicer* L. Эти виды отличаются высокой морозо- и холодостойкостью. Колебание урожайности зеленой массы в зависимости от возраста растений незначительное как во втором, так и в третьем годах вегетации, достигая 350 ц/га за два укоса [6, 7, 28].

Astragalus onobrychis впервые был введен в культуру в 1819 г. По данным литературы является перспективным кормовым растением, обладает хорошей поедаемостью и высокой засухоустойчивостью. По кормовым ка-

чествам близок к эспарцету (содержание белка превышает 15%). В посевах держится не менее десяти лет. Хорошо поедается рогатым скотом в виде зеленой массы и в сене. Урожайность зеленой массы в первом укосе достигает 165, в сумме за два укоса – 250 ц/га. Вид перспективен для фитомелиорации при залужении крутых остепненных склонов. В листьях и стеблях содержатся алкалоиды и аскорбиновая кислота. Используется в медицине для получения веществ, обладающих антиоксидантной активностью. Хороший медонос, декоративен [14, 20, 28]. Охраняется в Чехии, некоторых регионах России (Нижегородской, Пензенской, Тульской и Рязанской областях, республике Мордовия). В Красную книгу Украины включен под названием *A. borysthenicus*, который нередко рассматривается как синоним *A. onobrychis*. Лимитирующими факторами для вида являются распашки лугово-степных угодий и другие формы антропогенной трансформации мест произрастания: строительство, прогон и перевыпас скота, палы.

Закключение. Обнаруженные гербарные данные документально подтверждают произрастание *A. onobrychis* на территории Беларуси. Однако значительный возраст находки (1853 г.) и отсутствие сведений, характеризующих местонахождение, не позволяют достоверно установить современный статус вида во флоре республики. В настоящее время он может классифицироваться как «регионально исчезнувший вид, произрастание которого документировано гербарием». Наличие *A. onobrychis* в природной флоре Беларуси требует подтверждения современными находками. В связи с изменением климатических условий и остепнением южных регионов Беларуси, интенсификацией транспортных потоков, широким введением в культуру обнаружение новых спонтанных популяций вида становится весьма вероятным.

Литература

1. Гербарное дело: Справочное руководство. Русское издание / Под ред. Д. В. Гельтмана. Кью: Королевский ботанический сад. 1995. 341 с.
2. Brummitt R. K., Pando F.; Hollis S., Brummitt N. A. World geographical scheme for recording plant distributions. 2nd ed. Pittsburgh: Hunt Institute for Botanical Documentation, 2001. 137 p.
3. Сьтин А. К. Астрагалы (*Astragalus* L., Fabaceae) Восточной Европы и Кавказа: систематика, география, эволюция: Автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.05 СПб, 2009. 48 с.
4. Определитель высших растений Беларуси / Под ред. В. И. Парфенова. Минск: Изд-во «Дизайн ПРО», 1998. С. 176.
5. Lindemann E. Index plantarum, quas in variis Rossiae provinciis hucusque invenit et observavit Eduardus a Lindemann // Bull. de la Soc. Imperiale des Naturalistes de Moscou. 1860. № 3. P. 28–29.
6. Кухарева Л. В., Пашина Г. В. Полезные травянистые растения природной флоры: Справочник по итогам интродукции в Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1986. С. 100.
7. Докшина А. Ю. Итродуцированные виды семейства Бобовые (Fabaceae Lindl.) во флоре Беларуси // Актуальные проблемы изучения и сохранения фито-

и микобиоты: Сб. ст. 2 междунар. науч.–практ. конф., Минск, 12–14 нояб. 2013. Минск: Изд. центр БГУ, 2013. С. 18–21.

8. Gilibert J. E. Flora lithuanica inchoata, Seu enumeratio plantarum, Quas Circa Grodnam collegit et determinavit Joannes Emmanuel Gilibert. Collect. Quarta. Vilnae: Typis S. R. M. penes Academicam, 1782. P. 111–112.

9. Giliber J. E. Exercitia phytologica, quibus omnes plantae Europaeae, Quas vivas invenit in variis herbarionibus, seu in Lithuania, Gallia, Alpibus, analysi nova proponuntur, ex typo naturae describuntur, novisque observationibus aut figuris rarius illustrantur: additis stationibus, tempore florendi, usibus medicis aut oeconomicis, propria auctoris experientia natis. Vol. 1. Plantae Lithuanicae cum Lugdunensibus comparatae. Lugduni Gallorum: Ex Typis J. B. Delamolliere, 1792. P. 268.

10. Lindemann E. Prodomus florum Tschernigovianae, Mohilevianae, Minskianae nec non Grodnovianae // Bull. de la Soc. Imperiale des Naturalistes de Moscou. 1850. T. 23, part 2. P. 475.

11. Чоловский К. А. Очерк флоры Могилевской губернии / К. А. Чоловский. – Могилев на Днепре: Типография Губернского правления, 1882. 192 с.

12. Drymmer K. Spis roślin Skrytokwiatowych naczyniowych i Jawnokwiatowych zebranych w 1888 r. w puczczy Białowieskiej Labzkiej i Świsłockiej // Pamiętnik Fizyograficzny. 1889. Dział III. Botanika i Zoologija. T. 9. S. 114.

13. Пачоский И. Флора Польска и прилежащихъ мѣстностей // Тр. имп. С.–Петербург. о-ва естествоисп. Отд. Ботаники. 1897. Т. 27, вып. 2. С. 162–163.

14. Флора БССР / Под ред. Н. А. Дорожкина. Минск: Изд-во АН БССР, 1950. Т. 3. С. 226.

15. Определитель растений Беларуси / Под ред. Б. К. Шишкина, М. П. Томина, М. Н. Гончарика. Минск, Вышэйшая школа, 1967. 872 с.

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

17. Пэралік насеньня, якое прапануецца да абмену батанічным садам Беларускай Дзяржаўнай Акадэміі Сельскае Гаспадаркі (Дадагак) // Запіскі Беларускай Дзяржаўнай Акадэміі сельскае гаспадаркі імя Кастрычнікавай рэвалюцыі. 1928. Т. 7. С. 10.

18. Перечень семян, предлагаемых для обмена ботаническим садом Белорусского государственного университета имени В. И. Ленина. Минск: Изд-во Академии наук Белорусской ССР, 1949. С. 13.

19. Сытин А. К. Фенетическая изменчивость *Astragalus onobrychis* L. европейской части СССР // Филогения высших растений: Материалы VI Моск. совещ. по филогении растений. М.: Наука, 1982. С. 139–141.

20. Сытин А. К. Систематика и география эспарцетного астрагала (*Astragalus onobrychis* L.) и родственных видов на Кавказе. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: МГПИ им. В. И. Ленина, 1984. 16 с.

21. Сытин А. К. Цитотаксономическое изучение кавказских видов секции *Onobrychium* Bunge рода *Astragalus* (Fabaceae) // Ботан. журн. 1984. Т. 69, № 5. С. 680–683.

22. Магулаев А. Ю. Числа хромосом некоторых видов *Astragalus* флоры Кавказа // Бот. журн. 1989. Т. 74, № 10. С. 1519–1521.

23. Legumes of northern Eurasia: a checklist / G. P. Yakovlev, A. K. Sytin, Yu. R. Roskov. Kew: Royal Botanic Gardens, 1996. S. 214.

24. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. исправленное и дополненное. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. С. 327.

25. Флора УРСР. В 12 т. / ред. Д.К. Зеров. Т. 6. Киев: Издательство Академии Наук, 1954. С. 472–473.

26. Zając A., Zając M. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce.– Kraków: Pracownia Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2001.–S. 80.

27. Флора Балтийских республик. Сводка сосудистых растений / Под ред. В. Кууск, Л. Табака, Р. Янвявичене. Тарту: Eesti Loodusfoto AS, 1996. Т. 2. С. 126.

28. Кухарева Л. В., Лобан С. Е., Аношенко Б. Ю., Титок В. В. Роль интродукции в увеличении ассортимента кормовых культур // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры; Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. (19–22 июня 2012, Минск, Беларусь). В 2 ч. Ч. 1 / Нац. акад. Наук Беларуси, Централ. ботан. сад; редкол.: В. В. Титок [и др.], Минск, 2012.–С. 183–188.

А. Ю. ДОКШИНА, М. А. ДЖУС
**АСТРАГАЛ ЭСПАРЦЕТНЫЙ (*ASTRAGALUS ONOBRYCHIS* L.,
FABACEAE, GALEGEAE) ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ**

Резюме

Подтверждено произрастание *Astragalus onobrychis* L. (Fabaceae, Galegeae) во флоре Беларуси. Гербарный материал был обнаружен в Ботаническом институте им. В. Л. Комарова (LE). Цитируемый образец был собран Робертом Пабо в окрестностях г. Гомеля в 1853 г. Спонтанное произрастание этого вида на территории Беларуси ранее отмечалось лишь по литературным данным. Данная находка подтверждает перспективность поиска новых местонахождений вида на территории республики.

A. Y. DOKSHINA, M. A. DZHUS
**LOCOWEED (*ASTRAGALUS ONOBRYCHIS* L., FABACEAE, GALEGEAE)
IN THE FLORA OF BELARUS**

Summary

The existence of *Astragalus onobrychis* L. (Fabaceae, Galegeae) in the Belarusian flora was confirmed. Previously unknown herbarium specimen of this species was rediscovered in the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (LE). Cited specimen was collected by Robert Pabo in 1853 near the Homel city (Homel region). Due to lack of herbarium data spontaneous locations in Belarus have been reported before for this species only from the literature. Discovered herbarium data makes perspective in searching of new localities of *Astragalus onobrychis* in the territory of Belarus.

Поступила в редакцию 20.04.2016 г.

Д. В. ДУБОВИК
РОД *CHAMAECYTISUS* LINK – РАКИТНИК (FABACEAE)
ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

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

Введение. В процессе критической обработки рода *Chamaecytisus* из Беларуси для многотомного издания «Atlas Florae Europaeae» мы, как и предыдущие исследователи этого рода, столкнулись с некоторыми затруднениями. Довольно хорошо и надежно отличались растения из Гомельской области, юга Могилевской и Минской областей, которые соответствуют *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klask. («восточный тип»). Более сложная ситуация была с растениями из Брестской и юга Гродненской областей («западный тип»).

Материалы (объекты) и методы исследования. Исследования проводились традиционным маршрутным методом. Перечень видов приводится согласно электронной базе данных по номенклатуре растений Миссурийского ботанического сада «Горисос». Все гербарные сборы приведенных в статье видов хранятся в Гербарии ИЭБ им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (MSK).

Результаты и их обсуждение. Любой исследователь-флорист, работая с «восточным типом» раkitников в Беларуси, не замечает больших трудностей в их определении. Растения почти всегда высокие 60–130 (200) см, с б. м. прямыми от основания или слегка дуговидными и обычно слабо разветвленными ветвями. Кора у них серовато-зеленовато-бурая. Цветки на ветвях многочисленные, сидят по 3–5 в пазухах листьев, листья во время цветения нередко слабо развиты (поэтому соцветия хорошо заметны, но они довольно быстро разворачиваются в период цветения), бобы волосистые. Лишь изредка, и то в нетипичных экологических условиях (смешанные хвойные леса со значительным участием березы, дуба, различные местообитания с затенением), попадаются растения более «мезофильного» облика. Листья у них обычно более широкие, ветви более ветвистые сверху, иногда дуговидные, опушение более слабое. Подобные особи изредка отмечены и у северной границы ареала вида, где экологические условия для этого вида более суровые (например, Могилевская и Минская области). Такие не совсем типичные особи обычно растут рядом с вполне типичными (если поискать их на опушке или вдоль лесных дорог по более освещенным местам). В гербарии о них бывает судить трудно, поэтому некоторые образцы определялись из Беларуси (LE) даже монографом рода В. И. Кречетовичем как *Cytisus zingeri* (Nenukow ex Litv.) V. I. Krecz. (но с оговоркой, что бобы и веточки у них опушенные) [3] или указывались в литературе как *Cytisus x syreiszczikovii* V. I. Krecz. [5]. Более низкорослыми и ветвистыми растения могут быть также из-за повреждения животными или после морозных зим с низким

снеговым покровом, однако ветви у них всегда б. м. прямые, хлыстовидные (не коряжисто-изогнутые и дуговидные). Подмерзание этого вида в Беларуси иногда отмечается в суровые и малоснежные зимы.

Часть подобных экземпляров была определена недавно так же Вал. Н. Тихомировым как *Chamaecytisus paczoskii* (V. I. Krecz.) Klask. (MSK), что противоречит диагнозу этого вида: «растения 30–60 см высотой, ветви простертые или дуговидно восходящие...» [3].

При изучении исследователями раkitников в западной части республики начинают возникать определенные трудности. Растущие здесь растения явно неоднородны. Одни имеют габитус несколько напоминающий *Chamaecytisus ruthenicus*, но особи значительно ниже по высоте, обычно 30–60 (80) см, от основания кусты часто сильно разветвленные и коряжистые, с дуговидными, простертыми или восходящими ветвями. Соцветия обычно более малоцветковые, в пазухах листьев обычно (1)2–3 цветка, или цветущих 1–2 цветка и 1–2 зачаточных. Листья во время цветения всегда б. м. хорошо развиты. Подобный «западный» тип географически ограничен от «восточного» и распространен на восток приблизительно до долготы г. Пинска, а затем после небольшого территориального разрыва у границ Брестской и Гомельской областей сменяется «восточным типом», т. е. *Chamaecytisus ruthenicus*. Крайне редко (у границ с Польшей) попадают и совсем крошечные кустарники высотой 10–20(30) см с простертыми или приподнимающимися ветвями. Цветы у них почти всегда одиночные или расположены по 2 в пазухах листьев, соцветие обычно одностороннее, побеги с буровой корой и со слабо заметным внешне опушением.

На разнородность раkitников «восточного» и «западного» типов обращали внимание многие исследователи флоры Беларуси [2,4,5 и др.], но они обычно выделяли два таксона – *Chamaecytisus ratisbonensis* (Schaeff.) Rothm. («западный») и *Chamaecytisus ruthenicus* («восточный»). В литературе есть упоминание и о наличии переходных между ними форм [2,4]. В восточной части Польши на сопредельных территориях отмечены также лишь эти два таксона [9,10], но указанные для их разграничения диагностические признаки частично перекрываются (это касается высоты растений, формы роста). Такое же перекрывание признаков присутствует и в ключах белорусских авторов [5].

Л. В. Семеренко, которая углубленно изучала этот род в Беларуси, были установлены хромосомные числа для «западного» ($2n=100$) и «восточного» ($2n=50, 100$) типов раkitников [4]. Для более западных популяций *Chamaecytisus ratisbonensis* известны хромосомные числа $2n=24, 48, 50$ (бывш. Чехословакия, Польша и Италия), а для *Chamaecytisus ruthenicus* – $2n=50, 100$ (Российская Федерация, окр. г. Воронеж и Рязань соответственно) и $2n=48$ (для Польши) [4; Л. В. Семеренко, неопубликованные данные].

Совокупность морфологических признаков более высокорослой «западной» формы раkitника и особенности его географического распространения (в переходной зоне и зоне контакта между ареалами *Chamaecytisus ruthenicus* и *Chamaecytisus ratisbonensis*) приводят к заклю-

чению о его гибридном происхождении в результате интрогрессивной гибридизации между этими двумя таксонами. Вероятно, скрещивались пятидесятихромосомные расы и происходило удвоение числа хромосом. Стабилизация гибридных форм происходила путем дальнейшей полиплоидии.

Гибридные формы весьма изменчивы в природе по многим признакам, что не позволяло исследователям их четко отделить в определенных ключах по ракутникам Беларуси и Польши [5,9,10], вызывало трудности при их идентификации и поэтому они часто рассматривались как *Chamaecytisus ratisbonensis* s. l. или формы близкие к нему.

В отличие от преобладающих на западе Беларуси гибридных форм, типичный *Chamaecytisus ratisbonensis* известен в республике (MSK) лишь из Беловежской пуши (Каменецкий район, окр. дд. Каменюки и Ляцкие) и, возможно, из соседних Пружанского и Брестского р-нов (не типичные особи). Ветви у *Chamaecytisus ratisbonensis* простерты, или слегка приподнимающиеся, 10–20 (30) см длиной. Цветки почти всегда одиночные или расположены по 2, соцветие обычно одностороннее, побеги с буроватой корой, опушение внешне слабо заметное, цветоножки часто длинные (до 8 мм дл.), флаг очень широкий, до 14–15 мм шир., отчего цветки несколько напоминают *Caragana frutex* (L.) С. Koch. У гибридных особей флаг до 10(12) мм шир. (редко до 15 мм), но обычно уже. В более ксерофитных условиях гибриды могут быть более низкими, до 15–20 см высотой, хотя бы некоторые цветки сидят по 3, ветви косо вверх восходящие.

Закономерно возникает вопрос о бинарном названии гибридных форм. Они, по нашему мнению, практически полностью подходят под описание *Chamaecytisus paczoskii* [3]. Голотип вида происходит из окр. с. Киданцы Збуржского р-на Тернопольской области Украины (LE), однако для него в качестве родительских видов (правда со знаком?) приведены *Chamaecytisus lindemannii* (V. I. Krecz.) Klask. x *Chamaecytisus ratisbonensis*. Этот таксон как раз и приурочен к зоне контакта *Chamaecytisus ruthenicus* и *Chamaecytisus ratisbonensis* (западная и северо-западная часть Украины, Молдова). Подобные растения В. Кречетович видел и в окр. г. Житомир (т. е. практически рядом с границами Беларуси) [3].

Типовые материалы вида (собраны А. И. Михельсон в окр. с. Киданцы) вполне схожи с нашими гибридными растениями габитуально. Две фотокопии типовых материалов (однако обе без обозначения «Turus») были любезно присланы нам С. А. Сенатором и Л. В. Завьяловой, но каждая из них разнится по дате сбора и немного по габитусу. Образец, собранный А. И. Михельсон 26.04.2016 и цитируемый в протологе («Нолотурус») имеет от основания дуговидные, изогнутые и несколько коряжистые веточки. Второй образец, собранный в «locus classicus» 24.06.2016 (с плодами) представлен прямостоячими верхушками ветвей. Существенных различий между этими двумя образцами нет за исключением того, что второй экземпляр представлен в гербарии лишь верхушками побегов с плодами, но они вероятно собраны в одном и том же локалитете.

Для юго-западной части республики так же указывался в литературе *Cytisus lindemaniai* V.I. Krecz. [6], однако его достоверные сборы с территории Беларуси отсутствуют, поэтому мы исключаем его из состава нашей флоры.

Следует остановиться также на видах, указанных Ж. Жилибером для окр. Белостока в Польше – *Cytisus pubescens* Gilib., nom. illeg. [7] и *C. lithuanicus* Gilib., nom. illeg. [8]. Это фактически один и тот же таксон с цветками, сидящими по 3–4 (1 судя по оригинальному описанию автора), лишь по-разному названный в двух разных работах. Поэтому эпитеты (*Cytisus pubescens* и *C. lithuanicus*), данные Ж. Жилибером его таксону должны относиться к *Chamaecytisus paczoskii*, что согласуется с авторским описанием и преобладанием в регионе гибридных особей.

Заключение. Таким образом, наши исследования позволили выяснить, что в республике встречаются 2 вида и один межвидовой гибрид рода *Chamaecytisus*. Ранее указанные таксоны – *Chamaecytisus lindemaniai*, *Cytisus syreiszczikovii*, *Cytisus zingeri* приводились для республики ошибочно.

Литература

1. Вісюліна О. Д. Рід Рокитник. Зіновать – *Cytisus* L. // Флора УРСР / Ред. Д. К. Зеров. Т. 6. Київ: Вид-во АН УРСР, 1954. С. 330–348.
2. Козловская Н. В., Парфенов В. И. Хорология флоры Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1972. 309 с.
3. Кречетович В. И. Ракитники восточной Европы // Бот. журн. СССР. 1940. Т. 25, № 3. С. 252–264.
4. Семеренко Л. В. Кариологический анализ периферических популяций видов флоры Белоруссии в связи с вопросами формообразования: автореф. дисс... канд. биол. наук. Минск, 1984. 29 с.
5. Семеренко Л. В. Fabaceae / Определитель высших растений Беларуси // под ред. В. И. Парфенова. Минск: Издательство «Дизайн ПРО», 1999. С. 167.
6. Федченко Б. А. *Cytisus* L. – Ракитник // Флора БССР. В 5-ти т. / Гл. ред. Н. А. Дорожкин. Т. 3. / Под ред. М. П. Томина. Минск: Изд-во АН БССР, 1950. С. 172–180.
7. Gilibert J. E. Flora Lithuanica inchoata, Seu enumeratio plantarum, Quas Circa Grodnam collegit et determinavit Joannes Emmanuel Gilibert. Grodnae: Typis S. R. M. Vilnae, 1782, Coll. 4–5. P. 81–83.
8. Gilibert J.-E. Histoire des plantes d'Europe ou Eléments de botanique pratique / V. 2. Lyon: A. Leroy, 1798. P. 275.
9. Kostrakiewicz K. *Papilionaceae*. In: W. Szafer et B. Pawłowski (eds.) // Flora Polska. Rośliny naczyniowe. T. VIII. Warszawa, 1959. P. 28–30.
10. Rutkowski L. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej, Warszawa, 2006. 260 p.

Д. В. ДУБОВИК
**РОД *CHAMAECYTISUS* LINK – РАКИТНИК (FABACEAE)
ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ**

Резюме

Критически изучен род *Chamaecytisus* во флоре Беларуси. Наши исследования позволили выяснить, что в республике встречаются 2 вида и один межвидовой гибрид рода *Chamaecytisus*. Ранее указанные таксоны – *Chamaecytisus lindemannii*, *Cytisus syreiszczikovii*, *Cytisus zingeri* приводились для республики ошибочно.

D. V. DUBOVIK
**THE GENUS *CHAMAECYTISUS* LINK – THE BROOMS (FABACEAE)
IN FLORA OF BELARUS**

Summary

The genus *Chamaecytisus* in flora of Belarus is critically studied. Our researches have allowed to find out that in the republic 2 species and one trans-species hybrid of the genus *Chamaecytisus* meet. Earlier specified taxons – *Chamaecytisus lindemannii*, *Cytisus syreiszczikovii*, *Cytisus zingeri* were given for the republic mistakenly.

Поступила в редакцию 21.11.2016 г.

Д. В. ДУБОВИК¹, А. А. ОРЛОВ², Д. Н. ЯКУШЕНКО³,
А. Н. СКУРАТОВИЧ¹
***UTRICULARIA* x *AUSTRALIS* R. BR. (*LENTIBULARIACEAE*)
ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ И УКРАИНЫ**

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

² Полесский филиал УкрНИИЛХА, Житомирская обл.,
Житомирский р-н, с. Довжик;

³ University of Zielona Góra, Zielona Góra, Poland

Введение. В роде *Utricularia* L. насчитывается около 230 видов [31], из которых в Европе отмечено 7–9 видов рода. Из них наиболее часто встречаются 3 вида – *U. vulgaris* L., *U. minor* L., *U. intermedia* Haune. Остальные виды редки. Таксономический статус *U. ochroleuca* R. W. Hartm. и *U. stygia* G. Thon спорный. Они иногда включаются в состав *U. intermedia* aggr. или рассматриваются как гибриды *U. minor* x *U. intermedia* [16, 32 др.]. Об их гибридном происхождении можно судить по тому, что они редко цветут и часто стерильны [32]. В Беларуси известно 4 вида этого рода [6], в Украине – 5 видов [22]. Общими для обеих стран являются следующие таксоны: *U. vulgaris*, *U. minor*, *U. intermedia*, *U. australis*. Только в Украине отмечена *U. bremii*. Предполагаемые гибриды между *U. minor* x *U. intermedia* в Беларуси и Украине пока достоверно не выявлены, однако их нахождение вполне вероятно, поскольку они известны из других сопредельных стран.

Весьма интересным фактом в Беларуси и Украине являются участвовавшие за последние годы находки ещё одного редкого до недавнего времени таксона – *U. australis*.

Материалы (объекты) и методы исследования. Исследования проводились традиционным маршрутным методом на протяжении последних десятилетий. Перечень видов приводится согласно электронной базе данных по номенклатуре растений «Tropicos» [4]. Гербарные сборы *U. australis* из приведенных в статье локалитетов хранятся в Гербарии ИЭБ им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (*MSK*) и Национальном гербарии в Институте ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины (*KW*). Так же были изучены гербарные материалы данного таксона из гербария БИН РАН, г. Санкт-Петербург (*LE*).

Результаты и их обсуждение. *Utricularia australis* в вегетативном состоянии – сложно отличимый таксон от габитуально близкого к ней вида – *U. vulgaris*. В Беларуси *U. australis* впервые была собрана в начале 1850-х гг. Р. Х. Пабо и К. А. Чоловским, а также в 1861 г. Н. В. Довнар в б. Могилевской губернии (*LE*). Пабо и Чоловский (за редким исключением) не указывали точного места сбора образцов, а у Довнара имеется упоминание в литературе на оз. Святое (?современный Рогачевский район Гомельской области) [12]. После этого очень длительный период таксон никем больше не приводился для флоры Беларуси. Не были известны и его но-

вые местонахождения [6]. Однако авторы статьи ещё в 1990-е гг. обратили внимание на наличие в Беларуси особой пузырчатки, габитуально похожих на *U. australis*. С начала 1990-х гг. появились и её новые сборы, а позже мы стали довольно уверенно отличать *U. australis* от *U. vulgaris*. При работе с гербарным материалом были выявлены сборы *U. australis*, сделанные в 1955 г. В. А. Михайловской в Мядельском районе (Минская область) (рыборазводные пруды), а также В. Мартыненко в Лиозненском районе (Витебская область). Однако, особенно часто вид стал отмечаться в республике с 1990-х годов.

Для флоры Украины *U. australis* впервые была приведена для окр. пгт. Дубляны Самбирского р-на Львовской обл. [1], к сожалению, с того времени наличие таксона там не подтверждено, как и правильность его определения. В дальнейшем данный вид без конкретных находений был указан А. Т. Зеленчуком для Л. О. Тасенкевич [30] – для Карпатского региона. В «Красной книге Украины» [7] Б. Г. Проць для Закарпатской равнины привел 8 локалитетов *U. australis*. Локалитет данного вида, подтвержденный гербарным материалом, опубликовали для Прикарпатья И. Н. Даньлык и др. [3], а первые локалитеты для Украинского Полесья – Д. Н. Якушенко, А. А. Орлов [18].

Исследования последних лет убедительно показали [17], что *U. x australis* является гибридным таксоном, причем стерильным, произошедшим в результате гибридизации *U. tenuicaulis* Miki x *U. macrorhiza* Leconte. Размножается она исключительно вегетативно. Первоначально данный гибрид, вероятно, возник в Японии, где растут оба родительских вида, но затем постепенно распространился почти по всей Евразии, Африке, Австралии и Новой Зеландии.

В Европе данный нототаксон произрастает в Германии [24], Австрии [26], Дании [20], Чехии [29], Словакии [15], Франции [14], Италии [19], Литве [27], Польше [28], Португалии [10], Испании [25], северо-западной [8] и центральной России [2].

Этот таксон, вероятно, распространяется водоплавающими птицами (особенно дикими утками), а также водотоками. Части растений и турионы могут прилипать к оперению водоплавающих птиц и разноситься на довольно большие расстояния. Это явление характерно для многих водных макрофитов (например, *Aldrovanda vesiculosa* L., которая в Беларуси не плодоносит).

U. x australis – свободно плавающее водное растение с побегами 20–60 см длиной, зеленой или коричневато-зеленого цвета. Междоузлия довольно короткие, 5–12(15) мм длиной. Доли листьев шиловидные, б. м. цилиндрические, до 0,3 мм шириной, иногда с б. м. заметной средней жилкой, по краю с (4)6–8 (10) зубцами, каждый из которых снабжён 1–2 щетинками. На каждом листе ловчих пузырьков по 10–50 шт., 1–3 мм длиной. Соцветие 3–8 цветковое, до 25 см длиной. Прицветники округлые. Цветоножки обычно прямые, 1–15 мм длиной, обычно косо вверх направленные, после цветения нередко извилистые (иногда горизонтально отклоненные), удлинняющиеся до 10–30 мм. Венчик жёлтый или светло-жёлтый, верхняя губа

около 11 мм длиной и 10 мм шириной, нижняя губа ушковидная, плоская (иногда её края загнуты вверх), около 12 мм дл. и 15 мм шир. Шпорец 6–7 мм длиной, направлен книзу под острым углом. Турбионы от шаровидных до яйцевидных, 4–15 мм длиной. Плоды не образуются.

В Беларуси встречается в хорошо прогреваемых мелководных водоемах, часто искусственных или нарушенных человеком (пруды, каналы, мелиоративные каналы, обводненные выработанные торфяники), низинные болота, реже мелководные старицы и озера.

Местонахождения *Utricularia australis* в Беларуси: **Брестская обл.** Ивацевичский р-н, окр. д. Голенчицы, 1,4 км к ЮВ, в мелиоративном канале, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, 27.08.2011; Столинский район, между дд. Лучицы и Зубково, на торфоразработке в воде мелиоративного канала после заболачивания, Е. Мойсейчик, О. Созинов, 20.07.2010;

Витебская обл. Лиозненский р-н, окр. д. Бояры Стасевского с/с, болото слева у дороги к д. Бояры, В. Мартыненко, 21.07.1970; Поставский р-н, окр. д. Бельки, 2,5 км к ЮЗ, придорожная выемка с водой, А. Скуратович, Т. Морозова, 16.08.2003; Браславский р-н, окр. д. Околица, 1,5 км к В, слева от шоссе Браслав-Шарковщина, в обводненных торфяных карьерах, часто, Д. Дубовик, А. Скуратович, В. Лебедко, 08.08.2010;

Гомельская обл. Лоевский р-н, окр. д. Мохов, в старице, А. Скуратович, Т. Морозова, 15.06.1993; Лельчицкий р-н, окр. д. Руднище, 4 км к ЮЗ, р. Плотница, на мелководье реки у моста через неё, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, 21.08.2011; Петриковский р-н, окр. д. Бобрик, 2 км к СВ, кв. 31 Бобриковского л-ва, в пожарном водоеме, Д. Дубовик, 07.07.2005; Рогачевский р-н, окр. д. Стреньки, 1,2 км к С, озеро Святое, хорошо прогреваемое мелководье озера, изредка, Д. Дубовик, 22.07.2010; Гомельский р-н, г. Гомель, В окраина, у фосфоритного завода, в обводненных карьерах, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, 16.06.2010;

Минская обл.: Мядельский р-н, совхоз «Шеметово» (у д. Шеметово), в прудах, В. Михайловская, 03.08.1955; Клецкий р-н, окр. д. Руда, к СЗ, правобережный мелиоративный канал на р. Нача, зарастающий пузырчаткой мелиоративный канал, Е. Мойсейчик, 23.08.2013; Вилейский р-н, у Ю окр. г. Вилейка, пруд Солдатский, А. Яцына, 05.07.2008;

Могилевская обл. Чериковский р-н, окр. д. Чудяны, 0,9 км к ССЗ, кв. 40 Вепринского л-ва, в канаве по полосе ЛЭП, часто, Д. Дубовик, 21.08.1994; Чериковский р-н, окр. д. Баков, 1,3 км к СВ, кв. 138 Чериковского л-ва, седоватвейниковое болото с мочажинами, Д. Дубовик, 23.08.1999.

В Украине *Utricularia australis* имеет следующее распространение: **Закарпатье.** Закарпатская обл., Ужгородский р-н, с. Большие Геевцы, пойма р. Латорица (Б. Г. Проць, 1997) [5,7], Ужгородский р-н, с. Червоне [7]; Закарпатская обл., 8 локалитетов от границы Словакии и Украины до с. Драгина Мукачевского р-на и ЮЗ окраин с. Дийда, Береговского р-на, в осушительных каналах, много [7].

Прикарпатье. Ивано-Франковская обл., Косивский р-н, г. Косив, соленое озеро Банське, национальный природный парк «Гуцульщина» (И. Даньлык, Т. Соломаха, 20.07.2006) [3,7,9].

Житомирское Полесье. Житомирская обл., г. Житомир, западная окраина, Богуния, в маленьком пруду поблизости от залитого водой Богунского гранитного карьера, много (А. Орлов, 25.08.2014); Житомирский р-н: 0,5 км к С от с. Барашевка, на мелководье в водоеме глиняного карьера, у берега, доминант (А. Орлов, 29.06.2014); Коростышевский р-н, г. Коростышев, южная окраина, район Киричанка, в пруду (Д. Якушенко, 19.07.2012); Коростышевский р-н, около 2 км восточнее г. Коростышев (от моста), лесной пруд «Третье озеро», возле дамбы, эвтрофный водоем, дно илистое, сообщества *Utricularietum australis* Müller et Görs 1960 (Д. Якушенко, 10.08.2016); Лугинский р-н, с. Липники, в пруду возле конторы Липниковского лесничества Лугинского гослесхоза, много (А. Орлов, 25.08.2014) [18].

Киевское Полесье. Житомирская обл., Радомышльский р-н, г. Радомышль, центр города, в водохранилище на р. Мыка, у берега, много (А. Орлов, 28.09.2014, 02.08.2015), Радомышльский р-н, 2 км юго-западнее с. Федоровка Малинского р-на, в небольшой торфовой выемке на лугу, много (А. Орлов, 16.08.2014); Радомышльский р-н, 1 км севернее с. Меделевка, Радомишльское государственное лесохозяйственное хозяйство, Краснобирское лесничество, квартал 51, выдел 13, озеро Буслове, в воде, много (А. Орлов, 03.08.2016); Народичский р-н, 0,8 км южнее пгт. Народичи, на правом берегу р. Уж, в старице, заросшей телорезом, слева от шоссе Народичи-Базар, Древлянский природный заповедник (А. Орлов, 07.07.2016), Народичский р-н, 0,7 км южнее п. г.т. Народичи, на правом берегу р. Уж, доминант в старице, справа от шоссе Народичи-Базар, Древлянский природный заповедник (А. Орлов, 07.07.2016), Народичский р-н, окрестности с. Россоховское, 1 км выше села по течению р. Уж, в воде вместе с *Trapa natans*, довольно много, Древлянский природный заповедник (А. Орлов, 09.07.2016).

В Украине ценология *U. australis* достаточно хорошо изучена. В Беларуси подобные специальные исследования пока не проводились, однако ценологические условия произрастания вида близки. В Украинском Полесье, согласно флористической классификации растительности, данный вид образует сообщества *Utricularietum australis* Müller et Görs 1960, в значительных количествах он также встречается в сообществах *Nitelletum mucronatae* Corillion et Guerlesquin 1972, *Equiseto fluviatilis-Caricetum rostratae* Zumpfe 1929 (syn. *Carietum rostratae* Rübél 1912) [18], *Stratiotetum aloidis* Miljan 1933, *Nymphaeo albae-Nupharum lutea* Nowiński 1927. В Прикарпатье *U. australis* образовывала синузую в сообществах *Phragmitetum communis* Savič 1926 и *Typhetum angustifoliae* Pignatti 1953 в узкой полосе вдоль берега, на меньшей глубине, чем доминирующие виды-макрофиты [3,9]. В Закарпатье данный вид обнаружен в ценозах: *Lemno-Utricularietum australis* [13], *Stratiotetum aloidis* Miljan 1933 и *Butometum umbellati* Philipp 1973 [18].

Считаем необходимым привести отличительные признаки *U. vulgaris* и *U. australis* (рис. 1, табл. 1).

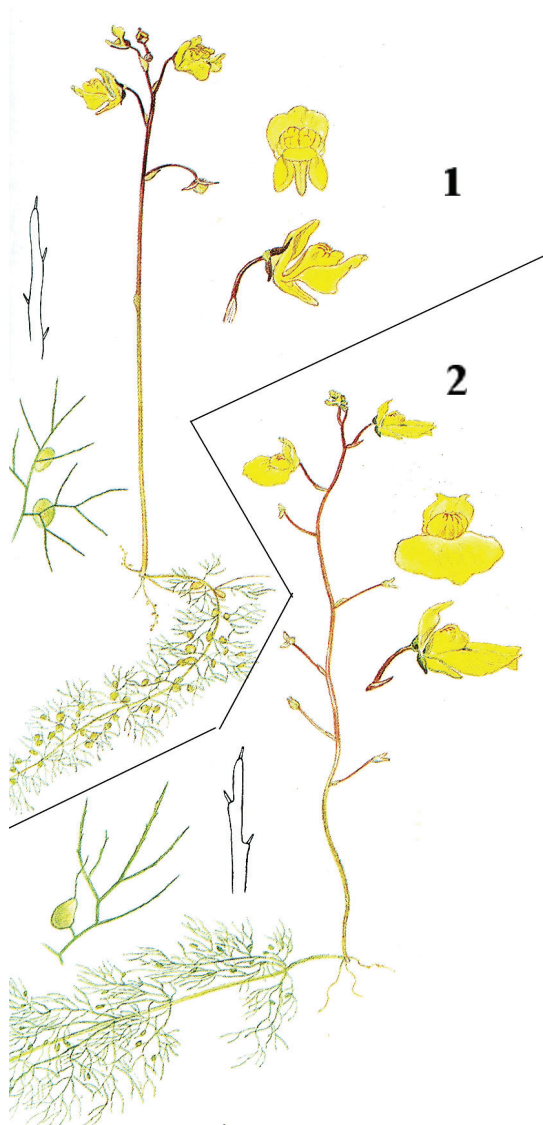


Рис. 1. *U. vulgaris* и *U. australis* (по Mossberg et al., 1997).
 1—*U. vulgaris*, 2—*U. australis*.

Таблица 1. Отличительные признаки *U. vulgaris* и *U. australis*

| <i>Utricularia vulgaris</i> | <i>Utricularia australis</i> |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Нижняя губа венчика по форме б. м. трапецевидная, с почти ровными боковыми краями | Нижняя губа венчика по форме б. м. ушковидная, с выпуклыми и отставленными в сторону боковыми краями |
| Прицветники овальные | Прицветники округлые |
| Растения фертильные | Растения стерильные |
| Ось соцветия б. м. прямая | Ось соцветия змеевидно изогнута |
| Цветоножки во время плодоношения дуговидно отогнуты вниз | Цветоножки во время плодоношения прямые или слегка перекрученные, направленные косо вверх |
| Железки внутри верхушки шпорца расположены на спинной стороне | Железки внутри верхушки шпорца расположены на брюшной и спинной стороне |
| Венчик желто-оранжевый | Венчик от лимонно-желтого до желтого |
| Доли листа слегка изогнуты | Доли листа прямые |
| Зубцы расположены на б. м. цилиндрической поверхности листа | Зубцы расположены на выраженных «полочках», поверхность которых б. м. перпендикулярна поверхности листа |

Результаты гидрохимических анализов воды из большинства известных локалитетов *U. australis* в Украине показали, что данный вид произрастает в водоемах, существенно отличающихся по минеральному питанию – от мезотрофных до эвтрофных и гиперэвтрофных, что хорошо согласуется с данными по Польше [28], хотя для Австрии и Германии имеются данные о преимущественном произрастании данного вида в олиготрофных и мезотрофных водоемах [23]. Вид встречается преимущественно в водоемах со стоячей или реже – в медленно текущей воде; на небольших глубинах (10–90 см), в глубоких водоемах вид занимает поверхностную 10–30-см толщу воды.

Экотопы вида в Украине – преимущественно искусственные: пруды в гранитных, песчаных и глиняных карьерах; водоемы на месте карьерной добычи торфа; мелиоративные каналы; водохранилища со слабым течением воды на реках; природные экотопы редки: старицы в поймах рек, сильно обводненные эвтрофные, пойменные болота. Подобные экотопы характерны для этого вида и в Беларуси.

Вода в локалитетах *U. australis* была прозрачной, окрашенной гумусовыми веществами и хелатными соединениями Fe в различной степени – от незаметной для глаза окраски до коричневатой. Кислотность воды находилась в широком диапазоне значений – от слабокислой до щелочной (pH=6,86–8,76), что согласуется с данными по Словакии [11]. Концентрация соединений Ca²⁺ варьировала в диапазоне 4,01–240,5 мг/

дм³, соединений Na⁺ – 3,50–495,7 мг/дм³. В большинстве водоемов вода была слабо засолена и содержала соединения Cl⁻ от 8,18 до 56,8 мг/дм³; соединения SO₄²⁻ – от 1,65 до 18,20 мг/дм³. Диапазон концентрации основных элементов питания в воде был также широк: K⁺ – 0,49–70,31 мг/дм³; P³⁺ – 0,01–0,14 мг/дм³; общего N – 0,90–11,30 мг/дм³, с преобладанием нитратов.

Было выявлено, что *U. australis* произрастает в водоемах не только с чистыми или слабо загрязненными водами, но также и в условиях гиперэвтрофикации антропогенными загрязнениями, в частности, недостаточно очищенными бытовыми стоками в населенных пунктах.

Таким образом, в Украине *U. australis* характеризуется значительной экологической амплитудой, толерантностью к широкому диапазону значений основных гидрохимических параметров, в т. ч. антропогенным загрязнениям воды. По нашему мнению, именно это способствует дальнейшему распространению данного вида, экологический ареал которого значительно шире, чем у таких мегатрофных видов, как *Utricularia vulgaris* и *U. minor*, а тем более – чем у такого стенотопного мезотрофного вида как *U. intermedia*.

Исследование ценологии *U. australis* и экологии ее биотопов для Беларуси также являются актуальными.

Наши полевые исследования последних лет продемонстрировали, что в Украинском Полесье адвентивная *U. australis*, по-видимому, начинает замещать аборигенную *U. vulgaris* в природных и антропогенных экотопах. Так, в 2014–2016 гг. в Житомирском и Киевском Полесье нами было обнаружено 7 локалитетов *U. australis* и только 2 – *U. vulgaris*. Данный вопрос заслуживает пристального изучения и мониторинга, поскольку связан с возможной необходимостью охраны популяций аборигенной *U. vulgaris* в недалеком будущем.

Заключение. Нами изучено распространение и экология пока еще довольно редкого в Беларуси и Украине гибридного нототаксона – *Utricularia australis*. Отмечено его интенсивное распространение в последние десятилетия. Вероятно, этот таксон местами вытесняет аборигенный вид – *U. vulgaris*.

Литература

1. Висюлина О. Д. Род Пузырчатка – *Utricularia* L. // Флора УССР. Т. 10. К., 1961. С. 61–67 [укр. яз.].
2. Губанов И. А. и др. Иллюстрированный определитель растений Средней России. М., 2004. Т. 3. 520 с.
3. Данылык И. Н., Соломаха В. А., Соломаха Т. Д., Цимбалюк З. М. // Укр. ботан. журн. 2007. Т. 64, № 2. С. 242–246 [укр. яз.].
4. Зеленчук А. Т. // Вестн. Львовского ун-та. 1991. Сер. биология. Вып. 21. С. 16–33 [укр. яз.].
5. Кричфалуший В. В., Будников Г. Б., Мигаль А. В. Красный список Закарпатья: виды растений и растительные сообщества, находящиеся под угрозой исчезновения. Ужгород, 1999. 196 с. [укр. яз.].

6. Определитель высших растений Беларуси / Т.А. Сауткина [и др.] / Ред. В.И. Парфенов. Минск, 1999. 471 с.
7. Проць Б.Г. Пузырчатка южная—*Utricularia australis* R. Br. // Красная книга Украины: растительный мир. / Под. ред. Я.П. Дидуха. Киев, 2009. С. 513 [укр. яз.].
8. Цвелев Н.Н. Определитель сосудистых растений северо-западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб, 2000. 781 с.
9. Якушенко Д.Н., Юсип С.В., Соломаха В.А. и др. Природно-заповедные территории Украины. Растительный мир. Вып. 9. Киев, 2011. С. 194–298 [укр. яз.].
10. Costa J.C. et al. // International Journal of Geobotanical Science. 2012. Vol. 2. P. 1–180.
11. Dite D., Navrátilová J., Hájek M. et al. // Preslia. 2006. Vol. 78. P. 331–343.
12. Downar N. // Bull. de la Soc. Nat. de Moscou. 1861. Vol. 34, № 1. P. 162–189.
13. Drescher A., Prots B., Mountford O. // Fritschiana (Graz). 2003. Vol. 45. P. 43–69.
14. Felzines J.–C. // J. Bot. Soc. Bot. France. 2012. 59. P. 189–240.
15. Hrivnák R. // Thaiszia–J. Bot. 2002. 12. P. 25–50.
16. Hultén E. Flora of Alaska and Neighboring Territories: A Manual of the Vascular Plants. Stanford University Press, 1968. P. 831.
17. Kameyama Y., Toyama M., Ohara M. // American Journal of Botany. 2005. Vol. 92(3). P. 469–476.
18. Iakushenko D.M., Orlov O.O. // Укр. ботан. журн. 2015. Т. 72, № 5. С. 445–450.
19. Lastrucci L. et al. // Plant Sociology. 2014. Vol. 52, № 2. P. 29–55.
20. Lawesson J.E. // Folia Geobotanica. 2004. 39. P. 73–95.
21. Mossberg Bo, Ericsson S., Stenberg L. Den Nordisca Floran. Turnhout, 1997. 696 s.
22. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kiev, 1999. 345 p.
23. Pasaarge H. Pflanzengesellschaften Nordostdeutschlands. I. Hydro- und Therophytosa. Berlin-Stuttgart, 1996. 298 p.
24. Pott R. Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. Stuttgart, 1995. 622 s.
25. Rivas-Martínez S. et al. // Itinera Geobotanica. 2001. V. 14. P. 5–341.
26. Schrott L. *Lemnetea* / Grabherr G., Mucina L. (eds). Die Pflanzengesellschaften Österreichs. 2. Natürliche waldfreie Vegetation.–Jena-Stuttgart-New York, 1993. P. 31–44.
27. Sinkevičienė Z. // Bot. Lith. 2013. Vol. 19, № 2. P. 161–164.
28. Spałek K. // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 2006. Vol. 75, № 3. P. 253–256.
29. Šumberová K. Vegetace volně plovoucích vodních rostlin (*Lemnetea*). / M. Chytrý (ed.). Vegetace České republiky. 3. Vodní a mokřadní vegetace / Vegetation of the Czech Republic 3. Aquatic and wetland vegetation. Praha, 2011. P. 43–99.
30. Tassenkevich L. Vascular plants // Carpathian List of Endangered Species / Chief Editor Zbigniew J. Witkowski. Vienna–Krakow, 2003. P. 6–19.
31. Taylor P. // Kew Bulletin. 1991. Vol. 46, № 1. P. 183–185.

32. Thor G. // Nord. Journal Bot. 1988. Vol. 8 P. 213–225.

Д. В. ДУБОВИК, А. А. ОРЛОВ, Д. Н. ЯКУШЕНКО, А. Н. СКУРАТОВИЧ
UTRICULARIA x AUSTRALIS R. BR. (LENTIBULARIACEAE)
ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ И УКРАИНЫ

Резюме

Изучено распространение и экология редкого в Беларуси и Украине гибридного вида – *Utricularia x australis*. Отмечено его интенсивное распространение в последние десятилетия. Вероятно, этот адвентивный таксон может вытеснять аборигенный вид – *U. vulgaris*.

D. V. DUBOVIK, A. A. orlov, D. N. IAKUSHENKO, A. N. SKURATOVICH
UTRICULARIA x AUSTRALIS R. BR. (LENTIBULARIACEAE)
IN FLORA OF BELARUS AND UKRAINE

Summary

Distribution and ecology of rare hybrid species *Utricularia x australis* are studied in Belarus and Ukraine. Its intensive distribution at the last decades was reported. Probably this alien taxon can displace a native species *U. vulgaris*.

Поступила в редакцию 28.11.2016 г.

С. Е. ЛОБАН
**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ РОДА АМАРАНТ (*AMARANTUS L.*)
В КОЛЛЕКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА
НАН БЕЛАРУСИ**

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск,

Введение. К числу наиболее перспективных растений универсального использования относится амарант благодаря высокому содержанию белка, сбалансированного по незаменимым аминокислотам, а также содержанию биологически активных веществ, пектина и масел. Обладая такими ценными качествами, амарант входит в число растений наиболее перспективных для интродукции на новых территориях. Задача получения высококачественного пищевого белка может быть решена путем введения в культуру овощных форм различных видов растений рода *Amaranthus*.

Для успешного внедрения новой культуры в производство возникает необходимость в создании районированных высокоурожайных сортов амаранта различного направления (овощного, зернового, кормового, декоративного) [1], пригодных для механизированной уборки и в разработке технологий возделывания культуры с учетом особенностей агроклиматических зон выращивания. В связи с этим целью настоящих исследований является изучение эколого-биологических, морфологических, особенностей рода *Amaranthus* в условиях Беларуси.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в 2011–2014 гг. в лаборатории биоразнообразия растительных ресурсов. Растения были выращены из семян, полученных по международному обменноному фонду.

Для создания коллекционного питомника растений рода Амарант использовали семенной материал, полученный из коллекции Всесоюзного института растениеводства им. Н.И. Вавилова, а также из других отечественных и зарубежных ботанических учреждений. Всего коллекция в данный момент насчитывает 60 образцов. Объектами исследований послужили 8 видов амаранта.

Амарант метельчатый (*Amaranthus cruentus L.*) произрастает в странах Средиземноморья, южной Скандинавии, Африки, Америки, в Европейской части, на Кавказе, Дальнем Востоке, Средней Азии в огородах, садах, на сорных местах. Иногда встречается как декоративное.

Амарант хвостатый (*Amaranthus caudatus L.*) произрастает в Центральной и Южной части Америки, по югу Европейской части, на Кавказе и в Средней Азии. Культивируется как кормовое и как декоративное.

Амарант темный (*Amaranthus hypochondriacus L.*) широко распространен в Южной Америке. Встречается на Кавказе и в Крыму. Культивируется как кормовое.

Амарант зеленый (*Amaranthus lividus* L.) произрастает в Японии, Китае, Африке, Северной Америке, на Кавказе, Западной Сибири, Дальнем Востоке и в Средней Азии. Культивируется как кормовое.

Амарант трехцветный (*Amaranthus tricolor* L.) происходит из Южной Америки. Культивируется как декоративное.

Амарант белый (*Amaranthus albus* L.) занесен из Северной Америки. Произрастает в Европейской части, на Кавказе, Западной Сибири, на Дальнем Востоке используется как силосное растение.

Амарант колочий (*Amaranthus spinosus* L.) произрастает в Иране, Северной Африке, Австралии, в СНГ культивируется как силосное растение.

Амарант гибридный (*Amaranthus hybridus* L.) произрастает в Южной Америке, встречается на Кавказе, в Прибалтике и Крыму. Культивируется как кормовое.

Описание морфологических признаков проводили в соответствии с атласом по морфологии высших растений, оценку результатов интродукции по методике В. Н. Былова, Р. А. Карпионовой [2].

Сезонный ритм развития растений проводили по методике фенологических наблюдений принятых в ботанических садах [3].

Результаты и их обсуждение. Описаны морфологические признаки изучаемых видов:

Амарант метельчатый (*Amaranthus cruentus* L.) в условиях культуры представляет собой однолетнее высокорослое растение, сравнительно быстрорастущее с корневой системой сильно утолщенной в верхней части. Корень хорошо разветвленный, глубоко проникающий в почву.

Стебель прямостоячий, толстый, ветвистый, особенно при редком стоянии, зеленый или яркоокрашенный, высотой 180–190 см [4].

Листья удлинненно-яйцевидные, заостренные на верхушке и суженные к основанию, длинночерешковые, шероховатые, зеленые или зелено-антоциановые.

Многочисленные мелкие цветки амаранта метельчатого собраны в кисти, образующие в верхней части крупную (длиной до 70–80 см) ветвистую, прямостоячую, иногда с наклонной верхушкой метелку, ярко-красную, бордовую или зеленую.

Семена очень мелкие, округлые, черные, реже розоватые или белые. Всходы очень мелкие, обычно окрашены в розовый или красноватый цвет, реже в зеленый.

Амарант хвостатый (*Amaranthus caudatus* L.). Стебель мясистый, обычно красноватый или зеленого цвета, высотой 100–120 см, большей частью короткопушистый, простой или слабоветвящийся, бороздчатый. Листья с длинными черешками, ромбически-яйцевидные, на верхушке острые.

Соцветия колосовидные. Клубочек (или компактная кисть) является пучком цветков, состоящих из дихазальной структуры с различным числом тычиночных и пестичных цветков. У амаранта хвостатого поникалая

метелка, имеющая у основания такой изгиб. Верхушечный колос у амаранта хвостатого очень длинный, в нижней части – ветвящийся, повислый; цветочные клубочки закругленные, почти шаровидные, в нижней части – соцветия более редкие, кверху – сближенные, прицветники тонкозаостренные, длиннее околоцветников. Пять листочков околоцветника имеют яйцевидно-ланцетную форму. Плод – коробочка широкоэллиптическая, при созревании открывается поперек.

Семя по краю тупое, диаметром около 1 мм, розового цвета.

Амарант гибридный (*Amaranthus hybridus* L.). Стебель шероховато-пушистый, высотой до 140–160 см, часто оливково-зеленый с темно-красной пигментацией. Листья продолговато-эллиптические.

Соцветие метельчатое, пурпурово-красное, реже зеленоватое, состоящее из цилиндрических, к вершине утонченных колосьев, из которых верхушечный колос длиннее других и поникающий. Листочки околоцветника ланцетные, острые. Прицветник превышает ветви столбика почти в 2 раза, длиннее околоцветника. Мешочки немного морщинистые, 2–3-зубчатые.

Окраска семян коричневатого-черная диаметром 1,0–1,3 мм.

Амарант зеленый (*Amaranthus lividus* L.). Однолетнее растение. Корень стержневой, хорошо разветвленный. Стебли обычно прямые, в верхней части с редким коротким опушением, в нижней – голые; зеленые, высотой 140–160 см. Листья яйцевидные до удлинненно-ромбической формы, длиной 2–6 см, темно-зеленые, с антоциановым жилкованием.

Мелкие цимозные кисти собраны в узкие и длинные неплотные кистевидные соцветия, образующие на вершине стебля метелку длиной от 5 до 20 см. Листочков околоцветника – три, у пестичных цветков листочки обратнотанцетовидные, короче коробочки, тычинок – три. Плод яйцевидный, сжат с боков, длиной около 1,5 мм, сильно морщинистый. Семя диаметром около 1 мм, темно-коричневое, блестящее.

Амарант трехцветный (*Amaranthus tricolor* L.). Растение большей частью голое, с ветвистым или восходящим стеблем.

Листья зеленые или красные, имеют яйцевидно-ромбическую форму, наиболее широкие по середине или ниже середины, острые на верхушке, с небольшими шипиками на длинных черешках.

Цветки собранные в пазушные клубочки, вверху сближенные в колосовидные соцветия; прицветники несколько короче цветков; листочков околоцветника три, они пленчатые по середине с зеленоватой жилкой, линейно-продолговатые, заостренные в небольшую ость; длина листочков составляет 3–4 мм, коробочка короче околоцветника, открывается поперек.

Семя яйцевидное, красновато-коричневое, блестящее, по краю закругленное, лишенное заметного кантика, к рубчику сжатое, величиной 1–2 мм.

Амарант колючий (*Amaranthus spinosus* L.). Стебель высотой до 100–120 м. Листья яйцевидные, ромбически-яйцевидные или ланцетные. В пазухе каждого листа две длинные крепкие, зеленые колючки с желтым кончиком.

Соцветие метельчатое, большое с длинными тонкими, в нижней части прерванными колосьями. Клубочки цветков светло-желтовато-зеленые, почти шаровидные. Прицветники равны околоцветнику. Листочков околоцветника пять, они заостренные или туповатые. Семя темное, диаметром до 1 мм.

Амарант темный (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Стебель мясистый, красноватый или зеленого цвета, высотой 100–180 см, у одних видов опушенный, а у других – неопушенный.

Листья овальные, иногда продолговато-яйцевидные, на верхушке заостренные. Окраска их от темно-зеленой до салатной с антоциановым жилкованием или без него.

Соцветие – колосовидная метелка, обычно различных тонов, чаще красных, реже желтых или зеленых. Стержневое соцветие толстое, боковые ветви приподнятые. Околоцветники длиннее коробочки, их вершина тупая, с короткой остью. Прицветники не превышают ветви столбика и не более чем в 1,5 раза длиннее околоцветника. Семя темно-коричневое или светлое (цвета слоновой кости или розовое), диаметром 1,2–1,4 мм.

Амарант белый (*Amaranthus albus* L.). Однолетнее ветвистое от основания с раскидистыми ветвями растение высотой 20–30 см; стебли и ветви беловатые и голые, изогнутые.

Листья мелкие, голые, продолговатые, обратнояйцевидные, тупые, на самом кончике обычно с шипиком, по краям несколько волнистые и от этого кажутся тупо зубчатыми; с выступающими на нижней стороне беловатыми нервами, на черешках в 2–3 раза короче пластинки, длиной 6–17 мм и шириной 3–8 мм.

Цветки расположены пучками или колосками в пазухах листьев. Прицветники ланцетовидно-линейные, жестковатые, вдоль сложенные, шиповиднозаостренные, зеленые, по краям бело-пленчатые шириной 2–4 мм, в 1,5–2,0 раза длиннее околоцветника. Околоцветник трехлистный, немного короче зрелого мешочка, который имеет обратнояйцевидную форму, длиной около 1,5 мм, раскрывается поперечной кольцевой трещиной. Тычинок – три.

Семя округлое, диаметром 0,8–1,0 мм. Семя заполняет большую часть полости коробочки, линзовидное, по краю туповатое, блестящее, черное, величиной 1,0–1,2 мм.

Для каждого вида характерна своя ритмика роста, соответственно и своя высота растений. Для большинства видов в наших условиях средняя высота стебля составляет 180–190 см. Многолетние исследования показали, что по высоте стебля изучаемые нами виды можно разделить на три группы:

- 1) низкорослые до 150 см: *A. tricolor*, *A. albus*, *A. lividus*;
- 2) среднерослые – до 170–180 см: *A. caudatus*, *A. hypochondriacus*, *A. hybridus*, *A. spinosus*;
- 3) высокорослые – более 200 см – *A. cruentus*.

Следует отметить, что существенное влияние на длину стеблей оказывают плодородие почвы, агротехнические приемы возделывания,

а также погодные условия вегетационного периода. Анализ полученных данных показывает, что с ростом среднесуточной температуры от 17 до 25 °С прирост стебля в сутки увеличивается в среднем в 5 и более раз.

При этом не все изучаемые образцы в условиях Беларуси проходят полный цикл развития с образованием жизнеспособных семян. Продолжительность прохождения отдельных фенофаз у изучаемых образцов также неодинаковая и находилась в тесной зависимости от погодных условий. Период формирования метелки в зависимости от вида составляет от 40 до 70 дней.

Наступление фазы формирования метелки приходилось, как правило, на третью декаду июля и первую декаду августа. В годы с высоким температурным фоном растения вступали в фазу бутонизации в середине июля. Выявлена закономерность, что у видов, вступавших в фазу формирования метелки до 45 дней, отмечалось устойчивое созревание семян.

Ранним наступлением данной фенологической фазы характеризовались образцы, естественный ареал которых находится в умеренных и северных областях. Это, как правило, темnoseмянные образцы: амарант метельчатый и гибридный (*A. cruentus* и *A. hybridus*).

Более поздним наступлением фазы формирования метелки отличались белосемянные формы амаранта. Естественный ареал их находится в южных флористических областях.

Цветение амаранта в зависимости от его вида наблюдалось через 12–20 дней после начала бутонизации или на 55–90 день развития и по календарным срокам приходилось на вторую-третью декаду июля и первую декаду августа. Белосемянные формы вступали в фазу цветения на 10–12 дней позже, чем у *A. hybridus*. Данная фенологическая фаза растянута до 30 и более дней, а массовое цветение наступает через 6–14 дней после появления первых цветков. Виды, вступившие в фазу массового цветения в период до середины августа, обеспечивали стабильное по годам плодоношение и гарантированное созревание семян. А виды, у которых массовое цветение приходится на конец августа и позже, не всегда характеризовались стабильностью по годам созревания семян.

Данный признак является одним из основных критериев успешности интродукции растения. В этой связи нами было установлено, что в условиях Беларуси отдельные виды амаранта не плодоносили, а многие практически не обеспечивали стабильного плодоношения по годам. По признаку срока плодоношения изучаемые виды условно разделены нами на три группы:

- 1) скороспелые – *A. cruentus*;
- 2) среднеспелые – *A. hypochondriacus*, *A. lividus*, *A. hybridus*, *A. tricolor*, *A. spinosus*;
- 3) позднеспелые – *A. albus*, *A. caudatus*.

Продолжительность вегетационного периода до полной спелости семян изучаемых видов колебалась от 100 до 160 дней. Для созревания семян, как показали исследования, необходимо, чтобы в период вегетации сумма положительных температур составляла в зависимости от года

не менее 2000–2600 °С. Наступление укосной спелости зеленой массы амаранта отмечается, как и для большинства кормовых растений, в фазы начало цветения – молочно-восковой спелости семян. Эти сроки приходились на конец августа и начало сентября. Доказано, что различным видам амаранта необходимо от 60 до 90 дней для наступления данной фенофазы после появления всходов. Как правило, скороспелые образцы достигают укосной спелости к 70-дневному возрасту; среднеспелые – к 85-дневному; позднеспелые – к 95-дневному возрасту.

Заключение. Таким образом, изучение видов амарантов в ЦБС показало, что в новых условиях произрастания они характеризовались высокой жизнеспособностью, проходили все этапы онтогенетического развития, плодоносили, образовывали жизнеспособные семена.

Видовые амаранты отличаются высокой декоративностью. Благодаря очень яркой, бросающейся в глаза окраске (от белой до розовой) и разнообразной форме соцветий, нарядной листве амарант широко используется в цветоводстве для посадок в группах, в качестве бордюров и живых изгородей.

По результатам интродукционных испытаний выявлены наиболее перспективные в условиях Беларуси виды амарантов: *A. caudatus* L., *A. albus* L., *A. tricolor* L., *A. cruentus* L.

Литература

1. Лобан С.Е. Представители рода амарант при интродукции в условиях Беларуси // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры: Материалы междунар. конф. Минск, 2012. Ч. 1. С. 200–203.
2. Былов В.Н. Основы сравнительной сортооценки декоративных растений при интродукции // Интродукция и селекция цветочно-декоративных растений. М.: 1978. С. 7–32.
3. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР // Бюлл. ГБС. 1979. Вып. 113. С. 3–8.
4. Железнов А.В., Железнова Н.Б., Бурмакина Н.В., Юдина Р.С. Амарант – научные основы интродукции. Новосибирск, 2009. С. 17–25.

С. Е. ЛОБАН

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ РОДА АМАРАНТ (*AMARANTHUS* L.) В КОЛЛЕКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НАН БЕЛАРУСИ

Резюме

На основе изучения морфологических и эколого-биологических особенностей растений рода *Amaranthus* выделены перспективные образцы для культивирования в условиях Беларуси, а также для создания собственных сортов амаранта, имеющих селекционно-генетическое и хозяйственное значение.

S. E. LOBAN
**PERSPECTIVE VARIETIES OF GENUS *AMARANTHUS* L.
IN COLLECTION OF THE CENTRAL BOTANICAL GARDEN
OF THE NAS OF BELARUS**

Summary

Based on the study of morphological, ecological and biological peculiarities of plants of the genus *Amaranthus* promising samples for cultivation in the conditions of Belarus, as well as to create your own varieties of amaranth that have breeding, genetics and economic significance.

Поступила в редакцию 26.10.2016 г.

А. Н. МЯЛИК
**ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ПОГРАНИЧНЫХ ВИДОВ ФЛОРЫ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ**

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест

Введение. Согласно схеме физико-географического районирования Беларуси в европейской десятичной системе, Припятское Полесье – отдельный физико-географический округ в центральной части Полесской провинции [1]. Эта территория представляет собой плосковогнутую со слабым уклоном на юго-восток песчаную низменность, для которой характерна слабая дренированность подстилающих пород и, как следствие, высокая заболоченность почв, характеризующихся пестротой и мозаичностью. Климат Припятского Полесья, в сравнении с другими регионами Беларуси, более теплый, неустойчиво-влажный с нарастающей с запада на восток континентальностью. [2]. Отмеченные выше особенности, наряду со значительной антропогенной преобразованностью ландшафтов в результате осушительной мелиорации, проведенной во второй половине XX века, обусловили характер современной растительности и флоры данной территории. Согласно нашим данным аборигенная флора Припятского Полесья представлена 935 видами сосудистых растений [3]. В результате проведенных анализов флоры установлено, что они имеют различное географическое происхождение [4], биоморфологические особенности [5] и экологическую структуру [6]. Однако, для полного познания современной структуры флоры и выяснения путей ее происхождения, важное значение имеет и фитохорологический анализ, позволяющий выявить пограничные виды – находящиеся здесь на пределах своего естественного распространения. Эти таксоны часто произрастают в несвойственных экологических условиях, ввиду чего являются более уязвимыми и требуют дополнительного изучения и возможной охраны на региональном уровне. Из более ранних работ известно, что около 15% видов флоры Белорусского Полесья достигают здесь границ своего сплошного или островного произрастания [7, 8, 9]. Отмеченные особенности позволили выделить и обосновать региональную полесскую хорологическую дизъюнкцию, которая служит разделительным пространством в ареалах этих видов [10, 11].

Исходя из вышесказанного, цель настоящей работы – выполнение фитохорологического анализа аборигенной флоры Припятского Полесья и установление эколого-географических особенностей пограничных видов сосудистых растений.

Материалы и методы исследования. При составлении списка видов растений, произрастающих на территории Припятского Полесья на границах ареалов, использованы фондовые гербарные материалы Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купровича НАН Беларуси, Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины, Брестского госу-

дарственного университета имени А. С. Пушкина и Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси; а также литературные источники [8, 12–18], интернет-ресурсы [19] и результаты собственных исследований. При отнесении вида к конкретному географическому элементу использована схема географических элементов флоры, разработанная Н. В. Козловской [20] с внесенными изменениями и дополнениями [4]. В ней все виды разделяются на долготные (распределение ареалов по материкам и их частям) и широтные (распределение по солярно-климатическим зонам) географические элементы. Среди долготных геоэлементов выделяются: С–космополиты и гемикосмополиты, Н–голарктические, Eu-Az–евразийские, Eu-Sib–европейско-сибирские, Eu-Sib-A-K–евросибирско-арало-каспийские, Eu-MAz–европейско-малоазийские, Eu-Am–европейско-американские, Eu-Pan–панъевропейские, Eu-N–северно-европейские, Eu-O–восточно-европейские, Eu-C–центрально-европейские, Eu-A–атлантическо-европейские, Eu-S–южноевропейские (средиземноморские) виды. Широтные геоэлементы представлены: P-Zon–плюризональными, Arct-B–аркто-бореальными, Arct-B-Temp–аркто-бореально-температными, B–бореальными, B-Temp–бореально-температными, S-Merid–субмеридиональными, Merid–меридиональными (понтическими) видами. Ареалогические группы пограничных видов выделяются в зависимости от того, в какой части ареала находится вид на территории Припятского Полесья [21]. Исходя из этого, выделяются 4 условные группы видов: в северную (N) объединяются виды с северными, северо-восточными или северо-западными границами; в южную (S)–с южными, юго-восточными или юго-западными; в восточную (O)–виды, находящиеся на восточном пределе распространения, в западную (W)–на западном. Индекс (i) обозначает, что таксон находится в островных локалитетах за границей сплошного распространения. При установлении географического элемента и ареалогической группы рассматриваемых таксонов использованы следующие источники [12–13, 15, 19].

Экологическая характеристика пограничных видов приведена в соответствии с экологическими шкалами, разработанными Я. П. Дидуком для флоры Украины [22]. Среди экоморф выделяются омброморфы, характеризующие отношение растений к режиму континентальности климата: O–океанические, sO–субокеанические, hO–гемиокеанические, hC–гемиконтинентальные, sC–субконтинентальные, C–континентальные; а также термоморфы, характеризующие отношение видов растений к зональному режиму тепла: miT–микротермофиты, smiT–субмикротермофиты, smeT–субмезотермофиты, meT–мезотермофиты, maT–макротермофиты, smhT–субмегатермофиты. При отнесении видов к конкретной экологической группе использованы следующие литературные источники [14, 22–24].

В таблице 1 представлен перечень видов растений, находящихся на территории Припятского Полесья на пределе своего естественного распространения и их эколого-географическая характеристика с учетом описанных выше критериев.

Таблица 1. Эколого-географическая характеристика хорологически определенных видов флоры Припятского Полесья

| № п. п. | Название вида | Географический элемент | | Ареологическая группа | Экологические группы | |
|---------|------------------------------------|------------------------|-------------|-----------------------|----------------------|-------------|
| | | долготный | широтный | | омбро-морфа | термо-морфа |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | <i>Agrostis diluta</i> | Eu-Sib | Temp | W | hC | smiT |
| 2 | <i>Alchemilla glaucescens</i> | Eu-Sib | B-Temp | S | sO | smiT |
| 3 | <i>Alchemilla gracilis</i> | Eu-N | B | S | hO | smiT |
| 4 | <i>Alchemilla hirsuticaulis</i> | Eu-Sib | B-Temp | S | hO | smiT |
| 5 | <i>Alchemilla monticola</i> | Eu-N | B | S | sC | smiT |
| 6 | <i>Alchemilla sarmatica</i> | Eu-C | Temp | S | hC | smiT |
| 7 | <i>Aldrovanda vesiculosa</i> | C | Merid | N | hC | maT |
| 8 | <i>Alisma lanceolatum</i> | Eu-MAz | S-Merid | N | hC | meT |
| 9 | <i>Alisma praecox</i> | Eu-C | Temp | W | hC | smeT |
| 10 | <i>Arctium nemorosum</i> | Eu-C | Temp | O | hC | smeT |
| 11 | <i>Arctostaphylos uva-ursi</i> | H | Arkt-B | S | hC | smiT |
| 12 | <i>Aristolochia clematitidis</i> | Eu-O | S-Merid | W | hC | smeT |
| 13 | <i>Arnica montana</i> | Eu-C | Temp | O (i) | hO | smiT |
| 14 | <i>Artemisia marschalliana</i> | Eu-O | S-Merid | N | C | meT |
| 15 | <i>Asparagus officinalis</i> | Eu-Sib | S-Merid | W | C | smeT |
| 16 | <i>Asplenium trichomanes</i> | C | P-Zon | N (i) | hO | meT |
| 17 | <i>Avenula pubescens</i> | Eu-Sib-A-K | Temp | O | hO | smeT |
| 18 | <i>Betula humilis</i> | Eu-Sib | Arkt-B | S | C | smiT |
| 19 | <i>Betula obscura</i> | Eu-C | Temp | O | C | smeT |
| 20 | <i>Bistorta major</i> | Eu-Az | Arkt-B-Temp | S | hC | smiT |
| 21 | <i>Botrychium matricarifolium</i> | Eu-Am | B-Temp | S | sO | smiT |
| 22 | <i>Callitriche hermaphroditica</i> | H | Arkt-B | S | hC | smiT |
| 23 | <i>Campanula bononiensis</i> | Eu-Sib | S-Merid | N | hC | smeT |
| 24 | <i>Cardamine parviflora</i> | H | Temp | N | hC | smeT |
| 25 | <i>Carex brunnescens</i> | H | Arkt-B | S | hC | smiT |
| 26 | <i>Carex chorrordorhiza</i> | H | Arkt-B | S | hC | miT |
| 27 | <i>Carex davalliana</i> | Eu-A | Temp | O | hO | smeT |
| 28 | <i>Carex dioica</i> | H | Arkt-B-Temp | S (i) | hC | miT |
| 29 | <i>Carex distans</i> | Eu-MAz | S-Merid | N | hO | meT |
| 30 | <i>Carex flacca</i> | Eu-MAz | S-Merid | N | sC | smeT |
| 31 | <i>Carex loliacea</i> | H | B-Temp | S | hC | smiT |
| 32 | <i>Carex paniculata</i> | Eu-MAz | S-Merid | O | sO | smeT |
| 33 | <i>Carex pauciflora</i> | H | B | S (i) | sO | miT |
| 34 | <i>Carex pilulifera</i> | Eu-A | Temp | O | sO | smeT |
| 35 | <i>Carex tomentosa</i> | Eu-Sib | Temp | N | hC | smeT |
| 36 | <i>Carex umbrosa</i> | Eu-C | Temp | O | hO | smeT |
| 37 | <i>Carex vaginata</i> | H | Arkt-B | S | hC | miT |
| 38 | <i>Caulinia minor</i> | Eu-Az | S-Merid | N | C | smhT |
| 39 | <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> | Eu-O | S-Merid | W | sC | smeT |
| 40 | <i>Chamaedaphne calyculata</i> | H | Arkt-B | S | sC | miT |
| 41 | <i>Chondrilla juncea</i> | Eu-Sib-A-K | S-Merid | N | sC | meT |
| 42 | <i>Corydalis intermedia</i> | Eu-MAz | Temp | N (i) | hO | smeT |
| 43 | <i>Crataegus ucrainica</i> | Eu-O | S-Merid | N | hC | smeT |
| 44 | <i>Crepis mollis</i> | Eu-C | Temp | O | sC | smeT |
| 45 | <i>Cruciata glabra</i> | Eu-Sib | Temp | N | hO | smeT |
| 46 | <i>Crypsis alopecuroides</i> | Eu-Sib-A-K | S-Merid | N | C | smeT |
| 47 | <i>Dactylis ×intercedens</i> | Eu-Pan | Temp | N | hO | smeT |
| 48 | <i>Dactylis polygama</i> | Eu-MAz | S-Merid | N | hO | smeT |
| 49 | <i>Dactylorhiza majalis</i> | Eu-S | Temp | O | hO | smiT |
| 50 | <i>Daphne cneorum</i> | Eu-C | S-Merid | N (i) | hC | smeT |
| 51 | <i>Daphne mezereum</i> | Eu-Az | B-Temp | S | hC | smiT |
| 52 | <i>Dianthus armeria</i> | Eu-Am | Merid | O | hO | meT |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|----------------------------------|------------|-------------|-------|----|------|
| 53 | <i>Dianthus borbasii</i> | Eu-C | Temp | O | C | smeT |
| 54 | <i>Dianthus borussicus</i> | Eu-O | B-Temp | W | sC | smeT |
| 55 | <i>Dianthus carthusianorum</i> | Eu-C | Temp | O | hC | smeT |
| 56 | <i>Dichostylis micheliana</i> | Eu-Az | Merid | N | hC | maT |
| 57 | <i>Diphasiastrum xzeileri</i> | H | B-Temp | S | sC | smeT |
| 58 | <i>Diphasiastrum tristachyum</i> | Eu-Am | Temp | S | hO | smeT |
| 59 | <i>Drosera anglica</i> | H | Arkt-B-Temp | S | hC | smiT |
| 60 | <i>Drosera intermedia</i> | Eu-Am | B-Temp | O | sO | smeT |
| 61 | <i>Dryopteris assimilis</i> | H | B-Temp | S | hC | smiT |
| 62 | <i>Dryopteris dilatata</i> | H | B-Temp | S | hC | smeT |
| 63 | <i>Eleocharis mamillata</i> | Eu-Az | Temp | S | hC | smiT |
| 64 | <i>Empetrum nigrum</i> | Eu-N | Arkt-B | S (i) | hC | miT |
| 65 | <i>Equisetum telmateia</i> | Eu-MAz | S-Merid | N (i) | hC | meT |
| 66 | <i>Eragrostis rivalis</i> | Eu-O | Temp | W | sC | smeT |
| 67 | <i>Eriophorum gracile</i> | H | Arkt-B-Temp | S | hC | smiT |
| 68 | <i>Euphorbia villosa</i> | Eu-Sib | Temp | N (i) | hO | smeT |
| 69 | <i>Festuca arietina</i> | Eu-O | S-Merid | W | sC | smeT |
| 70 | <i>Festuca filiformis</i> | Eu-MAz | S-Merid | N | sO | smeT |
| 71 | <i>Genista germanica</i> | Eu-C | Temp | N | hO | smeT |
| 72 | <i>Goodyera repens</i> | H | B | S | hO | smiT |
| 73 | <i>Hammarbya paludosa</i> | Eu-A | B-Temp | S (i) | hO | smiT |
| 74 | <i>Hedera helix</i> | Eu-A | Temp | O (i) | sO | smeT |
| 75 | <i>Hepatica nobilis</i> | Eu-A | Temp | S | hO | smeT |
| 76 | <i>Hierochloë hirta</i> | H | B-Temp | S | hO | smiT |
| 77 | <i>Hierochloë praetermissa</i> | Eu-Az | Arkt-B | S | hO | smiT |
| 78 | <i>Holoschoenus vulgaris</i> | H | Merid | N | hO | smeT |
| 79 | <i>Hyperzia selago</i> | H | Arkt-B | S | hC | smiT |
| 80 | <i>Hydrocotyle vulgaris</i> | Eu-MAz | S-Merid | O (i) | O | meT |
| 81 | <i>Hypericum humifusum</i> | Eu-A | Temp | O (i) | sO | smiT |
| 82 | <i>Hypericum montanum</i> | Eu-Pan | Temp | O | hO | smeT |
| 83 | <i>Hypericum tetrapterum</i> | Eu-MAz | Merid | O | hC | smeT |
| 84 | <i>Herniaria polygama</i> | Eu-O | S-Merid | W | sC | meT |
| 85 | <i>Iris aphylla</i> | Eu-O | S-Merid | W (i) | sC | smeT |
| 86 | <i>Isoëtes lacustris</i> | Eu-Am | Arkt-B | S (i) | sO | smiT |
| 87 | <i>Juncus bulbosus</i> | Eu-A | B-Temp | O | sO | meT |
| 88 | <i>Juncus tenageia</i> | Eu-Sib-A-K | S-Merid | N | hC | smeT |
| 89 | <i>Juniperus communis</i> | H | Arkt-B-Temp | S | hC | smiT |
| 90 | <i>Jurinea cyanoides</i> | Eu-Sib | S-Merid | W | sC | smeT |
| 91 | <i>Koeleria delavignei</i> | Eu-O | S-Merid | W | sC | smeT |
| 92 | <i>Laphangium luteo-album</i> | Eu-C | Temp | N | sC | meT |
| 93 | <i>Lathyrus laevigatus</i> | Eu-S | S-Merid | O | hC | smeT |
| 94 | <i>Lathyrus montanus</i> | Eu-A | Temp | O (i) | sO | smeT |
| 95 | <i>Lembotropis nigricans</i> | Eu-C | Temp | O | hO | smeT |
| 96 | <i>Lerchenfeldia flexuosa</i> | Eu-Am | Arkt-B-Temp | S | sO | smiT |
| 97 | <i>Linaria genistifolia</i> | Eu-Sib-A-K | S-Merid | N | C | smeT |
| 98 | <i>Lindernia procumbens</i> | Eu-Az | S-Merid | N | C | maT |
| 99 | <i>Listera cordata</i> | Eu-Am | B-Temp | S (i) | sO | smiT |
| 100 | <i>Lithospermum officinale</i> | Eu-Az | S-Merid | N | hC | smeT |
| 101 | <i>Lobelia dortmanna</i> | Eu-Am | B-Temp | S (i) | sO | smiT |
| 102 | <i>Lonicera xylosteum</i> | Eu-Sib | B-Temp | S | hO | smiT |
| 103 | <i>Lotus uliginosus</i> | Eu-A | Temp | O | hO | smeT |
| 104 | <i>Lunaria rediviva</i> | Eu-Pan | Temp | O (i) | hO | smeT |
| 105 | <i>Lythrum virgatum</i> | Eu-Sib | S-Merid | N | C | smeT |
| 106 | <i>Matteucia struthiopteris</i> | H | B-Temp | S (i) | sC | smeT |
| 107 | <i>Melittis sarmatica</i> | Eu-C | Temp | O | sO | meT |
| 108 | <i>Moneses uniflora</i> | H | Arkt-B | S | hC | miT |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---------------------------------------|------------|-------------|-------|----|------|
| 109 | <i>Najas major</i> | Eu-Sib | B-Temp | N | hO | smeT |
| 110 | <i>Nymphaea alba</i> | Eu-Pan | P-Zon | N | hO | meT |
| 111 | <i>Oxyccoccus microcarpus</i> | Eu-Az | B | S (i) | hC | miT |
| 112 | <i>Pedicularis sceptrum-carolinum</i> | Eu-Az | Arkt-B-Temp | S | C | miT |
| 113 | <i>Pepelis alternifolia</i> | Eu-Az | Temp | N | hO | smeT |
| 114 | <i>Peucedanum cervaria</i> | Eu-S | S-Merid | N | hC | meT |
| 115 | <i>Phleum phleoides</i> | Eu-Sib-A-K | Temp | N | hC | meT |
| 116 | <i>Picea abies</i> | Eu-N | B | S | hO | miT |
| 117 | <i>Pilosella echioides</i> | Eu-Az | S-Merid | W | C | smeT |
| 118 | <i>Pimpinella major</i> | Eu-Pan | Arkt-B-Temp | S | sO | smeT |
| 119 | <i>Polypodium vulgare</i> | H | P-Zon | O (i) | hO | smeT |
| 120 | <i>Populus nigra</i> | Eu-Sib-A-K | S-Merid | N | hC | smeT |
| 121 | <i>Potentilla alba</i> | Eu-O | Temp | N | hC | smeT |
| 122 | <i>Potentilla arenaria</i> | Eu-C | Temp | N | hC | smeT |
| 123 | <i>Pulsatilla pratensis</i> | Eu-C | Temp | O | hC | smeT |
| 124 | <i>Pyrcus flavescens</i> | C | P-Zon | N | hC | meT |
| 125 | <i>Pyrola chlorantha</i> | H | Arkt-B-Temp | S | hC | smiT |
| 126 | <i>Ranunculus reptans</i> | H | B | S (i) | hC | smiT |
| 127 | <i>Rhododendron luteum</i> | Eu-MAz | Merid | N (i) | hO | smeT |
| 128 | <i>Rhynchospora alba</i> | Eu-Am | Arkt-B-Temp | S | hO | smiT |
| 129 | <i>Salix purpurea</i> | Eu-Az | S-Merid | O | hO | smeT |
| 130 | <i>Salix viminalis</i> | Eu-Az | B-Temp | S | hO | smiT |
| 131 | <i>Salvia pratensis</i> | Eu-Pan | S-Merid | N | hO | smeT |
| 132 | <i>Salvinia natans</i> | H | Merid | N | C | maT |
| 133 | <i>Sanguisorba officinalis</i> | Eu-Az | B-Temp | N | hC | smiT |
| 134 | <i>Saxifraga tridactylites</i> | Eu-A | P-Zon | O (i) | sO | smeT |
| 135 | <i>Scabiosa ochroleuca</i> | Eu-Sib | S-Merid | N | sC | smeT |
| 136 | <i>Scheuchzeria palustris</i> | H | Arkt-B | S (i) | hC | smiT |
| 137 | <i>Sedum sexangulare</i> | Eu-C | Temp | O | hO | meT |
| 138 | <i>Senecio erucifolius</i> | Eu-Sib | S-Merid | N | sC | smiT |
| 139 | <i>Seseli annuum</i> | Eu-Pan | S-Merid | N | hC | smeT |
| 140 | <i>Stella erecta</i> | Eu-MAz | S-Merid | O | hO | smeT |
| 141 | <i>Spergula morisonii</i> | Eu-A | Temp | O | sO | smeT |
| 142 | <i>Stachys recta</i> | Eu-MAz | S-Merid | N | hC | smeT |
| 143 | <i>Stellaria longifolia</i> | H | B-Temp | S | hC | smiT |
| 144 | <i>Succisella inflexa</i> | Eu-c | Temp | O | hC | smeT |
| 145 | <i>Teesdalia nudicaulis</i> | Eu-A | Temp | O | sO | smeT |
| 146 | <i>Teucrium scordium</i> | Eu-MA | Merid | N | hO | meT |
| 147 | <i>Tragopogon bjelorusicus</i> | Eu-O | Temp | N | hC | smeT |
| 148 | <i>Tragopogon ucrainicus</i> | Eu-O | Temp | N | hC | smeT |
| 149 | <i>Trapa natans</i> | Eu-Az | Merid | N | hO | meT |
| 150 | <i>Trifolium dubium</i> | Eu-C | S-Merid | N | hC | meT |
| 151 | <i>Trifolium fragiferum</i> | Eu-MAz | Merid | N | hC | meT |
| 152 | <i>Trifolium spadiceum</i> | Eu-N | B-Temp | S | hO | smiT |
| 153 | <i>Trollius europaeus</i> | Eu-N | Arkt-B-Temp | S | hO | smiT |
| 154 | <i>Urtica kioviensis</i> | Eu-O | S-Merid | N | hC | smeT |
| 155 | <i>Viola epipsila</i> | Eu-Sib | Arkt-B | S | sO | miT |
| 156 | <i>Viola uliginosa</i> | Eu-A | Temp | N | hO | smiT |
| 157 | <i>Viscum laxum</i> | Eu-MAz | S-Merid | N (i) | hO | meT |

Результаты и их обсуждение. Фитохорологический анализ флоры Припятского Полесья показывает, что большинство аборигенных представителей (778 видов или 83,2%) не имеют четкой географической приуроченности и произрастают по всей его территории в подходящих

экологических условиях. Всего 157 видов (16,8%) находятся здесь на пределе своего естественного распространения (на границе ареала либо вблизи от нее)—то есть являются хорологически детерминированными (пограничными) для данной территории таксонами.

В более ранних работах [9] для флоры всего Белорусского Полесья только 15% видов отмечаются как специфические в своем географическом распространении. Для флоры Западного Полесья (верховья реки Припяти в пределах Украины) приводится только 103 пограничных вида, находящихся на границах ареалов [25]. В сравнении с флорой восточной части Беларуси, где естественные границы ареалов имеют 360 видов (более 34%) [26], флора Припятского Полесья характеризуется более низким (почти в 2 раза) участием хорологически определенных видов. Однако необходимо учесть, что территория восточной части Беларуси имеет значительное простираие с севера на юг и находится в пределах всех трех геоботанических подзон Беларуси [1] в различных физико-географических регионах [2], ввиду чего ее флора не отождествляет флору естественной природной области. Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод, что флора Припятского Полесья, как отдельной природной области, выделяется значительным хорологическим своеобразием в сравнении с другими региональными флорами.

При этом для каждой выделенной ареалогической группы характерны свои экологические и географические особенности, что проявляется в специфике распространения этих видов по территории Беларуси и Припятского Полесья. В таблице 2 представлено распределение хорологически определенных видов флоры Припятского Полесья по выделенным ареалогическим группам.

Таблица 2. Распределение хорологически определенных видов флоры Припятского Полесья по ареалогическим группам

| Ареалогическая группа | Кол-во видов | % | Из них в островных локалитетах |
|-----------------------|--------------|------|--------------------------------|
| Северная (N) | 56 | 35,7 | 7 |
| Южная (S) | 53 | 33,7 | 11 |
| Восточная (O) | 35 | 22,3 | 8 |
| Западная (W) | 13 | 8,3 | 1 |
| Итого: | 157 | 100 | 27 |

Наиболее многочисленной (56 видов или 35,7%) является северная ареалогическая группа, объединяющая виды растений, которые в пределах Припятского Полесья находятся на северных (северо-восточных или северо-западных) границах ареала (рисунок 1). Она представлена преимущественно теплолюбивыми и умеренно-теплолюбивыми меридиональными (*Trifolium fragiferum*, *Teucrium scordium*), субмеридиональными (*Scabiosa ochroleuca*, *Caulinia minor*) и температурными (*Phleum phleoides*, *Tragopogon bjelorusicus*) видами [4], не имеющими четкой

приуроченности к каким-либо долготным географическим элементам флоры. В отношении термозоморф виды данной группы относятся к наиболее теплолюбивым элементам – субмезотермофитам и термофитам [6]. Всего 7 представителей из этой группы находится в островных локалитетах за северной границей своего сплошного распространения: *Equisetum telmateia*, *Rhododendron luteum*, *Daphne cneorum*, *Viscum laxum* и другие [27, 28]. При этом для некоторых видов из северной ареалогической группы (*Stachys recta*, *Chondrilla juncea* и др.) характерно постепенное расширение ареала к северу, ввиду чего некоторые исследователи относят их к прогрессирующим элементам флоры [29].

На территории Припятского Полесья на южном пределе естественного распространения находится 53 вида, большинство из которых относится к холодостойким и умеренно холодостойким аркто-бореальным (*Carex brunnescens*, *Hierochloë praetermissa*), аркто-бореально-температным (*Pyrola chlorantha*, *Eriophorum gracile*), бореальным (*Alchemilla hirsuticaulis*, *Goodyera repens*) и бореально-температным (*Dryopteris assimilis*, *Salix viminalis*) широтным геоэлементам. В отношении долготных геоэлементов отмеченные виды относятся к голарктическим (*Carex vaginata*, *Stellaria longifolia*), евразийским (*Pedicularis sceptrum-carolinum*, *Daphne mezereum*) и евросибирским (*Viola epipsila*, *Betula humilis*). В отношении термозоморф виды южной ареалогической группы представлены преимущественно субмикротермофитами (*Eriophorum gracile*, *Arctostaphylos uva-ursi*) и микротермофитами (*Pedicularis sceptrum-carolinum*, *Carex chorrodorhiza*) [6]. Всего 11 таксонов из этой группы (*Carex dioica*, *Hammarbya paludosa*, *Lobelia dortmanna*, *Scheuchzeria palustris*, *Ranunculus reptans* и др.) на территории Припятского Полесья находятся в островных локалитетах на значительном удалении к югу от границы основного ареала [27, 28]. Места произрастания большинства из них (например, *Empetrum nigrum*, *Carex pauciflora*) связаны с участками верховых и переходных болот или олиготрофными озерами (*Hyperzia selago*, *Lobelia dortmanna*).

Группа видов, находящихся на восточном пределе своего естественного распространения, представлена 35 таксонами, что составляет 22,3% от общего числа пограничных видов. Почти все они относятся к умеренно-теплолюбивым бореально-температным (*Drosera intermedia*, *Juncus bulbosus*) и температурным (*Lotus uliginosus*, *Lembotropis nigricans*) широтным геоэлементам. В системе долготных геоэлементов флоры представители восточной ареалогической группы являются преимущественно европейско-американскими (*Drosera intermedia*, *Dianthus armeria*), атлантическо-европейскими (*Teesdalia nudicaulis*, *Carex davalliana*) и центрально-европейскими (*Melittis sarmatica*, *Arctium nemorosum*) видами. Большинство из них относится к субокеаническим (*Hedera helix*, *Hypericum humifusum*) и гемиокеаническим (*Carex umbrosa*, *Lotus uliginosus*) омброморфам [6]. Нарастающая с запада на восток континентальность климата способствует тому, что почти все эти виды на территории Припятского Полесья находятся непосредственно на границе ареала либо в островных локалитетах (*Hedera helix*, *Hypericum humifusum*, *Polypodium vulgare*) [30].

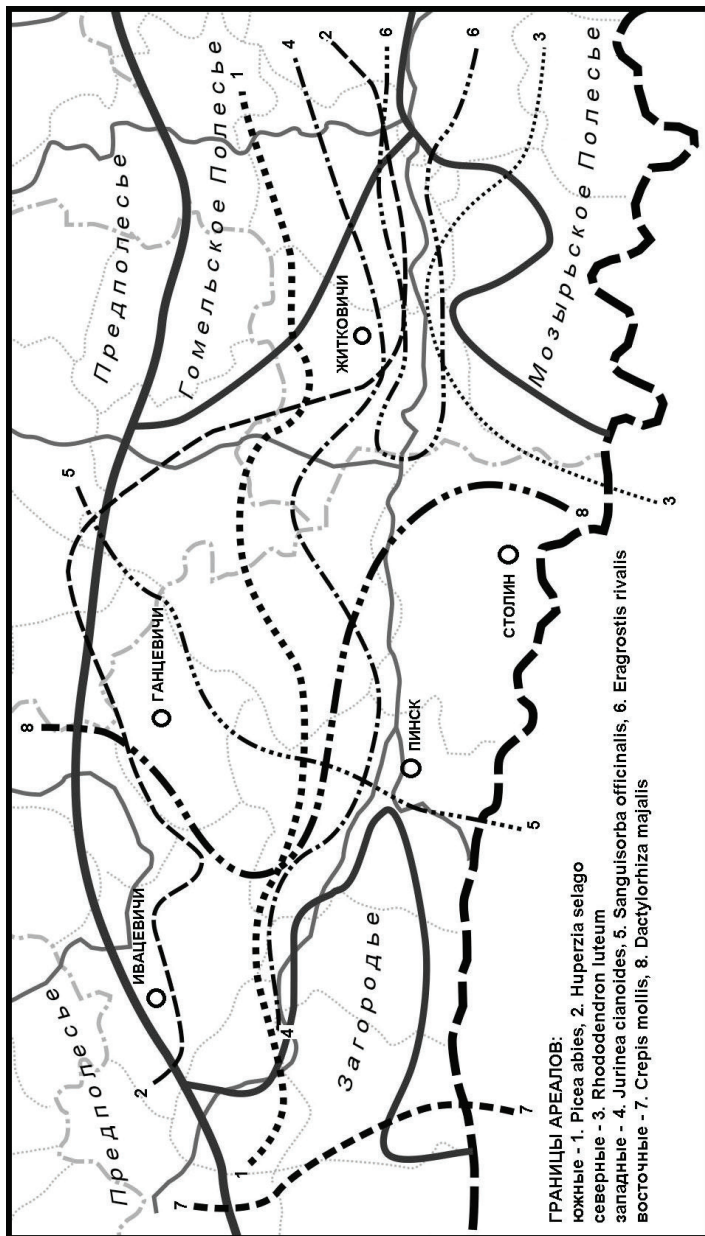


Рис. 1. Ареалы некоторых пограничных видов на территории Припятского Полесья.

Западная ареалогическая группа является самой малочисленной и представлена 13 (8,3% от общего числа) преимущественно умеренно-теплолюбивыми и теплолюбивыми температурными (*Alisma praecox*, *Eragrostis rivalis*) и субмеридиональными (*Koeleria delavignei*, *Chamaecytisus ruthenicus*) видами. В отношении долготных геоэлементов флоры все они являются евросибирскими (*Asparagus officinalis*, *Agrostis diluta*) или восточно-европейскими (*Dianthus borussicus*, *Herniaria polygama*) видами. Только один представитель из этой группы (*Iris aphylla*) находится в островном местонахождении вдали от основного ареала. Представители западной ареалогической группы принадлежат преимущественно к субконтинентальной (*Festuca arietina*, *Chamaecytisus ruthenicus*) омброморфе [6]. В целом, почти все местонахождения отмеченных видов на территории Припятского Полесья приурочены к долине реки Припяти и ее крупнейших притоков [31].

Наибольший интерес представляет группа видов растений, которые в Припятском Полесье имеют дизъюнкцию между равнинной бореальной и горной частями ареала. К таким видам относятся некоторые представители южной ареалогической группы. Наиболее детально изучена и объяснена дизъюнкция в ареале между равнинной бореальной (северноевропейской) и горной (карпатской) областями распространения *Picea abies* [9, 10]. Причина образования полесской хорологической дизъюнкции в ареале *Picea abies*, как и других бореальных видов, объясняется климатическими и почвенно-гидрологическим факторами [9]. Рассматривая экологические особенности видов с дизъюнктивным ареалом, следует отметить, что в отношении к влажности почвы большинство из них относится к умеренно-влаголюбивым и влаголюбивым видам: гигромезофитам (*Huperzia selago*, *Salix myrtilloides*) и гигрофитам (*Listera cordata*, *Scheuchzeria palustris*) соответственно. В отношении к тепловому режиму все виды принадлежат к умеренно-холодостойким и холодостойким экогруппам: субмикротермофитам (*Botrychium matricarifolium*, *Alchemilla glaucescens*) и микротермофитам (*Oxycoccus microcarpus*, *Chamaedaphne calyculata*) [6]. Эти виды, репрезентирующие бореальный и неморально-бореальный зональный режим тепла, являются типичными представителями тундры и тайги. Для некоторых холодостойких и влаголюбивых видов из этой группы (в первую очередь *Picea abies*) характерно смещение границ ареала к северу в результате климатических изменений и широкомасштабных мелиоративных работ, проведенных здесь во второй половине минувшего столетия [32].

Как отмечалось ранее, многие из перечисленных пограничных видов, ввиду особенностей своего географического распространения, являются редкими как для флоры Беларуси в целом, так и для отдельных ее регионов. Среди них 51 вид (32,5%) имеет охранную категорию Красной книги Республики Беларусь [28]. Из них к I категории относится 9 видов (*Carex davalliana*, *Equisetum telmateia*), ко II–12 (*Botrychium matricarifolium*, *Hedera helix*), к III–17 (*Nymphaea alba*, *Trapa natans*), к IV–13 (*Genista germanica*, *Lunaria rediviva*). При этом многие виды, являющиеся редкими

для флоры Припятского Полесья и Беларуси, не имеют охранного статуса (*Teesdalia nudicaulis*, *Holoschoenus vulgaris*, *Hypericum humifusum*), либо включены лишь в список видов, нуждающихся в профилактической охране (*Lembotropis nigricans*, *Betula obscura*, *Jurinea cyanoides*) [28]. К регионально редким видам следует отнести в первую очередь таксоны из южной и дизъюнктивной ареалогических групп: *Alchemilla hirsuticaulis*, *Carex chorrdorhiza*, *Goodyera repens*, *Listera cordata* и другие.

Заключение. Фитохорологический анализ флоры Припятского Полесья показывает, что данная территория характеризуется значительным хорологическим своеобразием. Более 16% аборигенных видов находятся здесь на пределе своего естественного распространения, являясь тем самым пограничными для флоры региона. Из них более многочисленна группа видов с северными границами ареалов, поскольку климату данной территории свойственна повышенная теплообеспеченность, что способствует продвижению на север теплолюбивых видов растений. Представители с южными границами ареалов, вследствие указанных причин и дефицита влажности, наоборот, ограничиваются в своем распространении северными границами Припятского Полесья или Предполесья. В распространении видов восточной и западной ареалогических групп решающим фактором является нарастающая с запада на восток континентальность климата. В результате чего континентальные виды восточноевропейского распространения находят здесь западные границы ареала, а атлантические и центральноевропейские виды – восточные. Многие из отмеченных пограничных видов растений являются достаточно обычными для флоры центральной и северной частей Беларуси, однако требуют охраны на региональном уровне в условиях Припятского Полесья.

Литература

1. Нацыянальны атлас Беларусі / Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савете Міністраў Рэспублікі Беларусь. Мінск, 2002. 292 с.
2. Марцинкевич Г. И., Клицунова И. К. Счасная И. И. // Выбраныя навуковыя працы БДУ: у 7 т. Том VII. Біялогія. Геаграфія. Мінск, 2001. С. 333–356.
3. Мяслик А. Н. // Матэрыялы XVII Респ. навуч.–практ. конф. моладых учынях (г. Брэст, 15 мая 2015 г.): в 2 ч. Брэст, 2015. Ч. 1. С. 112–114.
4. Мяслик А. Н. // Вестці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. біял. навук. 2016. № 2. С. 15–21.
5. Мяслик А. Н. // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. 2016. № 1. С. 46–54.
6. Мяслик А. Н. // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. Естественные науки. 2016. № 3 (96). С. 40–47.
7. Полянская В. С. Склад флоры Беларусі і геаграфічнае пашырэнне паасобных раслінных відаў. Менск, 1931. 171 с.
8. Козловская Н. В., Парфенов В. И. Хорология флоры Белоруссии. Минск, 1972. 309 с.
9. Парфенов В. И. Флора Белорусского Полесья: современное состояние и тенденции развития. Минск, 1983. 295 с.

10. Парфенов В. И. Обусловленность распространения и адаптации видов растений на границах ареалов. Минск, 1980. 208 с.
11. Parfenov V. I. // *Acta Bot. Fennica*. 1999. № 162. P. 129–132.
12. Meusel H. *Vergleichende Chorologie der zentraleuropaischen Flora*. Bd 1. Jena, 1965. 583 s.
13. Meusel H. *Vergleichende Chorologie der zentraleuropaischen Flora*. Bd 2. Jena, 1965. 258 s.
14. *Екофлора України: в 6 т. / відпов. ред. Я. П. Дідух*. Київ, 2010.
15. Hulten E. *Flora of Alaska and Neighboring Territories (a manual of the vascular plants)*. Stanford, 1974. 1008 p.
16. *Флора Беларуси. Сосудистые растения: в 6 т. / под общ. ред. В. И. Парфенова*. Минск, 2009. 199 с.
17. *Флора Беларуси. Сосудистые растения: в 6 т. / под общ. ред. В. И. Парфенова*. Минск, 2013. 447 с.
18. *Флора БССР: в 5 т. / редкол. Б. К. Шишкин*. Минск, 1959.
19. Den virtuella floran [Electronic resource] // *Naturhistoriska riksmuseet*. – Mode of access: <http://linnaeus.nrm.se/flora/index>. – Date of access: 10.04.2016.
20. Козловская Н. В. Флора Белоруссии, закономерности ее формирования, научные основы использования и охраны. Минск, 1978. 128 с.
21. Мяслик А. Н. // Современное состояние, тенденции развития, рациональное использование и сохранение биологического разнообразия растительного мира: Минск–Нарочь, 23–26 сент. 2014 г. Минск, 2014. С. 114–117.
22. Didukh Ya. P. The ecological scales of the species of ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv, 2011. 176 p.
23. Цыганов Д. Н. Экоморфы флоры хвойно-широколиственных лесов. М., 1976. 60 с.
24. Ellenberg H. *Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas*. Göttingen, 1974. 97 S.
25. Шевчик В. Л. Флора верховьев реки Припять в пределах Украинской ССР (Западное Полесье): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск, 1991. 17 с.
26. Дубовик Д. В. Современное состояние и тенденции изменения флоры сосудистых растений восточной части Беларуси (таксономический состав, хорологические особенности, вопросы охраны): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск, 2009. 23 с.
27. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ, 2009. 900 с.
28. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений. Минск, 2015. 448 с.
29. Козловская Н. В. // *Ботаника (исследования)*, выпуск XX. Минск, 1978. С. 88–95.
30. Козловская Н. В. // *Ботаника (исследования)*, выпуск XII. Минск, 1970. С. 44–54.
31. Дубовик Д. В., Скуратович А. Н. // *Степи Северной Евразии: Материалы V междунар. симпозиума (г. Оренбург, 17–21 мая 2009 г.)*. Оренбург, 2009. С. 43–45.
32. Ермохин М. В., Пугачевский А. В. // *Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. біял. навук*. 2009. № 1. С. 51–55.

А. Н. МЯЛИК
**ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОГРАНИЧНЫХ
ВИДОВ ФЛОРЫ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ**

Резюме

В статье представлен фитохорологический анализ аборигенной флоры Припятского Полесья. Выделены ареалогические группы (северная, южная, восточная и западная) среди 157 видов, находящихся здесь на пределе своего естественного распространения. Для каждой из групп объяснены причины, ограничивающие дальнейшее распространение видов, что обусловлено их эколого-географическими особенностями и современными климатическими условиями территории. Отдельное внимание обращается на то, что некоторые виды ввиду особенностей своего географического распространения и экологических предпочтений, являются регионально редкими и уязвимыми для флоры Припятского Полесья и требуют охраны на местном уровне.

A. M. MIALIK
**ECOLOGICAL-GEOGRAPHICAL FEATURES OF BORDER SPECIES
OF PRYPIACKAJE PALIESSIE**

Summary

The article presents an fitohorological analysis of the native flora of Prypiackaje Paliessie. Obtained arealogical group (northern, southern, eastern, western and disjunctive) among 157 species which are here at the limit of its natural distribution. For each of the groups, explained the reasons for limiting the further spread of the species, because of their ecological and geographical features and modern climatic conditions of the area. Special attention is drawn to the fact that some types of features due to their geographical distribution and ecological preferences are regionally rare and endangered flora of Prypiackaje Paliessie and require protection at the local level.

Поступила в редакцию 08.11.2016 г.

Г. Ф. РЫКОВСКИЙ, М. С. ШАБЕТА
**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БРИОКОМПОНЕНТОВ
СОСНОВЫХ И ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ ЧЕРНИЧНОЙ СЕРИИ
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

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

Введение. Природная значимость лесов на территории Беларуси определяется ее нахождением в европейской лесной области. В составе лесного фонда страны, как известно, преобладают хвойные леса, что отчасти связано и с хозяйственной деятельностью. При этом, если сосновые леса встречаются на всей территории страны, то еловые имеют границу сплошного распространения в её южной части. Это связано с климатическими и эдафическими причинами. Зона южнотаёжных хвойных лесов в Полесье сменяется зоной широколиственных лесов. Здесь ель встречается лишь в виде небольших разрозненных «островов», заходящих и в Украинское Полесье. Такое естественное, природно-историческое деление Беларуси неизменно привлекает к себе внимание исследователей. Особо следует упомянуть исследования проведенные В. И. Парфеновым, обосновавшим полесскую хорологическую дизъюнкцию в ареалах группы видов сосудистых растений.

Несомненный интерес представляет и сравнительный анализ бриокомпонентов хвойных лесов на территории Беларуси как зональных (еловых), так и азональных (сосновых). Хотя в Полесье обычно выделяют подзону сосново-широколиственных лесов, но главное, что это – подзона широколиственной зоны. Преобладание сосновых сообществ в этом регионе вызвано не климатическими, а эдафическими факторами и усугублено антропогенным давлением.

Эдафотопы в Полесье характеризуются преимущественно пониженной трофностью из-за своего легкого механического состава, обусловленного событиями плейстоцена (или это – болотные экосистемы). Со сна, обладая широкой экологической амплитудой, в состоянии мириться с этим обстоятельством. Полесская хорологическая дизъюнкция возникла как следствие событий антропогена.

В составе хвойных лесов к числу наиболее распространенных относятся сообщества черничной серии типов леса, которые имеют существенное ресурсное значение как источники деловой древесины и плодово-ягодной продукции (ягодники) и важное звено взаимосвязанных экосистем. В настоящее время без разносторонней характеристики биоразнообразия хвойных и других сообществ не может быть предпосылки для подлинного их рационального использования в гармонии с вопросами сохранения генофонда в единстве с фенотипической его определенностью.

Необходимо отметить, что если кисличная серия благоприятствует максимальному проявлению эдификаторных свойств ели и конкурентному

давлению на сосну как более слабого эдификатора, то в черничниках создаются условия в сходной мере подходящие для формирования как сосновых, так и еловых сообществ. Это не может не отражаться на бриокомпоненте, учитывая способность ели создавать более устойчивый микроклимат.

Объекты (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. Черничная серия типов леса относится к преобладающей по занимаемой площади среди хвойных лесов на территории Беларуси. Входящие в состав хвойных лесов сообщества сосновой и еловой формаций характеризуются определенными экологическими различиями. Сосновые леса встречаются в более широком диапазоне мест произрастания в связи с большей, чем у ели обыкновенной, экологической пластичностью сосны обыкновенной. Вместе с тем сосна – более слабый эдификатор в сравнении с елью и является, вероятно, наиболее распространенным наследием событий четвертичного периода на всей территории Беларуси. Упрочению её позиции в значительной мере способствует антропогенная деятельность. Ель имеет иной характер флорогенеза. Она экологически относится к более требовательным компонентам из доминантов хвойного леса. В соответствии с этим экологический диапазон ели уже, чем у сосны, но первая обладает иным преимуществом – является более сильным эдификатором, если экологическая обстановка позволяет реализовать ее возможности.

Необходимо отметить, что структурно-функциональная специфика сосны и ели в качестве лесообразователей имеет, как нами предполагается, различную экологическую предопределенность. По всей вероятности, ель формировалась в ороженных условиях при умеренном климате. Экологической ареной ели, по всей вероятности, являлись скально-каменистые образования, покрытые небольшим слоем почвы. Этому соответствует строение корневой системы ели и другие её морфологические признаки (прежде всего, строение и расположение ветвей и хвои) в обстановке прохладного и достаточно влагообеспеченного климата. Сосна же, судя по структуре её корневой системы и габитусу, формировалась на обширных равнинных территориях в условиях недостаточно устойчивого влагообеспечения и невысокой степени трофности субстрата, хотя на богатых почвах она не произрастает только из-за своей невысокой конкурентной способности. Такой адаптациогенез позволил сосне широко расселиться в постгляциалах на лёгких и рыхлых, обедненных элементами питания сустратах, образовавшихся путем перетиранья в основ-

ном силикатного скально-каменистого материала скандинавских горных пород при его передвижении в толще покровных ледников антропогена. Появление сосны на болотных почвах, по всей вероятности, вторичное явление. Вместе с сосной и елью как лесообразователями расселились свойственные их экологии растения травяно-кустарничкового яруса, но, прежде всего, мохообразные. Сам характер хвойного леса, как известно, исторически определяется взаимоотношением древесного яруса с напочвенным моховым покровом. Это оттеняет эколого-ценотическую значимость бриокомпонента хвойных лесов. Сосна и вслед за ней ель в связи со свойственной им относительной холодостойкостью, по-видимому, могут считаться древнейшими лесообразователями в постгляциале.

Довольно распространённый тип в составе сосновой формации – сосняк черничный (15,3%). Он занимает пониженные ровные местоположения, нижние части склонов и небольшие проточные западины, с хорошо выраженным нанорельефом и большей степенью увлажнения, чем предыдущие типы. Чаще всего примыкает к сосняку долгомошному. Преобладают влажные дерново-подзолистые, оглеенные, реже торфянисто-подзолисто-глеевые песчаные, еще реже супесчаные почвы. Монодоминантные встречаются редко, в елово-черничной ассоциации, отражающей особенности южнотаежных сосновых лесов; обязательным компонентом второго яруса является ель. Здесь нами отмечено максимальное для изученных типов сосняков число видов – 119 (57,5%), из которых 24 – печеночники (*Calypogeia integristipula*, *Chiloscyphus profundus*, *Ptilidium pulcherrimum* и др.) и 95 – мхи, в том числе 84 – бриевые и 11 – сфагновые. Бриофиты в основном покрывают почву, валежник и пни. По числу видов выделяются роды *Sphagnum* (11), *Chiloscyphus* и *Dicranum* (по 5), *Brachythecium*, *Dicranella*, *Orthotrichum*, *Plagiomnium*, *Plagiothecium* и *Thuidium* (по 4), а в остальных родах – по 1–3 вида. В связи с выраженностью микро рельефа по западинам часто отмечены гигрофитные мхи – *Calliergonella cuspidata*, *Polytrichum commune*, а также *Sph. fallax*, *Sph. girgensohnii*, *Sph. palustre*, *Sph. russowii*, *Sph. squarrosum*, *Sph. centrale*, *Sph. fimbriatum*, *Sph. subsecundum*, представляющие трофоморфы от олигомезотрофных до мезозвтрофных. Кроме этих видов здесь появляются *Cephaloziella elachista*, *Chiloscyphus minor*, *Odontoschisma denudatum*, *Pellia endiviifolia*, *Stereodon fertilis*, *Straminergon stramineum*, в западинах *Warnstorfia fluitans*. Характерны сочетания лесных мезофитов (в основном бриевые мхи) с гигрофитами (сфагновые и бриевые мхи). Эпигейды – олигомезотрофы, мезотрофы, эвтрофы, на гниющих валежнике и пнях – преимущественно мезотрофы. Биоморфы – настоящая дерновина, плоский ковер, разветвлено-ветвистое и перисто-ветвистое сплетения, мутовчато-ветвистая дерновина. По жизненным стратегиям сочетаются бриовиоленты с пациентамиценотическими и экотопическими. Совокупность бриофитов индицирует умеренную трофность и некоторую степень заболачивания эдафотопы. В экологическом ряду типов леса, начиная с черничного, в сторону увеличения увлажнения наблюдается значительное и далее возрастающее участие сфагновых мхов в напочвенном моховом покрове.

Сосновые леса вообще могут служить моделью тех условий, которые в условиях умеренного климата во многом могли способствовать формообразованию бриевых мхов. Действительно, крона сосны не создает сильного затенения и не создает большого препятствия как для солнечной инсоляции, так и для проникновения атмосферных осадков. Такие условия могли приводить к выработке продвинутой органогфии у бриевых мхов как относительно менее зависимых от степени влагообеспечения организмах в сравнении с лесными печеночниками.

Ельник черничный – довольно распространенный тип (19,8%), занимающий ровные пониженные местоположения с кочковатым нанорельефом на дерново-подзолистых (сильно оподзоленных), супесчаных или суглинистых, оглеенных, подстилаемых суглинком, влажных, иногда с признаками избыточного увлажнения почвах. Приурочен к несколько пониженным элементам рельефа и более увлажнен относительно также широко распространенного кисличного типа. Представляет более низкую ступень плодородия почв, несколько избыточно увлажненных. При увеличении сухости почв и снижении их богатства черничник сменяется мшистым типом, а затем брусничным, многие ассоциации которых являются производными от суборей.

В связи с широким распространением данного типа леса биоразнообразие мохообразных в нем незначительно уступает таковому наиболее богатого в этом отношении ельника кисличного (64,7%). Всего здесь насчитывается 134 вида мохообразных, в том числе 39 – печеночники, 95 – мхи, в т.ч. 82 – бриевые мхи и 13 – сфагновые. Такое число видов печеночников – наибольшее в лесах еловой формации. По видовой представленности здесь выделяются роды *Sphagnum* (13), *Cephalozia*, *Dicranum*, *Plagiomnium* (по 5), *Chiloscyphus*, *Lophozia*, *Brachythecium*, *Bryum*, *Thuidium* (по 4), *Plagiothecium* (3), в остальных родах по 1–2 вида. В этом, а также приручейно-травяном типах отмечен такой редкий вид, как *Crossocalyx hellerianus*. Только в данном типе отмечены *Cephaloziella divaricata*, *C. rubella*, *Lophozia exciza*, *L. ventricosa*, *Orthocaulis attenuatus*, *Bryum turbinatum*, *Campylium stellatum*, *Drepanocladus polygamus*. В напочвенном моховом покрове численно преобладают отмеченные на большинстве пробных площадей с данным типом леса мезоэвтрофные и эвтрофные мезофиты *Eurhynchium angustirete*, *Plagiomnium affine*, *Plagiothecium nemorale*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Thuidium delicatulum*, *Th. tamariscinum*, *Atrichum undulatum*, *Bryum turbinatum*, а также более влаголюбивые – гигрофиты и гигромезофиты – *Brachythecium rivulare*, *Calliergon cordifolium*, *Calliergonella cuspidata*, *Climacium dendroides*, *Marchantia polymorpha*, *Pellia epiphylla*, *Plagiomnium ellipticum*, *P. undulatum*, *Polytrichastrum longisetum*, *Rhizomnium punctatum*, *Trichocolea tomentella*. Кроме того, широко представлены олигомезотрофные и мезотрофные мезофиты – *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens*, *Polytrichastrum formosum*, а также гигромезофиты – *Aulacomnium palustre*, *Polytrichum commune*. Сфагновые мхи представляют трофоморфы от олигомезотрофных до мезоэвтрофных. Из биоморф более представительны дерновины настоящая и мутовчато-ветвистая, плоский и талломный ков-

ры, значительно менее—перисто- и разветвленно-ветвистые сплетения, вертикально-ветвистый ковер. Здесь присутствуют все 3 вида дендроидной биоморфы. По жизненным стратегиям преобладают ценотические бриопаиенты, которым заметно численно уступают экотопические, единично представлены бриоэксперенты. Бриовиолентность проявляют сфагновые мхи. Бриофиты индицируют повышенную трофность эдафотопы. Экологические условия елового леса могут служить моделью тех условий, которые при умеренном климате благоприятствуют произрастанию многих юнгерманниевых печеночников, в том числе горной экологии.

Из общего числа видов мохообразных хвойных сообществ черничной серии 72 вида (21—печеночники и 51—мхи, в том числе 6—сфагновые и 45—бриевые) или 45% относятся к дифференциальным для бриокомплексов сосновых и еловых лесов, т. е. ограниченных в своем распространении только первыми или вторыми. Лишь в сосняках этой серии отмечено 29 видов (24,4% от всего бриокомплекса данных лесов), из которых 3—печеночники и 26—мхи, а в ельниках—43 (32,1%), из них 18—печеночники и 25—мхи. Следовательно, дифференциальных видов мхов в сосновых и еловых лесах—практически одинаковое число, а среди печеночников значительно больше дифференциальных видов в ельниках. Последние представлены эпиксилами и эпигеидами—*Aneura pinguis*, *Bazzania trilobata*, *Cephalosia bicuspidata*, *C. catenulata*, *C. connivens*, *C. pleniceps*, *Crossocalyx hellerianus*, *Geocalyx graveolens*, *Lophozia ascendens*, *L. excisa*, *L. ventricosa*, *Pellia epiphylla*, *P. neesiana*, *Riccardia latifrons*, *R. palmata*, *Scapania irrigua*, *Trichocolea tomentella*.

Эти виды характеризуются либо повышенной требовательностью к влажности микроклимата, либо предпочитают места с низинным типом заболачивания. Преимущественно они относятся к бриофитам горной экологии, т. е. имеют чаще всего карпатские флорогенетические связи. Часть из них проявляет полесскую или южнополесскую хорологические дизъюнкции. Таковы *Bazzania trilobata*, *Cephalosia catenulata*, *Crossocalyx hellerianus*, *Lophozia ascendens*, *Trichocolea tomentella*. В отличие от ельников черничных в однотипных сосняках дифференциальные виды печеночников практически не выявлены. Дифференциальные виды мхов ельников преимущественно—мезофиты, гигромезофиты и гигрофиты, относительно требовательные к трофности субстрата (*Cirriphyllum piliferum*, *Plagiomnium undulatum*, *Pseudobryum cinclidioides*, *Plagiothecium nemorale* и др.), олиготрофы здесь отсутствуют. В составе дифференциальных видов мхов сосняков трофический спектр шире—от эвтрофов до олиготрофов и от мезоксерофитов до гигрогидрофитов. Олиготрофами или олигомезотрофами являются *Dicranum spurium*, *Polytrichum strictum*, *Warnstorfia fluitans*. К числу ксероморфных видов относятся *Dicranum spurium*, *Syntrichia ruralis*, к гигрофитам—*Polytrichum strictum*, *Straminergon stramineum*, к гигрогидрофитам—*Calliergon giganteum*, *Drepanocladus aduncus*, *Leptodictyum riparium*, *Warnstorfia fluitans* и др.

К общим (интегрирующим) для сосняков и ельников черничной серии типов леса относятся 88 видов мохообразных (20—печеночники

и 68–мхи, из которых сфагнов–8 и бриевых–60) или 55% от всего состава видов. В этой группе из печеночников по числу видов выделяются роды *Chiloscyphus*–4 (*Ch. latifolius*, *Ch. pallescens*, *Ch. polyanthus*, *Ch. profundus*), *Calypogeia*–2 (*C. Integristipula*, *C. neesiana*), *Cephaloziella*–2 (*C. divaricata*, *C. rubella*). Печеночники различной экологии, но преимущественно мезотрофы гигрофильной группы. Сфагновые мхи– преимущественно олигомезотрофы, а из более требовательных–*Sph. palustre*, *Sph. squarrosum*, *Sph. girgensohnii*. Из бриевых мхов по числу видов выделяются роды *Plagiomnium*–4 (*P. affine*, *P. elatum*, *P. ellipticum*, *P. cuspidatum*), *Brachythecium*–4 (*B. campestre*, *B. rivulare*, *B. rutabulum*, *B. salebrosum*), *Thuidium*–4 (*Th. assimile*, *Th. delicatulum*, *Th. recognitum*, *Th. tamariscinum*), *Polytrichastrum*, *Polytrichum*, *Bryum*, *Sciuro-hypnum*, *Plagiothercium*, *Rhytidiadelphus*–по 2 вида. Бриевые мхи по отношению к субстрату– преимущественно эпигеиды, эпиксилы и экологически пластичные. Они представлены гидроморфами–от ксеромезофитов до гигрофитов, но преимущественно мезофиты, а по трофоморфам–от эвтрофов до олигомезотрофов с преобладанием мезотрофов и мезоэвтрофов.

Настоящие эпифиты здесь не анализируются, поскольку почти все они избирают для поселения кору лиственных деревьев, образующих некоторую примесь к доминирующим хвойным деревьям (в основном представители сем. *Orthotrichaceae*), также как и облигатных эпилитов (представители сем. *Grimmiaceae*).

Таким образом, хвойные леса черничной серии относительно бриокомпонента характеризуются некоторым преобладанием общих (интегрирующих) для сосняков и ельников видов (55%) над отмеченными только в первых или вторых или, иными словами, дифференцирующих видов (45%). Последние в известной мере отражают эколого-ценотическую специфику сосновых и еловых лесов. Это, прежде всего, более благоприятный по устойчивости влажности микроклимат для печеночников. Что касается бриевых мхов, то они образуют две как бы замещающие друг друга и практически равночисленные группы видов–дифференциальных как для сосняков, так и для ельников. Не исключено, что эти группы видов могут быть использованы для прогнозной характеристики сосняков и ельников черничной серии типов леса. Следует также отметить, что использование данных о мохообразных всех экологических групп лесных сообществ способно открыть новые возможности для формирования представления о функционировании и развитии в экологическом аспекте лесных экосистем и, в первую очередь, сообществ хвойного леса, круглогодично осуществляющих процесс фотосинтеза в отличие от лиственных лесов. При этом многие бриофиты являются вечнозелеными растениями. В этом также состоит исторически функциональное единение хвойных деревьев и мхов–дериватов умеренного климата. У вечнозеленых хвойных деревьев опад хвои не препятствует развитию мхов. Как мы полагаем, именно в их сообществах мхи достигли наивысшей органографии, в известной мере дублирующей в организации гаплофазы диплофазу сосудистых растений. Таковы, например, политриховые. Листопадность

у сосудистых растений – явление вторичного характера как адаптация к климатическим экстремумам.

Литература

1. Игнатов М. С., Игнатова Е. А. Флора мхов средней части европейской России. Том 1. Sphagnaceae – Hedwigiaceae. М.: КМК, 2003. С. 1–608. (Арктоа 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. (Арктоа 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: Беларус. навука, 2011. 433 с.
7. Шабета М. С. Структура бриокомпонента хвойных лесов Беларуси: таксономия, биоморфология, экология, география, созология: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.01, 03.02.08. Минск, 2014. 369 с.
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
**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БРИОКОМПОНЕНТОВ СОСНОВЫХ
И ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ ЧЕРНИЧНОЙ СЕРИИ НА ТЕРРИТОРИИ
БЕЛАРУСИ**

Резюме

В статье представлены результаты сравнительного анализа бриокомпонентов сосновых и еловых лесов Беларуси черничной серии типов леса.

G. F. RYKOVSKY, M. S. SHABETA
**COMPARATIVE ANALYSIS OF BRYOFLOTA IN PINE AND SPRUCE
FORESTS OF BLUEBERRY SERIES ON BELARUS TERRITORY**

Summary

The article presents a systematic list of bryophytes of Belarus, as well as synonyms renamed taxa.

Поступила в редакцию 04.11.2016 г.

Т. А. САУТКИНА, А. И. ПАЦЕВИЧ
**КРИТИКО-СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОМПЛЕКСА
 DIANTHUS ARENARIUS S. L. ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ
 И ХОРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЕГО ВИДОВ**

Белорусский государственный университет, г. Минск

Введение. Род *Dianthus* L. – Гвоздика (сем. Caryophyllaceae) по данным разных авторов насчитывает от 300 [1–4] до 350 [5–6] видов. До настоящего времени монографии рода нет, что подтверждает сложность его изучения. Как свидетельствуют имеющиеся научные данные, в роде есть, так называемые, «критические» таксоны, объем которых, а также номенклатурный статус являются проблематичными. Одним из таких таксонов считается *Dianthus arenarius* L. Данный вид был описан К. Линнеем в 1753 г. в «Species plantarum» со ссылкой на его более раннюю работу «Flora suecica» (Linné, 1745) [7]. Таким образом, К. Линней привел диагностические признаки вида по материалу, собранному на юге Швеции, точнее, на полуострове Сконе, но указал, что *Dianthus arenarius* L. распространен по всей Европе.

Однако дальнейшее изучение этого вида показало, что сборы из разных частей Европы неоднородны и по некоторым признакам отличаются от описания, данного К. Линнеем. В 1902 г. F. Virhapper разделяет *Dianthus arenarius* L. на два подвида: для Средней Европы он описывает *Dianthus arenarius* subsp. *borussicus* Vierh., а для северных регионов – *Dianthus arenarius* subsp. *arenarius* Vierh. [7].

В 1927 г. чешский ботаник F. Novák понизил *Dianthus arenarius* subsp. *borussicus* Vierh. до ранга разновидности: *Dianthus arenarius* var. *borussicus* (Vierh.) Novák, а *Dianthus arenarius* subsp. *arenarius* Vierh. не только понизил в ранге, но и переименовал в *Dianthus arenarius* var. *suecicus* (Virh.) Novák [8].

В 1950 г. С. В. Юзепчук придал подвиду *Dianthus arenarius* subsp. *borussicus* Vierh. ранг вида – *Dianthus borussicus* (Vierh.) Juz. и наряду с ним привел *Dianthus arenarius* L. s.st. [9]. Кроме этих двух видов из *Dianthus arenarius* s.l. польским ботаником Б. Блоцким (B. Blocki) был описан вид *Dianthus pseudoserotinus* Blocki [5], а М. В. Клоковым выделен еще один вид – *Dianthus pseudosquarrosus* (Novák.) Klok. [10]. Таким образом, из комплекса *Dianthus arenarius* s.l. разными авторами в разное время выделено 4 самостоятельных вида: *Dianthus arenarius* L. s. st., *Dianthus borussicus* (Vierh.) Juz., *Dianthus pseudosquarrosus* (Novák.) Klok. и *Dianthus pseudoserotinus* Blocki.

Для флоры Беларуси во всех флористических работах, начиная с исследований И. Пачоского [11], вплоть до недавнего времени приводилась только *Dianthus arenarius* L., а затем вместо нее стали указывать *Dianthus borussicus* Vierh. [12, 13]. На каких основаниях была сделана эта замена не ясно, в Беларуси критико-систематическое изучение этого комплекса до сей поры не проводилось. Это обстоятельство и послужило поводом

для критико-систематического изучения комплекса *Dianthus arenarius* s. l. на территории Беларуси и установления его видового состава.

Материал и методы исследования. Морфологические особенности видов комплекса *Dianthus arenarius* s. l. были критически изучены по собственным сборам, по гербарным материалам Гербариев БГУ (MSKU), Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси (MSK), Гомельского государственного университета имени Ф. Скарины, а также личным сборам доцента кафедры ботаники М. А. Джуса. Всего было критически обработано 256 гербарных листов *Dianthus arenarius* s. l..

Сравнительно-морфологическое изучение велось с использованием стереоскопического микроскопа Stemi 2000 фирмы Zeiss. Определение видов проводилось по различным источникам.

Для уточнения видового состава у всех гербарных экземпляров были изучены особенности прикорневых розеток вегетативных побегов, наличие или отсутствие компактной подушковидной дерновины, количество цветков на цветоносах, длина цветоносов, форма и величина листьев, строение подземных образований и др. Морфометрические данные обработаны статистически с помощью программы IBM SPSS Statistics 20.0.

Результаты исследования и их обсуждение. Как показал анализ научной литературы [2, 5, 6, 14, 15, 16], наиболее полное описание *Dianthus borussicus* Vierh. и *Dianthus arenarius* L. s. st. дано в работе Н. А. Миняева и М. Л. Самутиной [7]

Кроме диагностического описания авторы обращают также внимание на хорологию этих видов и указывают, что *Dianthus arenarius* L. s. st. распространена в Швеции (полуостров Сконе), южной и юго-восточной частях Финляндии, а также характерна для северо-западных районов Латвии, Эстонии, южной и центральной части Карелии, юго-восточной части Вологодской области России. *Dianthus borussicus* имеет более обширный ареал и произрастает в восточной Европе и центральной части западной Европы [7].

Н. М. Федорончук, считая все указанные 4 вида комплекса *Dianthus arenarius* s. l. викарирующими псаммофильными расами, указывает их области распространения с севера на юг следующим образом: *D. arenarius* L. s. st. – северо-восточная часть Прибалтики, включая юг Швеции, южные и юго-западные районы Финляндии; *D. borussicus* – южная и юго-западная часть Прибалтики и Беларусь; *D. pseudosquarrosus* – южное Полесье и северная лесостепь; *D. pseudoserotinus* – западные равнинные районы Украины [2]. Таким образом, согласно этим представлениям, на территории Беларуси должен быть только один вид – *D. borussicus* Vierh.

Однако, это представление о направлении распространения видов комплекса *Dianthus arenarius* s. l. с севера на юг существенно расходится с представлением Ф. Новака (F. Novák) – монографа псаммофильных видов секции *Fimbriati*, в которую входят все указанные виды. [8].

Ф. Новак считает, что центром развития секции *Fimbriati* были горы Передней Азии (северный Иран, Афганистан, Туркестан), откуда через

Малую Азию и Балканы в начале плейстоцена виды секции распространились по Европе. Немецкий ботаник Г. Хеги [G. Hegi] тоже связывает секцию *Fimbriati* со Средиземноморьем. Связь видов этой секции со средиземноморской флорой он видит в наличии подушковидных биоморф у многих понтичных представителей секции, и рассматривает это как приспособление к сухому климату Средиземноморья. По его предположению, светолюбивые понтичные виды могли мигрировать из средиземноморского центра в степные области юго-западной Европы [14].

Пытаясь установить филогенетические связи для группы видов *D. arenarius* s.l. Ф. Новак дает представление об исходном типе этого комплекса и в качестве такового принимает южно-европейский вид *D. kitaibellii* (Janka) Novák. Он полагает, что от этого вида в горах Трансильвании выщепился *D. spiculifolius* Schur. (в понимании Новака *D. kitaibellii* (Janka) Novák. subsp. *spiculifolius* (Schur) Nyman). Во время ледникового периода *D. spiculifolius* «спустился» с гор на равнину, где от него отделились *D. serotinus* Waldst. et Kit. и *D. arenarius* s.l. *Dianthus arenarius* s.l., продвигаясь на запад и север дал начало целому ряду географических рас, впоследствии возведенных в ранг видов, в том числе *Dianthus borussicus* Vierh. В конце юрмского периода от *Dianthus borussicus* Vierh. выщепился собственно *Dianthus arenarius* s. st., который распространился на юг Швеции, в частности на полуостров Сконе, откуда и был описан К. Линнеем как исходный вид *Dianthus arenarius* L. [8].

Эти филогенетические построения Ф. Новака позволяют предположить, что на территории Беларуси кроме *Dianthus borussicus* Vierh. могут быть и другие виды из комплекса *Dianthus arenarius* s.l.

Критическая обработка всего доступного на сегодняшний день гербарного материала подтвердила наше предположение. На основании изучения морфологических признаков вегетативной и репродуктивной сферы представителей комплекса *Dianthus arenarius* s.l. было установлено, что во флоре Беларуси произрастают 3 вида из этого комплекса: *Dianthus arenarius* L. s. st. (рис. 1), *Dianthus borussicus* Vierh. (рис. 2) и *Dianthus pseudosquarrosus* (Novák) Klok. (рис. 3).

Морфологическое изучение выявленных видов позволило установить как признаки их сходства, так и признаки различия этих видов. Прежде всего мы обратили внимание на различное строение подземных органов. Как видно из рис. 1. у *Dianthus arenarius* L. хорошо развит мощный каудекс (иногда его называют ортотропным корневищем), в то время как у *Dianthus borussicus* и *D. pseudosquarrosus* (рис. 2, 3) имеется плагиотропное корневище. Это объясняет различие в строении надземной части особей разных видов: у *Dianthus arenarius* L. укороченные вегетативные побеги образуют плотную подушковидную дерновину, у *Dianthus borussicus* и *D. pseudosquarrosus* вегетативные побеги рыхло расположенные. На особенности строения подземных органов в известной нам литературе указаний нет.

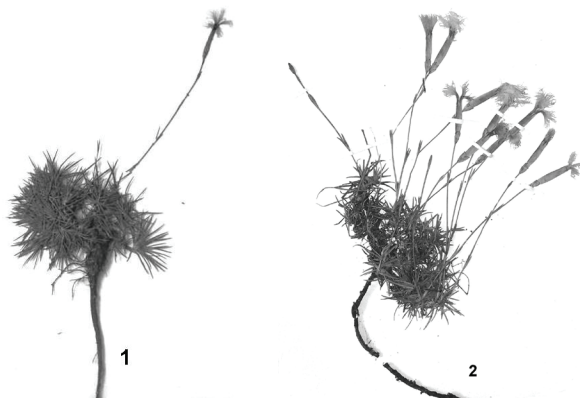


Рис. 1. Гербарные экземпляры *Dianthus arenarius* L. из Гербария БГУ:
1. Гомельская обл., Жлобинский р-н, окр. д. Завад. Молодые посадки сосны, на песчаной почве. 16. 08. 1971 г. Третьяков Д. И.;
2. Брестская обл., Пружанский р-н, окр. д. Белый лесок. Сухой сосновый лес. 28. 06. 1956 г. Зубкевич Г. И.



Рис. 2. Гербарный экземпляр *Dianthus borussicus* Vierh. из Гербария БГУ:
Брестская обл, Брестский р-н, окр. д. Домачево. На песчаной почве остепненного холма.
07. 08. 1978 г. Сауткина Т. А.

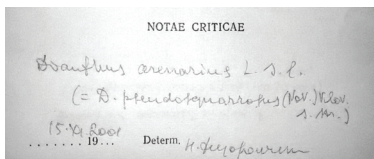


Рис. 3. Гербарный образец *Dianthus pseudosquarrosus* (Novák) Klok. из Гербария БГУ.

Различаются по внешнему виду и прикорневые розетки вегетативных побегов (рис. 4). У *Dianthus arenarius* и *Dianthus borussicus* листья в вегетативных прикорневых розетках линейные, направлены вертикально, сближены, но отличаются размерами (рис. 4–1, 2). У *D. pseudosquarrosus* листья слегка изогнутые, в розетках расположены рыхло, и значительно отклонены от стебля (рис. 4–3). Этот признак указывают как характерный для данного вида в ряде источников [2, 5].

Экологическая приуроченность у всех выявленных в Беларуси видов сходная. Как типичные псаммофилы они тяготеют к открытым песчаным участкам или к сухим соснякам, но по хронологическим особенностям были обнаружены существенные различия. Впервые составленные на основании гербарных материалов точечные карты местонахождений видов, выявленных на территории Беларуси, показали, что *Dianthus borussicus* (рис. 5) и *D. pseudosquarrosus* (рис. 6) распространены достаточно широко.

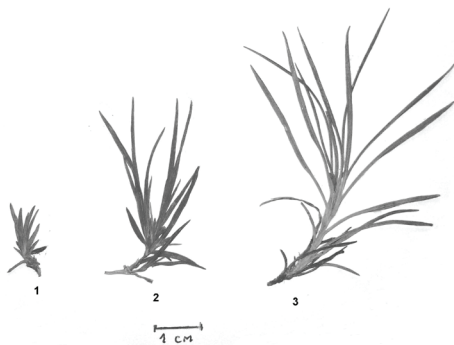


Рис. 4. Прикорневые розетки видов комплекса *Dianthus arenarius* s. l.: 1. *Dianthus arenarius* L., 2. *Dianthus borussicus* Vierh., 3. *Dianthus pseudosquarrosus* (Novák) Klok.



Рис. 5. Местонахождения *Dianthus borussicus* Vierh. на территории Беларуси.

Однако, из Могилевской области достоверно подтверждено единичное количество находок этих видов. На данный момент небольшое число их известно и из Витебской области. Возможно, это связано с недостаточной изученностью данных регионов. В отличие от *Dianthus borussicus* и *D. pseudosquarrosus* достоверное нахождение на территории Беларуси *Dianthus arenarius* L. s.st. подтверждено лишь единичными сборами (рис. 7). Возможно, этот вид действительно является редким во флоре Беларуси, или его «просматривали», собирая материал как *Dianthus arenarius* s. l.

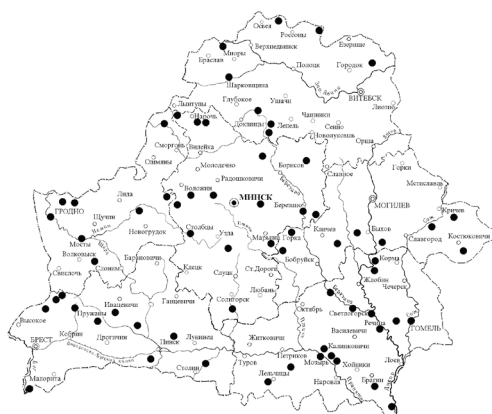


Рис. 6. Местонахождения *Dianthus pseudosquarrosus* (Novák) Klok. на территории Беларуси.



Рис. 7. Местонахождения *Dianthus arenarius* L. на территории Беларуси.

Кроме обнаружения нескольких достаточно хорошо морфологически обособленных видов на территории Беларуси встречаются экземпляры, которые по своим морфологическим особенностям занимают промежуточное положение между указанными видами. Так у некоторых экземпляров, имеющих плотную подушковидную дернину, как у *Dianthus arenarius*, цветоносы длинные с большим количеством цветков, как у *Dianthus borussicus* или *D. pseudosquarrosus*. Так как есть сведения, что в местах контакта гвоздики легко скрещиваются между собой [2, 5], вполне вероятно, что выявленные нами особи с промежуточными признаками имеют гибридогенное происхождение.

Заключение. Таким образом, полученные нами данные вносят существенные коррективы в представление об объеме и видовом составе сложного в систематическом отношении комплекса *Dianthus arenarius* s.l. во флоре Беларуси. На основании сравнительно-морфологического изучения достаточно большого количества гербарного материала из различных регионов республики нами установлено, что комплекс *Dianthus arenarius* s.l. в Беларуси включает 3 вида: *Dianthus arenarius* L. s. st., *Dianthus borussicus* Vierh. и *Dianthus pseudosquarrosus* (Novák) Klok.

Первые для флоры Беларуси приводится *D. pseudosquarrosus* (Novák) Klok. и документально подтверждается произрастание на территории республики *Dianthus arenarius* L. s. st.

Литература

1. Holm J. Familie Nelkengewächse, Caryophyllaceae // Urania Pflanzenreich. Höhere Pflanzen. b. 1. Leipzig, jena, Berlin. 1971. S. 275–281.

2. Федорончук М. М. Рід *Dianthus* L. (Caryophyllaceae) флори України (хорологія, філогенетичні зв'язки, аспекти розселення). 1. Секції *Armerium* F. W. Williams, *Carthusianum* F. W. Williams, *Barbulatum* F. W. Williams // Укр. ботан. журн.. 2000. Т. 27, № 57. С. 277–283.
3. Лазьков Г. А. Гвоздика–*Dianthus* L. // Семейство Гвоздичные (Caryophyllaceae) во флоре Кыргызстана. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. С. 141–148.
4. Куранова Н. Г. География рода *Dianthus* // Современные проблемы популяционной экологии, геоботаники, систематики и флористики: материалы Международной конференции, посвященной 110-летию А. А. Уранова. Кострома, 31 октября–3 ноября 2011 г. Кострома, 2011. Т. 2. С. 160–163.
5. Кузьмина М. А. Гвоздика–*Dianthus* L. // Флора Восточной Европы. Т. XI. М.–СПб.: Товарищество научных изданий КМК. 2004. 173–297.
6. Киселева К. В., Майоров С. Р., Новиков В. С. Гвоздика–*Dianthus*. // Флора средней полосы России. Атлас-определитель. М.: ЗАО «Фитон +», 2010. С. 217–220.
7. Миняев Н. А., Самутина М. Т. *Dianthus arenarius* L. s. st. и *Dianthus borussicus* (Vierh.) Juz. (Caryophyllaceae) на северо-западе европейской части СССР. // Новости сист. высш. раст.. 1985. Вып. 22. С. 118–123.
8. Novák F. A. Monografická studie o postglacianých družích rodu *Dianthus* ze skupiny *Dianthi fimbriati*. Praha, 1927. 76 s.
9. Юзепчук С. В. Песчаные гвоздики Среднего Поволжья // Ботан. материалы Герб. Ботан. ин-та АН СССР. М.: Л., 1950. Т. 13. С. 70–75.
10. Клоков М. В. Рід Гвоздика–*Dianthus* L. // Флора УССР. К.: Вид. АН УССР. 1952. Т. 4. С. 597–660.
11. Пачоский И. Флора Полесья и прилежащих местностей. С.-Петербург, тип. Деманова, 1897. С. 94.
12. Дубовик Д. В., Третьяков Д. И., Скурагович А. Н., Парфенов В. И., Архипенко Н. А. Биологическое разнообразие национального парка «Браславские озера». Сосудистые растения. Минск: Белорусский Дом печати. 2011. С. 49.
13. Дубовик Д. В., Скурагович А. Н., Третьяков Д. И., Парфенов В. И. Джус М. А., Тихомиров В. Н., Савчук С. С., Сауткина Т. А. Биологическое разнообразие национального парка «Нарочанский». Борисов: «Борисовская укрупненная типография им. 1 Мая». 2014. С. 58.
14. Hegi G. *Dianthus* L. // *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, b. 3. 1979. S. 1030–1032.
15. Tutin G., Walters M. *Dianthus* L. // *Flora Europaea*. V. 1 Cambridge university press. 1996. P. 227–246.
16. Цвелев Н. Н. Род *Dianthus* L.–Гвоздика // Определитель сосудистых растений северо-западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб., 2000. С. 321–323.

Т. А. САУТКИНА, А. И. ПАЦЕВИЧ
**КРИТИКО-СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОМПЛЕКСА *DIANTHUS*
ARENARIUS S. L. ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ И ХОРОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСОБЕННОСТИ ЕГО ВИДОВ**

Резюме

В результате критической обработки материалов по комплексу *Dianthus arenarius* s.l. установлено, что во флоре Беларуси он представлен тремя видами: *Dianthus arenarius* L. s. st., *Dianthus borussicus* Vierh. и *D. pseudosquarrosus* (Novák) Klok. Впервые на основании гербарных этикеток составлены точечные карты местонахождений всех видов комплекса на территории республики. По результатам исследований впервые для флоры Беларуси приводится *D. pseudosquarrosus* (Novák) Klok. и подтверждается гербарными данными произрастание *Dianthus arenarius* L. s. st.

T.A. SAUTKINA, A.I. PATCEVICH
**CRITICAL-SYSTEMATIC ANALYSIS OF COMPLEX *DIANTHUS*
ARENARIUS S.L. IN THE FLORA OF BELARUS AND CHOROLOGICAL
CHARACTERISTICS OF ITS SPECIES**

Summary

In the result of the critical material processing of *Dianthus arenarius* s.l. complex it was found that it is presented by three species in the Belarussian Flora: *Dianthus arenarius* L. s. st., *Dianthus borussicus* Vierh. and *D. pseudosquarrosus* (Novák) Klok. The statistical processed data concerning these species were presented. For the first time on the basis of the herbarium labels the dot maps of the location of all species of the mentioned complex on the territory of the republic was constructed. Based on the research findings *D. pseudosquarrosus* (Novák) Klok. is presented for the first time in connection with the Belarussian Flora and the vegetation of *Dianthus arenarius* L. s. st. is acknowledged by the herbarium data.

Поступила в редакцию 09.09.2016 г.

Фитоценология

УДК 630*182

А. В. ПУГАЧЕВСКИЙ, М. В. ЕРМОХИН, Т. Л. БАРСУКОВА,
И. Н. ВЕРШИЦКАЯ, В. В. САВЕЛЬЕВ
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСОВ Г. МИНСКА
*Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. Важным компонентом урбанизированного природно-техногенного территориального комплекса города Минска являются леса. Повышение их устойчивости в условиях комплексного интенсивного антропогенного воздействия может быть достигнуто только с применением комплекса организационно-технических и лесоводственных мероприятий, разработка которых должна опираться на знание, как существующего состояния лесов территории, так и наиболее вероятного пути их развития в каждом конкретном лесном выделе.

Леса Минска и его окрестностей давно являются объектом внимания ученых. Наиболее фундаментальные, глубокие исследования деградации лесных экосистем города выполнены в Центральном ботаническом саду НАНБ. Значительные работы в этом направлении выполнены также в Институте экспериментальной ботаники НАНБ и Белорусском государственном технологическом университете. Эти работы посвящены эколого-физиологическим аспектам реакции древесных растений на загрязнение и рекреацию [1, 14], структурно-функциональным изменениям лесных экосистем и оценке их загрязнения поллютантами [5, 7, 8, 9, 10, 11, 16], биологической индикации характера и степени загрязнения и состояния лесов [4, 16, 12].

Не останавливаясь детально на этих и других исследованиях, посвященных проблеме, следует отметить, что при всех достоинствах этих работ, они не решали задачи интегральной оценки всего лесного покрова территории Минска и его окрестностей.

Цель настоящего исследования – оценить состояние лесов Минска путем их полной инвентаризации и разработать рекомендации по оптимизации режима их рекреационного использования.

Объекты (материалы) и методы исследований. Анализ лесного фонда Минска проводился на основе Генерального плана Минска, утвержденного Мингорисполкомом в 2010 году, и материалов учета лесного фонда (данные РУП «Белгослес»). К городским лесам Минска отнесены насаждения, произрастающие на землях Ждановичского (450,9 га), Боровлянского (42,9 га), Городского (601,4 га), Колодищанского (135,7 га), Минского (50,0 га) и Сосненского (1419,9 га) лесничеств Минского леспаркхоза (в настоящее время – Боровлянский спецлесхоз).

Общая площадь городских лесов составляет 2700,8 га. Леса города представлены разрозненными участками, поэтому для анализа они были объединены в 9 лесных массивов: «Ангарская» – 46,0 га (1,7%), «Драж-

ня»–297,0 га (11,0%), «Дрозды»–210,9 га (7,8%), «Медвежино»–50,0 га (1,9%), «Слепянка»–227,0 га (8,4%), «Сосны»–1421,3 га (52,6%), «ТЭЦ-3»–30,0 га (1,1%), «Уручье»–158,8 га (5,9%) и «Цна»–259,8 га (9,6%) (рис. 1).

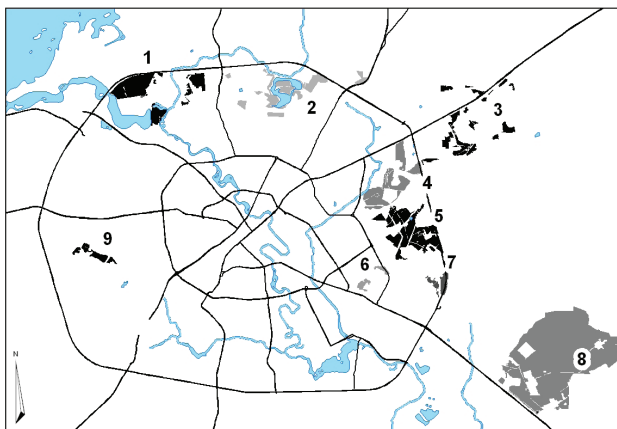


Рис. 1. Схема размещения массивов городских лесов Минска (1–Дрозды, 2–Цна, 3–Уручье, 4–Слепянка, 5–Дражня, 6–ТЭЦ-3, 7–Ангарская, 8–Сосны, 9–Медвежино).

Оценка состояния насаждений проводилась в соответствии с инструкцией, используемой в Институте экспериментальной ботаники. При ее разработке использовались элементы технологий лесного мониторинга ICP-Forests [3] и Forest Health Monitoring [18].

Категория жизненного состояния древостоя определялась на основании оценки 50 случайно отобранных деревьев и расчета индекса состояния древостоя. Категории состояния деревьев определялись в соответствии с санитарными правилами [14]:

Расчет индексов состояния древостоев производится по формуле [5]:

$$L_n = (100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4) / N,$$

где L_n –относительное жизненное состояние древостоя; n_1 –количество здоровых (без признаков ослабления) деревьев, n_2 –ослабленных, n_3 –сильно ослабленных, n_4 –усыхающих; N –общее количество деревьев (включая сухостой).

Отнесение насаждений к категориям жизненного состояния проводилось на основе модифицированной шкалы В. А. Алексеева [6]. Древостои с индексом состояния 90–100% относятся к категории «здоровые», 80–89%–«здоровые с признаками ослабления», 70–79%–«ослабленные», 50–69%–«поврежденные», 20–49%–«сильно поврежденные», менее 20%–«разрушенные».

Кроме оценки состояния деревьев оценивался ряд других показателей:
– доля (%) поврежденных деревьев из числа обследованных (50 шт.) для каждого из природных и антропогенных типов повреждений. Для одного дерева отмечается не более 3-х типов;

– проективное покрытие подлеска (%) – определялось глазомерно с точностью до 5%, отдельно – для синантропных видов;

– проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса (%) – определялось глазомерно с точностью до 5%), отдельно – для синантропных видов (нелесные злаки, нитрофилы и др.);

– проективное покрытие лишайниково-мохового яруса (%) – определялось глазомерно с точностью до 5%.

– выбитость – доля площади с разрушенными травяно-кустарничковым и/или лишайниково-моховым ярусами. Определялась глазомерно с точностью до 5%;

– встречаемость и покрытие эпифитных лишайников. Встречаемость определялась на основе осмотра 50 случайных деревьев (из числа отобранных для установления категории состояния древостоя) как доля (%) особей, на стволах которых имеются лишайники (точность – до 2%). Покрытие определялось глазомерно в подкронной части ствола (точность – до 1%);

– мощность и выбитость подстилки. Мощность оценивалась по 5-ти бальной шкале: 0 – отсутствует на всей площади, 1 – маломощная (до 1 см), 2 – среднеспособная (1–3 см), 3 – мощная (4–5 см), 4 – высокомогучная (более 5 см). Выбитость определялась как доля (%) площади, на которой подстилка уничтожена в результате рекреационной активности (вытаптывания). Определялась глазомерно с точностью до 5%;

– наличие и обилие (по шкале Друде) видов Красной книги (при их наличии);

– наличие мусора определялось по 6-ти бальной шкале: 0 – мусор отсутствует; 1 – в наличии изредка встречающийся мелкий бытовой мусор (менее 0,1% площади занято мусором); 2 – в наличии часто встречающийся мелкий бытовой мусор, местами небольшие кучи мусора (до 1% площади занято мусором); 3 – в сочетании с часто встречающимся мелким бытовым мусором нередко кучи мусора, а также свалки бытового, строительного, промышленного мусора (до 5% площади занято мусором); 4 – многочисленные кучи и свалки бытового, строительного и промышленного мусора в сочетании с часто встречающимся мелким мусором (до 25% площади занято мусором); 5 – стихийными свалками мусора занято 30% площади и более.

Информация, полученная в ходе полевых работ, заносилась в «Ведомость зоологического и рекреационного описания насаждений».

Результаты исследований и их обсуждение. Городские леса, которые являются частью государственного лесного фонда Республики Беларусь, включают не только покрытую лесом площадь, но и прогалины, вырубки, поляны и прочие категории земель, которые были вовлечены в оценку.

Покрытая лесом площадь занимает 2485,2 га, или 92% от лесного фонда Минска. В процентном отношении наибольшую площадь леса

занимают в Заводском районе (около 50%) за счет крупного массива Сосненского лесничества. В Партизанском районе лесов около 20% от площади района (лесные массивы «Слепянка» и «Дражня»), в Советском районе – 14%, Первомайском – 9%, Центральном – 7%, Фрунзенском – 1%. С 2004 года общая площадь лесов города увеличилась на 154,0 га (в 2004 г. – 2546,8 га), а покрытая лесом на 191,9 га (в 2004 г. – 2293,3 га).

В лесах города 47,9 га лесных земель находится в стадии смыкания лесного полога (несомкнувшиеся лесные культуры). Особый интерес из непокрытых лесом площадей представляют собой прогалины и ландшафтные поляны, которые являются местами произрастания луговых и светолюбивых лесных растений. На их долю приходится 3% земель лесного фонда.

В составе неселесных земель следует особо выделить открытые болота, являющиеся местами концентрации популяций присущих только этому типу растительности видов растений и животных. Их доля в балансе земель лесного фонда составляет всего 0,04% (1,1 га). В лесном фонде г. Минска в 2004 г. были представлены два типа болот: переходные и низинные. Доминировали низинные болота, на долю которых приходилось 89,7% избыточно-увлажненных лесных земель города. К настоящему времени произошло значительное сокращение площади открытых болот в лесном фонде на 16,3 га по сравнению с 2004 годом, в первую очередь за счет их зарастания древесно-кустарниковой растительностью.

Леса города испытывают интенсивную рекреационную нагрузку. Для обеспечения рекреации создана сеть дорог (32,9 га или 1,2% земель лесного фонда). Дороги, с одной стороны принимают на себя рекреационную нагрузку и содействуют организации рекреационных потоков, но, с другой стороны, способствуют распространению сорной синантропной растительности. Земли специального назначения в лесном фонде Минска составляют 23,5 га или 0,83%.

Закрытые рекреационные ландшафты занимают 87,7% лесной территории Минска, полукрытые ландшафты – 5,3%, открытые – 7,0%.

Формационная структура лесов Минска представлена 13 лесными формациями. В лесном фонде города преобладают коренные (и условно коренные) сообщества хвойных лесов (82,1%), из них сосняков 74,5% и ельников 7,6%. Доля производных сообществ березовых (13,8%) и в особенности осиновых и тополевых (1,2%) лесов, а также лесов других формаций: черноольховых (0,5%), дубовых (1,1%), сероольховых, липовых, кленовых, лиственничных и ивовых (в сумме 1,3%) насаждений существенно ниже.

За пять лет доля сосновых насаждений практически не изменилась, доля ельников уменьшилась на 2,8%, увеличилась доля березовых насаждений на 1,8% и дубрав на 0,5%.

В лесотипологическом отношении в составе лесных формаций в Минске преобладают сосняки орляковые (77,6%) и мшистые (12,6%), ельники орляковые (50,3%) и кисличные (48,6%), березняки орляковые (86,3%). По сравнению с 2004 годом доля сосняков орляковых увеличилась на

1,3%, сосняков мшистых – на 12,2%. Наиболее распространенными сериями типов леса в лесном фонде города являются орляковая, на которую приходится 74,9% насаждений, мшистая (14,4%) и кисличная (6,2%).

В лесах города в результате многих десятилетий воздействия человека растительный покров в основном трансформирован или заменен псевдокоренными сообществами с доминированием сосны и ели, а также производными мелколиственными лесами или лесными культурами. На долю последних (преимущественно культур сосны) приходится 17,3% (437,8 га) лесного фонда. За последние семь лет количество культур увеличилось на 1,8%. Средний возраст древостоев города – 46 лет, хотя по отдельным породам он достигает 70 (ясенники) и 63 (ельники) лет. Наиболее высоковозрастные древостои (свыше 100 лет) выявлены среди сосняков в лесных массивах «Цна» (130 лет) и «Слепянка» (130 лет). В лесах города можно встретить отдельные деревья сосны и ели в возрасте 140–160 лет. Высокий возраст этих деревьев в некоторых случаях определяет их пониженную устойчивость к неблагоприятным факторам и вызывает особую необходимость контроля за их состоянием.

Преобладают древостои III и IV классов возраста (35,3 и 34,5%, соответственно). V класса возраста достигают березовые (167,1 га), сосновые (61,8 га), липовые (2,0 га), черноольховые (3,5 га) и тополевые древостои (1,1 га), на долю которых приходится 9,3% общей площади. Молодняки I–II классов возраста занимают 10,1% покрытой лесом территории. Низкая доля молодняков объясняется тем, что рубки главного пользования в городских лесах запрещены. Чаще всего рубка древостоев происходит для нужд строительства, что является основной угрозой существованию городских лесов в целом, поскольку замены этим лесам нет.

Динамика насаждений Минска несет в себе противоречивые черты нескольких разнонаправленных процессов, которые определяются биологическими особенностями видов, формирующих фитоценозы, характером географической среды (климатом, почвами, рельефом), а также комплексом антропогенных факторов, среди которых наиболее существенным является интенсивная рекреационная активность, а на отдельных участках – еще и техногенное загрязнение, а также изменение водного режима в связи со строительством трасс коммуникаций на прилегающих к лесам площадях. Негативное действие антропогенных факторов ведет к депрессии природных экосистем.

В ходе обследования каждого лесного выдела была дана оценка состояния 65,9 тыс. деревьев. Средний индекс состояния для всех древесных пород составил – 93,4%. Основные лесообразующие породы, такие как сосна обыкновенная, ель европейская и береза повислая имеют индексы состояния 93,0–94,6%. Несколько менее устойчив в городских лесах дуб черешчатый (индекс состояния – 86,2%). Довольно хорошо выдерживают интенсивную антропогенную нагрузку имеющиеся на обследованной территории интродуцированные виды: орех маньчжурский, клены ясенелистный и сахарный, лиственница, робиния ложноакациевая, дуб красный.

Основные лесообразующие породы можно расположить в следующем порядке по степени снижения доли здоровых деревьев: Ольха черная (98 %) > Липа (95 %) > Дуб черешчатый (94 %) > Ива козья (92 %) > Береза (87 %) > Сосна обыкновенная (86 %) > Ель европейская (85 %) = Осина (85 %) > Ясень обыкновенный (76 %) > Клен остролистный (74 %) > Ольха серая (66 %) > Тополь (62 %) (таблица 1). На основании обследования по отдельным выделам даны рекомендации по улучшению санитарного состояния насаждений.

Наилучшее состояние древостоев отмечено в лесных массивах «Медвежино», «Цна» и «Слепянка» (индекс состояния выше 95 %), наихудшее – «ТЭЦ-3» (88,1 %) и «Ангарская» (90,1 %). Плохое состояние древостоев связано как с промышленным загрязнением, так и с очень высокой антропогенной нагрузкой на мелкоконтурные участки леса: массовым повреждением деревьев, неупорядоченной дорожно-тропиночной сетью, загрязнением бытовым мусором (рис. 2).

Таблица 1. Распределение обследованных деревьев по категориям жизненного состояния основных лесообразующих пород

| Порода | Доля обследованных деревьев по санитарному состоянию, % | | | | |
|--------------------|---------------------------------------------------------|-------------|--------------------|-----------|----------|
| | без признаков ослабления | ослабленные | сильно ослабленные | усыхающие | сухостой |
| Береза повислая | 86,8 | 10,1 | 1,1 | 0,3 | 1,7 |
| Дуб черешчатый | 93,8 | 2,2 | 1,5 | | 2,5 |
| Ель европейская | 85,2 | 10,8 | 1,4 | 0,2 | 2,3 |
| Ива козья | 91,9 | 4,2 | 0,9 | 0,7 | 2,2 |
| Клен остролистный | 74,3 | 23,1 | 1,2 | 0,5 | 0,9 |
| Липа мелколистная | 94,6 | 5,4 | – | – | – |
| Ольха серая | 65,6 | 25,8 | 5,4 | 3,2 | |
| Ольха черная | 97,6 | 1,1 | | | 1,3 |
| Осина | 85,0 | 11,7 | 1,2 | 0,2 | 1,8 |
| Сосна обыкновенная | 86,2 | 8,4 | 2,3 | 0,4 | 2,9 |
| Тополь | 62,1 | 22,7 | 10,0 | – | 5,7 |
| Ясень обыкновенный | 75,8 | 17,9 | 6,3 | – | – |

Важным компонентом лесных экосистем является подлесок, как элемент биоразнообразия, кормовой ресурс населяющих леса животных, составляющая рекреационного ландшафта. В то же время подлесок является хорошим индикатором биологического, а иногда и химического

загрязнения сообществ. Удельный вес синантропных видов в составе подлеска указывает на степень нарушенности и трансформации лесной экосистемы.

Состав подлеска в лесах Минска весьма разнообразен. Доминируют в ярусе аборигенные виды: рябина обыкновенная, крушина ломкая, жимолость лесная, различные виды ив. Однако, отмечается увеличение количества видов неаборигенной флоры (как интродуцированных, так и адвентивных) и синантропных деревьев и кустарников, успешно конкурирующих с местными видами. При этом происходит нарушение целостности природных экосистем, что ведёт к снижению устойчивости и увеличению возможности их трансформации, потерям разнообразия аборигенных видов.

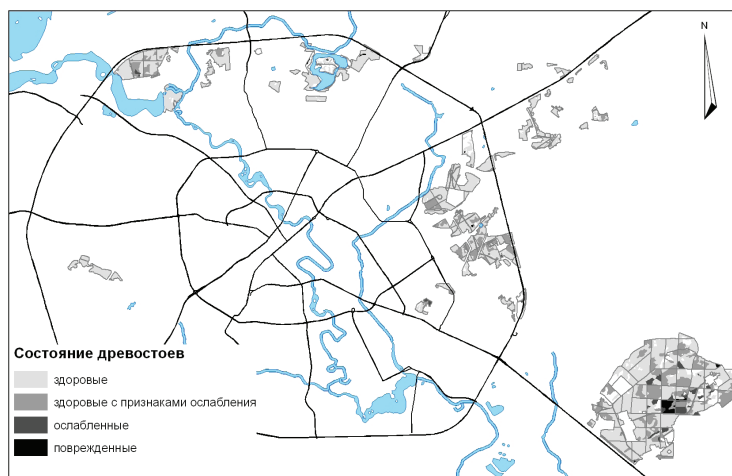


Рис. 2. Распределение лесных древостоев Минска по категориям состояния.

В подлесочном ярусе лесов города встречаются синантропные виды: боярышники (*Crataegus* sp.), кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus*), рябинник рябинолистный (*Sorbaria sorbifolia*), акация желтая (*Caragana arborëscens*), вишня (*Prunus cerasus*), слива (*Prunus domestica*), яблоня (*Malus domestica*), алыча (*Prunus cerasifera*), черешня (*Prunus avium*), спиреи (*Spiraea* sp.), шиповник (*Rosa canina*), сирень (*Syringa vulgaris*), дерен белый (*Cornus alba*), снежнаягодник (*Symphoricarpos albus*). Значительную долю в подлеске отдельных выделов занимают инвазивные виды: ирга круглолистная (*Amelanchier ovalis*), пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius*), облепиха крушиновидная (*Hippophaë rhamnoides*), бузина красная (*Sambucus racemosa*), клен ясенелистный (*Acer negundo*). Это вызывает необходимость проведения мероприятий по ограничению их распространения.

Чаще всего инвазивные виды в подлеске встречаются на территории массива «Дражня» (в 67,5% выделов), редко – в массиве «Ангарская» (2,8%), а в массиве «ТЭЦ-3» инвазивные виды не выявлены. В целом по городским лесам их проективное покрытие не превышает 5,0%. Наличие инвазивных видов в травяно-кустарничковом ярусе городских лесов меняется в зависимости от массива в пределах 6,9–60,3% от числа выделов (таблица 2, рисунок 3).

Присутствие многочисленных синантропных видов свидетельствует о неспособности лесов города поддерживать свою флористическую замкнутость. Это естественно в условиях экологического сдвига в сторону антропогенного пресса и вторичности многих экосистем. Следует отметить, что наличие в составе лесных насаждений значительного количества новых видов деревьев и кустарников расширяет кормовой рацион животных.

В то же время наличие значительной доли ирги в подлеске приводит к угнетению аборигенных видов. Так, в сосняках мшистых и орляковых лесного массива «Сосны» в отдельных выделах проективное покрытие ирги достигает 40%. Под ее сомкнутым пологом не может развиваться подрост даже такой теневыносливой породы, как ель.

Таблица 2. Состояние древостоев, наличие инвазивных видов и степень замусоренности насаждений в лесных массивах г. Минска (% выделов)

| Показатели | Ангарская | Дражня | Дрозды | Медвежино | Слепянка | Сосны | ТЭЦ-3 | Уручье | Цна |
|-----------------------------------------------------------|-----------|--------|--------|-----------|----------|--------|-------|--------|-------|
| Площадь, га | 46,0 | 297,0 | 210,9 | 50,0 | 227,0 | 1421,3 | 30,0 | 158,8 | 259,8 |
| Средний индекс состояния древостоя по главной породе, % | 90,1 | 94 | 94 | 97,3 | 95,1 | 91,8 | 88,1 | 94,5 | 95,4 |
| Инвазивные виды в подлеске, % выделов | 2,8 | 67,5 | 46,8 | 14,3 | 40,7 | 3,9 | 0,0 | 35,8 | 34,2 |
| Инвазивные виды в травяно-кустарничковом ярусе, % выделов | 6,9 | 48,1 | 8,3 | 14,3 | 50,9 | 16,4 | 42,9 | 6,0 | 60,3 |
| Замусоренность, % выделов | 16,7 | 58,0 | 12,2 | 14,3 | 37,7 | 32,7 | 23,8 | 44,8 | 49,7 |

Травяно-кустарничковый ярус в лесах Минска развит хорошо: его проективное покрытие практически во всех лесных формациях превышает 50%. Однако, проективное покрытие яруса в значительной сте-

пени формируется синантропными видами: злаками – на 9,1–46,7%, нитрофилами – на 1,0–43,5%. Это свидетельствует о перерождении естественных насаждений на значительной части площадей в антропогенно-производные ассоциации, в большинстве своем не способных к самостоятельному возобновлению и требующих лесохозяйственных мер для поддержания возобновительного потенциала. В составе синантропного флористического комплекса, как правило, преобладают нелесные виды злаков (мятлики, пырей, вейники, полевицы и др.). Велика роль и нитрофильных травянистых видов таких как крапива двудомная (*Urtica dióica*), иван-чай узколистный (*Chamérion angustifólium*), малина (*Rúbus idáeus*), чистотел (*Chelidónium május*), гравилат городской (*Géum urbánum*) и др. Их роль особенно значительна в сообществах, произрастающих на почвах повышенного плодородия: в ивняках, черно- и серо-ольшаниках, дубравах.

В 20,5% лесных выделов в живом напочвенном покрове отмечены инвазивные виды, такие как золотарник канадский (*Solidágo canadénsis*), недотрога мелкоцветковая (*Impátiens parviflóra*), гречиха сахалинская (*Polygonum sachalinense*). Сравнение с материалами обследования 2004 г. показывает расширение территории, на которой эти виды встречаются.

При проведении работ были выявлены виды, занесенные Красную книгу Республики Беларусь. Такие виды встречаются в лесных массивах «Цна», «Слепянка» и «Сосны». Это чина горная (*Lathyrus linefolius*) (Цна, Сосны), живучка пирамидальная (*Ajuga pyramidalis*) (Цна), лилия кудреватая (*Lilium martagon*) (Сосны, Слепянка) и арника горная (*Arnica montana*) (Цна, Сосны).

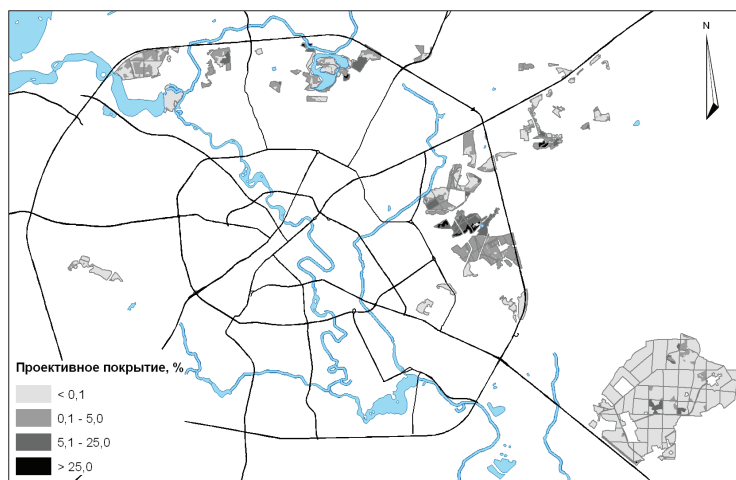


Рис. 3. Проективное покрытие инвазивных видов в живом напочвенном покрове.

Проективное покрытие мохового яруса, наличие которого в большинстве типов леса свидетельствует о нормальном ходе формирования лесных экосистем, в обследованных насаждениях составляет от 0 до 50%. Лишь отдельные выдел в лесных массивах «Сосны» и «Дрозды» еще сохраняют в значительной степени моховой покров, поддерживающий флористическую замкнутость фитоценозов и сдерживающий их синантропизацию.

Лесная подстилка – важнейший компонент лесного биогеоценоза, в котором осуществляется трансформация и минерализация мертвой фитомассы опада и отпада деревьев, кустарников, трав и мхов. Подстилка защищает поверхностные слои почвы от пересыхания и эрозии, аккумулирует влагу осадков, является местом обитания многочисленных почвенных беспозвоночных. Уплотнение и механическое измельчение в результате выгнупывания ведут к ее деградации. Загрязнения мусором, биогенными и техногенными веществами накапливаются, прежде всего, в этом горизонте лесной экосистемы. В ельниках, сосняках, березняках, дубравах лесов Минска мощность лесной подстилки в среднем составляет около 1 см. В остальных формациях – менее 1 см. На наиболее рекреационно нагруженных участках (в массивах «Медвежино», «Уручье», «Дражня») подстилка вообще отсутствует или имеет высокую степень выбитости.

Эпифитные лишайники являются признанными индикаторами чистоты воздуха [2]. В работе не ставилась цель изучения этого явления, а лишь была дана оценка степени развития синузии эпифитных лишайников в древостоях по числу деревьев, на которых они были обнаружены. В среднем в лесах массива «Сосны» эпифитные лишайники встречаются на 54,3% деревьев при среднем проективном покрытии – 2,5%. В лесных массивах «Дрозды» и «Уручье» лишайники встречались только в 4,1% выделов при среднем покрытии 0–5%.

Нерегулируемое посещение лесов, отсутствие организованной дорожно-тропиночной сети, оборудованных мест отдыха и мусоросборников влечет за собой увеличение замусоренности территории. На отдельных участках встречается не только бытовая, но и строительный мусор, который покрывает до 5% площади лесного выдела (табл. 2, рис. 4). Отсутствие налаженной системы предотвращения загрязнения и уборки мусора в лесах способствует его накоплению. Помимо того, что мусор резко снижает рекреационную пригодность и эстетическую привлекательность лесов, он служит и источником веществ и соединений, чуждых природе леса, часто не поддающихся разложению микроорганизмами почвы и подстилки. Нередко он содержит вещества, вредные для растений, животных и человека, проникающие в компоненты лесной экосистемы и в грунтовые воды. На обследованной территории наличие мусора выявлено в 42,0% выделов, причем наиболее замусоренные выдела отмечены в лесных массивах «Сосны» (191 выдел, а в 22 выделах необходима механизированная уборка) и «Дражня» (141 выдел). Самыми чистыми являются массивы «Дрозды», «Медвежино» и «ТЭЦ-3». В 14,9% насаждений имеются механические повреждения деревьев, главным образом стволов и нижних сучьев сосны и ели.

При обследовании городских лесов выявлено значительное количество неорганизованных пикниковых полян и кострищ (всего 221 шт.), причем скопление таких мест отдыха находится в наиболее живописных участках лесных массивов «Дражня», «Цна» и «Уручье». Встречаются также неорганизованные спортивные площадки и остатки лесной мебели. На основе проведенного обследования рекомендовано создание или благоустройство имеющихся 83 пикниковых полян и мест сбора мусора.

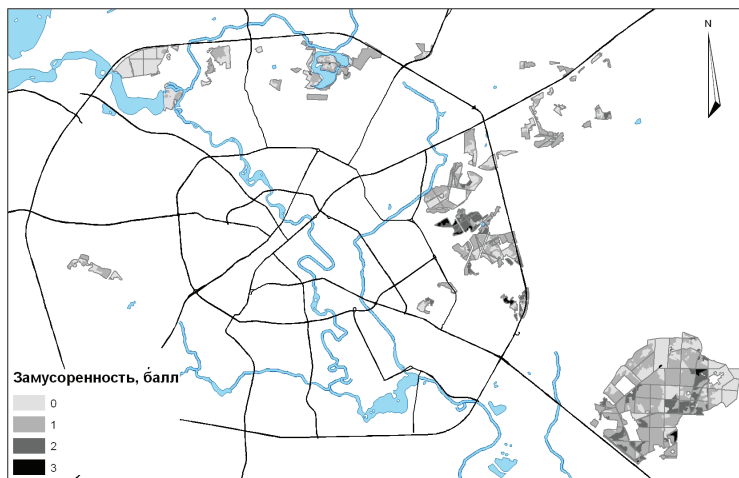


Рис. 4. Распределение лесных выделов по степени замусоренности в городских лесах Минска.

Заключение и рекомендации. Анализ результатов обследования лесов и лесопарков Минска, материалов лесоустройства и данных мониторинга показал, что:

- несмотря на высокий уровень антропогенного воздействия леса города в целом сохраняют относительно высокий уровень устойчивости: наиболее ослабленными древесными породами, оказались мало распространенные ель колючая (средний индекс состояния 57,3%) и каштан конский (79,2%). Основные лесообразующие виды: сосна обыкновенная, ель европейская и береза повислая, – имеют индексы состояния 93,0–94,6%. Несколько менее устойчив в городских лесах дуб черешчатый (индекс состояния – 86,2%);

- относительно благополучное состояние лесов неустойчиво вследствие значительной рекреационной нагрузки на них: большое количество неорганизованных пикниковых полян и кострищ (более 220 шт. на общей площади 570,5 га), замусоренность территории (в 42,0% выделов), механические повреждения деревьев (отмечено в 14,9% насаждений), а также деградация подстилки, лишайниково-мохового и травяно-кустарничково-

го ярусов, массовое вторжение нелесных синантропных видов, включая инвазивные (золотарник канадский, ирга колосистая, пузыреплодник калинолистный, клен ясенелистный и др.);

– в городских лесах сохранились места обитания охраняемых видов растений: лилии кудреватой, живучки пирамидальной, чины горной и других, но активное внедрение в экосистемы синантропных и, особенно, инвазивных видов растений влечет за собой сокращение пригодных для них мест обитания;

– существенную угрозу состоянию лесов представляет строительство, которое сопровождается дроблением массивов леса при прокладке коммуникаций, загрязнением лесов строительным мусором и пр.

Сохранение и повышение устойчивости лесов в условиях комплексного интенсивного антропогенного воздействия может быть достигнуто только с применением комплекса организационно-технических и технологических мер.

При градостроительном проектировании необходимо принимать во внимание несколько общих принципов, которые помогут сохранить лесные экосистемы города и в то же время использовать их для рекреации:

1. Важнейшим из общих принципов повышения устойчивости лесов является дифференцированный подход к лесам, находящимся в различных градостроительных условиях. Такими категориями в Минске являются:

– мелкоконтурные участки леса, примыкающие к плотной городской застройке и испытывающие круглогодичную интенсивную рекреационную нагрузку (лесные массивы «Уручье», «Дражня», «Ангарская», парк им. 50-летия Октября);

– участки леса, испытывающие интенсивную преимущественно сезонную рекреационную нагрузку (места массового отдыха людей в теплый период года у водохранилищ – массивы «Дрозды», Цнянское);

– участки леса, испытывающие умеренную преимущественно сезонную рекреационную нагрузку («Степянка», «Дрозды» (у кольцевой дороги));

– крупные лесные массивы, испытывающие умеренную сезонную рекреационную нагрузку (массив «Сосны»).

2. Повышение устойчивости лесов может достигаться путем трансформации малоустойчивых чистых и одновозрастных древостоев в более устойчивые смешанные и разновозрастные. Такая трансформация достигается в ходе рубок ухода, рубок формирования ландшафта, санитарных рубок, путем производства подпологовых культур и мер содействия естественному возобновлению.

Сложившаяся в лесах города структура лесопарковых ландшафтов далека от оптимальной. В ней преобладают малопривлекательные и малоустойчивые закрытые ландшафты с горизонтальной сомкнутостью древостоев, к тому же главным образом чистых по видовому составу. Оптимизация видового состава и структуры древостоев – главная задача лесопаркового хозяйства на ближайшие десятилетия.

3. При введении устойчивых древесных пород следует отдавать предпочтение видам аборигенного происхождения. Устойчивыми следует

считать породы, которые соответствуют условиям климата и почвенной среды конкретного участка и которые устойчивы к тому виду негативного воздействия, которое наиболее вероятно на нем. Экзоты можно использовать только как декоративные элементы, обогащающие лесопарковый пейзаж, но не как породы-лесообразователи. При этом они не должны обладать инвазионным потенциалом.

4. Повышение сохранности лесов, и прежде всего их нижних ярусов, путем благоустройства в местах наиболее интенсивной рекреации с целью концентрации рекреационной активности на наиболее благоустроенных участках: дорожно-тропиночной сети, спортивных и игровых площадках, пляжах, оборудованных пикниковых полянах и т.п. Важно на таких участках создавать мозаичное сложение древостоя, где густые плотные устойчивые к внешнему воздействию куртины деревьев и подроста будут чередоваться с легкодоступными участками и небольшими полянами, в т.ч. благоустроенными. Примером может служить благоустройство, проведенное в квартале 88 Ждановичского лесничества, которое помогло урегулировать рекреационное использование территории и одновременно сохранить популяцию растения занесенного в Красную книгу – живучки пирамидальной.

5. Широкое использование для защиты и повышения устойчивости лесов защитных, газопылепоглощающих и декоративных опушек, повышающих а) устойчивость к газообразным и твердым загрязнителям (в первую очередь вдоль МКАД и других автомагистралей), б) устойчивость к ветрам повышенной силы, в) создающих препятствие для проникновения под полог леса на наиболее уязвимых участках людей и транспортных средств, г) улучшающих комфортность условий под пологом леса, д) повышающих биотическую емкость лесных экосистем благодаря созданию убежищ для гнездования и укрытия мелких птиц и животных, обогащения их кормовой базы.

6. Все мероприятия в лесах и прежде всего рубки ухода, рубки формирования и реформирования ландшафта должны быть направлены на: а) повышение устойчивости лесов; б) усиление их рекреационного потенциала и ландшафтообразующих функций.

7. Санитарно-оздоровительные мероприятия должны проводиться по мере возникновения необходимости в них по возможности оперативно. Одним из наиболее важных мероприятий этого направления является очистка лесов от мусора, а также предотвращение их засорения путем проведения профилактических мероприятий (установки мусорных баков, предупреждающих аншлагов, оборудования мусоронакопителей, туалетов, препятствий для въезда на третьестепенные лесные дороги и т.п.).

Литература

1. Бусько Е. Г., Сидорович Е. А., Рупасова Ж. А. и др. Техногенное загрязнение лесных экосистем Беларуси. Минск.: Навука і тэхніка, 1995. 319 с.
2. Гарибова Л. В. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР / Л. В. Гарибова [и др.]; под общ. ред. М. В. Горленко. М.: Мысль, 1978. 365 с.

3. Вайчис М. Программа-методика организации и проведения работ по региональному мониторингу лесов европейской части СССР. Каунас-Гирионис, 1989. 56 с.

4. Горбач Н. В., Гетко Н. В. // Докл. АН БССР. 1979. Т. 23, № 8. С. 734–745.

5. Единович В. А. Эколого-биологические закономерности продукционного процесса хвойных древостоев в условиях техногенеза (на примере г. Минска). Дис. ... канд. биол. наук, Гомель, 1993. 202 с.

6. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / Под ред. В. А. Алексеева. Л.: Наука, 1990. 200 с.

7. Моисеева Н. А. Исследование процесса деградации сосновых насаждений в городских условиях. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Минск, 1980.

8. Отчет по теме 03.03 «Оценить состояние лесных фитоценозов и установить закономерности изменения их продуктивности в условиях антропогенного воздействия» за 1994 год. Раздел 03.03.01 «Оценить состояние лесных фитоценозов различной влагообеспеченности по показателям дефолиации и дехромации, хлорозу и некрозу хвои, видовому составу, соотношению прироста и отпада в северной части БССР: в ненарушенных фитоценозах Березинского заповедника, в зоне сильного антропогенного воздействия, в зоне умеренного хронического антропогенного воздействия. Минск, 1991. 35 с.

9. Отчет по теме 03.03 «Оценить состояние лесных фитоценозов и установить закономерности изменения их продуктивности в условиях антропогенного воздействия» за 1993 год. Раздел 03.03.03 «Изучить показатели продукционного процесса в лесных фитоценозах в условиях антропогенного воздействия различной интенсивности. Минск, ИЭБ АНБ, 1993. 61 с.

10. Отчет по теме-заданию «Организовать систему мониторинга, оценить степень загрязнения и деградации лесов и лесопарков г. Минска и прилегающих территорий (этапы 2 и 3). Минск, ИЭБ НАНБ, 1996. 101 с.

11. Отчет по теме-заданию «Организовать систему мониторинга, оценить степень загрязнения и деградации лесов и лесопарков г. Минска и прилегающих территорий (этап 4). Минск., ИЭБ НАНБ, 1997. 100 с.

12. Проблемы геоэкологии и экологическая безопасность городских агломераций. Сб. материалов 1-й международной научно-практической конференции (г. Гомель, 29 сентября-1 октября 1998 г.). Гомель, 1998. 144 с.

13. Пугачевский А. В., Моложавский А. А., Клименкова Л. К., Судник А. В., Ермохин М. В. Экологическое состояние лесов и лесопарков Минска // Состояние окружающей среды и природопользование в городе Минске: Сб. ст. / Бел. науч.-исслед. центр «Экология»; под ред. А. Н. Боровикова и др. Минск, 2001. С. 93–138.

14. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь. Минск: МЛХ РБ, 1996. 27 с.

15. Сидорович Е. А., Алехно А. И., Бусько Е. Г. и др. Экологический мониторинг лесных ландшафтов Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1988. 206 с.

16. Сидорович Е. А., Рупасова Ж. А., Бусько Е. Г. Функционирование лесных фитоценозов в условиях антропогенных нагрузок. Минск: Наука и техника, 1985. 205 с.

17. Чубанов К. Д., Киселев В. Н., Бойко А. В. Природная среда в зонах влияния промышленных центров. Минск, 1989. 182 с.

18. Forest Health Monitoring. Field Methods Guide (International–Baltics 1997). USDA Forest Service, Washington, 1997. 307 p.

А. В. ПУГАЧЕВСКИЙ, М. В. ЕРМОХИН, Т. Л. БАРСУКОВА,
И. Н. ВЕРШИЦКАЯ, В. В. САВЕЛЬЕВ
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСОВ Г. МИНСКА

Резюме

В статье приводится анализ состояния лесов г. Минска в пределах городской черты по результатам обследования в 2012–2013 гг. Отмечено, что в целом состояние древостоев считается хорошим, но значительная рекреационная нагрузка в некоторых лесных массивах ведет к постепенной деградации лесных сообществ: большое количество неорганизованных пикниковых полян и кострищ, замусоренность территории (отмечена в 42,0% выделов), повреждение стволов и нижних сучьев деревьев. Несмотря на антропогенный прессинг на территории городских лесов сохранились места обитания охраняемых видов растений: лилии кудреватой, живучки пирамидальной, чины горной. Из общего числа угроз городским лесам наиболее значимы две. Во-первых – активное внедрение в экосистемы инвазивных видов травянистых и кустарниковых растений (в некоторых кварталах их проективное покрытие превышает 30%). Во-вторых – строительство, которое сопровождается рубкой леса, дроблением массивов леса при прокладке коммуникаций, загрязнением лесов строительным мусором и пр. Предложен комплекс мероприятий по сохранению городских лесов.

A. V. PUNACHEUSKY, M. V. YERMOKHIN, T. L. BARSUKOVA, V. V. SAVELEV
MODERN STATE OF FORESTS IN MINSK CITY

Summary

Analysis of the state of forests in Minsk city on the survey in 2012–2013 is present in the article. It is noted that the state of stands has a good condition in whole, but a significant recreational stress leads progressive degradation of forest communities in some of the sites: a large number of unorganized picnic lades and fire places, rubbish (noted in 42.0%of sites), damage of trunks and lower branches of trees. Urban forests preserved habitats of protected plant species despite the anthropogenic pressure. *Lilium martagon*, *Ajuga pyramidalis*, and *Lathyrus linifolius* are often found in forest. There are two the most important threats to urban forests. First of them is an active introduction of invasive species of herbaceous plants and shrubs in natural ecosystems. They could cover more than 30% of area inside forest compartment. Second is a forest fragmentation during the construction of buildings, communications, pollution forest by construction waste, etc. Authors proposed the complex of measures for the urban forests conservation.

Поступила в редакцию 20.12.2016 г.

А. В. ЛЕВКОВИЧ
**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ
РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ
НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

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

Введение. В настоящее время проблема сокращения биологического разнообразия остается актуальной во всем мире. В Беларуси в Красную книгу включено 303 вида растений и грибов. Численность многих из них снижается. Для разработки адекватных мер охраны и рекомендаций по восстановлению необходима полноценная оценка их состояния и устойчивости.

Как известно, существуют разные уровни пространственной организации популяций. Ряд исследователей (Жукова, Заугольнова и др.) выделяли следующие иерархические уровни их изучения: ценопопуляционные локусы, ценопопуляции, ландшафтные популяции разного ранга, региональные популяции [1], что, в свою очередь, согласуется с выделением Юрцевым биохорологических функционально-территориальных единиц биоразнообразия – сообществ, биот ландшафтов и более крупных подразделений биосферы как компонентов природных экосистем соответствующего ранга [2]. В таком случае оценка состояния и устойчивости популяций также может проводиться на разных иерархических уровнях территориальной организации: ценопопуляционном, метапопуляционном и региональном. При этом каждому уровню соответствует определенный набор характеризующих параметров.

Основные параметры оценки состояния ценопопуляций редких и исчезающих видов растений подробно описаны в работах Злобина, Заугольновой, Жуковой и др. [1, 3, 4, 5]. Ишбирдиным и др. предложен индекс виталитета ценопопуляций, рассчитываемый по размерным спектрам составляющих ценопопуляции особей генеративного возрастного состояния [6]. В Беларуси в рамках «Программы и методики мониторинга охраняемых видов растений Республики Беларусь» [7] на основе классических методик ценопопуляционных исследований [1, 3, 4, 5] разработаны методы оценки состояния ценопопуляций охраняемых видов растений. В качестве параметров оценки используются показатели, от которых зависит существование и перспективы сохранения ценопопуляции: 1) общая численность; 2) плотность особей; 3) возрастной спектр; 4) способ и энергия возобновления; 5) смертность растений; 6) мощность растений [7].

На более крупном метапопуляционном уровне (уровне ландшафта, урочища) учитывается количество ценопопуляций в составе метапопуляции, количество особей, площадь, расстояние между ценопопуляциями и подходящими для заселения участками (изоляция), локальные условия

среды (трофность, влажность, освещенность) и т. д. Важным параметром устойчивости метапопуляций является мера связанности ценопопуляций, входящих в их состав. В настоящее время данный подход в отношении видов сосудистых растений еще только развивается. Впервые данную теорию к высшим растениям применил Менгес (1990), изучавший динамику существования эндемичного мытника Фурбиша (*Pedicularis furbishae* S. Wats.) на подверженных природным и антропогенным воздействиям берегах реки, особенности его локального вымирания и реколонизации [8]. Ряд исследований посвящены метапопуляционной структуре и динамике эпифитных мхов и лишайников, являющихся очень удобным объектом применения данного подхода [9–11].

В соответствии с критериями Международного союза охраны природы для оценки состояния вида и его устойчивости необходимы данные регионального уровня: скорость сокращения численности вида в регионе, размер ареала и его изменение, общая численность популяций и ее динамика, при этом особое внимание уделяется численности взрослых (генеративных) особей [12]. На основании данных количественного анализа делается прогноз развития и оценивается вероятность исчезновения вида.

Учет параметров разных уровней организации позволит получить более точные данные о состоянии популяций редких и исчезающих видов растений Беларуси, определить их устойчивость и впоследствии прогнозировать их развитие.

Объекты и методы исследования. Автором было изучено 659 ценопопуляций 10 видов растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, из них 343 ценопопуляции – при проведении полевых исследований: *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart. – 79, *Anemone sylvestris* L. – 12, *Trollius europaeus* L. – 8, *Isopyrum thalictroides* L. – 2, *Melittis sarmatica* Klok. – 77, *Lilium martagon* L. – 76, *Listera ovata* (L.) R. Br. – 39, *Orchis morio* L. – 2, *Orchis mascula* (L.) L. – 1, *Neckera pennata* Hedw. – 47 ценопопуляций. 298 ценопопуляций были новыми для Беларуси. Изученные ценопопуляции данных видов составили 37% от их общего количества достоверно подтвержденных в стране.

Для определения динамики численности ряда ценопопуляций исследованных видов была заложена 71 постоянная пробная площадь в различных областях Республики Беларусь. При этом в ходе полевых исследований в случае малочисленных ценопопуляций *M. sarmatica*, *L. martagon*, *L. ovata*, *O. morio*, *O. mascula* картировались не только ценопопуляции, но и каждая особь в ценопопуляции, в случае крупных ценопопуляций *A. sylvestris*, а также ценопопуляций *H. selago* и *N. pennata*, для которых характерно дискретное распределение, картировались отдельные локусы. Составлялись картосхемы всех ценопопуляций. При дискретном размещении особей или локусов в ценопопуляциях картирование осуществлялось точечным, сеточным или сплошным от базиса методом [13] в зависимости от их численности и размеров.

При исследовании ценопопуляций определялись следующие параметры [7, 14, 15]: площадь, м²; численность, экз.; плотность, экз./м²;

проективное покрытие,%; возрастной спектр (для некоторых ценопопуляций),% (по возрастным периодам); жизненность, балл (по 5-балльной шкале Гроссгейма) [16].

Для определения средних показателей площади, численности, плотности ценопопуляций обследованных видов использовался критерий для отбрасывания крайних вариантов [17].

На метапопуляционном уровне для видов сосудистых растений определяли количество ценопопуляций в составе метапопуляции, их меру связанности, количество особей, площадь, расстояние между ценопопуляциями. В случае мхов-эпифитов для каждого дерева-хозяина определялись вид дерева, диаметр ствола, глубина трещин коры, относительное покрытие мха [10].

В качестве показателя устойчивости рассматривали величину среднего годового прироста численности цено- и метапопуляций.

На региональном уровне определялась доля ценопопуляций каждого вида, вероятность исчезновения которых очень высока.

Результаты и их обсуждение. В результате исследования десяти видов растений на трех уровнях: ценопопуляционном, метапопуляционном и региональном – для каждого определялась доля ценопопуляций, находящихся под угрозой исчезновения, и, следовательно, виды, состояние которых вызывает наибольшее опасение.

Ценопопуляционный уровень

Численность ценопопуляций обследованных видов варьировала от 1 особи (*M. sarmatica*, *L. martagon*, *L. ovata*, *O. morio*) либо 1 куртины (*H. selago*, *N. pennata*) до 3300000 особей (*I. thalictroides*) (табл. 1).

По величине средней численности ценопопуляций (табл. 1) виды были разделены на три группы: с малой (менее 7 особей), высокой (более 500) и промежуточной (от 8 до 500 особей) средней численностью.

К первой группе относятся *O. morio*, *H. selago* и *N. pennata*, причем для двух последних преобладание малочисленных ценопопуляций нормально (устойчивыми будут ценопопуляции даже с 1–2 куртинами). Состояние *O. morio* из-за малой численности особей приближается к критическому.

Во вторую группу входит *I. thalictroides*. В большинстве ценопопуляций данного вида (58,8%) насчитывается более 1000 особей. Ценопопуляции, численность которых не превышает 100, встречаются редко.

К третьей группе относятся *A. sylvestris*, *T. europaeus*, *M. sarmatica*, *L. martagon*, *L. ovata* и *O. mascula*. Их ценопопуляции можно считать крупными уже при численности как более 18, 26 и 33 особей (*L. martagon*, *L. ovata*, *M. sarmatica* соответственно), так и более 47 и 256 генеративных особей (*T. europaeus* и *A. sylvestris*). *O. mascula* в последующем может быть перенесен в первую группу, т. к. данные были получены при маленькой выборке.

Таблица 1. Численность ценопопуляций изученных видов

| № | Вид | Минимальная численность, экз. | Максимальная численность, экз. | Средняя численность для однородной выборки, экз. ³ | Распределение ценопопуляций по численности, экз. | | |
|-----|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------|---------|
| | | | | | маленькие | средние | крупные |
| 1. | <i>H. selago</i> | 1 ⁴ | 25 | 1,6 ± 0,1 | < 1,5 | 1,5–1,7 | > 1,7 |
| | | 2 ⁵ | 1014 | 57 ± 9 | < 48 | 48–66 | > 66 |
| 2. | <i>A. sylvestris</i> ¹ | 10 | 12 000 | 193 ± 63 | < 130 | 130–256 | > 256 |
| 3. | <i>T. europaeus</i> ¹ | 2 | 35 000 | 36 ± 11 | < 25 | 25–47 | > 47 |
| 4. | <i>I. thalictroides</i> | 25 | 3 300 000 | 22991 ± 16363 | < 6628 | 6628–39354 | > 39354 |
| 5. | <i>M. sarmatica</i> | 1 | 8 500 | 28 ± 5 | < 23 | 23–33 | > 33 |
| 6. | <i>L. martagon</i> | 1 | 570 | 16 ± 2 | < 14 | 14–18 | > 18 |
| 7. | <i>L. ovata</i> | 1 | 700 | 22 ± 4 | < 18 | 18–26 | > 26 |
| 8. | <i>O. morio</i> ² | 1 | 40 | 3 ± 4 | 1 | 1–7 | > 7 |
| 9. | <i>O. mascula</i> ² | 15 | 200 | 113 | < 113 | 113 | > 113 |
| 10. | <i>N. pennata</i> | 1 | 20–30 | | | | |

Примечание:

¹ оценивалась репродуктивная численность;

² данные при маленькой выборке;

³ доверительный интервал рассчитан при уровне надежности 80% (за исключением *O. morio*–60%);

⁴ счетная единица – куртина;

⁵ счетная единица – спороносный побег.

Аналогичный анализ распределения ценопопуляций изученных видов по площади (табл. 2) позволил выявить следующие группы:

– виды с малой средней площадью (не более 10 м²): *O. morio* и *H. selago*;

– виды с высокой средней площадью (более 1000 м²): *I. thalictroides*, *O. mascula* (последний в дальнейшем, вероятно, может быть перенесен в первую группу, т. к. данные были получены при маленькой выборке);

– виды с промежуточной средней площадью (от 10 до 1000 м²): *A. sylvestris*, *T. europaeus*, *M. sarmatica*, *L. martagon*, *L. ovata*.

N. pennata образует 2 типа популяций: встречается либо на одном дереве, и тогда его популяции имеют небольшую среднюю площадь (около 1 м²), либо на группе деревьев, занимающих значительное пространство (в среднем, 0,28 га).

Таблица 2. Площадь ценопопуляций изученных видов

| № | Вид | Минимальная площадь, м ² | Максимальная площадь, м ² | Средняя площадь, для однородной выборки, м ² | Распределение ценопопуляций по площади, м ² | | |
|-----|------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------|----------|
| | | | | | маленькие | средние | крупные |
| 1. | <i>H. selago</i> | 0,002 | 3500 | 1,5 ± 0,3 | < 1,2 | 1,2–1,8 | > 1,8 |
| 2. | <i>A. sylvestris</i> | 1 | 64 400 | 83,0 ± 21,0 | < 62 | 62–104 | > 104 |
| 3. | <i>T. europaeus</i> | 2 | 7500 | 902,6 ± 453,7 | < 448,9 | 448,9–1356,3 | > 1356,3 |
| 4. | <i>I. thalictroides</i> | 25 | 147 200 | 5176,0 ± 2433,1 | < 2742,9 | 2742,9–7609,1 | > 7609,1 |
| 5. | <i>M. sarmatica</i> | 0,2 | 59 000 | 429,0 ± 88,4 | < 340,6 | 340,6–517,4 | > 517,4 |
| 6. | <i>L. martagon</i> | 0,2 | 500 000 | 164,2 ± 29,8 | < 134,4 | 134,4–194,0 | > 194,0 |
| 7. | <i>L. ovata</i> | 0,2 | 40 000 | 87,2 ± 23,2 | < 64,0 | 64,0–110,4 | > 110,4 |
| 8. | <i>O. morio</i> ¹ | 0,1 | 375 | 2,7 ± 3,5 | 0,1 | 0,2–6,2 | > 6,2 |
| 9. | <i>O. mascula</i> ¹ | 165 | 2000 | 1082,5 | < 1082,5 | 1082,5 | > 1082,5 |
| 10. | <i>N. pennata</i> : Популяция в целом | 100 | 24 050 | 2814,0 ± 1373,4 | < 1440,6 | 1440,6–4187,4 | > 4187,4 |
| | Локусы на отдельных деревьях | 0,5 | 1 | 1 ± 0,04 | < 0,96 | 0,96–1,04 | > 1,04 |

Примечание:

¹ данные при маленькой выборке;

² доверительный интервал рассчитан при уровне надежности 80%.

На основании данных о численности и площади ценопопуляций были вычислены показатели минимальной, максимальной и средней плотности (табл. 3).

Показатели оптимальной плотности для каждого вида индивидуальны. Можно предположить, что оптимальным значением для устойчивого существования ценопопуляций будет близкое к среднему для вида. Слишком высокая плотность приводит к повышенной внутривидовой конкуренции, слишком низкая – к возрастанию вероятности сокращения численности ценопопуляции из-за недостатка репродуктивного фонда.

Исходя из средней плотности ценопопуляций, виды были разделены на группы:

– виды, чаще встречающиеся одиночными экземплярами: *L. martagon*, *M. sarmatica*, *L. ovata*, *O. morio*, *O. mascula*, *H. selago* (куртины), *N. pennata* (куртины). Средняя плотность ценопопуляций этих видов не превышает 1.

– виды, чаще встречающиеся небольшими группами (локусами), образующие скопления: *A. sylvestris*, *T. europaeus*, *I. thalictroides*, *H. selago* (спороносные побеги). Средняя плотность ценопопуляций – более 1 и достигает 11,72 у *A. sylvestris* и 56,1 у *H. selago*.

Таблица 3. Плотность ценопопуляций изученных видов

| № | Вид | Минимальная плотность, экз./м ² | Максимальная плотность, экз./м ² | Средняя плотность для однородной выборки, экз./м ² ¹ | Распределение ценопопуляций по плотности, экз./м ² | | |
|-----|-----------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| | | | | | с маленькой плотностью | со средней плотностью | с высокой плотностью |
| 1. | <i>H. selago</i> ² | 12,00 | 545,00 | 56,10 ± 8,35 | < 47,75 | 47,75–64,45 | > 64,45 |
| 2. | <i>A. sylvestris</i> ³ | 0,21 | 125,00 | 11,72 ± 3,30 | < 8,42 | 8,42–15,02 | > 15,02 |
| 3. | <i>T. europaeus</i> ⁴ | 0,09 | 20,29 | 2,08 ± 0,98 | < 1,1 | 1,1–3,06 | > 3,06 |
| 4. | <i>I. thalictroides</i> | 0,10 | 22,34 | 5,12 ± 1,35 | < 3,77 | 3,77–6,47 | > 6,47 |
| 5. | <i>M. sarmatica</i> | 0,0039 | 8,00 | 0,37 ± 0,06 | < 0,31 | 0,31–0,43 | > 0,43 |
| 6. | <i>L. martagon</i> | 0,0002 | 5,00 | 0,74 ± 0,19 | < 0,55 | 0,55–0,93 | > 0,93 |
| 7. | <i>L. ovata</i> | 0,0025 | 4,00 | 0,75 ± 0,15 | < 0,60 | 0,60–0,90 | > 0,90 |
| 8. | <i>O. morio</i> | 0,11 | 1,00 | 0,69 ± 0,31 | < 0,38 | 0,38–1,00 | > 1,00 |
| 9. | <i>O. mascula</i> | 0,10 | 0,16 | 0,13 | < 0,13 | 0,13 | > 0,13 |
| 10. | <i>N. pennata</i> | 0,0007 | 1,00 | 0,66 ± 0,12 | < 0,54 | 0,54–0,78 | > 0,78 |

Примечание:

¹ доверительный интервал рассчитан при уровне надежности 80%;

² плотность спороносных побегов в куртине на 1 м²;

³ плотность оценивалась, исходя из доли генеративных особей 9,6%;

⁴ плотность оценивалась, исходя из доли генеративных особей 23%.

Как правило, ценопопуляции видов из второй группы будут более устойчивыми, так как исчезновение отдельных особей для них менее критично. В то же время при малой численности и плотности ценопопуляций состояние этих видов будет менее стабильным.

По оцениваемой жизненности (как интегральном показателе биометрических параметров) ценопопуляции изученных видов были распределены следующим образом (табл. 4): у большинства видов преобладали ценопопуляции, жизненность которых оценивалась как средняя (балл 3). Исключение—*O. mascula*, ценопопуляции которого были распределены поровну между баллами жизненности 2 и 3 (по 50%). Довольно большое количество ценопопуляций с низкой жизненностью (более 30%) было характерно для *M. sarmatica* и *L. martagon*.

Таблица 4. Распределение ценопопуляций изученных видов сосудистых растений по баллу жизненности (%)

| Вид | Балл 1 | Балл 2 | Балл 3 | Балл 4 | Балл 5 |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <i>A. sylvestris</i> | 0 | 10 | 76 | 7 | 7 |
| <i>H. selago</i> | 0 | 5 | 68 | 24 | 3 |
| <i>I. thalictroides</i> | 0 | 0 | 57 | 43 | 0 |
| <i>L. martagon</i> | 1 | 32 | 41 | 25 | 1 |
| <i>L. ovata</i> | 0 | 20 | 51 | 23 | 6 |
| <i>M. sarmatica</i> | 0 | 32 | 44 | 15 | 9 |
| <i>O. mascula</i> | 0 | 50 | 50 | 0 | 0 |
| <i>O. morio</i> | 0 | 0 | 67 | 33 | 0 |
| <i>T. europaeus</i> | 0 | 17 | 55 | 22 | 6 |

Таким образом, на ценопопуляционном уровне были определены средние значения параметров, от которых зависит устойчивость изученных видов растений.

Метапопуляционный уровень

Как правило, наличие комплекса ценопопуляций (а не одной) на определенной территории, представляющей собой совокупность подходящих и неподходящих экотопов, приводит к снижению вероятности полного исчезновения вида здесь, в основном, благодаря возможности переноса семян на новые участки, а также возникновению их запаса в почве. Таким образом, для полноценной оценки состояния и устойчивости вида в пределах ландшафта либо лесного массива требуется учитывать состояние комплекса локальных ценопопуляций, т. е. метапопуляции.

Важным показателем, влияющим на устойчивость метапопуляции, является мера связанности [10] ее ценопопуляций, зависящая от расстояния между исследуемой и соседними ценопопуляциями и их чис-

ленности: чем больше численность соседних ценопопуляций и меньше расстояние между ними и исследуемой, тем сильнее их связь. Благодаря связанности, даже маленькие ценопопуляции в окружении крупных соседних будут более устойчивыми (вероятность их вымирания меньше), чем более крупные, но изолированные.

В качестве локальных ценопопуляций, входящих в метапопуляцию, как правило, рассматривали ценопопуляции в пределах крупных лесных массивов, расстояние между которыми не превышало 10 км, откуда могла бы идти семенная подпитка. Для вычисления меры связанности использовали формулу (по [10], с изменениями):

$$C_i = \sum_{i \neq j} \exp\left\{-\left[\ln(d_{ij})\right]\right\} \times N_j, \quad (1)$$

где C_i – мера связанности для i -й локальной ценопопуляции;

d_{ij} – расстояние между локальными ценопопуляциями i и j , км;

N_j – численность j -й ценопопуляции, экз.

При проведении анализа для большинства видов была выявлена сильная корреляция (более 0,7) между численностью и площадью ценопопуляций, в связи с чем для построения моделей из двух переменных была выбрана только одна – численность.

Для оценки состояния и устойчивости метапопуляций изученных видов был использован показатель, учитывающий связь среднего годового прироста (колебаний) численности входящих в их состав ценопопуляций с их исходной численностью, жизненностью и мерой связанности. При этом наиболее важно было выявить значение данного показателя в случаях исчезновения цено- и метапопуляций или их значительного сокращения (более чем на 80 %).

Показатель связи прироста с исходной численностью, жизненностью и мерой связанности (R_i) может быть выражен следующей формулой:

$$R_i = \ln\left(\left(N_i + \sqrt{C_i}\right) \times V_i\right), \quad (2)$$

где R_i – показатель связи прироста с исходной численностью и мерой связанности i -й ценопопуляции;

N_i – исходная численность i -й ценопопуляции, экз.;

V_i – жизненность i -й ценопопуляции, балл;

C_i – мера связанности i -й ценопопуляции.

В результате исследований была выявлена нелинейная зависимость величины среднего годового прироста ценопопуляций от значения R_i (на основании данных анализа ценопопуляций *A. sylvestris* – 27 измерений, *H. selago* – 9 измерений, *I. thalictroides* – 9 измерений, *L. martagon* – 16 измерений, *L. ovata* – 12 измерений, *M. sarmatica* – 44 измерения, *O. mascula* – 6 измерений, *O. morio* – 5 измерений, *T. europaeus* – 12 измерений, проводимых с 2005 по 2015 гг.).

Колебания численности в большей мере имели стохастический характер. Было установлено, что размах среднего годового прироста различен у изученных видов при разных значениях R_i .

При росте показателя R_i размах колебаний сокращался, что хорошо видно в случае *I. thalictroides* и *T. europaeus* (рис. 1).

Размах вариации и среднее линейное отклонение численности ценопопуляций *T. europaeus* составляли соответственно 219,9 и 58,3, тогда как у *I. thalictroides* – 92,4 и 29,1. В том числе разные по численности ценопопуляции *T. europaeus* также отличались по этим показателям (219,9 и 67,4 для мелких ценопопуляций и 121,4 и 45,2 для крупных). Полного исчезновения ценопопуляций данных видов не наблюдалось, в то же время при значениях показателя, близких к 7, происходило сокращение численности ценопопуляций *T. europaeus* более чем на 80%.

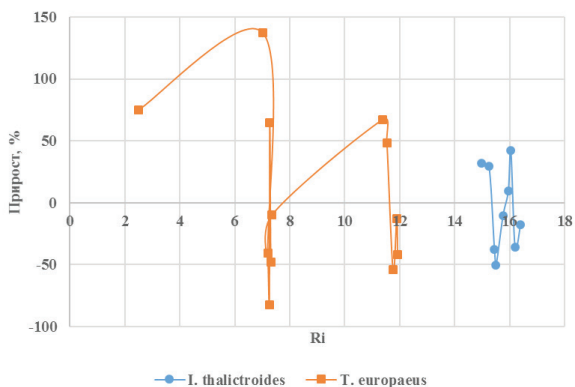


Рис. 1. Зависимость среднего годового прироста ценопопуляций *I. thalictroides* и *T. europaeus* от R_i .

Таким образом, можно предположить, что при более высоких значениях показателя R_i повышается устойчивость ценопопуляций и уменьшается вероятность их полного исчезновения.

Для ряда видов максимальное колебание численности ценопопуляций (в том числе и вымирание) происходило при значениях R_i только менее 4–4,5 (*L. martagon*, *L. ovata* и *M. sarmatica*) (рис. 2).

Ценопопуляции, как правило, при таких значениях находились в наиболее неустойчивом состоянии. При этом важно, чем была обусловлена их малая численность: либо они только начали развиваться в благоприятном месте, либо это стареющие ценопопуляции, либо они сокращают численность из-за антропогенного или зоогенного воздействия. В любом случае риск их вымирания очень велик.

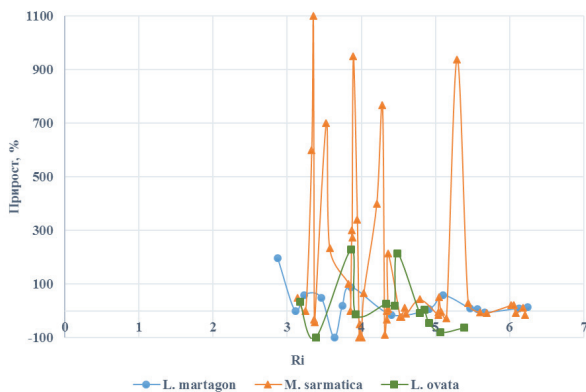


Рис. 2. Зависимость среднего годового прироста ценопопуляций *L. martagon*, *L. ovata* и *M. sarmatica* от R_i .

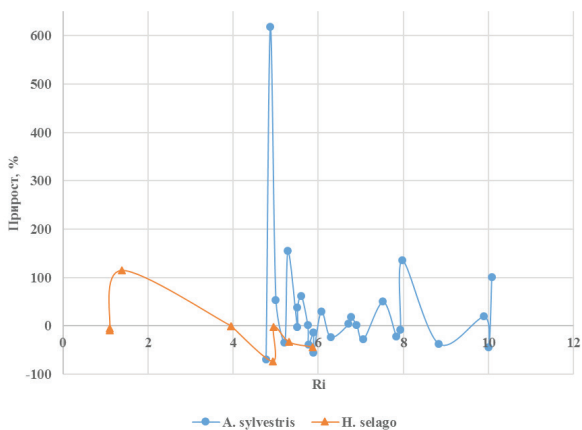


Рис. 3. Зависимость среднего годового прироста ценопопуляций *A. sylvestris* и *H. selago* от R_i .

Аналогичная ситуация наблюдалась в ценопопуляциях *A. sylvestris* – с той лишь разницей, что критическое значение R_i , до которого наблюдался максимальный размах колебаний, составляло 5,9, хотя полного исчезновения ценопопуляций не было зафиксировано (рис. 3).

У *H. selago* даже небольшие слабо связанные ценопопуляции были устойчивыми, хотя в то же время максимальное сокращение наблюдалось в более крупных ценопопуляциях, но это было связано с внешним воздействием (зоогенная нагрузка) (рис. 3).

Исследованные ценопопуляции *O. mascula* и *O. morio* не входили в состав метапопуляций, отличались низким значением R_i (менее 5), и численность их в большинстве случаев резко сокращалась (рис. 4).

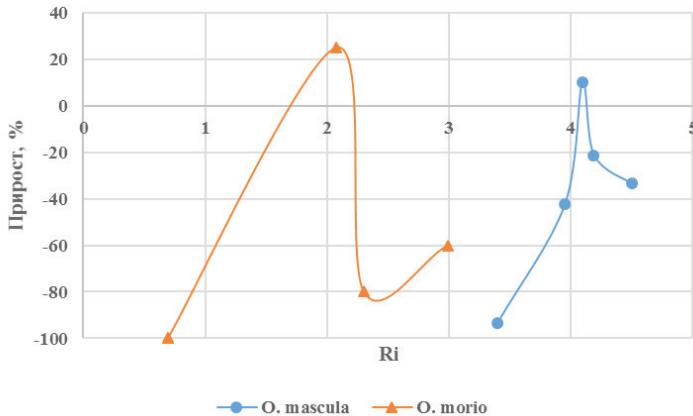


Рис. 4. Зависимость среднего годового прироста ценопопуляций *O. mascula* и *O. morio* от R_i .

Таким образом, для каждого вида характерно определенное значение $R_i - R_i$ критическое, при значениях ниже которого вероятность исчезновения ценопопуляций резко возрастает. При этом установлена логарифмическая связь данной величины со средней численностью ценопопуляций вида (рис. 5). Из этого следует, что, например, видам из группы с высокой средней численностью ценопопуляций для устойчивого состояния требуются более высокие значения численности, жизнестойкости, меры связанности, чем видам с малой средней численностью. Выявленная зависимость впоследствии даст возможность прогнозировать вероятность исчезновения и других видов растений. Предложенная величина R_i может служить показателем устойчивости ценопопуляций и их вероятного развития. Для устойчивого существования она должна превышать значение R_i критическое, и в этом случае чем она выше, тем меньше вероятность исчезновения ценопопуляции.

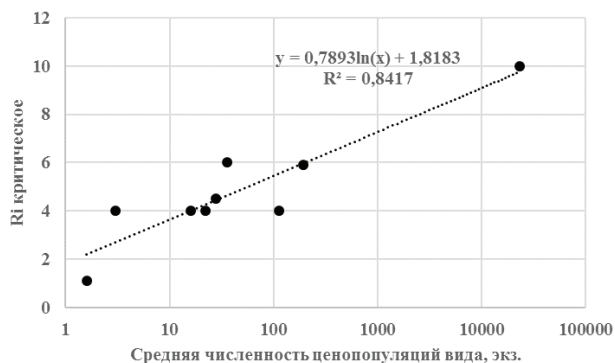


Рис. 5. Зависимость значения R_i критическое от средней численности ценопопуляций вида.

Региональный уровень

По формуле (2) для каждой ценопопуляции изученных видов сосудистых растений в стране с учетом их вхождения в состав метапопуляций был вычислено значение R_i . В соответствии с ним определены ценопопуляции, находящиеся под угрозой исчезновения (R_i которых менее критического значения).

Доля ценопопуляций видов сосудистых растений, вероятность исчезновения которых очень высока, является важным показателем состояния вида в регионе (табл. 5).

Таблица 5. Характеристика изученных видов сосудистых растений

| Вид | Общее количество ценопопуляций, шт. | Процент исчезнувших ценопопуляций, % | Кол-во современных ценопопуляций, шт. | Процент исчезающих ценопопуляций |
|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| <i>T. europaeus</i> | 107 | 11,2 | 95 | 68 |
| <i>O. morio</i> | 19 | 68,4 | 6 | 67* |
| <i>I. thalictroides</i> | 39 | 2,6 | 38 | 56 |
| <i>O. mascula</i> | 18 | 22,2 | 14 | 50 ¹ |
| <i>L. ovata</i> | 215 | 4,2 | 206 | 50 |
| <i>L. martagon</i> | 366 | 5,2 | 347 | 37 |
| <i>M. sarmatica</i> | 240 | 2,1 | 235 | 29 |
| <i>A. sylvestris</i> | 86 | 14,0 | 74 | 29 |
| <i>H. selago</i> | 700 | 1,1 | 692 | 25 |

Примечание:

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

Таким образом, под наибольшей угрозой исчезновения находятся *T. europaeus*, представители семейства орхидных (*O. morio*, *L. ovata*, *O. mascula*) и *I. thalictroides*.

Можно предположить, что высокий процент исчезающих ценопопуляций *T. europaeus* обусловлен тем, что для его устойчивого существования требуются более многочисленные ценопопуляции. Особи вида чаще встречаются группами, средняя плотность ценопопуляций более 1 экз./м². В то же время, средняя численность его ценопопуляций довольно мала – более чем в 10 раз меньше средней численности ценопопуляций *A. sylvestris*, также образующего ценопопуляции с высокой плотностью особей.

Высокая угроза исчезновения ряда видов связана с их экологическими особенностями. Так, представители семейства орхидных (*O. morio*, *L. ovata*, *O. mascula*) отличаются низкой конкурентоспособностью и легко вытесняются из экотопов [18]. В то же время они способны пережить неблагоприятные условия, переходя в состояние вторичного покоя [19] и сохраняясь в почве. Изучение их динамики требует больших временных затрат.

I. thalictroides – единственный из изученных гемистенобионтный вид, обладающий наиболее узкой экологической амплитудой. Кроме того, *T. europaeus*, *I. thalictroides* и *L. ovata*, в отличие от остальных изученных видов, в соответствии со шкалами Цыганова [20], являются стенобионтными видами по шкале кислотности почв.

Заключение. Таким образом, состояние и устойчивость популяций редких и исчезающих видов растений зависит от целого спектра показателей, определяемых на трех уровнях пространственной организации: ценопопуляционном, метапопуляционном и региональном.

По принадлежности видов к определенной группе с маленькими, высокими и промежуточными значениями средней численности, площади и плотности ценопопуляций можно предварительно судить об их устойчивости.

На метапопуляционном уровне к показателям численности, площади, плотности и жизненности добавляется мера связанности ценопопуляций, и чем она выше, чем больше связей в метапопуляции, тем стабильнее ее состояние и выше устойчивость.

Выявленная зависимость среднего годового прироста от показателя связи прироста с исходной численностью, жизненностью и мерой связанности ценопопуляций имеет специфический характер – в виде треугольника с основанием по вертикальной шкале прироста и затухающим к его вершине размахом колебаний. По величине данного показателя также можно охарактеризовать устойчивость ценопопуляций. При этом для разных видов характерно определенное значение показателя (критическое), меньше которого вероятность вымирания ценопопуляции резко возрастает.

По результатам исследования среди изученных видов в наиболее угрожаемом состоянии находятся *T. europaeus*, представители семейства

орхидных (*O. morio*, *L. ovata*, *O. mascula*) и *I. thalictroides*, у которых ценопопуляции, находящиеся под угрозой исчезновения, составляют 50% и более. Плохое состояние и низкая устойчивость большинства ценопопуляций обусловлены, как правило, биологическими и экологическими особенностями видов.

Учет иерархической структуры популяций редких и исчезающих видов растений при оценке их состояния, а также определении вероятности вымирания позволит точнее судить об их устойчивости в регионе и прогнозировать развитие.

Литература

1. Жукова Л. А., Заугольнова Л. Б., Мичурин В. Г., Онипченко В. Г., Торопова Н. А., Чистякова А. А. // Биологические науки. 1989. № 12. С. 65–75.
2. Юрцев Б. А. // Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению. СПб., 1992. С. 7–21.
3. Заугольнова Л. Б., Денисова Л. В., Никитина С. В. // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. биол. 1993. Т. 98. Вып. 5. С. 100–108.
4. Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. Казань, 1989. 147 с.
5. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В., Комаров А. С., Ханина Л. Г. // Успехи современной биологии. 1993. Т. 113. № 4. С. 402–414.
6. Ишбирдин А. Р., Ишмуратова М. М. // Методы популяционной биологии: Сборник материалов VII Всерос. популяционного семинара (г. Сыктывкар, 16–21 февраля 2004 г.). Сыктывкар, 2004. Ч. 2. С. 113–120.
7. Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / Под ред. А. В. Пугачевского. Минск, 2011. С. 40–57.
8. Menges E. S. // Conservation biology. 1990. № 4. P. 52–62.
9. Snäll T. Distribution patterns and metapopulation dynamics of epiphytic mosses and lichens. Uppsala, 2003. 36 p.
10. Snäll T., Ehrlén J., and Rydin H. // Ecology. 2005. № 86. P. 106–115.
11. Шевкунова А. В., Масловский О. М. // Ботаника (исследования): Сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси. Минск: Право и экономика, 2009. № 37. С. 293–308.
12. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 2001. 30 p.
13. Панченко С. М. // Український ботанічний журнал. 2011. Т. 68, № 5. С. 672–685.
14. Денисова Л. В., Никитина С. В., Заугольнова Л. Б. Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений Красной книги СССР. М.: Наука, 1986. 34 с.
15. 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 расліннага свету: ТКП 17.12–09–2015 (33140). Минск, 2015. 32 с.

16. Быков Б. А. Геоботанический словарь. Алма-Ата: Наука, 1973. 215 с.
17. Урбах В. Ю. Биометрические методы. М.: Наука, 1964. 415 с.
18. Вахрамеева М. Г., Варлыгина Т. И., Татаренко И. В. Орхидные России (биология, экология и охрана). М.: КМК, 2014. 437 с.
19. Вахрамеева М. Г., Денисова Л. В., Никитина С. В., Самсонов С. К. Орхидеи нашей страны. М.: Наука, 1991. 244 с.
20. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.

А. В. ЛЕВКОВИЧ

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Резюме

Проведены исследования 659 ценопопуляций 10 видов растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь. Исследования осуществлялись на трех уровнях: ценопопуляционном, метапопуляционном и региональном. На первом уровне получены данные о средней численности, площади и плотности ценопопуляций, в соответствии с которыми изученные виды были подразделены на группы с маленькими, высокими и промежуточными значениями данных показателей. Изучены сведения о жизнестойкости ценопопуляций. На уровне метапопуляций предложен показатель связи годового прироста численности с исходной численностью и мерой связанности ценопопуляций, отражающий их устойчивость. На региональном уровне проанализировано состояние всех популяций изученных видов. Выявлены виды, находящиеся в наиболее угрожаемом состоянии.

A. V. LEVKOVICH

THE ASSESSMENT OF STATE AND STABILITY OF POPULATIONS OF RARE AND THREATENED PLANT SPECIES OF BELARUS ON DIFFERENT LEVELS OF SPATIAL ORGANIZATION

Summary

The investigations of 659 cenopopulations of 10 plant species included in the Red Data Book of the Republic of Belarus were conducted. The investigations were carried out on three levels: cenopopulation, metapopulation and regional. The data about average size, area and density of cenopopulations were obtained. In accordance to these data the studied species were divided into groups with small, high and intermediate meanings of these characteristics. The information about viability of cenopopulations was studied. On the metapopulation level the factor of connection between the annual size increase and starting size and connectivity of cenopopulations showing their stability was proposed. On the regional level the state of all populations of the studied species was analyzed. The most threatened species were revealed.

Поступила в редакцию 04.11.2016 г.

О. М. МАСЛОВСКИЙ, Л. С. ЧУМАКОВ, Ю. С. ПОДРЕЗ,
И. П. СЫСОЙ, А. В. ЛЕВКОВИЧ, Р. В. ШИМАНОВИЧ
**ЭКСПАНСИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАИБОЛЕЕ ОПАСНЫХ ВИДОВ
ИНВАЗИВНЫХ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

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

Введение. Инвазивные виды растений считаются одной из основных угроз не только для биоразнообразия. Их экспансия приводит к серьезнейшим экологическим, социальным и экономическим последствиям.

В процессе миграции естественным путем или с преднамеренным или непреднамеренным вмешательством человека происходит расселение видов на новые территории вне их первичного ареала. Для таких видов в русскоязычной ботанической литературе чаще используется термин «адвентивный вид», а в зоологической – «чужеродный» [1].

Решением 6-й Конференции Сторон Конвенции о биологическом разнообразии «чужеродным видом живого организма для природного сообщества считается вид, подвид или таксон низшего ранга, интродуцированный за пределы его природного распространения (прошлого или настоящего ареала), включая любую часть, гаметы, семена, яйца или жизненные стадии таких видов, которые могут выживать и размножаться» [2]. При этом необходимо понимать «интродукцию» в широком смысле, как преднамеренное или случайное переселение особей какого-либо вида животных и растений за пределы естественного ареала в новые для них места обитания [3]. Многие чужеродные виды, которые не отнесены к инвазивным, могут стать такими в будущем, заняв через некоторое время оптимальные местообитания, пройдя адаптивные изменения на генетическом уровне. Таким образом, можно принять следующее определение: чужеродный инвазивный вид – чужеродный вид, чье проникновение и распространение угрожает экосистемам или видам и причиняет экономический или экологический ущерб [4]. При этом часто выделяют виды-трансформеры, которые способны изменять экосистемы на значительной территории. Именно угроза видам, экосистемам и экономике формирует сущность определения инвазивный (или инвазионный) вид. Кроме того, отдельные виды инвазивных растений могут быть опасны для здоровья человека.

Со второй половины XX в. на территорию Беларуси уже проникло свыше 300 чужеродных видов растений [5]. Значительная их часть попала на территорию страны в результате завоза в качестве объектов озеленения, как фитомелиорантов или кормовых растений. Многие инвазивные растения попадают в страну в результате распространения вдоль транспортных магистралей. Их закреплению на территории Беларуси

способствует ряд причин, в том числе, и наблюдающееся с 90-х годов XX в. изменение климата, связанное со значительным повышением среднегодовых температур.

С 2008 года в республике развернуто планомерное изучение распространения видов инвазивных растений, принят ряд нормативных актов, разрабатывается и реализуется комплекс мероприятий по ограничению их распространения и минимизации ущерба от их экспансии.

Учет и сбор информации о распространении видов инвазивных растений проводится в рамках ведения Государственного кадастра растительного мира Республики Беларусь. Для каждого обнаруженного инвазивного вида оценивают площадь его распространения на территории исследуемого района, встречаемость, степень угрозы, а также разрабатывают рекомендации по предотвращению угрозы его распространения [6].

В стране выполняется программа мониторинга инвазивных видов растений, которая предназначена для обеспечения государственных органов и заинтересованных юридических лиц достоверной и своевременной информацией о состоянии популяций инвазивных видов растений, необходимой для принятия оперативных управленческих решений в области снижения опасности данных видов для населения и природных комплексов, разработки научно-обоснованных мероприятий, препятствующих их распространению [7].

Объекты и методы исследований. Объектами исследований послужили наиболее опасные инвазивные растения, включенные в перечень видов, подлежащих контролю и ограничению распространения: борщевик Сосновского – *Heracleum sosnowskyi* Manden., борщевик Мантегацци – *H. mantegazzianum* Sommier & Levier, золотарник канадский – *Solidago canadensis* L., золотарник гигантский – *S. gigantea* Aiton, клен ясенелистный – *Acer negundo* L., эхиноцистис лопастной – *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray, робиния лжеакация – *Robinia pseudoacacia* L.; а также недотрога железистая – *Impatiens glandulifera* Royle, экспансия которой в последние годы резко прогрессирует.

В рамках данной работы борщевик Сосновского и борщевик Мантегацци, а также золотарник канадский и золотарник гигантский рассматривались в качестве единых комплексов видов.

Для изучения пространственного распределения данных инвазивных видов на базе Государственного кадастра растительного мира и Национальной системы мониторинга создан специализированный банк данных распространения инвазивных видов растений. Всего было закартировано 11 015 популяций данных видов. Каждая популяция имеет географическую привязку, координаты, данные по размерам, площади, характеру произрастания, характеристике экологических условий, динамики и проводимым мероприятиям.

Для отдельных популяций составлялись специализированные паспорта и их пространственное расположение (включая контуры) вносились в ГИС ArcGIS.

Результаты и их обсуждение.

Борщевик Сосновского. Одним из наиболее распространенных среди инвазивных видов на территории Беларуси по количеству популяций (3100) и площади произрастания (1968,3 га) является комплекс *Heracleum sosnowskyi* и *H. mantegazzianum*.

Гигантские борщевики, получившие широкое распространение в середине XX в. в качестве кормовых растений, крайне неравномерно распределены по территории Беларуси. Основные площади их произрастания приходятся на регион Белорусского Поозерья, где этими растениями уже занято более 1,4 тыс. га. Покинув сельхозугодья, борщевик активно внедряется на пустошные земли, придорожные полосы, берега водоемов, под ЛЭП. В отдельных районах Поозерья наблюдается внедрение борщевика под полог древесно-кустарниковой растительности, в том числе в ольшаники и сосняки, где мероприятия по ограничению его численности крайне затруднены в силу специфики лесных угодий.

Распределение количества местонахождений борщевика Сосновского и площадей его произрастания по административным районам Беларуси представлено на рисунке 1.

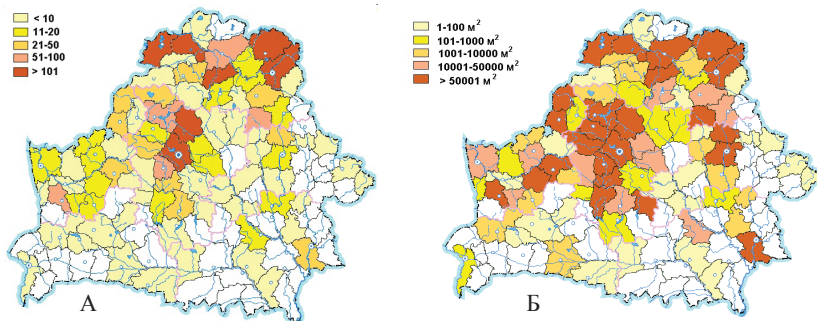


Рис. 1. Распространение борщевика Сосновского по административным районам Беларуси: А – количество популяций; Б – площади произрастания.

Анализируя пространственное распределение борщевика в Беларуси, можно выделить 4 основных центра его распространения. Наиболее крупные популяции борщевика на севере страны зарегистрированы в Браславском, Ушачском и Витебском районах, где на отдельных территориях они могут занимать до 100 га. Крупный центр распространения этого вида выявлен на территории Минской возвышенности, однако, благодаря разработанным рекомендациям и реализованным мероприятиям, его площади (особенно в г. Минске) сократились за последние 5 лет в 4

раза. В более южных регионах борщевик не образует крупных популяций, а в Полесье его площади в целом незначительны.

Мониторинговые исследования показывают, что скорость расселения гигантских борщевиков на территории Беларуси в отдельных регионах заметно снизилась (табл. 1).

Таблица 1. Динамика распространения борщевика Сосновского по областям Беларуси

| Область | Количество местонахождений, шт. | | | Площадь, га | | |
|-------------|---------------------------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. |
| Брестская | 13 | 13 | 13 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Витебская | 1548 | 1548 | 1593 | 1425,6 | 1425,6 | 1432,2 |
| Гомельская | 48 | 49 | 56 | 37,8 | 37,0 | 13,2 |
| Гродненская | 316 | 316 | 316 | 86,5 | 86,5 | 86,5 |
| Минская | 955 | 957 | 1050 | 326,7 | 326,8 | 330,8 |
| Могилевская | 69 | 69 | 72 | 104,8 | 104,8 | 104,8 |
| Итого: | 2949 | 2952 | 3100 | 1982,2 | 1981,5 | 1968,3 |

Проведенный анализ распространения 2824 популяций борщевика Сосновского по ландшафтам Беларуси [8] позволил выявить, что максимальное представительство этого вида (479 популяций) отмечено на возвышенных холмисто-моренно-эрозионных дренированных ландшафтах, с широколиственно-еловыми лесами на дерново-подзолистых, реже дерново-палево-подзолистых почвах.

Значительное число популяций (более 300) отмечено для следующих ландшафтов: холмисто-моренно-озерных разной степени дренированности, с еловыми, вторичными мелколиственными лесами на дерново-подзолистых, реже дерново-подзолистых заболоченных почвах и средневысотных (равнинных) моренно-озерных разной степени дренированности, с еловыми, широколиственно-еловыми, вторичными мелколиственными лесами, лугами на дерново-подзолистых и дерново-подзолистых заболоченных почвах.

Незначительное представительство борщевика характерно для суббореальных полесских, а также для низменных ландшафтов (аллювиальных террасированных слабодренированных, с сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах, и вторичными мелколиственными лесами на дерново-подзолистых заболоченных почвах; пойменных разной степени дренированности, с лугами на дерновых заболоченных почвах и болотами).

В целом распределение ландшафтов по степени уязвимости на основании общего количества выявленных популяций борщевика Сосновского представлено на рисунке 2. Оно отражает современное распространение борщевика в республике и выявляет первоочередные потенциальные направления экспансии этого вида.

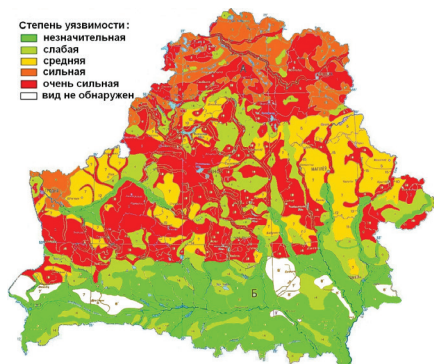


Рис. 2. Распределение ландшафтов по степени уязвимости на основании общего количества выявленных популяций борщевика Сосновского.

Золотарники канадский и гигантский. Инвазивные золотарники на территории Беларуси также представлены комплексом видов, в котором наиболее часто отмечается золотарник канадский. Однако, по мнению некоторых исследователей, активно занимающихся установлением видовой принадлежности золотарников, произрастающих в Беларуси, в настоящее время на территории нашей страны в чистом виде золотарники канадский и гигантский не встречаются. Этот комплекс, вероятно, в настоящее время представляют сложные межвидовые гибриды, возникшие естественным путем в результате спонтанных мутаций либо в результате селекционного отбора [9].

Всего на территории Беларуси зарегистрировано 1803 популяции данного комплекса видов на площади 474,7 га (юго-западные районы Брестской области нуждаются в дополнительных исследованиях). Наиболее широко распространены инвазивные золотарники в центральном регионе (рис. 3), где их основной центр расселения приходится на Минскую возвышенность. Площади отдельных популяций этих растений на данной территории достигают 15–20 га. При этом более 200 га территории г. Минска занято золотарником.

В этом регионе в местах массового произрастания данных видов меняется характер структуры популяций: вокруг одиночных небольших малосвязанных локусов с высокой плотностью за счет повышенной семенной продуктивности начинает формироваться радиальная «мозаика» из отдельных особей по всему экотопу, а затем, благодаря действию аллелопатических веществ, наблюдается изменение параметров среды и значительное угнетение других видов растений. Таким образом, образуется сплошной покров золотарника по всему экотопу с высокой плотностью.

В прочих регионах страны инвазивные золотарники в настоящее время не образуют значительных площадей. Относительно крупные попу-

ляции сосредоточены, главным образом, на пустошных землях вблизи кладбищ, где эти виды уже длительное время используются при благоустройстве территории.

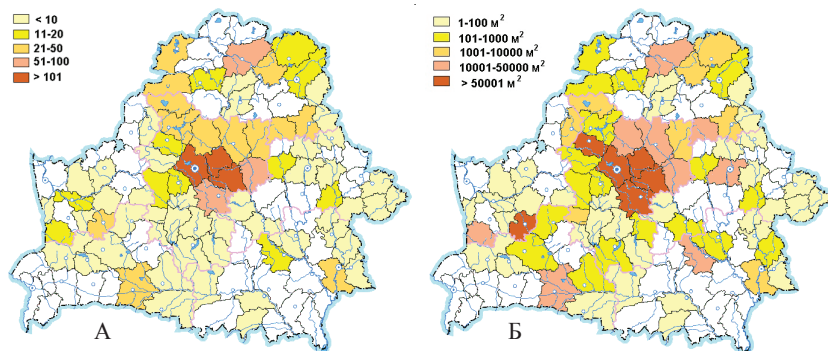


Рис. 3. Распространение инвазивных золотарников по административным районам Беларуси: А – количество популяций; Б – площади произрастания.

Мониторинговые исследования показывают, что скорость расселения инвазивных золотарников на территории Беларуси остается достаточно высокой (табл. 2). Эти виды расширяют свои площади в центрах их распространения и увеличивают количество небольших локальных популяций в тех регионах, где распространение этих видов пока относительно невелико.

Таблица 2. Динамика распространения инвазивных золотарников по областям Беларуси

| Область | Количество местонахождений, шт. | | | Площадь, га | | |
|-------------|---------------------------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. |
| Брестская | 60 | 60 | 60 | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| Витебская | 228 | 228 | 235 | 5,6 | 5,6 | 5,6 |
| Гомельская | 14 | 23 | 56 | 2,0 | 2,0 | 2,3 |
| Гродненская | 61 | 61 | 61 | 7,7 | 7,7 | 7,7 |
| Минская | 1243 | 1252 | 1331 | 434,8 | 434,9 | 455,0 |
| Могилевская | 7 | 7 | 60 | 0,05 | 0,05 | 2,7 |
| Итого: | 1613 | 1631 | 1803 | 451,6 | 451,7 | 474,7 |

Анализ распределения 1799 популяций инвазивных золотарников по ландшафтам показал их ярко выраженное доминирование (553 популяции) для вторичных водно-ледниковых ландшафтов умеренно-дренированных,

с сосновыми, вторичными мелколиственными лесами на дерново-подзолистых почвах. Достаточно высокое представительство золотарника выявлено для холмисто-моренно-эрозионных дренированных, с широколиственно-еловыми лесами на дерново-подзолистых, реже дерново-палево-подзолистых почвах (293) и камово-моренно-эрозионных дренированных, с сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах (194).

В полесских и низинных ландшафтах распространение золотарника пока минимально.

В целом распределение ландшафтов по степени уязвимости на основании общего количества выявленных популяций инвазивных золотарников представлено на рисунке 4. Первоочередная экспансия этих видов будет происходить в центральной и западной частях республики путем формирования сплошного покрова в подходящих экотопах с активным проникновением под полог леса. В крайних северных и южных регионах прогнозируется постепенное увеличение количества небольших локальных популяций.

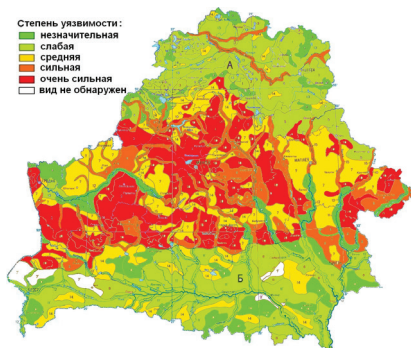


Рис. 4. Распределение ландшафтов по степени уязвимости на основании общего количества выявленных популяций инвазивных золотарников.

Эхиноцистис лопастной. Всего на территории Беларуси этот инвазивный вид насчитывает 1230 популяций на площади 130 га. Его распространение по административным районам Беларуси представлено на рисунке 5.

Эхиноцистис лопастной в силу экологических и биологических особенностей наиболее широкое распространение получил вблизи водотоков восточного региона страны. В настоящее время довольно часто встречается по пойменным землям бассейнов Березины, Днепра и Припяти. Только на территории Гомельской области этим растением занято порядка 50 га. Наиболее крупная популяция, достигающая площади 17 га, отмечена на пойменных землях реки Припять в Петриковском районе около аг. Лясковичи. В последние годы отмечается активное продвижение этого вида в пойме реки Неман.

Распространение семян эхиноцистиса лопастного в поймах рек формирует первичные популяции, которые по мере расширения площади начинают радиальную экспансию на плакорные участки. Также заметную роль в распространении этого вида играют дачные и приусадебные участки, на которых эхиноцистис часто культивируется.

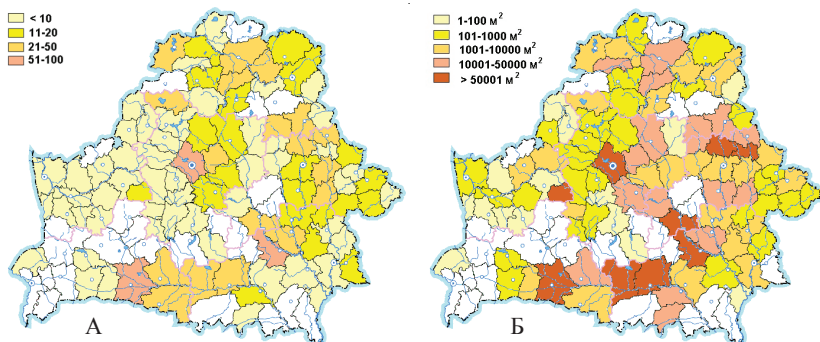


Рис. 5. Распространение эхиноцистиса лопастного по административным районам Беларуси: А – количество популяций; Б – площади произрастания.

Проведенные исследования показали, что суммарные площади этого вида в республике пока невелики, но в настоящее время скорость расселения эхиноцистиса лопастного (особенно в поймах рек) максимальна среди инвазивных видов Беларуси (табл. 3).

Таблица 3. Динамика распространения эхиноцистиса лопастного по областям Беларуси

| Область | Количество местонахождений, шт. | | | Площадь, га | | |
|-------------|---------------------------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. |
| Брестская | 135 | 135 | 135 | 13,3 | 13,3 | 13,3 |
| Витебская | 273 | 273 | 298 | 8,8 | 8,8 | 8,9 |
| Гомельская | 152 | 183 | 241 | 43,7 | 48,9 | 49,7 |
| Гродненская | 58 | 58 | 58 | 8,2 | 8,2 | 8,2 |
| Минская | 210 | 219 | 254 | 13,7 | 14,2 | 14,3 |
| Могилевская | 117 | 117 | 244 | 33,6 | 33,6 | 35,6 |
| Итого: | 945 | 1040 | 1230 | 121,3 | 127,0 | 130,0 |

Проанализировано распространение 1120 популяций эхиноцистиса лопастного в разных ландшафтах Беларуси.

Максимальным количеством популяций (144) этого вида характеризуются речные долины разной степени дренированности, с сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах, лугами на дерновых заболоченных почвах, болотами. Заметное представительство этого вида наблюдается на полесских аллювиальных террасированных слабодренированных ландшафтах, с сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах, широколиственно-сосновыми, дубовыми, вторичными мелколиственными лесами на дерново-подзолистых заболоченных почвах и коренными мелколиственными лесами на низинных болотах (137), а также на вторичных водно-ледниковых умеренно-дренированных, с сосновыми, вторичными мелколиственными лесами на дерново-подзолистых почвах (127).

В целом распределение ландшафтов по степени уязвимости на основании общего количества выявленных популяций эхиноцистиса лопастного представлено на рисунке 6. Оно отражает современное распространение этого вида в республике и выявляет первоочередные потенциальные направления его экспансии. Анализ показывает, что развитие экспансии эхиноцистиса будет идти относительно равномерно по всей территории Беларуси.

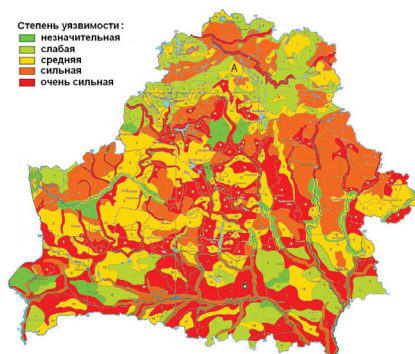


Рис. 6. Распределение ландшафтов по степени уязвимости на основании общего количества выявленных популяций эхиноцистиса лопастного.

Клен ясенелистный. Данный вид широко распространен по территории Беларуси (4039 популяций), в прежние годы он использовался в качестве растения для озеленения при благоустройстве населенных пунктов и крупных городов. В настоящее время в стране он представлен небольшими популяциями вдоль автомобильных и железных дорог, а также на территории населенных пунктов. В целом данным видом занято свыше 300 га (рис. 7, табл. 4), из которых треть приходится на центральную Беларусь, а 22% на юго-восточный регион. В западной Беларуси этот вид представлен несколько менее обильно. На территории Гродненской области этим растением в местах естественного произрастания в настоящее

время занято около 36 га, а в Брестской – порядка 27 га. Однако, в связи с широким использованием клена ясенелистного для озеленения отдельных городов этого региона, в дальнейшем, вероятно, возможно ожидать более широкого распространения этого вида.

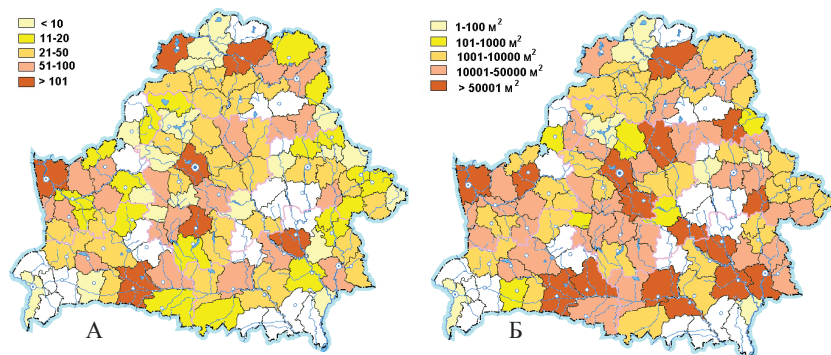


Рис. 7. Распространение клена ясенелистного по административным районам Беларуси: А – количество популяций; Б – площади произрастания.

Таблица 4. Динамика распространения клена ясенелистного по областям Беларуси

| Область | Количество местонахождений, шт. | | | Площадь, га | | |
|-------------|---------------------------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. |
| Брестская | 391 | 391 | 391 | 27,3 | 27,3 | 27,3 |
| Витебская | 823 | 823 | 907 | 34,3 | 34,3 | 38,3 |
| Гомельская | 128 | 309 | 510 | 14,8 | 18,9 | 70,6 |
| Гродненская | 671 | 671 | 671 | 35,6 | 35,6 | 35,6 |
| Минская | 1188 | 1194 | 1229 | 103,8 | 105,6 | 106,7 |
| Могилевская | 12 | 12 | 331 | 0,1 | 0,1 | 44,4 |
| Итого: | 3213 | 3400 | 4039 | 215,9 | 221,8 | 322,9 |

Робиния лжеакация. В Беларуси известна с конца XVIII в. [10]. В начале XX в. робиния выращивалась преимущественно на юге страны. Отдельные экземпляры произрастали севернее. Наиболее широко культивировалась в XX в. в насаждениях на территориях населенных пунктов Брестской области и вдоль дорог в Гомельской области. Выйдя за пределы этих территорий, натурализовалась на пустырях, по берегам рек, на сельских кладбищах и в других местах. Хорошо и быстро растет на песках, супесях и легких суглинках. На таких почвах в Полесье широко-

ко внедрилась в сосновые и смешанные леса, образуя густой подлесок и даже чистые насаждения [11].

К настоящему времени в естественных условиях произрастания уже зарегистрировано более 770 популяций этого вида, занимающих в целом свыше 150 га (рис. 8 и табл. 5).

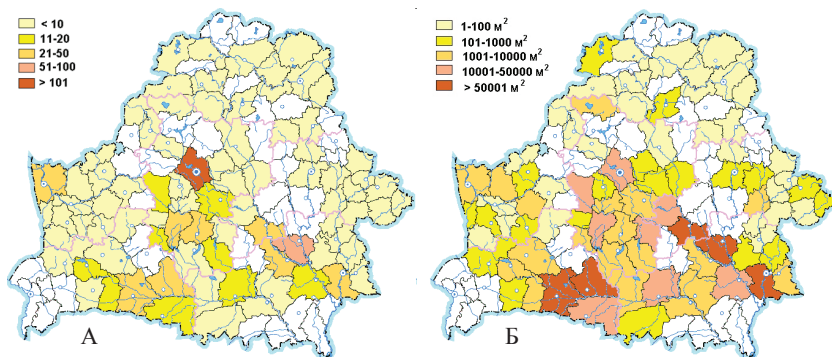


Рис. 8. Распространение робинии лжеакации по административным районам Беларуси: А – количество популяций; Б – площади произрастания.

Наиболее часто встречается робиния в Минской области, где уже выявлено свыше 260 мест ее произрастания. Широко распространен этот вид деревьев и на юге страны, что, как сказано выше, обусловлено, прежде всего, ее посадками вдоль шоссейных и железных дорог. В Брестской области зарегистрировано 148 мест произрастания, в Гомельской – около 200.

Таблица 5. Динамика распространения робинии лжеакации по областям Беларуси

| Область | Количество местонахождений, шт. | | | Площадь, га | | |
|-------------|---------------------------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. |
| Брестская | 146 | 146 | 148 | 25,7 | 25,7 | 25,7 |
| Витебская | 24 | 24 | 30 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Гомельская | 33 | 122 | 188 | 3,7 | 16,7 | 86,6 |
| Гродненская | 73 | 73 | 75 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| Минская | 259 | 260 | 268 | 12,6 | 12,6 | 12,7 |
| Могилевская | 1 | 1 | 63 | 0,01 | 0,01 | 27,9 |
| Итого: | 536 | 626 | 772 | 43,3 | 56,3 | 154,2 |

Наиболее широко распространена робиния на территории Гомельской области, где на этот вид приходится 56,2% от ее общей площади в стране. Благодаря широкому использованию робинии в парках в период XIX–начало XX вв., в юго-западном регионе страны этим видом занято порядка 26 га. Однако севернее на территории Гродненской области робиния представлена незначительным числом популяций и в целом распространена здесь на площади менее 2 га.

Недотрога железистая, широко используемая в качестве растения для озеленения на приусадебных участках, в последние 2–3 года начала очень активно внедряться в естественные сообщества. Она предпочитает условия прибрежных территорий, широко распространяется вдоль ручьев по окраинам черноольшаников, а также на пустошных землях вблизи населенных пунктов. Недотрога железистая уже зарегистрирована более чем в 70 местах естественного произрастания (табл. 6). Однако площадь распространения этого вида в целом незначительна.

Таблица 6. Динамика распространения недотроги железистой по областям Беларуси

| Область | Количество местонахождений, шт. | | | Площадь, га | | |
|-------------|---------------------------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. |
| Брестская | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Витебская | 14 | 15 | 28 | 0,05 | 0,05 | 0,6 |
| Гомельская | 5 | 5 | 10 | 0,1 | 0,1 | 1,1 |
| Гродненская | 1 | 1 | 1 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Минская | 14 | 16 | 23 | 1,2 | 1,3 | 1,3 |
| Могилевская | – | – | 7 | – | – | 0,04 |
| Итого: | 36 | 39 | 71 | 2,39 | 2,49 | 4,08 |

Крупные популяции этого вида достигают 500–2000 м². Наиболее крупная, обнаруженная в настоящее время в окрестностях г. Смолевичи в прибрежной полосе озера, занимает в целом площадь около 1 га.

Анализ географического распределения рассматриваемого комплекса инвазивных растений свидетельствует, что наиболее богато он представлен в северном и центральном регионах страны. Эта территория и представляет в настоящее время основной резерват данных растений. При этом только в центральной части Беларуси к настоящему времени отмечено более 4,15 тыс. отдельных популяций, распространенных в целом на площади около 920 га. На севере Беларуси количество выявленных популяций данных растений не превышает 3,1 тыс. Однако здесь этими растениями занято порядка 1,5 тыс. га. В Белорусском Полесье, где в настоящее время широкое распространение получили и некоторые другие инвазивные виды, растения рассматриваемой группы представлены значительно менее обильно. На долю этих растений на юго-востоке Полес-

ского региона приходится немногим более 7% общей площади их произрастания в Беларуси. Незначительную площадь занимает комплекс этих видов и в западных регионах. На территории Брестской области, где несколько шире распространены клен ясенелистный (391 популяция, 27,3 га) и робиния лжеакация (148 популяций, 25,7 га), общая площадь, занимаемая растениями из рассматриваемого комплекса, к концу 2016 года не превышала 69,5 га. В 2 раза больше она была в Гродненской области.

Анализ совокупного ландшафтного распределения 5743 популяций таких наиболее опасных инвазивных видов растений, как борщевик Сосновского, золотарники канадский и гигантский, а также эхиноцистис лопастной по территории Беларуси (рис. 9) показал, что наиболее предпочтительными для этого комплекса растений являются территории, занимаемые вторичными водно-ледниковыми умеренно-дренированными, с сосновыми и вторичными мелколиственными лесами на дерново-подзолистых почвах ландшафтами. На этих территориях зарегистрировано порядка 1 тыс. популяций рассматриваемых растений.

Незначительно уступают им бореальные подтаежные возвышенные холмисто-моренно-эрозионные дренированные, с широколиственно-еловыми лесами на дерново-подзолистых, реже дерново-палево-подзолистых почвах.

Довольно хорошо осваивают эти растения и речные долины разной степени дренированности, с сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах, лугами на дерновых заболоченных почвах и болотами.

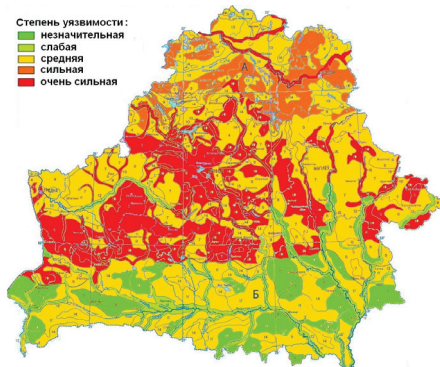


Рис. 9. Распределение ландшафтов по степени суммарной уязвимости на основании общего количества выявленных популяций борщевика Сосновского, инвазивных золотарников и эхиноцистиса лопастного.

В противоположность этому суббореальные полесские ландшафты менее предпочтительны для данного комплекса растений. Отчасти это может быть обусловлено недавним по времени внедрением растений данного комплекса в Полесский регион, вследствие чего они пока не

получили здесь широкого распространения. Однако следует учитывать и специфику почвенно-климатических условий этой территории. Вероятно, в дальнейшем здесь возможно ожидать более широкого распространения, прежде всего, эхиноцистиса лопастного, предпочитающего пойменные земли. В западных районах Полесья вполне возможно более широкое распространение и золотарника, основными территориями произрастания которого в настоящее время являются пустошные земли вблизи крупных населенных пунктов.

Распределение основных мест концентрации рассматриваемых видов растений по территории страны в целом позволяет судить о том, что основную угрозу территории Беларуси в северном и центральном регионах в ближайшем будущем могут представлять, прежде всего, гигантские борщевики. Экспансию эхиноцистиса лопастного и робинии лжеакация следует ожидать из региона Припятского Полесья, а также отдельных восточных районов страны. Основную угрозу распространения золотарника представляют территории центральной части Беларуси.

Заключение. Таким образом, исследования, направленные на оценку распространения наиболее опасных инвазивных видов растений по территории страны позволили выявить свыше 11 тыс. их популяций, занимающих в настоящее время более 3 тыс. га. Среди изучаемых видов растений наиболее широко представлены клен ясенелистный и гигантские борщевики. Клен, широко представленный в естественных местах произрастания, занимает в настоящее время лишь порядка 300 га. В противоположность этому существенную угрозу представляют борщевики, которыми занято около 2 тыс. га сельскохозяйственных и пустошных земель, придорожных полос и лесных угодий. Основными центрами распространения борщевика вследствие его дальнейшей экспансии в стране следует считать отдельные регионы Поозерья и Минской возвышенности. Золотарник в настоящее время наиболее широко распространен и обилен в центральных и западных районах страны, где произрастает преимущественно на пустошных землях, постепенно внедряясь под лесной полог. Его дальнейшее распространение возможно в направлении Поозерья и Полесья. При этом регион Поозерья более подвержен скорейшему расселению данного вида, поскольку здесь уже в настоящее время зарегистрировано свыше 230 популяций, занимающих в общей сложности порядка 6 га. В южных регионах количество выявленных популяций в 2 раза меньше.

Восточный и юго-восточный регионы Беларуси в настоящее время активно осваиваются эхиноцистисом лопастным, дальнейшая экспансия которого, вероятно, прежде всего, будет происходить по пойменным землям реки Днепр и ее притоков.

Робиния лжеакация, широко представленная на юге Беларуси, в настоящее время в целом не представляет значительной угрозы биоразнообразию растительного мира. Однако ее значительные по площади популяции на территории отдельных административных районов страны в дальнейшем могут иметь определенное значение для народнохозяйственной деятельности.

Литература

1. Pyšek P., Richardson D. M., Rejmánek M., Webster G., Williamson M., Kirschner J. // *Taxon*. 2004. Vol. 53. P. 131–143.
2. Решение VI/23 6-й Конференции Сторон КБР, 7–19 апреля 2002 г. в Гааге, Нидерланды. *Decision VI/23*, 2002.
3. Негробов С. О., Филоненко Ю. Я. Экологический словарь. Липецк: Липец. эколого-гуманитар. ун-т, 2001. 125 с.
4. Панов В. Е. Биологическое загрязнение как глобальная экологическая проблема: международное законодательство и сотрудничество [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.zin.ru/projects/invasions/rus/rtable_1.htm. Дата доступа: 15.07.2007.
5. Парфенов В. И. // Мониторинг и оценка состояния растительного мира: материалы Междунар. науч. конф. (Минск, 22–26 сентября 2008 г.). Минск, 2008. С. 82–83.
6. Масловский О. М., Романенко Я. А., Чумаков Л. С., Сысой И. П., Шевкунова А. В. // Современное состояние, тенденции развития, рациональное использование и сохранение биологического разнообразия растительного мира: материалы Междунар. науч. конф. (Минск-Нарочь, 23–26 сентября 2014 г.). Минск, 2014. С. 100–102.
7. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2011 / под общ. ред. С. И. Кузьмина, И. В. Комоско. Минск: «Бел НИЦ «Экология», 2012. С. 201–205.
8. Ландшафтная карта Белорусской ССР. М.: ГУГК, 1984.
9. Поликсенова В. Д., Джус М. А., Храмов А. К., Сауткина Т. А., Тихомирков В. Н., Черник В. В., Карпук В. В., Лемеза Н. А., Сидорова С. Г., Федорович М. Н., Стадниченко М. А., Савицкая К. Л. // *Вестник БГУ. Сер. 2*. 2016. № 3. С. 60–67.
10. Федарук А. Т. // *Весті АН БССР. Сер. біял. навук*. 1984. № 3. С. 3–6.
11. Агрессивные чужеродные виды диких животных и дикорастущих растений на территории Республики Беларусь. Минск, 2008. 40 с.

О. М. МАСЛОВСКИЙ, Л. С. ЧУМАКОВ, Ю. С. ПОДРЕЗ, И. П. СЫСОЙ,
А. В. ЛЕВКОВИЧ, Р. В. ШИМАНОВИЧ
**ЭКСПАНСИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАИБОЛЕЕ ОПАСНЫХ ВИДОВ ИНВАЗИВНЫХ
РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Резюме

Проведена оценка распространения наиболее опасных инвазивных видов растений (*Heracleum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*, *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *Acer negundo*, *Echinocystis lobata*, *Robinia pseudoacacia*, *Impatiens glandulifera*) по территории Республики Беларусь. Для каждого вида определена площадь, встречаемость и степень угрозы. Разработаны рекомендации по предотвращению их распространения. Выявлено свыше 11 тыс. их популяций, занимающих в настоящее время более 3 тыс. га. Анализ географического распределения изучаемых видов показал, что основным резерватом данных растений в насто-

ящее время являются северный и центральный регионы страны. Среди этих видов в естественных местах произрастания наиболее широко представлены *Acer negundo* и комплекс видов *Heracleum sosnowskyi* и *H. mantegazzianum*.

Также оценено распределение 5743 популяций 4 инвазивных видов растений (*Heracleum sosnowskyi*, *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *Echinocystis lobata*) по ландшафтам Беларуси. Выявлено, что наиболее предпочтительным ландшафтом для них является вторичный водно-ледниковый умеренно-дренированный, с сосновыми и вторичными мелколиственными лесами на дерново-подзолистых почвах. На таких территориях зарегистрировано порядка 1 тыс. популяций данных видов.

O. M. MASLOVSKY, L. S. CHUMAKOV, Y. S. PODREZ, I. P. SYSOI,
A. V. LEVKOVICH, R. V. SHIMANOVICH
**THE EXPANSION AND PECULIARITIES OF SPATIAL DISTRIBUTION
OF THE MOST DANGEROUS SPECIES OF INVASIVE PLANTS
ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

Summary

The estimation of distribution of the most dangerous invasive plant species (*Heracleum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*, *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *Acer negundo*, *Echinocystis lobata*, *Robinia pseudoacacia*, *Impatiens glandulifera*) on the territory of the Republic of Belarus was made. The area, occurrence and extent of threat were defined for every species. The recommendations on prevention of their distribution were developed. It was revealed more than 11 thousand their populations, which occupy now more than 3 thousand ha. The analyze of the geographical distribution of the studied species showed, that the main refuge of these plants now is north and central regions of the country. Among these species *Acer negundo* and the complex of species *Heracleum sosnowskyi* and *H. mantegazzianum* are the most widely distributed in the natural places of growth.

The distribution of 5743 populations of 4 invasive plant species (*Heracleum sosnowskyi*, *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *Echinocystis lobata*) among landscapes of Belarus also was estimated. It was revealed that the most preferable landscape is the secondary water-glacier temperate-drained, with pine and secondary small-leaved forests on sod-podzol soils. It was registered about 1 thousand populations of these species on such territories.

Поступила в редакцию 28.11.2016 г.

И. П. СЫСОЙ
**ОЦЕНКА МАССЫ СЫРЬЯ ДИКORAСТУЩИХ
ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПО НЕКОТОРЫМ
БИОМЕТРИЧЕСКИМ И ПРОДУКЦИОННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

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

Введение. Дикорастущие лекарственные растения являются источником ценного сырья, используемого в разных отраслях промышленности. Данные виды растений очень широко распространены на территории Республики Беларусь и произрастают в различных растительных сообществах: в лесах, на лугах, на болотах, в зарослях кустарников, в поймах рек, а также в разнообразных синантропных местообитаниях [1, 2]. Изучение их ресурсов будет способствовать развитию мероприятий по устойчивому использованию растительного сырья. С этой целью нами была определена продуктивность некоторых видов дикорастущих лекарственных растений, установлена зависимость массы сырья от некоторых биометрических и продукционных показателей, построены регрессионные модели этой зависимости, использование которых позволит более оперативно и эффективно рассчитать запасы растительных ресурсов.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования явились ценопопуляции девяти видов дикорастущих лекарственных растений: *Achillea millefolium* L.—Тысячелистника обыкновенного, *Acorus calamus* L.—Аира обыкновенного, *Bistorta major* S.F. Gray—Змеевика большого, *Comarum palustre* L.—Сабельника болотного, *Ledum palustre* L.—Багульника болотного, *Menyanthes trifoliata* L.—Вахты трехлистной, *Potentilla erecta* (L.) Raeusch.—Лапчатки прямостоячей, *Vaccinium myrtillus* L.—Черники обыкновенной и *V. vitis-idaea* L.—Брусники. При выборе учитывалась специфика каждого объекта (характер пространственного распределения, приуроченность к растительным сообществам, экология, биология, жизненные стратегии, интенсивность хозяйственного использования и т. д.).

Изучение данных видов проводили на территории Белорусско-Валдайской провинции (БВП) на протяжении 2005–2015 гг. Данный регион имеет геоморфологические, ландшафтные, климатические, гидрологические, почвенные и геоботанические особенности, определяющие флористический состав, специфический характер распределения видов растений и отличается значительной интенсивностью заготовок и закупок лекарственного сырья.

Поиск местонахождений ценопопуляций осуществляли с помощью картографических, лесотаксационных материалов и непосредственно на местности маршрутно-рекогносцировочным методом.

Исследования проводили на временных и постоянных пробных площадях, на которых размещали учетные площадки от 0,25 до 1 м².

Постоянные пробные площади маркировали с помощью колышков и деревьев, строго привязывали на местности с зарисовкой схем их расположения. Местоположение пробных площадей картировали с помощью GPS-навигатора.

На исследуемой территории проводили описания растительных сообществ, при этом определяли необходимые параметры для оценки состояния особей и ценопопуляций изучаемых видов. Оценка состояния особей проводилась по высоте и годичному приросту побегов. Измерения данных показателей проводили у 10–30 особей на каждой учетной площадке. Для оценки состояния ценопопуляций использовали такие показатели, как проективное покрытие вида в сообществе и продуктивность. Проективное покрытие видов определяли глазомерно или с помощью сеточки Раменского.

Площадь заросли определяли путем приравнивания ее очертаний к определенной геометрической фигуре, параметры которой измеряли рулеткой или шагами. Если заросль соответствовала выделу на плане лесонасаждений или землеустроительных планах, то площадь ее устанавливали по указанным материалам [3, 4].

Эколого-фитоценотический анализ изученных видов позволил выявить растительные сообщества, в которых целесообразно проводить сбор лекарственного сырья. В перспективных растительных сообществах проведена оценка их продуктивности.

Биологическую продуктивность определяли методом учетных площадок в конкретных зарослях [3, 4]. Это метод наиболее точен, поскольку не производятся дополнительные пересчеты, снижающие точность исследования. Число заложённых учетных площадок соответствовало нужной точности результатов оценки сырья – 10–15% [3, 5]. Вычисляли продуктивность вида как среднюю арифметическую массы лекарственного сырья на единицу площади с учетом ошибки средней арифметической ($M \pm m$) [3].

Растительное сырье исследуемых видов собирали и сушили в соответствии с требованиями инструкций по сбору и сушке сырья [6]. Образцы взвешивали на весах ВЛТК-500 и RV-3102.

Полученные результаты статистически обработаны в соответствии с общепринятыми методами при помощи пакетов программ *Statistica* и *MS Excel*. Выявлена зависимость массы сырья от проективного покрытия, количества, высоты и годичного прироста побегов исследуемых видов. Построены регрессионные модели этих зависимостей. Осуществлена верификация полученных уравнений, с учетом того, что определение сырьевой фитомассы должно осуществляться с точностью $\pm 10\text{--}15\%$ [3, 4, 5].

Названия видов приведены согласно определителю высших растений Беларуси [7].

Результаты и их обсуждение. Для всех изученных видов определено проективное покрытие, количество, высота и годичный прирост побегов, оценена сырьевая фитомасса, рассчитана продуктивность на территории БВП. Определены средние значения исследуемых показателей.

В результате оценки ресурсов лекарственного сырья *Achillea millefolium* («трава» – *Millefolii herba* [8]) в исследуемых растительных сообществах на территории БВП определены средние значения измеряемых показателей. Среднее проективное покрытие данного вида в исследуемом регионе составило $15,70 \pm 1,90\%$ (определенные значения варьировали от 0 до 70%); средняя высота побегов – $49,81 \pm 1,75$ см (от 0 до 98 см); среднее количество побегов – $45,89 \pm 5,81$ (от 0 до 236); продуктивность: средняя величина продукции сырого сырья – $42,24 \pm 4,10$ г/м² (от 0 до $159,14$ г/м²) и средняя величина продукции воздушно-сухого сырья – $12,74 \pm 1,36$ г/м² (от 0 до $51,66$ г/м²); масса 1 облиственного побега в сыром состоянии – $1,23 \pm 0,09$ г (от 0 до $4,89$ г); масса 1 облиственного побега в воздушно-сухом состоянии – $0,34 \pm 0,02$ г (от 0 до $1,11$ г). Выход воздушно-сухого сырья составил $29,35 \pm 0,62\%$ от свежесобранного.

Корреляционный анализ результатов исследования выявил наличие очень высокой связи между массой сырого и воздушно-сухого лекарственного сырья *A. millefolium* и проективным покрытием ($r=0,93$ и $r=0,95$ соответственно), а также количеством побегов ($r=0,92$ и $r=0,95$ соответственно). Установлена очень слабая корреляция между массой лекарственного сырья данного вида и высотой побегов.

По материалам регрессионного анализа построены модели зависимости массы лекарственного сырья *A. millefolium* от проективного покрытия вида и количества побегов ($P < 0,05$):

– $MCC_{тыс} = 1,9906 ПП + 10,9781$ и $MBCC_{тыс} = 0,6750 ПП + 2,1435$ (рис. 1А);

– $MCC_{тыс} = 0,6494 КП + 12,4376$ и $MBCC_{тыс} = 0,2224 КП + 2,5385$ (рис. 1Б);

– $MCC_{тыс} = 1,0962 ПП + 0,3158 КП + 10,5340$;

– $MBCC_{тыс} = 0,3270 ПП + 0,1228 КП + 1,9707$;

где $MCC_{тыс}$ – масса сырого сырья тысячелистника обыкновенного, $MBCC_{тыс}$ – масса воздушно-сухого сырья тысячелистника обыкновенного, $ПП$ – проективное покрытие; $КП$ – количество побегов.

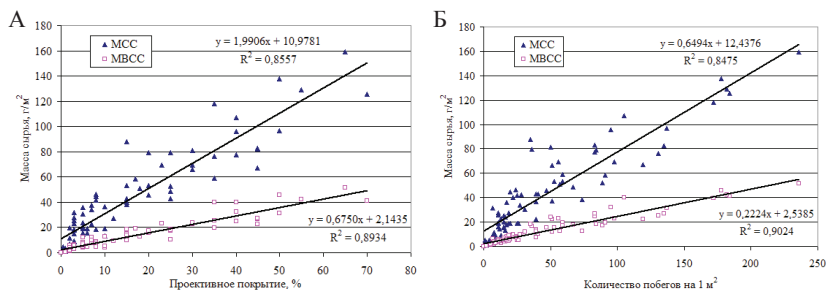


Рис. 1. Зависимость массы сырого (МСС) и воздушно-сухого (МВСС) сырья *Achillea millefolium* от проективного покрытия (А) и количества побегов (Б).

В результате обработки данных по продуктивности тысячелистника обыкновенного, полученных в полевых условиях и по уравнениям регрессии, осуществлена проверка построенных моделей. Анализ материалов показал, что расчетные значения массы воздушно-сухого сырья *A. millefolium* по проективному покрытию с использованием уравнения $MBCS_{\text{тыс}} = 0,6750 \text{ ПП} + 2,1435$ на 1% отличались от значений, определенных в поле. Используя множественную регрессионную модель зависимости массы воздушно-сухого сырья тысячелистника обыкновенного от проективного покрытия и количества побегов ($MBCS_{\text{тыс}} = 0,3270 \text{ ПП} + 0,1228 \text{ КП} + 1,9707$), была рассчитана продуктивность данного вида, значения которой на 13% отличались от реальных определенных значений. В связи с этим полученные уравнения регрессии можно использовать для определения продуктивности *A. millefolium* без срезания лекарственного сырья, а лишь определив проективное покрытие вида и (или) количество побегов.

На основании результатов исследования ресурсных характеристик *Acorus calamus* определены средние значения измеряемых показателей. Среднее проективное покрытие данного вида составило $29,15 \pm 5,12\%$ (определенные значения варьировали от 0,5 до 90%); среднее количество побегов – $98,13 \pm 7,10$ (от 59 до 148); продуктивность: средняя величина продукции сырого сырья (корневища – *Acori calami rhizomata* [8]) – $3534,88 \pm 241,51 \text{ г/м}^2$ (от 1754,98 до 5447,41 г/м^2) и средняя величина продукции воздушно-сухого сырья – $1242,03 \pm 83,33 \text{ г/м}^2$ (от 554,20 до 1707,66 г/м^2). Доля воздушно-сухого сырья от свежесобранного составила $35,26 \pm 0,94\%$.

По данным статистической обработки полученных материалов установлена заметная корреляция между массой сырого и воздушно-сухого лекарственного сырья *A. calamus* и проективным покрытием ($r=0,49$ и $r=0,59$ соответственно), а также количеством побегов ($r=0,62$ и $r=0,68$ соответственно).

При проведении оценки ресурсов сырья *Bistorta major* (корневища – *Bistortae rhizomata* [8]) определены средние значения исследуемых показателей в растительных сообществах на территории БВП. Так, среднее проективное покрытие вида составило $16,97 \pm 5,28\%$ (определенные значения варьировали от 0,5 до 80%); среднее количество побегов – $35,25 \pm 1,85$ (от 28 до 48); продуктивность: средняя величина продукции сырого сырья – $607,57 \pm 46,55 \text{ г/м}^2$ (от 366,62 до 911,68 г/м^2) и средняя величина продукции воздушно-сухого сырья – $287,24 \pm 22,58 \text{ г/м}^2$ (от 180,80 до 447,44 г/м^2); масса 1 корневища в сыром состоянии – $20,66 \pm 1,71 \text{ г}$ (от 6,02 до 74,44 г); масса 1 корневища в воздушно-сухом состоянии – $9,45 \pm 0,77 \text{ г}$ (от 1,20 до 35,10 г). Выход воздушно-сухого сырья составил $47,28 \pm 0,50\%$ от свежесобранного.

В результате обработки полученных данных установлена высокая зависимость между массой сырого и воздушно-сухого лекарственного сырья *B. major* и количеством побегов ($r=0,80$ и $r=0,81$ соответственно), которая описывается следующими уравнениями регрессии ($P < 0,05$):

– $MCC_{зм} = 20,1569 КП - 102,9578$ и $MBCC_{зм} = 9,8695 КП - 60,6633$, где $MCC_{зм}$ – масса сырого сырья змеевика большого, $MBCC_{зм}$ – масса воздушно-сухого сырья змеевика большого, $КП$ – количество побегов.

Сравнительный анализ результатов оценки продуктивности *B. major* в полевых условиях и по уравнениям регрессии показал, что расчетные значения массы сырого и воздушно-сухого сырья змеевика большого по количеству побегов с использованием построенных уравнений на 15% отличались от значений, определенных в поле. Значит, построенные регрессионные модели можно использовать для определения продуктивности *B. major* без срезания лекарственного сырья, а лишь определив количество побегов.

На основании полученных материалов по оценке ресурсов лекарственного сырья *Comarum palustre* (корневища с корнями и укоренившиеся стебли – *Comari palustris rhizomata cum radicibus* [8]) на территории исследуемого региона были определены средние значения измеряемых показателей в изучаемых растительных сообществах. Так, среднее проективное покрытие *C. palustre* составило $22,99 \pm 3,14\%$ (определенные значения варьировали от 0 до 95%); среднее количество побегов – $32,31 \pm 3,12$ (от 0 до 118); средний годичный прирост – $19,64 \pm 1,14$ см (от 0 до 39,44 см); продуктивность: средняя величина продукции сырого сырья – $83,80 \pm 15,10$ г/м² (от 0 до 599,64 г/м²) и средняя величина продукции воздушно-сухого сырья – $32,56 \pm 6,16$ г/м² (от 0 до 240,08 г/м²); масса 1 корневища в сыром состоянии – $2,84 \pm 0,48$ г (от 0 до 20,89 г); масса 1 корневища в воздушно-сухом состоянии – $1,12 \pm 0,12$ г (от 0 до 6,07 г). Доля воздушно-сухого сырья составила $38,16 \pm 0,63\%$ от свежеобранного.

В результате статистической обработки полученных данных установлена высокая корреляция между массой сырого и воздушно-сухого лекарственного сырья данного вида и проективным покрытием ($r=0,87$). Анализ зависимости массы сырого и воздушно-сухого сырья *C. palustre* от количества побегов показал, что имеется тесная связь ($r=0,79$ и $r=0,81$ соответственно). Выявлена заметная корреляция между массой сырого и воздушно-сухого сырья сабельника болотного и годичным приростом побегов ($r=0,63$ и $r=0,60$ соответственно).

Регрессионный анализ результатов исследования позволил построить модели, описывающие зависимость массы лекарственного сырья *C. palustre* от проективного покрытия вида, количества и годичного прироста побегов ($P < 0,05$):

– $MCC_{саб} = 26,8321 * EXP(0,0302 * ПП)$ и $MBCC_{саб} = 9,2411 * EXP(0,0320 * ПП)$ (рис. 2);

– $MCC_{саб} = 3,8444 КП - 40,4269$ и $MBCC_{саб} = 1,5905 КП - 18,8364$ (рис. 3А);

– $MCC_{саб} = 8,3126 ГП - 79,4847$ и $MBCC_{саб} = 3,2570 ГП - 31,4198$ (рис. 3Б);

– $MCC_{саб} = 2,1036 ПП + 1,9568 КП + 3,8279 ГП - 102,9756$;

– $MBCC_{саб} = 0,8248 ПП + 0,8574 КП + 1,4310 ГП - 42,2131$;

где MCC_{cab} – масса сырого сыря сабельника болотного, $MBCC_{cab}$ – масса воздушно-сухого сыря сабельника болотного, $ПП$ – проективное покрытие, $КП$ – количество побегов, $ГП$ – годичный прирост.

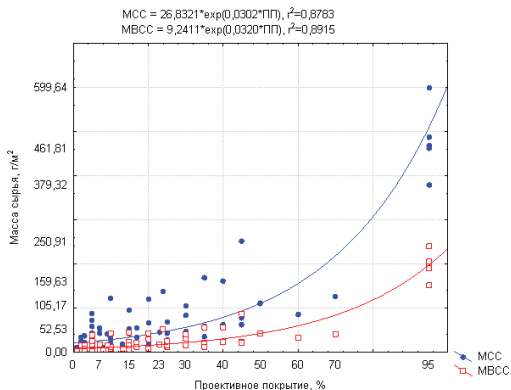


Рис. 2. Зависимость массы сырого (МСС) и воздушно-сухого (МВСС) сыря *Comarum palustre* от проективного покрытия.

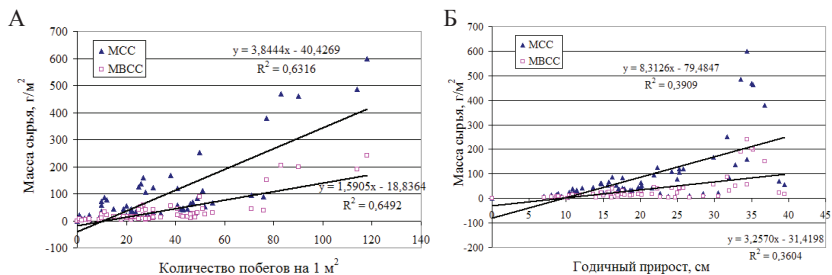


Рис. 3. Зависимость массы сырого (МСС) и воздушно-сухого (МВСС) сыря *Comarum palustre* от количества (А) и годичного прироста побегов (Б).

Анализ полученных данных показал, что расчетные значения массы сырого и воздушно-сухого сыря сабельника болотного по проективному покрытию, количеству и годичному приросту побегов с использованием уравнений множественной регрессии отличались на 12 и 0,03% соответственно от реальных определенных значений. Таким образом, построенные модели дают возможность предварительно оценить продуктивность *C. palustre* без срезания лекарственного сыря, измеряя необходимые показатели (проективное покрытие вида, количество и годичный прирост побегов).

В результате обработки данных по оценке ресурсов лекарственного сырья *Ledum palustre* (облиственные побеги текущего года – *Ledi palustris cortus* [8]) определены средние значения измеряемых показателей в исследуемых растительных сообществах на территории БВП. Среднее проективное покрытие багульника болотного в перспективных растительных сообществах составило $25,82 \pm 1,84\%$ (определенные значения варьировали от 0,1 до 60%); средняя высота побегов – $51,23 \pm 1,44$ см (от 22,42 до 83,20 см); годичный прирост побегов – $6,94 \pm 0,22$ см (от 2,90 до 13,24 см); продуктивность: средняя величина продукции сырого сырья – $89,21 \pm 7,80$ г/м² (от 0,66 до 224,20 г/м²) и средняя величина продукции воздушно-сухого сырья – $44,83 \pm 4,03$ г/м² (от 0,39 до 129,07 г/м²). Выход воздушно-сухого сырья от свежего сырья составил $49,99 \pm 0,67\%$.

Корреляционный анализ полученных материалов позволил установить высокую корреляцию между массой сырого и воздушно-сухого лекарственного сырья *L. palustre* и проективным покрытием ($r=0,74$). Выявлена слабая корреляция между массой сырого и воздушно-сухого сырья данного вида и высотой побегов ($r=0,29$). Анализ зависимости массы сырого и воздушно-сухого сырья багульника от годичного прироста побегов показал, что имеется заметная связь ($r=0,70$ и $r=0,66$ соответственно).

На основании результатов регрессионного анализа построены модели, описывающие установленную зависимость массы сырья *L. palustre* от проективного покрытия и годичного прироста побегов ($P < 0,05$):

– $MCC_{\text{баз}} = 3,1420 \text{ ПП} + 8,0943$ и $MBCC_{\text{баз}} = 1,6123 \text{ ПП} + 3,2014$ (рис. 4А);

– $MCC_{\text{баз}} = 25,2578 \text{ ГП} - 85,9931$ и $MBCC_{\text{баз}} = 12,2470 \text{ ГП} - 40,1272$ (рис. 4Б);

– $MCC_{\text{баз}} = 2,1322 \text{ ПП} + 14,5040 \text{ ГП} - 66,4464$;

– $MBCC_{\text{баз}} = 1,1707 \text{ ПП} + 6,3426 \text{ ГП} - 29,3950$;

где $MCC_{\text{баз}}$ – масса сырого сырья багульника, $MBCC_{\text{баз}}$ – масса воздушно-сухого сырья багульника, ПП – проективное покрытие, ГП – годичный прирост побегов.

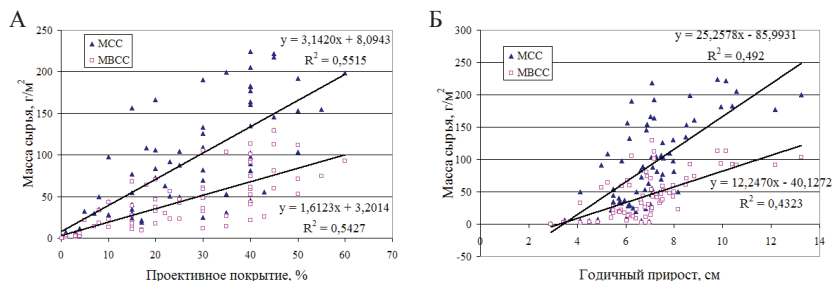


Рис. 4. Зависимость массы сырого (МСС) и воздушно-сухого (МВСС) сырья *Ledum palustre* от проективного покрытия (А) и годичного прироста побегов (Б).

В результате обработки данных по продуктивности багульника, полученных в полевых условиях и по уравнениям регрессии, осуществлена верификация построенных моделей. Анализ материалов показал, что расчетные значения массы воздушно-сухого сырья данного вида по проективному покрытию и годичному приросту побегов с использованием уравнений $MBCC_{\text{баз}} = 1,6123 \text{ ПП} + 3,2014$ и $MBCC_{\text{баз}} = 12,2470 \text{ ГП} - 40,1272$ на 11 и 12% соответственно отличались от значений, определенных в поле. В связи с этим полученные уравнения регрессии можно использовать для определения продуктивности *L. palustre* без срезания лекарственного сырья, а лишь определив проективное покрытие вида или годичный прирост побегов.

При проведении оценки ресурсов лекарственного сырья *Menyanthes trifoliata* (листья – *Menyanthidis trifoliatae folia* [8]) в исследуемых растительных сообществах на территории БВП определены средние значения измеряемых показателей. Среднее проективное покрытие данного вида составило $38,33 \pm 3,32\%$ (определенные значения варьировали от 4 до 95%); средняя высота побегов – $32,27 \pm 1,70$ см (от 14,90 до 61,00 см); среднее количество побегов – $139,36 \pm 9,75$ (от 6 до 369); продуктивность: средняя величина продукции сырого сырья – $210,28 \pm 24,76$ г/м² (от 6,90 до 787,53 г/м²) и средняя величина продукции воздушно-сухого сырья – $30,71 \pm 3,59$ г/м² (от 0,99 до 127,36 г/м²). Доля воздушно-сухого сырья составила $14,83 \pm 0,20\%$ от свежесобранного.

В результате статистической обработки полученных данных установлена высокая корреляция между массой сырого и воздушно-сухого лекарственного сырья *M. trifoliata* и проективным покрытием ($r=0,88$ и $r=0,87$ соответственно). Выявлена тесная корреляция между массой сырого и воздушно-сухого лекарственного сырья и количеством побегов ($r=0,72$ и $r=0,74$ соответственно), заметная связь между массой сырого и воздушно-сухого сырья данного вида и высотой побегов ($r=0,67$ и $r=0,64$ соответственно).

По материалам регрессионного анализа построены модели зависимости массы сырья *M. trifoliata* от проективного покрытия вида, количества и высоты побегов ($P < 0,05$):

– $MCC_{\text{сах}} = 6,5978 \text{ ПП} - 42,5974$ и $MBCC_{\text{сах}} = 0,9440 \text{ ПП} - 5,4687$ (рис. 5);
 – $MCC_{\text{сах}} = 1,8345 \text{ КП} - 45,3763$ и $MBCC_{\text{сах}} = 0,2709 \text{ КП} - 7,0397$ (рис. 6А);

– $MCC_{\text{сах}} = 9,7804 \text{ ВП} - 105,3101$ и $MBCC_{\text{сах}} = 1,3582 \text{ ВП} - 13,1114$ (рис. 6Б);

– $MCC_{\text{сах}} = 2,7833 \text{ ПП} + 0,9483 \text{ КП} + 5,0078 \text{ ВП} - 190,1471$;

– $MBCC_{\text{сах}} = 0,3727 \text{ ПП} + 0,1515 \text{ КП} + 0,6901 \text{ ВП} - 26,9572$;

где $MCC_{\text{сах}}$ – масса сырого сырья вахты, $MBCC_{\text{сах}}$ – масса воздушно-сухого сырья вахты, $ПП$ – проективное покрытие, $КП$ – количество побегов, $ВП$ – высота побегов.

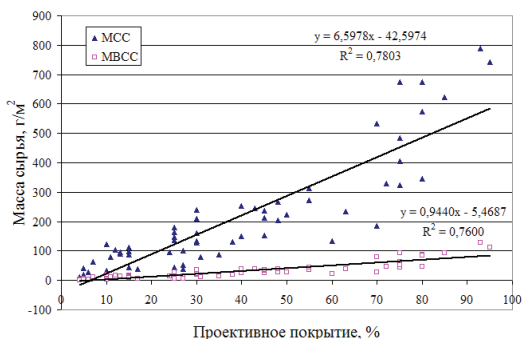


Рис. 5. Зависимость массы сырого (МСС) и воздушно-сухого (МВСС) сырья *Menyanthes trifoliata* от проективного покрытия.

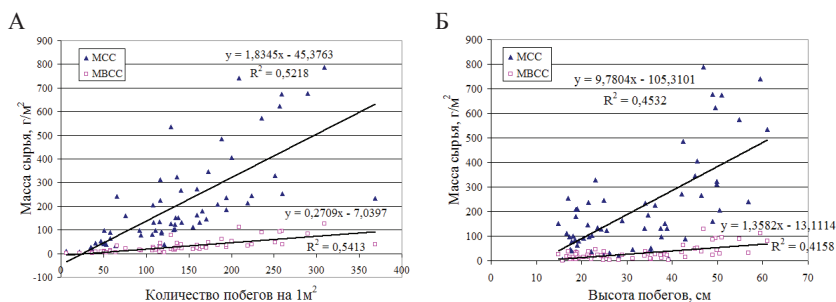


Рис. 6. Зависимость массы сырого (МСС) и воздушно-сухого (МВСС) сырья *Menyanthes trifoliata* от количества (А) и высоты побегов (Б).

Сравнительный анализ результатов оценки продуктивности вахты трехлистной в полевых условиях и по уравнениям регрессии показал, что расчетные значения массы воздушно-сухого сырья *M. trifoliata* по проективному покрытию с использованием уравнения $MBCC_{вах} = 0,9440 ПП - 5,4687$ на 14% отличались от значений, определенных в поле; по количеству побегов ($MBCC_{вах} = 0,2709 КП - 7,0397$) – на 6% и по высоте побегов ($MBCC_{вах} = 1,3582 ВП - 13,1114$) – на 5%. Используя множественную регрессионную модель зависимости массы воздушно-сухого сырья данного вида от проективного покрытия, количества и высоты побегов ($MBCC_{вах} = 0,3727 ПП + 0,1515 КП + 0,6901 ВП - 26,9572$), была рассчитана продуктивность данного вида, значения которой на 0,2% отличались от реальных определенных значений. Следовательно, полученные уравнения регрессии можно использовать для определения

продуктивности вахты трехлистной без срезания лекарственного сырья, а лишь определив проективное покрытие вида и (или) количество побегов, и (или) высоту побегов.

В результате оценки ресурсов лекарственного сырья *Potentilla erecta* (корневища – *Tormentillae rhisomata* [8]) были определены средние значения измеряемых показателей в растительных сообществах на территории исследуемого региона. Среднее проективное покрытие лапчатки прямостоячей составило $19,18 \pm 3,80\%$ (определенные значения варьировали от 5 до 45%); средняя численность побегов – $93,78 \pm 14,38$ (от 16 до 220); продуктивность: средняя величина продукции сырого сырья – $335,13 \pm 48,04$ г/м² (от 28,12 до 803,80 г/м²) и средняя величина продукции воздушно-сухого сырья – $145,64 \pm 20,03$ г/м² (от 10,04 до 329,76 г/м²); масса 1 корневища в сыром состоянии – $4,97 \pm 0,50$ г (от 0,77 до 17,37 г); масса 1 корневища в воздушно-сухом состоянии – $2,42 \pm 0,24$ г (от 0,47 до 9,69 г). Выход воздушно-сухого сырья *P. erecta* от свежесобранного составил $43,83 \pm 0,89\%$.

Корреляционный анализ полученных данных позволил установить слабую корреляцию между массой лекарственного сырья лапчатки прямостоячей и проективным покрытием, а также количеством побегов.

При обработке результатов ресурсной оценки сырья *Vaccinium myrtillus* (побеги и (или) листья) на территории БВП были определены средние значения исследуемых показателей. Так, среднее проективное покрытие данного вида составило $45,03 \pm 2,99\%$ (определенные значения варьировали от 0 до 80%); средняя высота побегов – $23,79 \pm 0,98$ см (от 0 до 38,20 см); продуктивность побегов: средняя величина продукции сырого сырья – $258,62 \pm 19,07$ г/м² (от 0 до 624,66 г/м²) и средняя величина продукции воздушно-сухого сырья – $128,25 \pm 9,14$ г/м² (от 0 до 299,61 г/м²); продуктивность листьев: средняя величина продукции воздушно-сухого сырья – $12,95 \pm 2,01$ г/м² (от 0 до 35,40 г/м²). Доля воздушно-сухого сырья черники обыкновенной составила $49,40 \pm 0,82\%$ от свежесобранного. Выявлено, что доля листьев в общей сырьевой фитомассе – $17,27 \pm 1,67\%$.

В результате статистической обработки полученных данных установлена высокая корреляция между массой сырого и воздушно-сухого лекарственного сырья *V. myrtillus* и проективным покрытием ($r=0,80$ и $r=0,81$ соответственно). Выявлена заметная связь между массой сырого и воздушно-сухого сырья черники и высотой побегов ($r=0,59$ и $r=0,54$ соответственно).

На основе регрессионного анализа были построены модели зависимости массы сырья *V. myrtillus* от проективного покрытия и высоты побегов ($P < 0,05$):

– $MCC_{\text{чер}} = 4,8596 \text{ ПП} + 42,3202$ и $MBCC_{\text{чер}} = 2,4673 \text{ ПП} + 17,1347$ (рис. 7);

– $MBCC'_{\text{чер}} = 0,2457 \text{ ПП} + 3,9802$;

– $MCC_{\text{чер}} = 4,0828 \text{ ПП} + 4,6057 \text{ ВП} - 33,6669$;

– $MBCC_{\text{чер}} = 2,1756 \text{ ПП} + 1,8154 \text{ ВП} - 12,9135$;

где $MCC_{\text{чер}}$ – масса сырого сырья черники обыкновенной (побеги), $MBCC_{\text{чер}}$ – масса воздушно-сухого сырья черники обыкновенной (побе-

ги), $MBCS'_{чер}$ – масса воздушно-сухого сырья черники обыкновенной (листья), $МBCS_{чер}$ – масса воздушно-сухого сырья черники обыкновенной (листья), $ПП$ – проективное покрытие, $ВП$ – высота побегов.

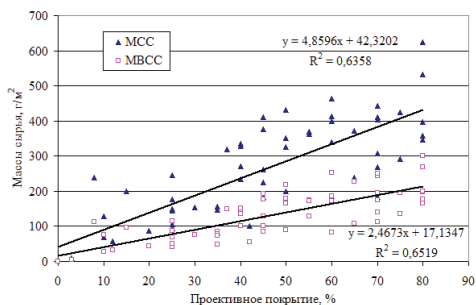


Рис. 7. Зависимость массы сырого (МСС) и воздушно-сухого (МВСС) сырья (побегов) *Vaccinium myrtillus* от проективного покрытия.

Анализ полученных данных показал, что расчетные значения массы воздушно-сухого сырья черники обыкновенной (побегов и листьев) по проективному покрытию с использованием уравнений $MBCS_{чер} = 2,4673 ПП + 17,1347$ и $MBCS'_{чер} = 0,2457 ПП + 3,9802$ на 8 и 6 % соответственно отличались от значений, определенных в поле. Используя множественную регрессионную модель зависимости массы воздушно-сухого сырья *Vaccinium myrtillus* от проективного покрытия вида и высоты побегов ($MBCS_{чер} = 2,1756 ПП + 1,8154 ВП - 12,9135$), была рассчитана продуктивность данного вида, значения которой на 13 % отличались от реальных определенных значений. В связи с этим построенные уравнения регрессии можно использовать для определения продуктивности черники обыкновенной без срезания лекарственного сырья, а лишь определив проективное покрытие вида и высоту побегов.

В результате обработки данных по оценке ресурсов сырья *Vaccinium vitis-idaea* (листья – *Vaccinii vitis-idaeae folia* [8], а также побеги) определены средние значения исследуемых показателей в растительных сообществах на территории БВП. Среднее проективное покрытие брусники составило $33,05 \pm 2,11\%$ (определенные значения варьировали от 1 до 80 %); средняя высота побегов – $15,92 \pm 0,36$ см (от 8,32 до 27,60 см); продуктивность побегов: средняя величина продукции сырого сырья – $160,60 \pm 9,69$ г/м² (от 3,55 до 422,73 г/м²) и средняя величина продукции воздушно-сухого сырья – $77,13 \pm 4,51$ г/м² (от 1,64 до 205,01 г/м²); продуктивность листьев: средняя величина продукции воздушно-сухого сырья – $61,67 \pm 5,26$ г/м² (от 12,67 до 130,20 г/м²). Выход воздушно-сухого сырья брусники составил $48,88 \pm 0,42\%$ от свежесобранного. Выявлено, что доля листьев в общей сырьевой фитомассе – $69,37 \pm 0,84\%$.

Корреляционный анализ полученных данных позволил установить высокую корреляцию между массой сырого и воздушно-сухого лекар-

ственного сырья *V. vitis-idaea* и проективным покрытием ($r=0,81$). Выявлена умеренная корреляция между массой сырого и воздушно-сухого сырья брусники и высотой побегов ($r=0,44$ и $r=0,43$ соответственно).

По материалам регрессионного анализа построены модели зависимости массы лекарственного сырья *V. vitis-idaea* от проективного покрытия и высоты побегов ($P<0,05$):

– $MCC_{\text{ор}} = 3,6485 \text{ ПП} + 37,8044$ и $MBCC_{\text{ор}} = 1,7405 \text{ ПП} + 19,6088$ (рис. 8);

– $MBCC'_{\text{ор}} = 1,2630 \text{ ПП} + 15,8796$;

– $MCC_{\text{ор}} = 3,4531 \text{ ПП} + 2,5765 \text{ ВП} + 3,2040$;

– $MBCC_{\text{ор}} = 1,6602 \text{ ПП} + 1,0588 \text{ ВП} + 5,4019$;

где $MCC_{\text{ор}}$ – масса сырого сырья брусники (побеги), $MBCC_{\text{ор}}$ – масса воздушно-сухого сырья брусники (побеги), $MBCC'_{\text{ор}}$ – масса воздушно-сухого сырья брусники (листья), $ПП$ – проективное покрытие, $ВП$ – высота побегов.

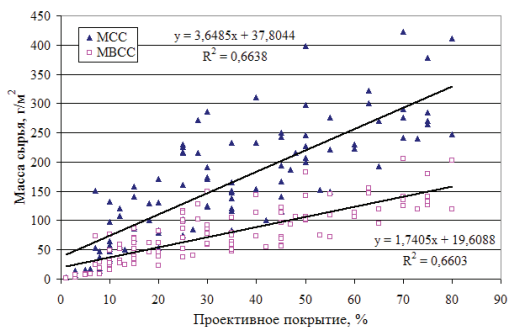


Рис. 8. Зависимость массы сырого (MCC) и воздушно-сухого (MBCC) сырья (побегов) *Vaccinium vitis-idaea* от проективного покрытия.

В результате обработки данных по продуктивности брусники, определенных в полевых условиях и по уравнениям регрессии, осуществлена проверка построенных моделей. Анализ материалов показал, что расчетные значения массы побегов по проективному покрытию с использованием уравнений $MCC_{\text{ор}} = 3,6485 \text{ ПП} + 37,8044$ и $MBCC_{\text{ор}} = 1,7405 \text{ ПП} + 19,6088$ на 7 и 6% соответственно отличались от значений, определенных в поле. Используя множественные регрессионные модели зависимости массы сырья *V. vitis-idaea* от проективного покрытия и высоты побегов ($MCC_{\text{ор}} = 3,4531 \text{ ПП} + 2,5765 \text{ ВП} + 3,2040$ и $MBCC_{\text{ор}} = 1,6602 \text{ ПП} + 1,0588 \text{ ВП} + 5,4019$), была рассчитана продуктивность данного вида, значения которой на 6% отличались от реальных определенных значений. Таким образом, построенные уравнения регрессии можно использовать для определения продуктивности брусники без срезания лекарственного сырья, а лишь определив проективное покрытие вида и высоту побегов.

Сравнительный анализ полученных материалов по продуктивности изученных видов, у которых лекарственным сырьем служат побеги (*Achillea millefolium*, *Ledum palustre*, *Vaccinium myrtillus* и *V. vitis-idaea*), показал, что максимальные значения средней величины продукции воздушно-сухого сырья наблюдались у черники обыкновенной, а минимальные – у тысячелистника обыкновенного (рис. 9).

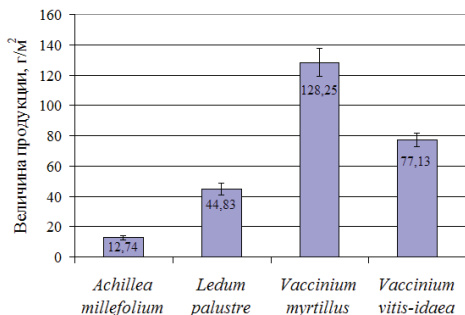


Рис. 9. Продуктивность побегов изученных видов.

У исследуемых видов, лекарственным сырьем которых являются листья (*Menyanthes trifoliata*, *Vaccinium myrtillus* и *V. vitis-idaea*), наибольшие значения средней величины продукции воздушно-сухого сырья отмечены у брусники, а наименьшие – у черники обыкновенной (рис. 10).

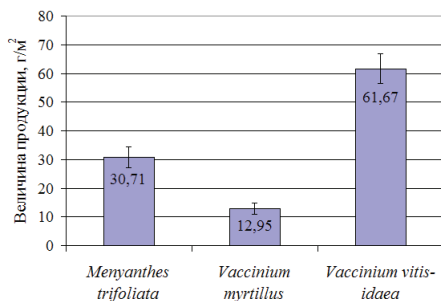


Рис. 10. Продуктивность листьев изученных видов.

Для видов, у которых сырьем служат корневища (*Acorus calamus*, *Bistorta major*, *Comarum palustre* и *Potentilla erecta*), максимальные значения средней величины продукции воздушно-сухого сырья зарегистрированы у аира обыкновенного, а минимальные значения – у сабельника болотного (рис. 11).

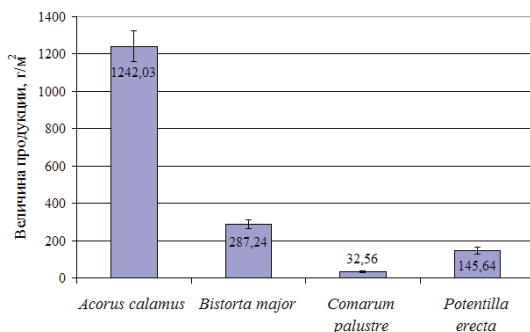


Рис. 11. Продуктивность корневищ изученных видов.

Результаты исследования были использованы для более точной оценки запасов лекарственного сырья изученных видов в исследуемом регионе по разработанному алгоритму региональной кадастровой оценки запасов сырья. Полученные данные являются фактографической основой для разработки подходов к прогнозированию ресурсов сырья лекарственных растений, а также принципов устойчивого их использования.

Заключение. В результате проведенного исследования определены ресурсные характеристики девяти видов лекарственных растений на территории Белорусско-Валдайской провинции: проективное покрытие, количество, высота и годичный прирост побегов, продуктивность.

Корреляционный анализ полученных данных позволил выявить наличие связи между массой лекарственного сырья и некоторыми биометрическими и продукционными показателями.

На основании результатов регрессионного анализа построены модели зависимости массы сырого и воздушно-сухого сырья изученных видов от проективного покрытия, количества, высоты и годичного прироста побегов. Полученные уравнения регрессии дают возможность предварительно оценить продуктивность видов без срезания лекарственного сырья, измеряя необходимые показатели (проективное покрытие вида, количество, высоту и годичный прирост побегов).

Результаты исследования могут быть использованы для прогнозирования запасов сырья и планирования объемов заготовок на территории Белорусско-Валдайской провинции и страны в целом.

Литература

1. Парфенов В. И. Проблемы использования и охраны растительного мира Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1978. 104 с.
2. Козловская Н. В. Флора Белоруссии, закономерности ее формирования, научные основы использования и охраны. Минск: Наука и техника, 1978. 128 с.
3. Методика определения запасов лекарственных растений. М., 1986. 52 с.

4. Методы изучения лесных сообществ / под ред. В. Т. Ярмишко, И. В. Лянгузова. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
5. Комплексная продуктивность земель лесного фонда / под общ. ред. В. Ф. Багинского. Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2007. 295 с.
6. Правила сбора и сушки лекарственных растений (сборник инструкций) / отв. ред. А. И. Шретер. М.: Медицина, 1985. 328 с.
7. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В. И. Парфенова. Минск: Дизайн ПРО, 1999. 472 с.
8. Государственная фармакопея Республики Беларусь. В 3 т. Т. 2. Контроль качества вспомогательных веществ и лекарственного растительного сырья / под общ. ред. А. А. Шерякова. Молодечно: Типография «Победа», 2008. 472 с.

И. П. СЫСОЙ

**ОЦЕНКА МАССЫ СЫРЬЯ ДИКORACТУЩИХ
ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПО НЕКОТОРЫМ
БИОМЕТРИЧЕСКИМ И ПРОДУКЦИОННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

Резюме

В результате проведенного исследования определена продуктивность девяти видов дикорастущих лекарственных растений на территории Белорусско-Валдайской провинции, установлена зависимость массы сырья от проективного покрытия, количества, высоты и годичного прироста побегов. Построены регрессионные модели этой зависимости, которые дают возможность предварительно оценить продуктивность видов без сбора сырьевой фитомассы. На основании полученных данных можно рассчитать запасы лекарственного сырья в исследуемом регионе, что позволит увеличить заготовки растительных ресурсов.

I. P. SYSOI

**THE DETERMINATION OF RAW MATERIAL MASS OF WILD
MEDICAL PLANTS ON THE BASE OF SOME BIOMETRIC
AND PRODUCTIONAL INDEXES**

Summary

The investigation determined the productivity of nine species of wild medical plants on the territory of Belarusian-Valdai province, the dependence of the mass of raw material on the projective cover, the amount, the height and the annual growth of bines. Regression models of this dependence were constructed. They enable to do a preliminary assessment of the productivity of species without harvesting a biomass of raw material. On basis of these data we can calculate the stocks of medical raw materials in the studied region, which will give possibility to increase the harvesting of plant resources.

Поступила в редакцию 04.11.2016 г.

Р. В. ЦВИРКО, В. Ф. ПОБИРУШКО, А. В. ПУЧИЛО, С. Г. РУСЕЦКИЙ
**ОСОБЕННОСТИ ТИПОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ
АНТРОПОГЕННО-ПРОИЗВОДНЫХ
СОСНОВЫХ ЛЕСОВ БЕЛАРУСИ**

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

Введение. Классификация типов леса Беларуси, разработанная в 60–70-х годах прошлого столетия, отражала эдафо-ценотическое разнообразие лесных сообществ естественного происхождения, однако в ней практически не были затронуты вопросы типизации лесов, подверженных значительному антропогенному воздействию. В то же время, И. Д. Юркевич указывал на необходимость особого подхода к типизации лесных биогеоценозов, формирующихся в результате осушительной мелиорации [1–3]. Данная классификация служила основой для последующих лесотипологических исследований [4–8]. Наряду с этим предпринимались попытки отразить особенности структуры антропогенно-производных фитоценозов в единой классификационной схеме лесной растительности [9].

Среди наиболее подверженных антропогенной трансформации относятся сообщества сосновых лесов в силу их широкого распространения и экологической амплитуды. По предварительным оценкам [10], площадь таких лесов в Беларуси может составлять около 500 тыс. га (12–13 % от площади формации). Они существенно отличаются по видовому составу, структуре, продуктивности, устойчивости, ресурсным, средообразующим и иным экосистемным функциям от природных фитоценозов, находящихся в сходных условиях местопроизрастания. Поэтому помимо решения задач идентификации антропогенно-производных сообществ, возникает необходимость объективной оценки их ресурсного потенциала, состояния, причин и степени трансформации, а также адресного проектирования лесохозяйственных мероприятий.

В результате наших исследований выявлены особенности формирования сосновых фитоценозов в условиях интенсивного антропогенного воздействия, показана возможность их типизации и идентификации для научных и прикладных целей.

Материалы, объекты и методы исследования. Изучение антропогенно-производных сосновых лесов проведено в рамках задания государственной научно-технической программы «Леса Беларуси» на 2011–2015 гг.

Подготовительный этап исследований включал, инвентаризацию фитоценов лаборатория геоботаники и картографии растительности, систематизацию набора исходного материала на основе выделительной базы данных РУП «Белгослес», структурно-функциональный анализ сосновых лесов Беларуси, подбор объектов исследований и планирование экспедиционных маршрутов.

Полевые работы выполнены стандартными методами [11] на временных пробных площадях, геоботанических профилях либо произвольных маршрутах; всего выполнено 570 геоботанических описаний (рисунок).



Рис. Распределение объектов исследования в границах геоботанических округов.

Исследованы леса искусственного (лесокультурного) происхождения, отдельно внимание уделяли лесным культурам на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования, а также сообществам, которые формируются при рекультивации нарушенных земель (выработанные торфяники, карьеры). В отдельный блок исследований были выделены леса на осушенных территориях и в зонах функционирования водохранилищ. Кроме этого, исследованы лесные фитоценозы, которые формируются при интенсивной рекреационной и техногенной нагрузке (леса вокруг городов, крупных промышленных предприятий, автомобильных дорог, оздоровительных учреждений и в местах массового отдыха).

Геоботанические описания объединены в базу данных под управлением TurboVeg [12]. Синтетический этап классификации выполнен с применением программы Juice [13].

Результаты и их обсуждение. Идентификация фитоценоза относительно типа леса производится обычно на основе доминирующих видов

подчиненных ярусов. В результате изучения трансформированных сообществ выявлен ряд особенностей, связанных с отсутствием характерных доминантов напочвенного покрова, наличием доминирующих видов, не характерных для данного типа леса, неполночленностью и неустойчивостью флористического состава, наличием чужеродных видов.

В антропогенно-производных фитоценозах доминанты могут отсутствовать либо возможно сочетание доминирующих видов, характерных для различных типов леса. Отмечается [14], что в осушенных лесах с развитым торфяным горизонтом (более 30 см) растительность нижних ярусов может быть близка по видовому составу и структуре со строением напочвенного покрова лесов, которые сформированы на минеральных почвах. Фитоценозическая структура антропогенно-производных лесов может формироваться как под воздействием одного фактора, так и нескольких факторов одновременно.

В большей степени антропогенная трансформация фитоценозов проявляется в условиях с относительно высоким плодородием почв (типы леса – сосняк орляковый, сосняк кисличный, сосняк долгомошный), поскольку в данных местообитаниях находится фитоценозический оптимум многих видов растений. В меньшей мере заметны изменения в напочвенном покрове сообществ, формирующихся на бедных песчаных почвах (типы леса – сосняк лишайниковый, сосняк вересковый, сосняк брусничный), где видовой состав растений ограничен. Поэтому для классификации типов антропогенно-производных фитоценозов необходимо использовать дополнительные признаки, такие как диагностические группы видов, их соотношение, структура фитоценоза, продуктивность древостоя и т. д.

Нарастающее антропогенное воздействие в различной степени приводит к изменению лесорастительных условий, в результате чего развитие лесных растительных сообществ может происходить в направлении формирования новых относительно устойчивых типов фитоценозов.

При рассмотрении вопросов типизации таких сообществ важной задачей является определение объема выделяемых единиц, т. е. что мы вкладываем в понятия «антропогенно-производные» типы леса и ассоциации. Результаты исследований подтвердили актуальность существующей классификационной схемы сосновых лесов, что дает основание рассматривать определенную часть трансформированных сообществ в ранге антропогенно-производных ассоциаций в пределах типа леса (в понимании белорусской типологической школы).

Исходя из этого нами предложено следующее определение антропогенно-производной лесной ассоциации: *совокупность однородных лесных фитоценозов, которые формируются в результате антропогенного воздействия и существенно отличаются от находящихся в сходных условиях местопроизрастания природных сообществ по видовому составу, структуре, продуктивности, устойчивости, ресурсному потенциалу, средообразующим и иным экосистемным функциям.*

Антропогенно-производные ассоциации характеризуются рядом особенностей, которые могут служить диагностическими признаками при их идентификации:

- длительное изменение гидрологического режима (заболачивание, подтопление, осушение);

- значительное отклонение продуктивности древостоя (на I и более класс бонитета) от продуктивности, характерной соответствующему типу леса;

- изменение синузальной структуры компонентов фитоценоза по сравнению с природными ассоциациями в аналогичном типе условий местопроизрастания;

- несоответствие состава характерных видов подчиненных ярусов видовому составу природных ассоциаций;

- высокое обилие адвентивных видов растений;

Выявление серии антропогенно-производных лесных ассоциаций с близкими эдафо-фитоценоотическими признаками может являться основанием для выделения антропогенно-производного типа леса.

Исходя из обусловленности антропогенной трансформации лесных сообществ предлагается следующая классификация категорий антропогенно-производных ассоциаций сосновых лесов: мелиоративно-производные, гидрогенные, рекреационные, инвазионные, агрогенные, рекультивационные, техногенные.

Наиболее значимые изменения в лесных экосистемах произошли в результате осушительной мелиорации. В общей сложности было осушено около 350 тыс. га лесных болот, а в зоне мелиоративного воздействия оказалось около 400 тыс. га лесных земель. Лесотипологическая классификация лесных избыточно увлажненных земель (ЛИУЗ), предложенная Д. С. Голодом [9], включала 4 структурно-функциональные категории: коренные болотные леса, мелиоративно-производные леса, леса на вторично заболоченных землях, леса на подтопленных землях (табл. 1). Для каждой категории предложены типы леса с перечнем ассоциаций и указан тип леса, который предшествовал трансформации.

Выделенные типы леса и ассоциации отражают многообразие и особенности формирования лесных сообществ на ЛИУЗ вследствие антропогенной трансформации лесорастительных условий. Однако, использование такой номенклатуры в единой классификационной схеме типов леса представляется затруднительным. Основная причина – сложность установления ассоциаций и дифференциации одноименных типов леса по различным категориям.

Среди формирующихся на ЛИУЗ типов фитоценозов можно выделить 2 категории антропогенно-производных ассоциаций: *мелиоративно-производные*, отражающие изменение структуры лесных фитоценозов в результате осушения, и *гидрогенные*, отражающие трансформацию фитоценотической структуры лесов, вызванную процессами заболачивания.

Таблица 1. Классификация типов производных сосновых лесов на ЛИУЗ
(фрагмент таблицы, Д. С. Голод, 1999)

| Тип леса | Шифр Эдафотоп | Наиболее распространенные ассоциации |
|--------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Мелиоративно-производные леса | | |
| Сосняк малиново-черничный (турфозум) | <u>С. м.-чер.</u> А ₃ | <u>Сосняки:</u> малиново-долгомошно-черничный, малиново-зеленомошно-черничный. <u>Производный</u> от коренного сосняка долгомошного |
| Сосняк осоково-долгомошный | <u>С. ос.-дм.</u> А ₄ | <u>Сосняки:</u> осоково-чернично-долгомошный, осоково-молиниевое-долгомошный, осоково-бруснично-долгомошный. <u>Производный</u> от коренного сосняка осоково-сфагнового и осокового |
| Сосняк разнотравно-осоковый | <u>С. разн.-ос.</u> А ₅ | <u>Сосняки:</u> гравилатово-осоковый, малиново-осоковый, молиниевое-осоковый, вейниково-осоковый, крапивно-осоковый. <u>Производный</u> от коренного сосняка осокового (преимущественно в Полесье) |
| Сосняк вересково-багульниковый | <u>С. вер.-баг.</u> А ₄ | <u>Сосняки:</u> вересково-пушицево-багульниковый, вересково-водяниково-багульниковый, вересково-сфагново-багульниковый, вересково-бруснично-багульниковый |
| Леса на вторично заболоченных землях | | |
| Сосняк долгомошно-черничный | <u>С. дм.-чер.</u> А ₃ | <u>Сосняки:</u> долгомошно-черничный, зеленомошно-черничный. <u>На месте</u> мелиоративно-производного сосняка малиново-черничного |
| Сосняк осоковый | <u>С. ос.</u> А ₄ | <u>Сосняки:</u> долгомошно-осоковый, чернично-осоковый. <u>На месте</u> мелиоративно-производного сосняка осоково-долгомошного и разнотравно-осокового |
| Сосняк осоково-сфагновый | <u>С. ос.-сф.</u> А ₄₋₅ | <u>Сосняки:</u> осоково-сфагновый, тростниково-осоково-сфагновый. <u>На месте</u> мелиоративно-производного сосняка разнотравно-осокового и вересково-сфагнового |
| Леса на подтопленных землях | | |
| Сосняк долгомошно-черничный | <u>С. дм.-чер.</u> А ₃₋₄ | <u>Сосняки:</u> осоково-долгомошно-черничный, голубично-долгомошно-черничный. <u>На месте</u> сосняка черничного |
| Сосняк молиниевое-долгомошный | <u>С. мол.-дм.</u> А ₃₋₄ | <u>Сосняки:</u> чернично-молиниевое-долгомошный, папоротниково-молиниевое-долгомошный. <u>На месте</u> сосняка черничного |
| Сосняк долгомошно-осоковый | <u>С. дм.-ос.</u> А ₄₋₅ | <u>Сосняки:</u> папоротниково-долгомошно-осоковый, хвощево-долгомошно-осоковый. <u>На месте</u> сосняка долгомошного |

Мелиоративно-производные сообщества в большей степени приурочены к заболоченным лесным массивам, граничащим с сельскохозяйственными угодьями либо площадками торфоразработок. В зонах вли-

яния осушительных систем в зависимости от гидрологических условий происходит смещение в эдафо-фитоценоотическом ряду в сторону формирования менее увлажненных типов леса. Гидрогенные ассоциации объединяют лесные сообщества, обычно формирующиеся в условиях подтопления, вызванного нарушением естественного гидрологического режима территории вследствие воздействия строительства дорог, водохранилищ, инженерных коммуникаций, нарушения функционирования мелиоративных каналов и польдерных систем и т. д. При повторном заболачивании либо подтоплении часто происходит смена преобладающего вида древесного яруса.

Значительное воздействие на естественную структуру лесов оказывает интенсивная рекреационная нагрузка. Она проявляется как через механическое повреждение компонентов фитоценоза, так и посредством изменения лесорастительных условий. Увеличение освещенности, разрушение подстилки и уплотнение почвы являются основными причинами вытеснения лесных травянистых растений видами открытых местообитаний, которые имеют низкий (у поверхности земли) узел кущения, остающийся живым даже после срывания или обламывания стебля [15].

Такие сообщества формируются обычно в лесопарковых и зеленых зонах городов и крупных населенных пунктов, прибрежных полосах водных объектов, вокруг оздоровительных учреждений и в иных местах, подверженных чрезмерной рекреационной нагрузке. Например, в 2009 году на территории НП «Нарочанский» количество зарегистрированных туристов и отдыхающих составило более 100 тыс. человек, количество всех посетивших природные комплексы региона может составлять число в несколько раз больше [16]. По данным [17], в рекреационной зоне оз. Нарочь растительность по стадиям дигрессии распределена следующим образом: 0 стадия (ненарушенное состояние) – 9,4% обследованной территории; I стадия (мало нарушенное) – 53,6%; II стадия (умеренно нарушенное) – 26,8%. Отрицательный характер рекреационных нагрузок (III–IV стадии дигрессии) выявлен на 10,2% площади.

В рекреационных лесах трансформация напочвенного покрова происходит постепенно при увеличении нагрузок. Так, например, в сосновом лесу лесопаркового пояса Рязани [18] по мере приближения к местам массового отдыха были отмечены следующие стадии: сосняк зеленомошный с обильным разновозрастным подростом – сосняк вейниковый – сосняк злаковый паркового типа с редкими куртинами соснового подростка – сосняк рудерального типа. Потеря устойчивости лесных сообществ, как отмечают данные авторы, происходит в результате изменения всех компонентов биогеоценоза.

Для лесных сообществ, развивающихся в условиях интенсивной рекреации, характерно сильное угнетение либо полное вытеснение видов растений, типичных для данных условий местопроизрастания, замещение их более устойчивыми к интенсивной рекреационной нагрузке растениями. Исходя из этого, антропогенно-производные лесные фитоценозы, которые представляют собой совокупность сообществ, формирующихся

в результате длительной интенсивной рекреационной нагрузки, объединяются в категорию *рекреационных ассоциаций*.

На сегодняшний день нередко встречаются лесные сообщества, в составе которых высоко обилие инвазивных видов, которые могут преобладать в сложении различных ярусов фитоценоза: древесного (*Acer negundo*, *Quercus rubra*, *Robinia pseudoacacia*), кустарникового (*Amelanchier spicata*, *Sorbaria sorbifolia*, *Spiraea salicifolia*, *Physocarpus opulifolius*), травяного (*Impatiens parviflora*, *Lupinus polyphyllus*) [19]. Например, в древесно-кустарниковом ярусе сообществ лесопаркового пояса г. Минска доля синантропных видов, чаще всего представленных интродуцентами, составляет около 50% [20]. В южной части Беларуси, в лесах, расположенных вдоль автомобильных и железных дорог, отмечена высокая встречаемость *Robinia pseudoacacia* [21]. Такие сообщества объединяются в категорию *инвазионных ассоциаций*. Наибольшая встречаемость инвазивных видов характерна для фрагментированных лесных массивов с площадью менее 10 га [22].

Определенные трудности могут возникать при типизации фитоценозов лесокультурного происхождения, видовое разнообразие в которых обычно превышает аналогичные показатели в естественных экосистемах, поскольку флористический состав таких сообществ обусловлен колебаниями экологических условий [15].

В лесном фонде большинства стран Европы лесные культуры преобладают над естественными лесами [23]. В Беларуси доля лесных культур составляет около 40% от площади формации сосновых лесов. В последние десятилетия в состав лесного фонда передано значительное количество бывших сельскохозяйственных угодий (пахотные земли, пастбища, пустыри, залежи) и неиспользуемых земель. По данным Государственного лесного кадастра за период 2007–2015 гг., работы по лесоразведению выполнены на площади около 47 тыс. га.

Формирование лесов в таких условиях существенно отличается от развития сообществ на лесных землях [24]. Для почв данных местообитаний характерен трансформированный поверхностный горизонт, химическое загрязнение в результате проведения агротехнических мероприятий (внесение удобрений, применение пестицидов), нередко низкое плодородие. Учитывая длительность и высокую степень сельскохозяйственного освоения территории, в Беларуси был выделен самостоятельный отдел антропогенно-преобразованных почв [25]. Он объединяет почвенные образования, возникшие в результате глубокой трансформации профиля под влиянием хозяйственной деятельности человека и полностью утратившие свои естественные признаки. В рамках отдела выделены классы агрогенных (формируются в результате активной сельскохозяйственной деятельности) и техногенных почв (возникают при проведении строительных работ, добыче полезных ископаемых, химического и физического загрязнения). Лесоразвитительные условия данных местообитаний характеризуются значительной степенью задернения, обилием сорных видов растений, высокой численностью корнегрызущих насекомых.

Лесные фитоценозы, формирующиеся в таких условиях, объединяются в категорию *агрогенных ассоциаций*. Интенсивное воздействие техногенных факторов (включая химическое загрязнение, засоление) также сказывается на фитоценотическом облике лесов, в особенности сообществ, расположенных в непосредственной близости от придорожных полос автомагистралей, лесопарковых зон, участков, подверженных воздействию промышленных эмиссий. Повышенное содержание в почве и воздухе химических веществ приводит к снижению прироста и продуктивности древостоев, сокращению сроков вегетации, изменению видового состава и др. [26–28]. Антропогенно-производные фитоценозы, формирующиеся в таких условиях, объединяются в категорию *техногенных ассоциаций*.

Таблица 2. Перечень наиболее распространенных категорий антропогенно-производных ассоциаций в сосновых лесах

| Типы леса | Категории антропогенно-производных ассоциаций | Наиболее распространенные ассоциации |
|----------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сосняк брусничный | Рекреационные | Злаково-брусничная |
| Сосняк мшистый | Рекреационные | Малиново-мшистая Злаково-мшистая |
| Сосняк орляковый | Рекреационные | Малиново-орляковая Злаково-орляковая |
| | Инвазионные | Иргово-орляковая Люпиново-орляковая Рябинниково-орляковая |
| | Агрогенные | Разнотравно-орляковая |
| Сосняк кисличный | Рекреационные | Малиново-кисличная |
| | Инвазионные | Иргово-кисличная Пузыреплодниково-кисличная Бузиново-кисличная Рябинниково-кисличная |
| | Агрогенные | Разнотравно-кисличная |
| Сосняк черничный | Рекреационные | Злаково-черничная |
| | Мелиоративно-производные | Щитовниково-черничная Куманиково-черничная |
| | Гидрогенные | Багульниково-черничная |
| Сосняк долгомошный | Мелиоративно-производные | Куманиково-долгомошная |
| | Гидрогенные | Сфагново-долгомошная Осоково-сфаговая |
| Сосняк багульниковый | Мелиоративно-производные | Зеленомошно-багульниковая |
| Сосняк сфагновый | Мелиоративно-производные | Тростниково-сфаговая Чернично-сфаговая |
| Сосняк осоковый | Мелиоративно-производные | Крапивно-осоковая |

Помимо перечисленных категорий антропогенно-производных лесов, в отдельную категорию выделяются *рекультивационные ассоциации*, которые отражают процесс развития лесных фитоценозов в результате рекультивации нарушенных земель (выработанных торфяников, карьеров и т. п.).

В основных лесах республики наибольшим разнообразием представлены следующие категории антропогенно-производных ассоциаций: мелиоративно-производные, рекреационные, инвазионные и агрогенные (табл. 2).

При лесоустроительных работах нами предложено фиксировать антропогенно-производные фитоценозы в разрезе категорий (рекреационные, агрогенные, мелиоративно-производные и т. д.). Это служит дополнительным диагностическим признаком для установления типа леса в случаях, когда возникают трудности при его определении.

Определение типа леса выполняется по комплексу диагностических признаков (продуктивность древостоя, видовой состав и т. д.) согласно лесотипологическим таблицам (ТКП 587–2016 «Правила выделения типов леса»), форма которых сохранена в соответствии с их предыдущей редакцией (1980 г.).

Заключение. Типизация антропогенно-производных лесных ассоциаций имеет важное научное и практическое значение. Она позволяет более объективно оценивать лесорастительные условия, состояние и ресурсный потенциал лесных сообществ, причины и степень их антропогенной трансформации. Проектирование на этой основе адресных лесохозяйственных мероприятий будет способствовать повышению продуктивности и устойчивости трансформированных сообществ, укреплению их ресурсных, средообразующих и природоохранных функций, минимизации воздействия негативных факторов.

Инвентаризация лесов на основе единой лесотипологической классификации с учетом особенностей текущей динамики фитоценотической структуры и функционального состояния лесных экосистем служит улучшению качества лесопользования и лесопользования.

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам ГНУ «Институт леса НАН Беларуси» И. В. Маховику, Т. Р. Моисеевой, Н. В. Волковой за помощь в сборе полевого материала.

Литература

1. Юркевич И. Д. Лесотипологические таблицы. Минск: Наука и техника, 1969. 52 с.
2. Юркевич И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах. Изд. 2-е. Минск: Наука и техника, 1972. 72 с.
3. Юркевич И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах. Изд. 3-е. Минск: Наука и техника, 1980. 120 с.
4. Юркевич И. Д., Ловчий Н. Ф. Сосновые леса Белоруссии: Типы, ассоциации, продуктивность. Минск: Наука и техника, 1984. 176 с.
5. Ловчий Н. Ф. Экологический анализ структуры и продуктивности сосновых лесов Беларуси. Минск: Белорусская наука, 1999. 263 с.

6. Ловчий Н. Ф., Пучило А. В., Гуцевич В. Д. Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Поозерья. Минск: Беларуская навука, 2009. 194 с.
7. Ловчий Н. Ф. Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Полесья. Минск: Беларуская навука, 2012. 220 с.
8. Составить кадастр основных типов сосновых лесов Беларуси: Отчет о НИР (заключ.) / Рук. А. В. Пучило, Н. Ф. Ловчий. Минск, 2010. 292 с.
9. Разработать лесотипологическую классификацию избыточно увлажненных лесных земель и обосновать выделение природоохранных объектов на этих землях: Отчет о НИР (заключ.) / Рук. В. И. Парфенов, Д. С. Голод. Минск, 1999. 93 с.
10. Разработать и внедрить классификацию антропогенно-производных ассоциаций сосновых лесов для выделения при лесоустроительных работах: Отчет о НИР (заключ.) / Рук. А. В. Пучило. Минск, 2015. 214 с.
11. Ипатов В. С., Кирикова Л. А., Мирин Д. М. Геоботаника: Учебник. Санкт-Петербург: Издательство С.-Петербургского университета, 2010. 115 с.
12. Hennekens S. M. // Journal of Vegetation Science, 2001. № 12. P. 589–591.
13. JUICE program for management, analysis and classification of ecological data / L. Tichy, J. Holt // Prirodovedecka fakulta, Masarykova Univerzity [Electronic resource]. Brno, 2006. – Mode of access: www.sci.muni.cz/botany/juice/JUICEman_all.pdf. – Date of access: 15.08.2016.
14. Федорчук В. Н., Нешатаев В. Ю., Кузнецова М. Л. Лесные экосистемы северо-западных районов России: Типология, динамика, хозяйственные особенности. Санкт-Петербург, 2005. 382 с.
15. Березуцкий М. А., Кашин А. С. Антропогенная трансформация флоры и растительности: Учебное пособие. Саратов: ИЦ «Наука», 2008. 100 с.
16. Обеспечение проведения комплексного мониторинга наземных экосистем (лесных, болотных и луговых) НП «Нарочанский» в соответствии с регламентами Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (в части растительного мира): Отчет о НИР (заключ.) / Рук. А. В. Пучило. Минск, 2010. 120 с.
17. «Выявить природно-растительные комплексы Национального парка «Нарочанский», нарушенные под воздействием рекреационных нагрузок и определить параметры допустимых нагрузок с учетом устойчивости экосистем»: Отчет о НИР (заключ.) / Рук. А. В. Пучило. Минск, 2011. 241 с.
18. Казанская Н. С., Ланина В. В., Марфенин Н. Н. Рекреационные леса (состояние, охрана, перспективы использования). Москва: Лесная промышленность, 1977. 96 с.
19. Агрессивные чужеродные виды диких животных и дикорастущих растений на территории Республики Беларусь / В. Н. Варавко [и др.]. Минск, 2008. 40 с.
20. Юшкевич М. В., Пашкевич Л. С. // Труды БГТУ. 2013. № 1. С. 132–134.
21. Чумаков Л. С. [и др.] // Актуальные проблемы экологии: сб. науч. ст. по материалам XI Международной научной конференции. Гродно, 2016. С. 80–81.
22. Гусев А. П. // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 12. С. 181–188.
23. Мельник В. И. // Бот. журн. 1993. Т. 78. № 10. С. 72–78.
24. Климчик Г. Я., Климчик С. Г. // Мониторинг и оценка состояния растительного мира: материалы IV Международной научной конференции, посвящен-

ной 80-летию Национальной академии наук Беларуси. Минск: Право и экономика, 2008. С. 173–175.

25. Смяян Н. И., Цытрон, Г. С. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси. Минск: БНИВНФХ в АПК, 2007. 219 с.

26. Гетко Н. В. Растения в техногенной среде. Минск: Наука и техника, 1989. 206 с.

27. Судник А. В. [и др.] // Мониторинг и оценка состояния растительного мира: материалы IV Международной научной конференции, посвященной 80-летию Национальной академии наук Беларуси. Минск: Право и экономика, 2008. С. 354–356.

28. Пугачевский А. В. [и др.] // Мониторинг и оценка состояния растительного мира: материалы IV Международной научной конференции. Минск: БелИСА, 2013. С. 282–284.

**Р. В. ЦВИРКО, В. Ф. ПОБИРУШКО, А. В. ПУЧИЛО, С. Г. РУСЕЦКИЙ
ОСОБЕННОСТИ ТИПОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ
АНТРОПОГЕННО-ПРОИЗВОДНЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ БЕЛАРУСИ**

Резюме

Выявлены основные причины трансформации фитоценотической структуры сосновых лесов в условиях интенсивного антропогенного воздействия. Показаны особенности формирования антропогенно-производных растительных сообществ, а также возможности их типизации и идентификации для целей лесного хозяйства и лесной типологии. Приведен перечень наиболее распространенных антропогенно-производных ассоциаций сосновых лесов.

**R. V. TSVIRKO, V. F. PABIRUSHKA, A. V. PUCHILO, S. G. RUSETSKI
THE PECULIARITIES OF TYPOLOGICAL CLASSIFICATION
OF ANTHROPOGENICALLY DERIVED PINE FORESTS OF BELARUS**

Summary

The main reasons for the transformation of pine forests phytocenotic structure under intensive anthropogenic influence are detected. The features of the formation of anthropogenically derived plant communities, as well as the possibility of their identification and typing for the purposes of forestry and forest typology are revealed. A list of the most common anthropogenically derived associations of pine forests is adduced.

Поступила в редакцию 28.11.2016 г.

О. С. ГАПИЕНКО, Т. Г. ШАБАШОВА
**МИКОФЛОРА БЕЛАРУСИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
ИЗУЧЕННОСТИ МИКОБИОТЫ**

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

Проблема биологического разнообразия и сохранения всего генофонда на планете определена всемирной стратегией охраны природы на международной конференции ООН в Рио-де-Жанейро (1992 г.). Биологическое разнообразие как мера биологической изменчивости на земле относится к ключевым вопросам в науке и политике 90-х годов и остается актуальной в настоящее время. Интерес к этой проблеме обусловлен необходимостью сохранения генетических ресурсов, сокращающихся с уничтожением лесов, вымиранием видов и воздействием антропогенных факторов, включая глобальное потепление.

Беларусь представляет собой уникальную территорию с высоким разнообразием высшей растительности. Ее состав во многом определяет состояние микобиоты.

Определение понятия «грибы» является основополагающим при рассмотрении вопроса их многообразия. В первой половине прошлого столетия «Грибы» входили в состав царства «Plantae» в подраздел «*Thallophyta*» вместе с бактериями, лишайниками и водорослями. Система Р. Уитекера [1,2], предложенная в 1969 г., включала 5 царств. Впоследствии она была трансформирована в новую, в которой выделено самостоятельное царство «Fungi» (включая миксомицеты, оомицеты), отдельное от *Animalia*, *Monera* (бактерии).

В период 1920–1950 гг. во всех странах Запада описывалось ежегодно в среднем 700 новых видов, а в более поздний период 1986–1990 гг. – в среднем по 1700 видов ежегодно. Еще Фриз указывал, что общая цифра агариковых грибов может достичь 40 000, а пиреномицетов – 100 000 видов. В 1943 г. Бисби Г. Р. и Эйнсворт Г. Г. [3] предположили, «что всего существует грибов приблизительно около 100 000 видов». Цифра, предполагающая общее число видов на земле, остается дискуссионной и до настоящего времени.

Для Британии между сосудистыми растениями и грибами введено соотношение 1:6, т. е. если количество высших растений признано 270 000 видов, то общая количественная оценка грибов составляет 1 620 000 видов. Однако для Эстонии Вассер С. П. [4] отметил, что количество видов высших базидиомицетов почти равно количеству видов высшей растительности. Исходя из этих данных Хоуксворт Д. Л. [5] считает, что цифра в 1,5 млн видов грибов может считаться доказанной как стабильная. Дополнительное доказательство верности представлений о количестве грибов на растениях показана группой авторов в серии «Биологическая флора Британских островов», опубликованной в 1948–1949 годах. Степень изученности микофлоры Британии считается в настоящее время самой высокой в мире. Авторы пытались катализировать грибы, связанные с каждым

растением. Количество видов грибов на каждое приведенное в списке питающее растение варьировало от 0 до 81, среднее количество равнялось 8,5. Но не все грибы приурочены к единственному растению-хозяину, и в результате среднее количество грибов, по их данным, на одном питающем растении составило 5,7. Исследования микофлоры в республике Беларусь начато в прошлом веке Blonski (1888) [6,7], Лебедевой (1934) [8], Купревичем (1935) [9] и имели эпизодический характер. Целенаправленное изучение представителей царства «Fungi» осуществляется в НАН Беларуси с середины 50-х годов и продолжается в настоящее время в Институте экспериментальной ботаники сотрудниками лаборатории микологии.

Начиная с 1950 г. и по настоящее время проводились обширные флористические исследования, включающие сбор материала. Описание и систематизация осуществлялись несколькими поколениями белорусских микологов. Развитие микологических исследований и создание гербария грибов в Республике Беларусь начато в середине 50-х годов академиком Купревичем В. Ф., в созданном им отделом физиологии и систематика низших растений.



Купревич В. Ф.

Сержанина Г. И.

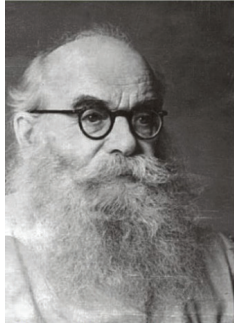
Комарова Э. П.

Головко А. И.

Купревичем В. Ф. впервые были сформированы принципиально новые для республики научные направления: систематика, таксономия, география, биология и экология грибов. Созданная им немногочисленная группа научных сотрудников активно набирала растительный материал, систематизировала и изучала таксономию видового состава микобиоты (шляпочные, афиллофоровые грибы), лишайники. Первыми в республике подготовили и защитили кандидатские диссертации Комарова Э. П., Сержанина Г. И. еще в начале 60-х годов. Их научный интерес затрагивал проблемы микологии – систематику и разнообразие высших базидиальных грибов. Чуть позже была защищена кандидатская диссертация по трутовым грибам Беларуси А. И. Головко, в которой были затронуты вопросы изучения дереворазрушающей способности паразитных грибов из группы ложного трутовика в условиях чистой культуры и характера их взаимоотношений в смешанных культурах.

К 1971 году гербарий насчитывал около 900 видов. Он содержал грибы Беларуси, трутовые грибы Закарпатской обл.: *Agaricales* (более 650 видов), *Aphylllophorales* (250 видов).

Планомерные исследования в области лихенологии начаты с 1934 года после приезда в Минск Томина М. П. В 1936 и 1938 годах он издает один за другим два определителя лишайников Белоруссии (ч. I и ч. II), а в 1937 году – «Определитель лишайников СССР» [10]. В 1956 году им опубликован «Определитель корковых лишайников Европейской части СССР». Значение этих работ не утрачено и в наше время. С 1931 по 1956 год написаны и изданы 4 определителя лишайников, встречающихся на территории Беларуси и на смежных территориях. Для таксономических исследований Томина М. П. активно содействовал пополнению коллекции лишайников, в основном за счет дублетного материала из Ботанического института (Санкт-Петербург),



Томина Михаил Петрович



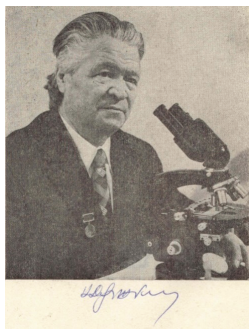
и эскизатов, благодаря чему в Институте хранится несколько тысяч образцов из разных стран мира. Заслуги Томина М. П. признаны многими учеными, о чем свидетельствует тот факт, что в честь него с 1930 по 1984 г. названы 15 таксонов лишенизированных грибов. Изучение лишенобиоты было продолжено его ученицей – канд. биол. наук Горбач Н. В. В послевоенное время (с 1950) исследования в области лихенологии велись в лаборатории флоры и гербария, а затем в лаборатории низших растений (теперь микологии) Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси.

Лихенологические исследования, проведенные Горбач Н. В., позволили значительно расширить гербарий, обнаружить новые виды, уточнить их диагнозы, пополнив список 49 таксонами. Всего Горбач Н. В. опубликовано около 50 научных трудов, которые получили высокую оценку как отечественных, так и зарубежных лихенологов. На основании собранных материалов написаны две обобщающие монографии: «Определитель листоватых и кустистых лишайников БССР» (1965) и «Лишайники Белоруссии» (1973) [11].

Флористические исследования Горбач Н. В. показали, что на территории республики распространены 374 вида и 180 разновидностей лишайников из 71 рода, относящиеся к 29 семействам. Работа Горбач Н. В. была продолжена Кобзарь Н. Н. В настоящее время изучением разнообразия и экологии лишайников занимается к. б. н. Яцына А. П.

В 1971 году после смерти Купревича В. Ф. отдел был передан в Институт экспериментальной ботаники и на его основе сформирована лаборатория низших растений, которую возглавил академик Дорожкин Н. А. Он заведовал лабораторией с 1971 по 1988 г. Далее, вплоть до 1993 года, лабораторией руководила к. б. н. Бельская С. И.

Дорожкин Н. А. и Бельская С. И. сохранили основные научные направления, сформированные академиком Купревичем В. Ф.



Под руководством Дорожкина Н. А. работали Комарова Э. П., Головки А. И., Сержанина Г. И., Горбач Н. В., Бельская С. И., Викторчик И. В., Чекалинская Н. И., Нитиевская В. И., Гапиенко О. С., Кобзарь Н. Н., Колос С. С., Пекельная Т. А., Новикова Л. М., Алексеева Т. П., Корзенюк В. И., Федоров В. Н., Матюшевская В. И., Корней В. Н. и др. Дорожкин Н. А. и Бельская С. И. расширили исследования по изучению микобиоты. Начались исследования биологической видовой состава возбудителей болезней картофеля, злаковых, бобовых, овощных, плодово-ягодных культур. Разработаны теоретические основы иммунитета сельскохозяйственных растений, которые внедрены

в практику как комплексные защитные мероприятия картофеля от вредителей и сорняков.



Бельская С. И., как руководитель группы и заведующая лабораторией, особое внимание сосредоточила на смешанных инфекциях, т. к. в период хранения в богатых углеводами и водой клубнях создается благоприятная среда для развития микроорганизмов, происходят сложные физиолого-биохимические процессы их взаимодействия и развиваются комплексные формы заболеваний – смешанные гнили. Было установлено, что в патогенезе участвуют грибы и бактерии, относящиеся более чем к 30 родам.

На основе изучения взаимоотношений микроорганизмов, вызывающих клубневые гнили картофеля, был разработан и внедрен первый в республике биопрепарат «Миколин». Получен патент Республики Беларусь

№ 4209 «Биологический препарат для защиты растений от болезней» (авторы Попов Ф. А., Бельская С. И., Сидляревич В. И., Романова Л. В., Новикова Л. М., Шабашова Т. Г.). В 2005 году Шабашова Т. Г. защитила кандидатскую диссертацию по этой теме.

В результате работы фитопатологов была сформирована коллекция фитопатогенных микромицетов и бактерий. Группой исследователей под руководством академика НАН Беларуси Дорожкина Н. А. изучались вопросы таксономии и внутривидовой дифференциации грибов и бактерий, вызывающих заболевания сельскохозяйственных растений. Выделены новые роды и виды микромицетов, ранее не отмечавшиеся на сельскохозяйственных растениях. Установлен процесс синергизма микроорганизмов и возрастание патогенных свойств в смешанных инфекциях. Выделенные среди патогенов картофеля штаммы бактерий и грибов с разной степенью вирулентности и антагонистической активности оказались перспективными для разработки биологического метода борьбы с заболеваниями. Установлена возможность использования микроорганизмов филопланы и ризосферы растения-хозяина в качестве агентов биологического метода борьбы.



Шапорова Я. А., Гапиенко О. С., Беломесяцева Д. Б., Кориняк С. И., Шабашова Т. Г., Колос С. С., Юрченко Е. О., Яцына А. П.

Определены распространение, вредоносность грибов, вызывающих заболевания клевера. В лаборатории микологии ИЭБ НАНБ сохранилась и в настоящее время коллекция бактерий и чистых культур микромицетов, которую создали кандидаты биологических наук Бельская С. И., Нитиевская В. И., Чекалинская Н. И., Новикова Л. М., Викторчик В. И., Алексеева Т. П., Шабашова Т. Г.

С 1993 года зав. лабораторией к. б. н. Гапиенко О. С. продолжила научные направления Купревича В. Ф. в области систематики, таксономии и экологии грибов. Лаборатория низших растений была переименована в лабораторию микологии. Продолжались таксономические и системати-

ческие работы по накоплению данных о новых видах грибов и лишайников (MSK-F, MSK-L ИЭБ НАН Б).

Подготовлена и сформирована группа молодых исследователей, которая расширила систематико-таксономические исследования на более современном уровне. Это позволило лаборатории выполнять отдельные задания по государственному научно-техническим программам (ГНТП), многочисленным отечественным и совместным российско-белорусским грантам. Опубликовано более 20 монографий.



Парфенов В.И.

В 2006 году лаборатория микологии присоединена к Отделу флоры и гербария растений под руководством академика НАН Беларуси Парфенова В. И.

К этому периоду удалось восполнить пробелы изученности в таких сложных группах грибов, как кортициоидные, трутовые (Юрченко Е. О.); несовершенные грибы (Беломесяцева Д. Б., Шабашова Т. Г.); микромицеты травянистых растений (Кориняк С. И.); экология трутовых грибов садов и парков республики (Кордияко Н. Г.).

Впервые в республике защищены кандидатские диссертации по специальности «микология»: Кордияко Н. Г., Шапорова Я. А., Беломесяцева Д. Б., Кориняк С. И., Юрченко Е. О., Яцына А. П. (руководители Парфенов В. И., Гапиенко О. С.). По материалам диссертаций опубликованы монографии [12, 13, 14, 15, 16]. По лихенобиоте Беларуси защитил кандидатскую диссертацию Яцына А. П.

Развивалось гербарное дело. В настоящее время в гербарии Института имеются ценные образцы, включающие редкие и исчезающие виды, аутентичные образцы, эксикаты, дублиты. Гербарий лаборатории микологии в настоящее время состоит из двух разделов: грибов (сухая коллекция, коллекция чистых культур микромицетов и бактерий) (MSK-F), лихенизированных грибов (MSK-L), которые насчитывают около 100 000 образцов [17, 18].

Коллекция лишайников является уникальной в республике, включая виды, собранные как в Беларуси, так и за ее пределами. Коллекция микобиоты представлена в основном образцами, которые произрастают в экосистемах республики, а коллекция лишайников имеет образцы из многих регионов земли, включая Антрактиду. Гербарий включает различные систематические группы царства «Fungi»: миксомицеты, оомицеты, зигомицеты, устомицеты, стерильные мицелии, аскомицеты, гетеробазидиальные и нелихенизированные грибы, лишайники, базидиомицеты, телиомицеты, конидиальные грибы.

Параллельно с флористическими исследованиями видового состава грибов и лишайников рассматривались вопросы экологии отдельных видов, их филогенетические и эволюционные связи.

Изучалось влияние антропогенных факторов на состояние отдельных видов микро- и лихенофлоры, а также их ответная реакция на стрессовые

ситуации. Уточнено таксономическое положение форм, разновидностей и видов грибов группы феллинус.

Изучена экология макромицетов-сапротрофов и их роль в процессах минерализации растительных остатков в основных типах дубовых лесов. Установлена зависимость развития грибного покрова от степени депрессии ценозов, выявлены редкие и исчезающие виды грибов и их изменения, как природного генофонда в республике. Определена степень загрязнения природной среды тяжелыми металлами и связанная с ней аккумулятивная способность ряда грибов. На основании экспериментального изучения процесса разрушения целлюлозы, опада и отпада сапротрофными грибами разработана схема сукцессии сапротрофов. В результате исследований фитопатогенных грибов фитоценозов в зависимости от типа леса, состава, возраста, полноты, бонитета, влажности почвы, влияния подтопления и затопления выделены основные типы и формы заболеваний, которые вызываются патогенными грибами, дана их классификация и степень вредоносности. Предложены лесохозяйственные мероприятия по улучшению санитарного состояния и повышению устойчивости хвойных насаждений в условиях Беларуси.

Исследуя болезни сеянцев хвойных пород, Корзенюк В.И. выявил ряд новых для нашей республики видов грибов. В работе американского миколога T. R. Nag Raj «*Coelomycetous anamorphs with appendage-bearing conidia*» (1993) опубликована новая комбинация *Pestalotiopsis stevensonii* (Peck) Nag Raj со ссылкой на Корзенюка В.И., обнаружившего этот гриб на отмершей хвое сеянцев сосны в Беларуси (ранее вид считался сугубо североамериканским). Также Корзенюком В.И. впервые описан род *Acarosporium* на хвойных. Всего список выявленных им макромицетов на сеянцах содержит 46 видов.

Разработаны меры борьбы со склеродерриозом. Разработаны рекомендации по подбору ассортимента хвойных пород, устойчивых к грибным болезням. В лаборатории микологии (впервые в республике) выявлены наиболее распространенные патогенные грибы, вызывающие болезни сеянцев и саженцев древесных пород в питомниках, что позволило подготовить рекомендации по защите посевов хвойных пород от инфекционного полегания и мероприятия по борьбе с «шютте» лиственницы.

Проведен комплексный анализ состояния микобиоты лесов Белорусской гряды, Национальных парков «Припятский», «Нарочанский», «Браславские озера». Обобщены и уточнены флористические, таксономические и номенклатурные данные о грибах и лишайниках, что позволило показать тесную консортивную связь флористического состава сообщества и микобиоты.

Опубликованы новые для науки виды: лишайник – *Xanthoria polessica* S. Y. Kondr. et A. P. Yatsyna. Совместно с коллективом авторов (S. Y. Kondratyuk, M. – H. Jeong, I. A. Galanin, L. S. Yakovchenko, A. P. Yatsyna, & J. – S. Hur) на основании молекулярных и морфологических особенностей описан новый вид лишайника для науки *Sedelnikovaea baicalensis* (Zahlbr.) S. Y. Kondr., M. H. Jeong & Hur.

Опубликован новый для науки вид ателиоидных грибов, *Athelidium hallenbergii*, известный пока только в Беларуси, из единственного местонахождения на ССЗ окраине г. Минска, лесопарк «Дрозды» (Е. О. Юрченко).

Информация, заложенная в гербарии, получила свое воплощение в подготовленном конспекте флоры микро- и лишенобиоты республики. Данный конспект флоры представлен 1517 видами [17, 18]. Проведена номенклатурная обработка видов в соответствии с современными требованиями международной номенклатуры. Образцы собраны по всей территории республики. Охвачены лесные массивы национального парка «Беловежская пуца», Припятского, Нарочанского, Браславского и Березинского заповедников, городские парки, находящиеся под охраной государства, центральный ботанический сад, лекарственный сад «Виолентия» и разнообразные сельскохозяйственные агроценозы.

Проведена в 2004 году первая в институте конференция «Биология, систематика и экология грибов в природных экосистемах и агрофитоценозах». Материалы конференции опубликованы в сборнике [19].

Подготовлена методика получения очищенной ДНК из культурального мицелия кортициоидных грибов, которая легла в основу монографии [20].

Расширены исследования экономически ценных грибов из порядка болетовых.

Проблема охраны грибов в большинстве стран и Беларуси находится на стадии разработки. Актуальность этого направления связана с их ролью в функционировании экосистем, в поддержании генетических и природных ресурсов. Для осуществления природоохранных мероприятий расширены исследования по двум основным направлениям:

- 1) продолжение накопления информации о видах, произрастающих в определенных местах, знание о редких и исчезающих видах;
- 2) создание коллекций чистых культур грибов, как источник штаммов, которые трудно найти или экономически не выгодно выделять повторно из природы. Изоляты конкретного вида грибов представляют собой потенциал для сохранения генетического ресурса для будущих поколений.

Накопленные сотрудниками лаборатории материалы о редких и исчезающих видах послужили основанием для участия в издании Красных книг Республики Беларусь [21, 22].

Необходимость, в дальнейшем, расширения комплексного изучения биологического разнообразия на экосистемном уровне вызвано огромным значением грибов для поддержания «гомеостаза» лесных экосистем и нормальной их жизнедеятельности. Эти исследования позволят выявить функциональную роль грибов самых разнообразных систематических групп с целью изучения проблемы исчезновения того или иного вида. Грибы как гетеротрофные организмы всегда являлись неотъемлемым и необходимым компонентом лесных экосистем.

Характер взаимоотношений грибов, бактерий и других организмов чрезвычайно разнообразен. В частности, от 70 до 81 % всех сосудистых

растений связаны с микофлорой своей корневой системой, что является ключевым моментом в процессах формирования лесных синузий. Симбиотрофы и сапротрофы активно участвуют в минерализации растительного сырья, в процессе круговорота веществ, в то время как биотрофы вызывают серьезные заболевания основных древесных пород, подлеска и травянистого покрова вплоть до их выпадения, изменяя этим состав фитоценозов. Знаний о функциональных свойствах большинства описанных грибов недостаточно, и невозможно в настоящее время предвидеть, в каких местообитаниях или экосистемах будут обнаружены грибы с наибольшим потенциалом для практического использования.

Изучение биоразнообразия мико-, лехенобиоты и бактерий, особенностей их экологии и распространения позволило сотрудникам лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси подготовить ряд документов, имеющих практическое применение.

Подготовлены рекомендации по подбору ассортимента хвойных пород, устойчивых к грибным болезням. Опубликованы рекомендации по защите семян хвойных пород от инфекционного полегания и мероприятия по борьбе с «шютте» лиственницы.

Предложены лесохозяйственные мероприятия по улучшению санитарного состояния и повышению устойчивости хвойных насаждений в условиях Беларуси.

Подготовлены рекомендации лесохозяйственным, заготовительным организациям по сохранению и использованию грибных ресурсов Гродненской области, составлен прогноз динамики отдельных съедобных грибов по Витебской области.

В рамках задания «Состояние и научные основы сохранения биологического разнообразия микобиоты Республики Беларусь» и «Ресурсы растительного и животного мира» (2006–2010 гг.) получены новые данные по динамике биологического разнообразия грибов и лишайников Республики Беларусь (систематика и экология высших базидиальных, сумчатых, гетеробазидиальных грибов, микромицетов древесных растений и почвы, лишайников). Выявлены закономерности распространения таксонов разного ранга и отдельных ключевых видов макро- и микромицетов в зависимости от природно-климатических условий и экологической ситуации в лесных и агро- экосистемах, собраны и обобщены полные данные по видовому разнообразию, макроскопическим и микроскопическим признакам грибов порядков *Boletales*, *Amanitales* и *Russulales*. Что позволило подготовить и издать оригинальные, фундаментальные труды «Флора Беларуси. Грибы», том 1 [23] под ред. Парфенова В. И. В ней дается полный аналитический обзор по истории изучения грибов в Беларуси, а также структуре и экологии базидиальных грибов, приведены разработанные ключи для определения видов, родов и семейств данных порядков, даны описания видов, местообитание, сроки образования базидиом, съедобность, охраняемость, приведены рисунки и фотографии грибов. Изучение видового состава грибов вносит существенный вклад в расширение знаний о флоре страны; анализ биоразнообразия грибов

различных систематических групп перспективен для оценки состояния и продуктивности отдельных фитоценозов.

Флора Беларуси. Грибы. Том 2 [24] под ред. Парфенова В. И. Монография включает 102 рода и 215 видов темноокрашенных гифомицетов, выявленных на территории Беларуси. Вводная часть состоит из разделов «История изучения анаморфных грибов в Беларуси», «Таксономия гифомицетов», «Анатомо-морфологические особенности гифомицетов», «Экологические особенности гифомицетов» и «Методы изучения гифомицетов». В специальной части приводятся таблицы для определения родов и видов, подробные диагнозы, сведения о круге растений-хозяев и о других субстратах, на которых развиваются микромицеты. Приводятся данные о географическом распространении и встречаемости на территории республики.

Издание «Флора грибов» снабжена словарем терминов, используемых при характеристике анаморфных грибов, списком субстратов, указателем латинских названий родов и видов грибов. Текст иллюстрирован рисунками и фотографиями макро- и микромицетов.

В рамках ГНТП «Управление лесами и рациональное лесопользование» по заданию «Исследовать современную структуру фитопатогенов в основных лесных формациях и определить наиболее вредоносные болезни лесобразующих пород» издан совместно с БГТУ «Атлас болезней лесных пород Беларуси» [25]. В книге опубликованы основные типы и формы заболеваний древесных растений в лесах, которые вызываются патогенными грибами, дана их классификация и степень вредоносности; подготовлены рекомендации по экспресс-оценке состояния и биологической устойчивости лесов Беларуси; предложены лесохозяйственные мероприятия по улучшению санитарного состояния и повышения устойчивости хвойных насаждений Беларуси, в том числе меры борьбы со склеродерриозом; разработаны рекомендации по подбору ассортимента хвойных пород, устойчивых к грибным болезням. Опубликование «Атласа болезней лесных пород Беларуси» и внедрение Перечней болезней по видам и возрасту лесных пород в Минлесхоз позволило белорусским лесопатологам получить наглядное иллюстрированное пособие, в котором приводятся точные диагнозы, составленные в соответствии с общепринятыми мировыми стандартами. Выявлены и описаны все наиболее распространенные, вредоносные, а также представляющие потенциальную опасность для лесного хозяйства виды грибов и бактерий. Подготовлены перечни возбудителей болезней для хвойных пород, широколиственных, мелколиственных пород, а также семянцев и саженцев в питомниках. Разработана классифика-



ция инфекционных болезней лесобразующих пород по степени их распространенности и вредоносности для условий Беларуси, для каждой группы приведены рекомендации по надзору. Специалисты лесозащиты получили современное руководство по определению возбудителей болезней леса, которое позволит более эффективно проводить профилактические и защитные мероприятия в лесах на территории Беларуси. Впервые приводятся рекомендации по надзору за появлением, распространением возбудителей болезней леса с приведением полного современного перечня фитопатогенов. Эффект от внедрения научной разработки в 95 лесохозяйственных учреждений (ГЛХУ и ГОЛХУ) Беларуси составил 15,5 тыс. у. е. [25].

По заданию Министерства лесного хозяйства в рамках ГНТП «Леса Беларуси – продуктивность и устойчивость» (2012–2015) выполнена НИР «Разработать интерактивный мультимедийный определитель для экспресс-диагностики возбудителей болезней лесобразующих пород, определить направления развития фитопатологической ситуации в лесном фонде». Подготовлен интерактивный мультимедийный определитель для экспресс-диагностики наиболее распространенных болезней лесобразующих пород (на электронном носителе). В нем разработаны рекомендации по выявлению и контролю за распространением опасных инвазивных видов возбудителей болезней леса, являющихся потенциально высоко вредоносными, рекомендации по защите лесного фонда от наиболее вредоносных заболеваний [26].

Практическая значимость выполненного проекта:

1. Интерактивный мультимедийный определитель по диагностике наиболее распространенных болезней в лесном фонде, питомниках и дендропарках (включает разделы «Диагностика болезней древесных пород в питомниках, молодняках и насаждениях», «Диагностика болезней всходов, сеянцев и саженцев», «Диагностика болезней семян и плодов», «Диагностика болезней в дендропарках и дендрариях», «Инвазивные заболевания», «Биоповреждения древесины».

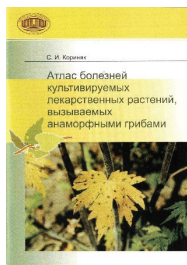
2. Рекомендации по выявлению и контролю опасных инвазивных видов возбудителей болезней в лесном фонде, питомниках и дендропарках.

3. Рекомендации по защите лесного фонда от наиболее вредоносных заболеваний.

4. Проект по внесению изменений и дополнений в ТНПА (ТКП 252–2010, ТКП 026–2006).

Направление развития фитопатологической ситуации в лесном фонде Беларуси представлены в «Аналитической справке».

Результаты исследований по изучению биоразнообразия микобиоты республики и отдельных заповедных территорий (Белорусско-Валдайского Поозерья, Национальных парков: «Браславские озера», «Припятский», «Нарочанский») опубликованы в монографиях сотрудниками лаборатории микологии за последние годы (2010–2015):



Перспективные направления научных исследований лаборатории микологии с 2016 года будут продолжены под руководством к. б. н. Шабашовой Т. Г. По фундаментальному направлению планируется развитие эколого-флористических исследований микобиоты, расширение изучения консортивных связей микромицетов с лесообразующими породами аборигенной и интродуцированной флоры; по прикладным разработкам: изучение биологического разнообразия грибов, выявление закономерностей распространения таксонов разного ранга и отдельных ключевых видов макро- и микромицетов в зависимости от природно-климатических условий и экологической ситуации в лесных экосистемах; развитие гербарного дела, поддержание и сохранение гербария грибов и лишайников; изучение полиморфизма и идентификация генотипов в популяциях грибов методом RAPD-маркирования ДНК; мониторинг почвенных микромицетов как индикаторов стабильности лесных фитоценозов; изучение роли микромицетов в формировании фитосанитарной ситуации в различных типах лесов, парков, изучение почвенной микобиоты, повышение болезнестойчивости сельскохозяйственных и лекарственных растений.

Літаратура

1. Whittaker R. H. // Science. 1965. V. 147. P. 250–260.
2. Whittaker R. H. // Biol. Rev. 1967. V. 42. P. 207–264.
3. Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi. 8th ed. / D. L. Hawksworth, P. M. Kirk, B. C. Sutton, D. N. Pegler. Wallingford: CAB International, 1995. 616 p.
4. Вассер С. П. Флора грибов Украины. Агариковые грибы. Киев: Наукова думка, 1980. 328 с.

5. Хоуксворт Д. Л. // Микология и фитопатология. 1992. Т. 26. Вып. 2. С. 152–167.
6. Blonski F. // Pam. Fizjograf. 1888. T 8. Ch. 3. S. 75–119.
7. Blonski F. // Pam. Fizjograf. 1889. T. 9. Ch. 3. S. 63–101.
8. Лебедева Л. А. // Тр. Минской болотной станции. Минск, 1925. № 10. 31 с.
9. Купрэвіч В. Ф. // Матэрыялы да вывучэння флэры і фаўны Беларусі. М., 1931. № 6. С. 3–24.
10. Томин М. П. определитель корковых лишайников Европейской части СССР (кроме Крайнего Севера и Крыма).–Минск: АН БССР, 1956. 533 с.
11. Горбач Н. В. Лишайники Белоруссии: Определитель.–Минск: Наука и техника, 1973.– 583 с.
12. Беломесяцева Д. Б. «Микобиота в консорции можжевельники в Беларуси», н. ред. В. И. Парфенов, О. С. Гапиенко.–Мн.: ИООО «Право и экономика», 2004–322 с.
13. Шапорова Я. А. Руссуляльные грибы Беларуси: *Lactarius* и *Russula* (млечники и сыроежки)–н. ред. О. С. Гапиенко. Минск: Беларуская навука», 2007. 275 с.
14. E. O. Yurchenko The genus *peniophora* (Basidiomycota) of Eastern Europe. Минск: Belorusskaya nauka, 2010. 338 с.
15. Кориняк С. И. Атлас болезней культивируемых лекарственных растений, вызываемых анаморфными грибами. Минск: Беларус. навука, 2010. 91 с.
16. Яцына А. П., Мерзвинский Л. М. Практикум по лишайникам. Витебск, УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2012. 211 с.
17. Макромицеты, микромицеты и лишайнизированные грибы Беларуси. Гербарий Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича (MSK-F, MSK-L). // В кн.: под науч. ред. Парфенов В. И., Гапиенко О. С. Минск: УП ИВЦ Минфина, 2006. 340 с.
18. Гапиенко О. С., Шапорова Я. А. // Национальный гербарий грибы MSK–Института экспериментальной ботаники // Грибы в природных и антропогенных экосистемах: Тр. / Бот. ин-т. им. В. Л. Комарова. СПб., 2005. Т. 1. С. 141–144.
19. Биология, систематика и экология грибов в природных экосистемах и агрофитоценозах. // Материалы Междунар. науч. конф. / ИЭБ им. В. Ф. Купревича (Минск, 20–24 сентября 2004 г.). Минск: ИООО Право и экономика, 2004. 320 с.
20. Юрченко Е. О., Синявская М. Г. «Основы молекулярного маркирования грибных ДНК» // Практическое руководство. Минск: ИООО «Право и экономика», 2007. 100 с.
21. Красная книга Республики Беларусь: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений // Гл. редколлегия: Л. И. Хоружик (предс.), Л. М. Сущеня, В. И. Парфенов и др. Мн.: БелЭн, 2005. 456 с.: ил.
22. Красная книга Республики Беларусь. Растения / В. И. Парфенов [и др.]; под ред. Л. И. Хоружик. Минск: Беларуская энцыклапедыя, 2015. 450 с.: ил.
23. Флора Беларуси. Грибы. Том. 1. *Boletales*, *Amanitales*, *Russulales* // Гапиенко О. С., Шапорова Я. А., под ред. Парфенова В. И. Минск: Беларус. навука, 2012. 199 с.: ил.
24. Флора Беларуси. Грибы. Анаморфные грибы. Том 2, кн. 1 // Беломесяцева Д. Б., Шабашова Т. Г., Темноокрашенные гифомицеты. Под ред. Парфенова В. И. Минск: Беларуская навука, 2015. 162 с.: ил.

25. «Атлас болезней лесных пород Беларуси» //Гапиенко О.С., Беломесяцева Д.Б., Звягинцев В.Б., Ярмолович В.А., и др.; научн. ред. В.И. Парфенов; Министерство лесного хозяйства РБ. Минск: Ред. журн. «Лесное и охотничье хозяйство», 2011. 160 с.: ил.

26. Электронный ресурс. «Интерактивный мультимедийный определитель для экспресс-диагностики возбудителей болезней лесообразующих пород, определить направление развития фитопатологической ситуации в лесном фонде» // Минлесхоз, ГНУ ИЭБ НАН Беларуси, БГТУ, Лесозащита, 2015.

О. С. ГАПИЕНКО, Т. Г. ШАБАШОВА
**МИКОФЛОРА БЕЛАРУСИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
ИЗУЧЕННОСТИ МИКОБИОТЫ**

Резюме

Статья посвящена краткой истории развития микологии в ГНУ «Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси» начиная с 1956 и до настоящего времени. Показаны основные этапы ее развития.

O. S. GAPIENKO, T. G. SHABASHOVA
MYCOFLORA OF BELARUS: MODERN STATE OF MICOBIOME STUDY

Summery

This article is dedicated to the short history of the laboratory of mycology development in the Institute of Experimental Botany of Belarussian NAS from 1956 to present days. The main stages of the development are represented.

Поступила в редакцию 23.11.2016 г.

С. И. КОРИНЯК
**АНАМОРФНЫЕ ГРИБЫ – ВОЗБУДИТЕЛИ
БОЛЕЗНЕЙ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ
В ПРИРОДНЫХ СООБЩЕСТВАХ И АГРОЦЕНОЗАХ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»**

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

Введение. Национальный парк «Нарочанский» – одна из крупных уникальных в Белорусском Поозерье особо охраняемых природных территорий, расположен на северо-западе Беларуси и занимает площадь 97,3 тысяч гектаров. По площади леса занимают 48,8 тысяч гектаров. Из всех лесных массивов Республики Беларусь леса НП «Нарочанский» характеризуются наибольшим разнообразием сообществ сосновой формации, нижний ярус которых богат ценными видами растений, некоторые из них внесены в Красную книгу Беларуси [6].

С целью расширения коллекционного фонда местных и интродуцированных растений, увеличения ассортимента посадочного материала, проведения эколого-эстетического просвещения, а также научно-познавательных занятий для учащихся средних школ и студентов высших учебных заведений в национальном парке создан дендросад им. Сергея Анатольевича Гомзы площадью около 16,4 гектаров.

Увеличение видового состава сосудистых растений в основном за счет их культивирования, как правило, влечет за собой расширение спектра фитопатогенных грибов, колонизирующих данные растения. Из болезней растений в образовании пятнистостей ведущая роль принадлежит микромицетам группы *Anamorphic fungi*. Представители данной группы поражают преимущественно вегетативные органы растений, нарушают их физиологические функции, что ведет к ухудшению качества зеленой массы, а порой и к гибели растения либо целой популяции. Поэтому выявление видового состава анаморфных грибов, вызывающих пятнистости и увядания листьев, а также, по возможности, борьба с фитопатогенной инфекцией имеет существенное значение для сохранения не только растений местной флоры, но и растений, введенных в культуру на территории дендросада С. А. Гомзы из других регионов земного шара.

Объекты (материалы) и методы исследования. Ботанические исследования проводились в вегетационные периоды маршрутным методом. Визуальное обследование растений сопровождалось сбором гербарного материала, листьев, стеблей, цветков с видимыми поражениями для дальнейших микологических исследований в лабораторных условиях. Собранные образцы пораженных растений в дальнейшем проходили камеральную обработку в лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси.

При гербаризации материала, определении видового состава микромицетов использованы общепринятые методы, описанные В. И. Билай [1].

Для определения и уточнения видовых названий растений использована монография Н. Н. Цвелева [16]. Названия указанных ниже видов грибов, а также их синонимы и анаморфы приведены в соответствии с требованиями международной микологической глобальной базы данных – Index fungorum [19]. Образцы пораженных растений хранятся в гербарии лаборатории микологии (MSK-F) ГНУ ИЭБ НАН Беларуси, являющимся национальным достоянием страны.

Результаты и их обсуждение. Исследованы образцы грибов со следующих типов лесов НП «Нарочанский»: ельник кислично-мшистый, ельник мшистый, сосняк бруснично-мшистый, сосняк мшистый.

Собраны образцы пораженных растений из семейств: *Asteraceae*, *Campanulaceae*, *Cariophyllaceae*, *Ericaceae*, *Geraniaceae*, *Hippocastanaceae*, *Lamiaceae*, *Paeoniaceae*, *Papaveraceae*, *Polygonaceae*, *Plantaginaceae*, *Primulaceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Saxifragaceae*, *Scrophulariaceae*, *Vacciniaceae*, *Violaceae*. При этом охвачены местообитания НП «Нарочанский» – Дендросад С. А. Гомзы, окрестности деревень Занарочь, Малый Сырмеж, Наносы, Черемшицы, курортного поселка Нарочь, санатория «Сосны», автокемпинга «Нарочь».

Далее приводятся: список видов грибов, а также их синонимов и анаморф с указанием растения-хозяина, на котором данный микромицет был идентифицирован, а также местонахождение изучаемого гриба на исследуемой территории.

Alternaria alternata (Fr.) Keissler. Beih. Bot. Zbl. 29: 434, 1912. Syn.: *Alternaria fasciculata* (Cooke & Ellis) L. R. Jones & Grout, Bull. Torrey bot. Club 24 (5): 257 (1897)., *Alternaria rugosa* McAlpine, (1896)., *Alternaria tenuis* Nees. Syst. Pilze (Würzburg): 72 (1816) [1816–17]., *Macrosporium fasciculatum* Cooke & Ellis, Grevillea 6 (no. 37): 6 (1877)., *Torula alternata* Fries. Syst. mycol. (Lundae) 3 (2): 500 (1832)., *Ulocladium consortiale* Brook; fide NZfungi (2008). Anamorphic *Lewia* [4, 9, 14, 18]. На листьях *Bergenia pacifica* Kom. (*Saxifragaceae*) – Дендросад С. А. Гомзы.

Alternaria consortiale (Thuem.). Groves et Hughes. Canad. J. Bot. 31: 636, 1953. Syn.: *Stemphylium ilicis* Tengwall. Meded. Phytopath. Lab. 6: 34–35, 1924. *Stemphylium consortiale* (Thumen) Groves et Scolko. Canad. J. Bot. 31: 636, 1953. *Ulocladium consortiale* (Thumen) Simmons. Mycologia 59: 84, 1967.., *Macrosporium consortiale* Thuem. Anamorphic *Pleosporeaceae* [4, 9, 14, 18]. На листьях *Campanula latifolia* L. (*Campanulaceae*) – Дендросад С. А. Гомзы. На листьях *Vaccinium myrtillus* L. (*Ericaceae*) – Нарочанское лесн., окр. дер. Малый Сырмеж, кв. 66.

Alternaria rubekiae Nellen. Anamorphic *Lewia* [9, 18]. На листьях *Echinacea purpurea* L. (*Asteraceae*) – Дендросад С. А. Гомзы.

Alternaria rumicicola R. L. Mathur, Agnihotri & Tyagi, Curr. Sci. 31 (7): 297 (1962). Anamorphic *Lewia* [14]. На листьях: *Acetosa thyrsoflora* (Fingerh.) A. et D. (*Ranunculaceae*) – Нарочанское лесн., окр. дер. Наносы, кв. 109.

Alternaria tenuissima (Fr.) Wiltshire. Trans. Br. mycol. Soc. 18: 157 (1933) Syn.: *Clasterosporium tenuissimum* (Nees & T. Nees) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 4: 393 (1886)., *Helminthosporium tenuissimum* Kunze, in Nees & Nees:

242 (1818)., *Macrosporium tenuissimum* (Kunze) Fr.,: 374 (1832). Anamorphic *Lewia* [4, 9, 14, 18]. На листьях: *Fragaria vesca* L. (*Rosaceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Занарочь, кв. 131. На листьях *Primula veris* L. (*Primulaceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Наносы, кв. 109. На листьях *Plantago major* L. (*Plantaginaceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Черемшицы, кв. 135.

Alternaria viola L.D. Galloway & Dorsett, Bulletin of the U. S. Department of Agriculture, Bureau Plant Industry 23: 11 (1900). Syn.: *Alternaria tenuis* var. *violae* (L.D. Galloway & Dorsett) Wollenw., Handb. Pflanzenkr., Edn 53 (2): 711 (1932). Anamorphic *Lewia* [4]. На листьях *Viola palustris* L. (*Violaceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Малый Сырмеж, кв. 66.

Alternaria zinniae M.V. Ellis, 1972, Mycol. Pap. 131: 22–25 Ellis M.V. More Dem. Hyph. 2 (1976) 425. Anamorphic *Lewia*. [4, 9, 18]. На листьях *Tussilago farfara* L. (*Asteraceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Черемшицы, кв. 135.

Ascochyta aquilegiae (Roum. & Pat.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 3: 406 (1884). Syn.: *Actinonema aquilegiae* (Roum. & Pat.) Grove, J. Bot., London 56: 343 (1918)., *Ascochyttella aquilegiae* (Roum. & Pat.) Tassi, (1902)., *Phyllosticta aquilegiae* Roum. & Pat., Revue mycol., Toulouse 5 (131): 28 (1883). Anamorphic *Didymella* [4, 7]. На листьях *Aquilegia vulgaris* L. (*Ranunculaceae*)—Дендросад С. А. Гомзы.

Ascochyta chelidoniicola Melnik, Nov. sist. Niz. Rast. 12: 204 (1975). Anamorphic *Didymella* [4, 7]. На листьях *Chelidonium majus* L. (*Papaveraceae*) [16]—Мядельское лесн., окр. санатория «Сосны», кв. 99.

Ascochyta digitalis (Fuckel) Fuckel, Jb. Nassau. Ver. Naturk. 23–24: 388 (1870) [1869–70]. Syn.: *Sphaeria digitalis* Fuckel 1864. Anamorphic *Didymella* [10]. На листьях *Digitalis grandiflora* Mill. (*Scrophulariaceae*).—Дендросад С. А. Гомзы.

Ascochyta doronici Allesch., Hedwigia 36: 162 (1897). Syn.: *Ascochyta lappae* (Sacc.) Jaap, Annls mycol. 12: 26 (1914)., *Phyllosticta lappae* Sacc., Michelia 1 (no. 2): 151 (1878). Anamorphic *Didymella* [4, 7]. На листьях *Echinacea purpurea* L. (*Asteraceae*)—Дендросад С. А. Гомзы. На листьях *Centaurea scabiosa* L. (*Asteraceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Наносы, кв. 109.

Ascochyta dolomitica Kabát & Bubák, Lich. Brit. 54: 24 (1904). Syn.: *Stagonospora dolomitica* (Kabát & Bubák) Petr., (1928). Anamorphic *Didymella* [7]. На листьях *Hepatica nobilis* Schreb. (*Ranunculaceae*)—Нарочанское лесн., окр. Курортного поселка Нарочь, кв. 42.

Ascochyta tussilaginis Oud., Hedwigia 37: 178 (1898). Anamorphic *Didymella* [4, 7]. На листьях *Tussilago farfara* L. (*Asteraceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Черемшицы, кв. 135.

Cercospora magnusiana Allesch., (1892). Syn.: *Cercoseptoria magnusiana* (Allesch.) Arx, Proc. K. Ned. Akad. Wet., Ser. C, Biol. Med. Sci. 86 (1): 35 (1933). *Pseudocercospora magnusiana* (Allesch.) U. Braun, Nova Hedwigia 47 (3–4): 348 (1988). Anamorphic *Mycosphaerella* [2, 4]. На листьях *Geranium pratense* L. (*Geraniaceae*)—Дендросад С. А. Гомзы. На листьях *Geranium palustre* L. (*Geraniaceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Черемшицы, кв. 135.

Cercospora salviae Pat., Bull. Herb. Boissier 3: 74 (1895). Anamorphic *Mycosphaerella* [2, 4]. На листьях *Salvia arvensis* L. (*Lamiaceae*)—Дендросад С. А. Гомзы.

Cladosporium herbarum (Pers.) Link, Nat. Arr. Brit. Pl. (London) 1: 556 (1816). Syn.: *Byssus herbarum* (Pers.) DC., in de Candolle & Lamarck, Fl. franç., Edn 3 (Paris) 5/6: 11 (1815)., *Dematium herbarum* Pers., Ann. Bot. (Usteri) 11: 32 (1794)., *Dematium herbarum* Pers., Ann. Bot. (Usteri) 11: 32 (1794) var. *Herbarum*., *Dematium vulgare* Pers., Mycol. eur. (Erlanga) 1: 13 (1822)., *Heterosporium epimyces* Cooke & Masee, Grevillea 12 (no. 61): 31 (1883). Anamorphic *Davidiella* [4, 9, 14, 18]. На листьях *Aquilegia vulgaris* L. (*Ranunculaceae*)—Дендросад С. А. Гомзы.

Cladosporium cladosporioides (Fres.) de Vries, Contrib. Knowledge of the Genus *Cladosporium* Link ex Fries: 57 (1952). Syn.: *Hormodendrum cladosporioides* (Fresen.) Sacc., Michelia 2 (no. 6): 148 (1880)., *Monilia humicola* Oudem., Arch. Néerlandaises des Sc. exacts et nat. 7: 286 (1902)., *Penicillium cladosporioides* Fresen., Beitr. Mykol. 3: 22 (1850). Anamorphic *Davidiella* [4, 9, 14, 18]. На листьях *Cotoneaster melanocarpus* Lodd. (*Rosaceae*) II категория исчезающие (EN) [6]—Нарочанское лесн., окр. дер. Наносы, кв. 109.

Cladosporium macrocarpum Preuss, in Sturm, Deutschl. Krypt.—Fl. (Leipzig) 6: 27 (1848). Syn.: *Cladosporium herbarum* var. *macrocarpum* (Preuss) M.H.M. Ho & Dugan, in Ho, Castañeda, Dugan & Jong, Mycotaxon 72: 131 (1999). Anamorphic *Davidiella* [4, 9, 14, 18]. На листьях *Plantago major* L. (*Plantaginaceae*). Нарочанское лесн., окр. дер. Черемшицы, кв. 135. На листьях *Hepatica nobilis* Schreb. (*Ranunculaceae*)—Нарочанское лесн., окр. Курортного поселка Нарочь, кв. 42.

Cladosporium paeoniae Pass. Mycotheca universalis 7: no. 670 (1876). Anamorphic *Davidiella* [14, 18]. На листьях *Paeonia lactiflora* Pall (*Paeoniaceae*)—Дендросад С. А. Гомзы.

Cladosporium variabile (Cooke) G.A. de Vries, Contrib. Knowledge of the Genus *Cladosporium* Link ex Fries: 85 (1952). Syn.: *Heterosporium variabile* Cooke 1877. Anamorphic *Davidiella* [4, 9, 14, 18]. На листьях *Agastache rugosa* (Fisch. et C.A. Mey.) O. Kuntze (*Lamiaceae*)—Дендросад С. А. Гомзы. На листьях *Alchemilla semilunaris* Alech. (*Rosaceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Черемшицы, кв. 135.

Curvularia inaequalis (Shear) Boedijn, Bull. Jard. Bot. Buitenz, 3 Sér. 13(1): 129 (1933). Syn.: *Acrothecium arenarium* Moreau & V. Moreau, Revue Mycol., Paris 6: 86 (1941). *Helminthosporium inaequale* Shear, Bull. Torrey bot. Club: 307 (1902). Anamorphic *Cochliobolus* [8, 18]. На листьях *Vaccinium myrtillus* L. (*Ericaceae*)—Мядельское лесн., окр. сан. «Соньы», кв. 99.

Curvularia lunata var. *lunata* (Wakker) Boedijn, Bull. Jard. bot. Buitenz, 3 Sér. 13 (1): 127 (1933). Syn.: *Acrothecium lunatum* Wakker, in Wakker & Went 1898. Anamorphic *Cochliobolus* [17, 18]. На листьях *Primula veris* L. (*Primulaceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Наносы, кв. 109.

Entomosporium mespili (DC.) Sacc. Michelia 2 (no. 6): 115 (1880). Syn.: *Xyloma mespili* DC. 1830. Anamorphic *Diplocarpon* [3]. На листьях *Co-*

toneaster melanocarpus Lodd. (*Rosaceae*) II категория исчезающий (EN) [6]. – Нарочанское лесн., окр. дер. Наносы, кв. 109.

Embellisia chlamydospora (Hoes, G. W. Bruehl & C. G. Shaw) E. G. Simons, Mycologia 63 (2): 384 (1971). Syn.: *Pseudostemphylium chlamydosporium* Hoes, G. W. Bruehl & C. G. Shaw, Mycologia 57: 904 (1965). Anamorphic *Allewia* [4, 9, 18]. На листьях *Vaccinium myrtillus* L. (*Ericaceae*) – Нарочанское лесн. «Автокемпинг Нарочь», кв. 117.

Helminthosporium rostratum Drechsler, J. Agric. Res., Washington 24 (8): 724 (1923). Syn.: *Bipolaris halodes* (Drechsler) Shoemaker, in Azbukina et al. (eds), Overs. K. danske Vidensk. Selsk. Forh. Medlemmers Arbejder: 79 (1959). *Bipolaris rostrata* (Drechsler) Shoemaker, Can. J. Bot. 37 (5): 883 (1959). *Drechslera halodes* (Drechsler) Subram. & B. L. Jain, Curr. Sci. 35: 354 (1966). *Drechslera rostrata* (Drechsler) M. J. Richardson & E. M. Fraser, Trans. Br. mycol. Soc. 51 (1): 148 (1968). *Exserohilum halodes* (Drechsler) K. J. Leonard & Suggs, Mycologia 66 (2): 290 (1974). *Exserohilum rostratum* (Drechsler) K. J. Leonard & Suggs, Mycologia 66 (2): 290 (1974). *Helminthosporium halodes* Drechsler, J. Agric. Res., Washington 24 (8): 709 (1923). *Helminthosporium halodes* var. *tritici* Mitra, Trans. Br. mycol. Soc. 15: 287 (1931) [1930]. *Luttrellia rostrata* (Drechsler) Gornostaï [as 'Lutrellia'], in Azbukina et al. (eds), Vodorosli, Griby i Mkhi Dal'nego Vostoka (Vladivostok): 81 (1978). Anamorphic *Pleosporaceae* [17, 18]. На листьях *Geranium pratense* L. (*Geraniaceae*) – Дендросад С. А. Гомзы.

Macrosporium cladosporioides Desm., (1857) Anamorphic *Lewia* [4]. На листьях *Paeonia lactiflora* Pall. (*Paeoniaceae*) – Дендросад С. А. Гомзы.

Macrosporium digitalis Milovtz., (1937). Anamorphic *Lewia* [4]. На листьях *Digitalis grandiflora* Mill. (*Scrophulariaceae*) – Дендросад С. А. Гомзы.

Macrosporium melandrii Vasyag., Izv. Akad. Nauk kazakh. SSR, ser. biol. 1 (13): 102 (1957). Anamorphic *Lewia* [14]. На листьях *Melandrium album* (Mill.) Garcke (*Cariophyllaceae*) – Мядельское лесн., окр. сан. «Сосны», кв. 109.

Marsonina campanulae (Bress et Allesch) P. Magn [3]. На листьях *Campanula latifolia* L. (*Campanulaceae*) – Дендросад С. А. Гомзы.

Ovularia paeoniae Domashova, Mikoflora Khrebtu Terskei Ala-Too Kirgizskoi SSR [Mycoflora of the Ter Ridge of the Ala-Too in the Kirgiz SSR]: 203 (1960). Anamorphic *Mycosphaerella* [2]. На листьях *Paeonia lactiflora* Pall (*Paeoniaceae*) – Дендросад С. А. Гомзы.

Ovularia schroeteri (J. K. Kuhn) Sacc., (1886). Syn.: *Ramularia schroeteri* J. K. Kuhn. in Rabenhorst 1881. Anamorphic *Mycosphaerella* [2, 4, 5, 13]. На листьях *Alchemilla semilunaris* Alech. (*Rosaceae*) – Нарочанское лесн., окр. дер. Черемшицы, кв. 135.

Pestalotia vacciniicola Guba [as 'vaccinicola'], Mycologia 24 (4): 384 (1932). Anamorphic *Broomella* [3]. На листьях *Vaccinium uliginosum* L. (*Ericaceae*) – Мядельское лесн., окр. сан. «Сосны», кв. 101.

Phyllosticta arborea Сейр; Nova Hedwigia 13: 184 (1967). Anamorphic *Guignardia* [10]. На листьях *Paeonia lactiflora* Pall (*Paeoniaceae*) – Дендросад С. А. Гомзы.

Phyllosticta cruenta (Fr.) J. Kickx f., Fl. Crypt. Flandres 1: 412 (1867). Syn.: *Sphaeria cruenta* Fr. Syst. Mycol., II, 1829, p. 581. Anamorphic *Guignardia* [4, 11]. На листьях *Convallaria majalis* L. (*Liliaceae*)—Нарочанское лесн., окр. Курортного поселка Нарочь, кв. 42.

Phyllosticta geraniicola Siemaszko, (1914). Anamorphic *Guignardia* [4]. На листьях *Geranium pratense* L. (*Geraniaceae*)—Дендросад С. А. Гомзы.

Phyllosticta leptidea Allesch., Rabenh. Krypt.—Fl., Edn 2 (Leipzig) 1 (7): 94 (1903) [1901]. Anamorphic *Pezizomycotina* [4]. На листьях *Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Авгог. (*Ericaceae*)—Мядельское лесн., окр. сан. «Сосны», кв. 101. Нарочанское лесн., окр. дер. Малый Сырмеж, кв. 66.

Phyllosticta rudbeckiae Ell. et Ev. Syn.: *Ascochyta lappae* (Sacc.) Jaap, Anns mycol. 12: 26 (1914)., *Phyllosticta lappae* Sacc., Michelia 1 (no. 2): 151 (1878). Anamorphic *Didymella* [7]. На листьях *Echinacea purpurea* L. (*Asteraceae*)—Дендросад С. А. Гомзы.

Phyllosticta viola Desm., Anns Sci. Nat., Bot., sér. 38: 29 (1847). Anamorphic *Guignardia* [4]. На листьях *Viola palustris* L. (*Violaceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Малый Сырмеж, кв. 66.

Ramularia centaureae Lindr., Acta Soc. Fauna Flora fenn. 22 (3): 7 (1902) Anamorphic *Mycosphaerella* [13, 19]. На листьях *Centaurea scabiosa* L. (*Asteraceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Наносы, кв. 109.

Ramularia gei (A. G. Eliasson) Lindr., Anns mycol. 2 (1): 57 (1904). Syn.: *Ovularia gei* Eliass. A. G. Eliasson, Hist. stirp. Helv. 22: 18 (1897)., *Ramularia gei* (A. G. Eliasson) Höhn., Anns mycol. 2 (1): 57 (1904). Anamorphic *Mycosphaerella* [2, 4, 5, 13]. На листьях *Geum rivale* L. (*Rosaceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Занарочь, кв. 131.

Ramularia geranii (Westend.) Fuckel, Jb. nassau. Ver. Naturk. 23–24: 361 (1870) [1869–70]. Syn.: *Cylindrosporium geranii* (Westend.) J. Schröt. [as *Cylindrospora*], in Cohn, Krypt.—Fl. Schlesien (Breslau) 3.2 (4): 486 (1897) [1908] *Fusidium geranii* Westend., Bull. Jard. bot. Brux.: 413 (1851) *Ramularia geranii* (Westend.) Lindau, Rabenh. Krypt.—Fl., Edn 2 (Leipzig) 1.8 (6): 464 (1906) [1907] *Ramularia geranii* (Westend.) Fuckel, Jb. nassau. Ver. Naturk. 23–24: 361 (1870) [1869–70] f. *geranii*. *Ramularia geranii* (Westend.) Fuckel, Jb. nassau. Ver. Naturk. 23–24: 361 (1870) [1869–70] var. *geranii*. Anamorphic *Mycosphaerella* [2, 5]. На листьях *Geranium palustre* L. (*Geraniaceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Черемшицы, кв. 135.

Ramularia grevilleana (Tul.) Jørst., Meldinger fra Statens Plantepatologiske Institut Oslo 50: 17 (1945). Anamorphic *Mycosphaerella* [2, 5, 9]. На листьях: *Fragaria vesca* L. (*Rosaceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Занарочь, кв. 131.

Ramularia lichnicola Cooke (1885)., Anamorphic *Mycosphaerella* [2, 13]. На листьях *Melandrium album* (Mill.) Garcke (*Cariophyllaceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Наносы, кв. 109.

Ramularia pratensis Sacc., Michelia 2 (no. 8): 550 (1882). Anamorphic *Mycosphaerella* [2, 5]. На листьях *Acetosa thyrsoiflora* (Fingerh.) A. et D. (*Polygonaceae*)—Нарочанское лесн., окр. дер. Наносы, кв. 109.

Ramularia primulae Thüm., Öst. bot. Z. 28: 147 (1878). Syn.: *Cylindrosporium primulae* (Thüm.) J. Schröt. [as 'Cylindrospora'], in Cohn, Krypt.–Fl. Schlesien (Breslau) 3.2 (4): 492 (1897) [1908]. Anamorphic *Mycosphaerella* [2, 5]. На листьях *Primula veris* L. (*Primulaceae*)–Нарочанское лесн., окр. дер. Наносы, кв. 109.

Ramularia salviae Hollós, (1926). Anamorphic *Mycosphaerella* [2, 5, 13]. На листьях *Salvia arvensis* L. (*Lamiaceae*)–Дендросад С. А. Гомзы.

Ramularia saxifragae (Syd. ex J. Schröt.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 14 (2): 1061 (1899). *Cylindrosporium saxifragae* Syd. ex J. Schröt. [as 'Cylindrospora'], in Cohn, Krypt.–Fl. Schlesien (Breslau) 3.2 (4): 487 (1897) [1908]., *Ramularia saxifragae* Syd., Mycotheca marchia: no. 2596 (1889). Anamorphic *Mycosphaerella* [2, 13]. На листьях *Bergenia pacifica* Kom. (*Saxifragaceae*)–Дендросад С. А. Гомзы.

Septoria origanicola Allesch, Ber. bayer. bot. Ges. 4: 35 (1896). Anamorphic *Mycosphaerella* [12, 15]. На листьях *Origanum vulgare* L. (*Lamiaceae*)–Дендросад С. А. Гомзы.

Sphaceloma plantaginis Jenkins & Bitanc., J. Wash. Acad. Sci. 36 (7): 225 (1946). Anamorphic *Elsinol* [3, 15]. На листьях *Plantago major* L. (*Plantaginaceae*). Нарочанское лесн., окр. дер. Черемшицы, кв. 135.

Sporidesmium campanulae Oudem., (1904). Anamorphic *Pleosporales* [4]. На листьях *Campanula latifolia* L. (*Campanulaceae*)–Дендросад С. А. Гомзы.

Stemphylium botryosum Wallr. Fl. crypt. Germ. (Nürnberg) 2: 300 (1833). Syn.: *Pleospora tarda* E. G. Simmons, Sydowia 38: 291 (1986) [1985]. *Pleosporaceae* [4, 9, 14, 18]. На листьях *Origanum vulgare* L., *Agastache rugosa* (Fisch. et C.A. Mey.) O. Kuntze (*Lamiaceae*)–Дендросад С. А. Гомзы. На листьях *Chelidonium majus* L (*Papaveraceae*)–Мядельское лесн., окр. санатория Сосны, кв. 99. На листьях *Primula veris* L. (*Primulaceae*), *Melandrium album* (Mill.) Garcke (*Cariophyllaceae*)–Нарочанское лесн., окр. дер. Наносы, кв. 109. На листьях *Geranium palustre* L (*Geraniaceae*)–Нарочанское лесн., окр. дер. Черемшицы, кв. 135. На листьях *Vaccinium myrtillus* L. (*Ericaceae*)–Нарочанское лесн., окр. дер. Малый Сымеж, кв. 66.

Valdensia heterodoxa Peyronel, Staz. Sperim. Arg. Ital. 56: 521 (1923). Anamorphic *Valdensinia* [8]. На листьях *Vaccinium myrtillus* L. (*Ericaceae*)–Мядельское лесн., окр. санатория Сосны, кв. 99, 101., «Автокемпинг Нарочь» кв. 117.

Ulocladium atrum Preuss, Linnaea 25: 75 (1852). Anamorphic *Pleosporaceae*. [9, 18]. На листьях *Campanula latifolia* L. (*Campanulaceae*)–Дендросад С. А. Гомзы.

В результате проведенных ботанико-микологических исследований на 28 видах растений, принадлежащих к 18 семействам, идентифицировано 52 вида анаморфных грибов из 19 родов: *Alternaria*, *Ascochyta*, *Cercosporella*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Embellisia*, *Enthomsporium*, *Macrosporium*, *Marsonina*, *Ovularia*, *Pestalotia*, *Phyllosticta*, *Ramularia*, *Septoria*, *Sphaceloma*, *Sporidesmium*, *Stemphylium*, *Valdensia*, *Ulocladium*.

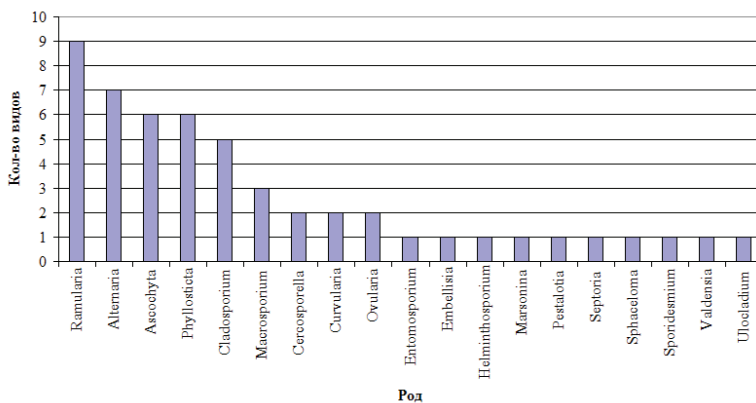


Рис. 1. Количественное распределение видов анаморфных грибов по родам.

Таксономический анализ выявленной микобиоты показывает, что большинство идентифицированных видов анаморфных микроцетов относится к роду *Ramularia*, который по количеству видов (9) занимает первое место. В роде *Alternaria* идентифицировано 7 видов грибов. В родах *Ascochyta* и *Phyllosticta* – по 6 видов. Род *Cladosporium* по числу видов (5) занимает четвертое место. В роде *Macrosporium* – 3 вида. Далее следуют роды гифальных грибов *Cercospora*, *Curvularia*, *Ovularia*, в которых насчитывается по 2 вида. По 1 виду определено в 10 родах: *Entomosporium*, *Embellisia*, *Helminthosporium*, *Marsonina*, *Pestalotia*, *Septoria*, *Sphaeloma*, *Sporidesmium*, *Valdensia* и *Ulocladium*.

Практически во всех исследуемых природных фитоценозах и агроценозах отмечено слабое поражение растений анаморфными грибами (0–2). В основном это касается представителей родов *Ascochyta*, *Cercospora*, *Helminthosporium*, *Ovularia*, *Ramularia*, *Septoria*, *Valdensia* – видоспецифичных возбудителей пятнистостей листьев, которые в совокупности с сапротрофами *Alternaria*, *Cladosporium*, *Embellisia*, *Sporidesmium*, *Stemphylium*, *Ulocladium*, образуя первичные микоценоотические комплексы, и к концу вегетационного периода могут привести растение либо популяцию к полной гибели.

Как правило, отмечались поражения, охватывающие менее 10% поверхности того или иного органа растения-хозяина, что соответствует 1 баллу по пятибалльной шкале оценки развития болезни (0–4). Однако зафиксированы случаи, когда интенсивность поражения растений достигала 3 баллов, и уже в конце июня заболевание представляло потенциальную опасность не только для отдельных экземпляров, но для определенной популяции в целом. Например, во всех локалитетах и во всех типах леса НП «Нарочанский» наблюдалось повреждение листьев *Vaccinium*

myrtillus грибом *Valdensia heterodoxa*. Поражение охватывало примерно до 10% поверхности органа растения-хозяина, при этом в ряде случаев отмечено поражение болезнью до 40% поверхности листа.

Заключение. Краткий обзор приведенных данных ботанико-микологического анализа свидетельствует о многообразии группы *Anamorphic fungi*, их варибельности по отношению к колонизируемому растительному субстрату, о достаточно высокой степени поражения растений и, как следствие, необходимости дополнительных исследований по идентификации видового состава анаморфных грибов – возбудителей болезней растений для оценки фитопатологической ситуации, а также разработки эффективных методов борьбы с фитопатогенами в данном регионе Беларуси.

В итоге полученные достоверные сведения представляют научную ценность не только для ботаников, микологов-фитопатологов, но и практический интерес для более широкого круга лиц, в частности для работников Дендросада С. А. Гомзы.

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, 1937. Т. 1: Гифомицеты. 518 с.
3. Василевский Н.И., Каракулин Б.П. Паразитные несовершенные грибы. Определитель: в 2 т. 1-е изд. М.Л.: Академия наук СССР, 1950. Т. 2: Меланкониальные. 680 с.
4. Визначник грибів України. Несовершені гриби / С.Ф. Морочковский, [и др.]; под общ. ред. Д.К. Зерова. 1-е изд. –Київ: Наукова думка, 1971. Т. 3. 696 с.
5. Вимба Э.К. Грибы рода *Ramularia* Sacc. в Литовской ССР. 1-е изд. Рига: Знание, 1970. 200 с.
6. Красная книга Республики Беларусь. Растения / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Национальная Академия наук Беларуси; редкол.: И.М. Качановский [и др.]. 4-е изд. Минск: Беларуская Энцыклапедыя імя П. Броўкі, 2015. С. 109 с.
7. Мельник В. А. Определитель грибов рода *Ascochyta* Lib. 1-е изд. Ленинград: Наука, 1977. 246 с.
8. Мельник В. А., Попушой И. С. Несовершенные грибы на древесных и кустарниковых породах. Кишинев: Штиница, 1992. 361 с.
9. Пидопличко Н. М. Грибы – паразиты культурных растений. Определитель: в 3 т. 1 изд. Киев: Наукова думка, 1977. Т. 2: Грибы несовершенные. 299 с.
10. Пидопличко Н. М. Грибы – паразиты культурных растений. Определитель: в 3 т. 1 изд. Киев: Наукова думка, 1977. Т. 3: Пикнидиальные грибы. 232 с.
11. 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.
12. 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.

13. Флора споровых растений Казахстана. Несовершенные грибы. Монилиальные / С. Р. Шварцман [и др.]; под общ. ред. С. Р. Шварцмана. Алма-Ата: Наука, 1973. Т. VIII. Ч. 1. 528 с.
14. Флора споровых растений Казахстана. Несовершенные грибы. Монилиальные / С. Р. Шварцман [и др.]; под общ. ред. С. Р. Шварцмана. Алма-Ата: Наука, 1975. Т. VIII. Ч. 2. 520 с.
15. Тетеревникова-Бабаян Д. Н. Грибы рода Септория в СССР. 1-е изд. Ереван: АН Арм ССР, 1987. 479 с.
16. Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-западной России. Санкт-Петербург: СПХФА, 2000. 782 с.
17. Ellis M. B. *Dematiaceous hyphomycetes*. 1-t ed. Surrey: Kew, 1971. 608 p.
18. Ellis M. B. *More dematiaceous hyphomycetes*. 2-d ed. Surrey: Kew, 1976. 507 p.
19. Kirk P. M. Index of fungi. // The global fungal nomenclator [Electronic resource]. The CABI, 2003–2004. Mode of access: <http://indexfungorum.org/> Date of access: 07.09.2016.

С. И. КОРИНЯК
**АНАМОРФНЫЕ ГРИБЫ – ВОЗБУДИТЕЛИ БОЛЕЗНЕЙ
СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В ПРИРОДНЫХ СООБЩЕСТВАХ
И АГРОЦЕНОЗАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»**

Резюме

В вегетационные периоды на территории Национального парка «Нарочанский» проведена идентификация анаморфных грибов на ряде сосудистых растениях. Исследовано 8 местообитаний, где было собрано 28 пораженных видов растений из 18 семейств. На данных растениях определено 52 вида микромицетов из 19 родов, многие из которых, являясь возбудителями пятнистостей листьев, представляют потенциальную опасность для некоторых растений природных сообществ и агроценозов НП «Нарочанский».

S. I. KORINIAK
**ANAMORPHIC FUNGI ARE AGENTS OF PLANTS DECIASES
AT PHYTO- AND AGROCENOSES IN NATIONAL PARK
«NAROCHANSKYJ»**

Summary

The work on identification of pathogen fungi at the territory of National park «Narochanskyj» at vegetation period of time was done. Eight places were observed and 28 species of plants from 18 families were collected. 52 species of *anamorphic fungi* from 19 genuses were identified on those plants. Many of them are agents of leaf spots and are dangerous to some plants of phyto- and agrocenoses in NP «Narochanskyj».

Поступила в редакцию 23.09.2016 г.

В. Д. ПОЛИКСЕНОВА
**МИКОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ НА КАФЕДРЕ БОТАНИКИ БЕЛОРУССКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Белорусский государственный университет, г. Минск

Кафедра ботаники была одной из трех первых кафедр естественнонаучного факультета БГУ, открытого в 1921 г. Первоначально научные исследования были связаны только с изучением флоры высших растений и водорослей.

Однако исследования микобиоты на кафедре ботаники также имеют давние научные традиции. Они связаны с именами известных ученых в области лихенологии (науки о лишенизированных грибах, как теперь принято считать), микологии, фитопатологии, которые в различные периоды работали на кафедре и в значительной мере определили основные направления исследований.

В 1934–1937 гг. под руководством академика АН БССР профессора М. П. Томина, который преподавал на кафедре, было начато изучение лишайников Беларуси. Под влиянием этих работ доцентом Н. О. Цеттерман впервые в республике проведено исследование и защищена диссертация по видовому составу и экологии лишайников рода *Cladonia*. В дальнейшем исследованием разнообразия лишайников в различных регионах Беларуси периодически занимались профессор А. С. Шуканов, доценты В. К. Горовец, А. И. Стефанович и руководимые ими студенты (В. В. Голубков, А. П. Яцына и др.).

Наиболее последовательно и систематически на кафедре изучаются фитопатогенные грибы и грибоподобные организмы.

Эти исследования связаны с именем лауреата Государственной премии СССР, академика, профессора Н. А. Дорожкина, который начал работу на кафедре еще в 1933 г., а с 1948 г. по 1971 г. (с перерывами) её возглавлял. Около 40 лет академик Н. А. Дорожкин готовил кадры специалистов в БГУ и других возглавляемых им научных учреждениях, заложил основные направления, связанные с изучением фитопатогенных микромицетов, сформировал в Беларуси школу фитопатологов, кадры для которой он нередко формировал из выпускников кафедры. Академик Н. А. Дорожкин любил цитировать слова великого миколога Антона де Бари: «Научное значение ученого определяется не столько тем, что он оставил в виде трудов, сколько тем влиянием, которое он оказывает на своих учеников, помогая им и побуждая их к самостоятельной работе». Достаточно сказать, что под руководством Н. А. Дорожкина защищено около 70 кандидатских диссертаций, из них примерно 30 – выпускниками кафедры ботаники биологического факультета БГУ. По его инициативе с 1933 г. по 1971 г. дипломниками, аспирантами, преподавателями была выполнена серия актуальных для республики исследований возбудите-

лей микозов картофеля, зерновых, бобовых, ряда технических и овощных культур. Особое внимание уделялось изучению распространения и биоэкологии патогенных микромицетов, что позволило создать научную базу для разработки мер профилактики и борьбы с патогенами растений. В целом труды Н. А. Дорожкина и его учеников направлены на фундаментальное изучение биологии возбудителей болезней сельскохозяйственных культур в Беларуси, разработку теории иммунитета растений к болезням и методов комплексной защиты их от патогенов [8].

Академик Н. А. Дорожкин всегда подчеркивал, что исследование грибов, в т. ч. фитопатогенных, должно проводиться в конкретных условиях их обитания. Поэтому в начале 1960-х годов, одновременно с широко развернувшимися исследованиями флоры Беларуси, на кафедре началось также изучение видовой разнообразия грибов, сначала в искусственных, а затем и в естественных растительных сообществах. Усилиями З. Н. Кудряшовой, А. С. Шуканова, А. И. Стефановича составлены первые списки представителей мучнисторосяных и ржавчинных грибов Беларуси, обитающих в лесных, луговых, болотных сообществах и в агрофитоценозах. В дальнейшем обширные сборы фитопатогенных микромицетов проведены И. С. Гириловичем, на их основании подготовлены и изданы монографии, посвященные пероноспорным грибоподобным организмам и мучнисторосяным грибам, в которых приведены сведения о видовом разнообразии и распространении этих групп микромицетов в республике [2, 3].

При участии специализирующихся на кафедре ботаники студентов изучается микобиота различных регионов Беларуси; охраняемых территорий — национальных парков «Беловежская пушча», «Нарочанский», «Припятский», «Браславские озера», заказников и памятников природы; парков, рекреационных зон, урбанизированных территорий (Шуканов А. С., Стефанович А. И., Гирилович И. С., Лемеза Н. А., Храмцов А. К., Поликсенова В. Д., Федорович М. Н.). Впервые подробно исследована экологическая группа водных гифомицетов, найдены 3 вида, новых для науки (В. И. Гулис) [15]. Проведено исследование микоризных грибов (В. В. Карпук), миксомицетов (Шуканов А. С.). Изучены микромицеты определенных таксонов (пор. Erysiphales, Uredinales, Peronosporales, р. *Alternaria*, р. *Botrytis*) [6].

Надо отметить, что обширная группа фитопатогенных микромицетов в Беларуси на сегодняшний день изучена все еще недостаточно, особенно на дикорастущих растениях. Вместе с тем, многие из этих растений являются резерватами инфекции для культиваров, а ряд обнаруживаемых грибов являются для них потенциально опасными патогенами.

В последние два десятилетия наиболее интенсивно изучаются фитопатогены центральной части Беларуси. Здесь зарегистрировано около 600 видов фитопатогенных микромицетов из 5 отделов — Oomycota, Chytridiomycota, Ascomycota, Basidiomycota, Deuteromycota. Большая часть их паразитирует на растениях из эволюционно молодых, процветающих семейств Сложноцветные, Бобовые, Крестоцветные, Злаки. Эти семейства включают значительное количество таксонов и биоморф, и достаточно широко распространены по территории республики.

На основании анализа трофических связей фитопатогенов установлено, что 45 видов грибов поражает как культивируемые, так и дикорастущие виды растений, которые могут являться резерватами первичной инфекции для экономически значимых культур.

Отмечено, что синантропизация флоры и расширение культурных ландшафтов способствуют миграции новых, иной раз очень опасных видов патогенных грибов, вызывающих эпифитотии (например, *Oidium lycopersici* Cooke & Massee, *Pseudoperonospora cubensis* (Berkeley & Curtis) Rostovtsev в 1980-е годы).

В последнее время все большее внимание уделяется проблемам, связанным с проникновением и расселением чужеродных (неаборигенных) организмов. В некоторых регионах широкое расселение неаборигенных видов признано основной угрозой биоразнообразию. Наряду с чужеродными видами растений и вместе с ними на новые территории проникают и патогенные грибы. Последствия от вторжения и дальнейшего распространения чужеродных фитопатогенных микромицетов в растительных сообществах бывают катастрофичны, т. к. приводят к массовым заболеваниям и, нередко, гибели растений.

К сожалению, сведения о географии и первичных ареалах многих видов фитопатогенных микромицетов далеки от полноты, поэтому заключение о чужеродности вида может быть сделано с известной оговоркой и возможными коррективами.

Нами предложены критерии для выявления чужеродных для данной территории видов фитопатогенных микромицетов, основанные на их консортивных связях. На сегодняшний день в Беларуси выявлено всего 134 чужеродных вида патогенных микромицетов. При этом подавляющее большинство из них идентифицировано на культивируемых растениях и лишь 30% – на дикорастущих, преимущественно травянистых растениях.

Мониторинг круга питающих растений для чужеродных видов грибов в Беларуси показал тенденцию к его расширению: отмечено участие одного и того же патогена в составе многих консорций. Ряд прежде выявленных микромицетов обнаружены на новых видах чужеродных растений, что позволяет говорить о расширении у них круга растений-хозяев. Например, мучнисторосяный гриб *Microsphaera jaczewskii* U. Braun отмечен не только на *Syringa vulgaris* L., но и *S. villosa*, а также *S. josikaea*; а возбудитель мучнистой росы зонтичных *Erysiphe heraclei* D.C. сильно поражает не только аборигенные борщевики, но и инвазивный вид борщевик Сосновского.

Как пример микромицета, начавшего интенсивно распространяться в Беларуси на аборигенном виде растения-хозяина, можно привести двуххозяйинный ржавчинный гриб *Gymnosporangium sabinae* (Dics.) G. Winter., вызывающий массовое поражение листьев груши обыкновенной. Еще в 1960-х гг. ареал этого гриба захватывал юг Украины, Кавказ, Молдову, но не был отмечен на территории Беларуси. По-видимому, наблюдаемое распространение патогена стало возможным в связи с интродукцией его основного хозяина – можжевельника казацкого (*Juniperus sabina* L.), чужеродного для Беларуси вида, который стал широко использоваться для озеленения [7].

Отмечено продвижение далеко на север республики головневого гриба *Ustilago maydis* (DC.) Corda, который вызывает пузырчатую головню кукурузы. Хотя он является известным чужеродным для Беларуси видом, прежде характерным для южных областей республики, но в последние годы продвинулся далеко на север в районы посевов кукурузы и встречается во многих местах Беларуси. Зарегистрированы и другие виды, прежде не отмечавшиеся на территории республики, но известные в южных регионах (*Leveillula helichrysi* V.P. Heluta & Simonyan, *Podosphaera amelanchieris* Maurizio) [1, 11, 16].

Анализ сходства видового состава чужеродных фитопатогенных микромицетов Беларуси и пяти сопредельных государств показал, что в Беларуси выявлено 24 вида фитопатогенов, являющихся также чужеродными для Литвы, 22 вида – для Польши, 6 видов – для России, по 5 видов – для Латвии и Украины.

В распространении чужеродных видов фитопатогенных микромицетов наблюдается определенная закономерность. Установлено, что они трофически связаны в основном с чужеродными для республики видами растений, реже – с аборигенными. Наибольшее разнообразие чужеродных видов фитопатогенных микромицетов в консорциях чужеродных видов растений приурочено к центрам интродукции и акклиматизации хозяйственно-полезных неаборигенных растений (ботанические сады, питомники, приусадебные участки и т. п.), а также к свалкам, дорожным магистралям, агрофитоценозам. Из данных местообитаний происходит спонтанное распространение чужеродных видов патогенов совместно с консортами-детерминантами либо независимо от них в результате расширения круга хозяев из числа аборигенных видов.

Причинами же появления на территории Беларуси чужеродных и потенциально инвазионных видов фитопатогенных микромицетов является, прежде всего, увеличение видового разнообразия, интродукция цветочно-декоративных, пищевых и других хозяйственно-полезных растений как хозяев патогенов (консортот-детерминантов), а также занос инфекции.

Проникновению инвайдеров способствуют климатические аномалии, увеличение степени антропогенной трансформации ландшафтов и появление новых типов местообитаний, что приводит к внедрению новых видов растений, возникновению новых консортивных связей, снижению иммунитета растений и поражению их новыми видами фитопатогенных микромицетов [7].

К направлению, которое наряду с фундаментальным имеет и ясно выраженный прикладной результат, относится исследование болезней растений грибной этиологии, разработка методов их диагностики и снижения вредоносности. В рамках этих работ наряду с видовым особым вниманием уделяется внутривидовому разнообразию, которое отражает генетический полиморфизм грибов, связанный с адаптивной эволюцией живых организмов (Поликсенова В. Д., Храмцов А. К., Сидорова С. Г., Стадниченко М. Н., Федорович М. Н.).

Существенное влияние на структуру популяций фитопатогенных микромитозов оказывает как внешняя среда, так и вмешательство человека во взаимоотношения между растением и фитопатогеном (внедрение новых сортов, пестициды и др.), что приводит к образованию более агрессивных рас и биотипов, возрастанию паразитизма, к миграции и смене на растениях-хозяевах доминирующих патотипов. В рамках этого направления исследована динамика внутривидового разнообразия и проанализированы адаптивные микроэволюционные процессы в популяциях некоторых наиболее вредоносных патогенов овощных культур—*Cladosporium fulvum* Cke., *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* (Sacc.) W.C. Snyder and H.N. Hans, *Botrytis cinerea* Pers., *B. aclada* Fresen., *B. byssoidea* J.C. Walker, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.

Подобного рода исследования приобретают особую информативность в том случае, если проводятся в режиме мониторинга. Так, для *Cladosporium fulvum* Cke., возбудителя бурой пятнистости листьев томата в защищенном грунте, в результате более, чем 30-летних исследований установлено, что количество рас в популяции патогена колеблется волнообразно: при появлении нового гена вирулентности общее их число вначале возрастает за счет появления новых сложных рас с различной комбинацией генов, а в последующие годы снижается и стабилизируется за счет доминирования 1–3 из вновь образовавшихся рас.

Отмечена также закономерная связь количества вирулентных рас *C. fulvum* с колебаниями активности солнечной радиации (солнечная активность выражается числом Вольфа—расчетным значением, которое характеризует количество пятен на Солнце). Показано, что циклическое изменение солнечной активности, как правило, сопровождается закономерным изменением числа рас, идентифицируемых за вегетационный период. Возрастание показателя «число Вольфа» сопровождается возрастанием количества физиологических рас *C. fulvum*.

На основе анализа эволюционных процессов, происходящих в популяциях важнейших фитопатогенов овощных культур, предложена стратегия использования определенных генов устойчивости в селекции томата, на генетической карте хромосом картирован новый ген устойчивости к кладоспориозу Cf6 (совместно с генетиками), разработаны методы диагностики разных типов устойчивости растений к болезням, на один из которых получен патент, выделены болезнеустойчивые генотипы, разработаны способы повышения иммунитета и продуктивности растений экологически безопасными индукторами устойчивости. (В. Д. Поликсенова, С. Г. Пискун, А. К. Храмов, З. Е. Грушецкая О. В. Валько, М. А. Стадниченко, Т. Н. Сахарчук). Эти разработки использованы селекционерами Беларуси, а сотрудники кафедры являются соавторами 5 болезнеустойчивых сортов и гибридов овощных культур—томата (Поликсенова В. Д.) и сорта лука репчатого (Храмов А. К.). Опубликована монография «Микозы томата: возбудители заболеваний, устойчивость растений» [5].

В ходе исследований собран гербарий растений, пораженных фитопатогенами (около 8 тыс. образцов), а также коллекция чистых культур фитопатогенов (около 400 моно- и полиспоровых изолятов) [10].

Состав микологической коллекции в некоторой степени отражает изученность таксономических групп. Наиболее полно представлены виды таких порядков как *Peronosporales* (163), *Erysiphales* (120), *Uredinales* (230), а также порядок *Phycomycetales*, который включает более 200 видов. Большинство из них являются паразитами, развивающимися в филлоплане. В последнее время коллекция чистых культур пополнилась 9 видами лекарственных базидиомицетов, у которых изучается спектр их биологической активности (головач гигантский, бокальчик полосатый, бокальчик гладкий, трутовик лакированный, трутовик серно-желтый, березовая губка, гериций кораллоподобный, кориолус разноцветный).

На кафедре подготовлены и защищены 4 кандидатские диссертации по специальности «микология» (И. С. Гирилович, А. К. Храмов, С. Г. Пискун, В. И. Гулис), а также 4 магистерские диссертации. Ежегодно успешно проходят защиты дипломных работ по тематике разнообразия микобиоты и устойчивости растений; многие из них, отмечены дипломами на Республиканских конкурсах студенческих научных работ.

На кафедре ботаники читаются спецкурсы «Микология», «Прикладная микология». Изданы учебные пособия по общему курсу «Альгология и микология», а также для проведения летней учебной практики [4, 9, 12–14].

Среди ныне работающих микологов, фитопатологов, лишенологов республики – выпускники кафедры ботаники (Шапорова Я. А., Юрченко Е. О., Кориняк С. И., Голубков В. В., Яцына А. П.), которые прошли через аспирантуру ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси» и в лаборатории микологии выросли как специалисты под руководством к. б. н. О. С. Гапиенко и академика В. И. Парфенова.

Таким образом, микологические и фитопатологические исследования на кафедре ботаники БГУ имеют последовательный и разносторонний характер, позволяют решать как фундаментальные, так и прикладные задачи, в том числе в области биологического профильного образования.

Литература

1. Гелюта В. П., Гирилович И. С. // Украинский ботанический журнал. 2008. Т. 65, № 6. С. 891–895.
2. Гирилович И. С. Грибоподобные организмы (порядок *Peronosporales*) Беларуси. Минск: БГУ, 2013.
3. Гирилович И. С. Мучнисторосяные грибы (пор. *Erysiphales*) Беларуси. Минск: БГУ, 2015 [Электронный ресурс].
4. Лемеза Н. А. Альгология и микология: Практикум. Минск: Вышэйшая школа, 2008. 319 с.
5. Поликсенова В. Д. Микозы томата: возбудители заболеваний, устойчивость растений. Минск: БГУ, 2008. 160 с.
6. Поликсенова В. Д. Флористические и микологические исследования на кафедре ботаники Белгосуниверситета // Актуальные проблемы изучения фито- и микобиоты: Сб. статей Международной науч.–практ. конф. (г. Минск, 25–27 октября 2004 г.). Минск: Издательский центр БГУ, 2004. С. 3–8.
7. Поликсенова В. Д., Храмов А. К. // Вестник БГУ. Сер. 2. 2015. № 3. С. 43–48.

8. Поликсенова В. Д., Шуканов А. С. Николай Афанасьевич Дорожкин (к 110-летию со дня рождения) // Вестник БГУ. Сер. 2. 2016. № 1. С. 83–85.
9. Природа Беларуси: энциклопедия. В 3 т. Т. 3. Растения, грибы, животные. редкол.: В. Ю. Александров [и др.]. Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2014.
10. Сауткина Т. А., Поликсенова В. Д., Дробышевская С. М. Гербарий Белорусского государственного университета (MSKU). Минск: БГУ, 2016. 88 с.
11. Храмцов А. К. // Мониторинг и оценка состояния растительного мира: Материалы Международной научной конференции (Минск, 22–26 сентября 2008 г.) / Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск: Право и экономика, 2008. С. 427–429.
12. Шуканов А. С., Поликсенова В. Д., Стефанович А. И., Храмцов А. К. Микология: основные понятия и термины. Учебно-методическое пособие. Минск: БГУ, 2004. 122 с.
13. Шуканов А. С., Стефанович А. И., Поликсенова В. Д., Храмцов А. К. Альгология и микология: летняя учебная практика. Минск: БГУ. 2007. 200 с.
14. Шуканов А. С., Стефанович А. И., Поликсенова В. Д., Храмцов А. К. Альгология и микология. Учебное пособие для студентов биологических факультетов. Минск: БГУ. 2009. 600 с.
15. Gulis V. // Mycotaxon. V. LXXII, P. 227–230.
16. Heluta V. P., Hirylovich I. S. // Ukr. Bot. J., 2016, 73(1): 78–83.

В. Д. ПОЛИКСЕНОВА
**МИКОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ НА КАФЕДРЕ БОТАНИКИ БЕЛОРУССКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Резюме

В статье представлен краткий очерк истории образования и деятельности кафедры ботаники биологического факультета БГУ за весь период ее существования (1921–2016 гг.), представлены фундаментальные и прикладные направления микологических и фитопатологических исследований, выполнявшихся сотрудниками и студентами кафедры.

V. D. POLIKSENOVA
**MICOLOGICAL AND PHYTOPATHOLOGICAL INVESTIGATIONS ON
THE BOTANICAL FACULTY OF THE BELARUSSIAN STATE UNIVERSITY**

Summary

A short essay on history of formation and taking an active part in mycological and phytopathological investigations by teaching body and students of the Botanical faculty of the Biological department of the Belarussian state university over the period of faculty existence (1921–2016). The thorough knowledge and practical directions of investigations are presented.

Поступила в редакцию 12.10.2016 г.

Т. Г. ШАБАШОВА, Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА, С. И. КОРИНЯК
**ОСОБЕННОСТИ МЕТОДА ОТБОРА ОБРАЗЦОВ
ПРИ МИКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ ПОМЕЩЕНИЙ**

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

Введение. Споры грибов попадают в помещения из внешней среды с атмосферным воздухом, заносятся человеком на одежде, обуви, предметах быта и т. д., а благодаря наличию широкого спектра ферментов, грибы могут использоваться в качестве пищевого субстрата различные материалы как естественного, так и искусственного происхождения: древесину, обои, текстиль, масляные и водоэмульсионные краски, штукатурку, побелку, цемент. Могут активно колонизировать и расти на мебели, стенах, оконных рамах, трубах отопления, одежде, обуви и т. д., оказывая деструктивное действие не только на предметы интерьера, но и на здоровье человека. Данные о составе микрофлоры воздуха закрытых помещений весьма актуальны, так как в воздухе почти всегда присутствуют споры и фрагменты мицелия грибов и их метаболиты, которые могут оказывать токсическое воздействие, способствовать развитию микозов, а также провоцировать развитие аллергических реакций [1]. Проведенные многочисленные исследования свидетельствуют о постоянном увеличении числа аллергических заболеваний, включая рост микогенной сенсибилизации, т. е. грибы являются фактором риска развития аллергии у лиц с генетической предрасположенностью к атопии, наследственной формой повышенной чувствительности организма к факторам окружающей среды. По данным разных авторов, от 6 до 15 % всего населения и от 2 до 30 % аллергически больных людей сенсибилизированы к микромицетам, т. е. грибы являются фактором риска развития аллергии у лиц с генетической предрасположенностью к атопии, наследственной формой повышенной чувствительности организма к факторам окружающей среды [2–3]. Спектр ведущих аллергенов плесневых грибов в разных климатогеографических регионах различен, что напрямую связано с особенностями микобиоты конкретного региона, плесневые грибы в закрытых помещениях выделяются на протяжении всех сезонов, как теплого, так и холодного.

Результаты и их обсуждение. На сегодняшний день пока не разработаны и не утверждены методы отбора образцов микроскопических грибов для закрытых помещений и их видового определения, поэтому для подбора методов изучения степени контаминации помещений и видовой принадлежности микроскопических грибов мы начали со стандартных методик отбора проб биологических субстратов на примере отбора проб почвы.

1. Метод почвенных разведений С. А. Уоксмана. Этим методом определяется количество грибных спор и фрагментов мицелия путем высева на полноценную питательную среду для подсчета колоний. Из почвы

готовят водные почвенные суспензии и методом последовательных серийных разведений производят посев на питательные среды в четырех повторностях.

2. Метод прямого посева почвы на агаризованную питательную среду Дж. Х. Уоркапа для определения более полного видового состава почвенных микромицетов.

Но при исследовании закрытых помещений существует специфика отбора проб, очень часто грибы заселяют такие поверхности как оконные рамы, потолок, стены, пол и т. д., т. е. существует трудность в отборе определенной массы пробы, т. к. мицелиальные грибы обычно не проникают в субстрат глубоко, а развиваются на его поверхности. Поэтому мы модифицировали и адаптировали существующие методы к специфике изучения грибов в помещениях.

Методика отбора проб с твердых поверхностей

1 этап – подготовительный. Для отбора проб необходимы следующие инструменты: скальпель (нож), ватные диски, ватные палочки, целлофановые пакеты с защелкой, стерильные чашки Петри или пробирки, резиновые перчатки, маркер.

2 этап – отбор проб. При отборе проб следует взять образцы пораженных поверхностей, со стен с побелкой или краской сделать соскоб скальпелем, с обоев – отделить небольшой фрагмент и поместить каждый образец в целлофановый пакет или чашку Петри, с пластмассовых поверхностей – снять ватным диском или ватной палочкой и также поместить в целлофановый пакет или пробирки, маркером необходимо подписать отбираемые пробы: дата, адрес, место взятия образца. После каждого взятия пробы следует протирать инструменты дезинфицирующим веществом.

3 этап – анализ отобранных образцов.

Для определения и анализа видового состава отобранные образцы можно исследовать несколькими методами:

- прямого микроскопирования отобранных образцов;
- непосредственного посева пробы на питательную среду;
- отпечатка на питательную среду (если используется ватный диск или палочка).

Метод непосредственного микроскопирования образцов имеет существенный недостаток – в отобранных пробах очень часто присутствуют фрагменты мицелия или споры грибов, которые сложно идентифицировать. Однако этот метод можно использовать в случае поражения древесины трутовыми грибами, которые легко идентифицируются без посева на среду.

Препараты из сухого материала делаются в 3%-ном растворе КОН. Срезы плодовых тел производятся лезвием под бинокуляром. Для некоторых видов гелоциевых характерны метакроматические реакции в растворе едкого калия – изменение окраски эктиэксципула или волосков, т. н. йодомитические реакции, являющиеся важным диагностическим признаком.

Для повышения контрастности препаратов применяется преимущественно эритрозин. В случае изучения представителей оперкулятных

дискомицетов для определения амилоидной, декстриноидной или отрицательной реакции апикальной поры сумок добавляется йод. Препараты гифомицетов и целомицетов готовятся преимущественно в дистиллированной воде, для окрашивания применяется эритрозин.

При посеве образцов в качестве питательной среды следует использовать полноценную среду, без лимитирующих факторов для более полного выявления видового состава грибов – картофельно-глюкозный агар, сусло агар или Мальц-агар. Чашки Петри с посевами помещают в термостат с постоянной температурой $24 \pm 1^\circ\text{C}$. Визуальный анализ и подсчет колоний проводят на пятые сутки или в зависимости от скорости роста гриба в течение 2–3-х недель. После визуального анализа микроорганизмов проводят изоляцию видов в чистые культуры путем многократных пересевов. Выросшие колонии грибов изолируются в пробирки с полноценной питательной средой для длительного хранения.

Для документирования проводимых экспертиз необходима фотосъемка пораженных поверхностей в помещениях, а также макросъемка колоний грибов на чашках Петри и микросъемка особенностей анатомо-морфологических структур мицелия и конидиогенного аппарата грибов.

Методика отбора проб воздуха

Существуют два основных способа отбора проб воздуха для исследования:

- седиментационный (метод оседания по Коху) – основан на механическом оседании микроорганизмов;
- аспирационный – основан на активном просасывании воздуха (этот метод дает возможность определить не только качественное, но и количественное содержание микроорганизмов).

Пробы воздуха отбирают аспирационным методом с помощью аппарата Кротова, при его наличии. В основном используется в лечебных учреждениях для определения микробного числа и патогенных микроорганизмов.

Исследование воздуха седиментационным методом более доступно и просто. Чашки Петри с питательной средой устанавливаются в открытом виде горизонтально, на разном уровне от пола. Метод основан на механическом оседании спор грибов и фрагментов мицелия на поверхность агара в чашках Петри. Чашки со средой экспонируют от 10 до 60 минут, в зависимости от предполагаемого загрязнения воздуха. После экспозиции чашки закрывают, помещают в термостат на 24 часа при температуре $24 \pm 1^\circ\text{C}$. Визуальный анализ и подсчет колоний проводят на пятые сутки или в зависимости от скорости роста гриба в течение 2–3-х недель. Далее исследуется морфология микроорганизмов и детали их строения как при взятии проб с твердых поверхностей.

Данные методики были апробированы нами при отборе проб в жилых и промышленных помещениях г. Минска и г. Бреста с согласия юридического или физического лица и по его письменному обращению с целью проведения микологической экспертизы. Для анализа было отобрано бо-

лее 1000 образцов материала с пораженных грибами поверхностей (стен, потолков, пола, оконных рам, предметов интерьера) (рис.)

Микроскопические грибы жилых и промышленных помещений имеют определенный видовой состав и особую пространственно-организационную структуру, что позволяет им при наличии благоприятных условий быстро колонизировать подходящие для их роста места и субстраты – стены, пол, потолок, оконные рамы (побелка, обои, пластик, текстиль и т. д.).

На стенах квартир, оклеенных обоями, было выявлено 12 видов микроскопических грибов, из которых *Chaetomium globosum* обладает наибольшим целлюлозоразрушающим действием, поэтому он наиболее обильно рос на обоях.

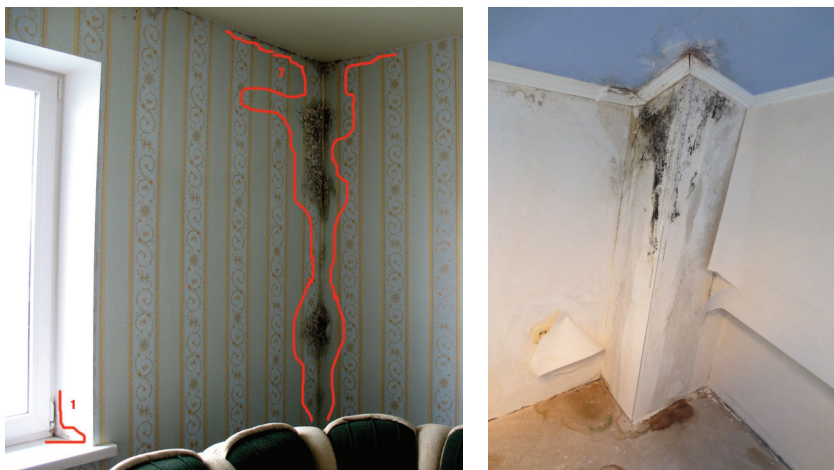


Рис. Фото пораженных мест в помещениях.

Помимо данного вида гриба на обоях и побелке стен были выявлены следующие грибы: *Aspergillus flavus*, *Acremonium butyri*, *Cladosporium oxysporum*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Chaetomium globosum*, *Fusarium culmorum*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium expansum*, *Penicillium brevicompactum*, *Penicillium chrysogenum*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Trichoderma hamatum*, *Trichoderma viride*, *Ulocladium chartarum*. Грибной рост на обоях вызывает их деформацию, грибы прорастают через обои на стены, на штукатурку, оставляя на стенах пятна темного цвета.

На стеклопакетах были выявлены такие виды: *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Aureobasidium pullulans*, *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium expansum*, *Trichoderma viride*, *Ulocladium botrytis*.

В ваннных комнатах грибы обычно активно заселяют потолок, швы между плитками, стыки между потолком и стенами, там были обнаружены следующие виды: *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium brevicom-pactum*, *Penicillium lanosum*, *Penicillium expansum*, *Ulocladium botrytis*.

На стенах и стыках в кухне были выделены – *Acremonium charticola*, *Aspergillus flavipes*, *Aspergillus fumigates*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium heterosporum*, *Penicillium lanosum*, *Penicillium variabile*, *Trichothecium roseum*, *Ulocladium alternariae*, *Ulocladium atrum*.

В работе А. Д. Петровой-Никитиной и соавт. [4] были представлены данные по видовому составу грибов домашней пыли в г. Москве, которые показывают, что основными и доминирующими в структуре микобиоты пыли были роды *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor* и *Penicillium*.

Проведенные нами исследования показали [5,6], что эти роды доминируют также и в структуре микобиоты жилых и промышленных помещений, исключение составляет род *Mucor*, который был выделен только с поверхности деревянного пола кухни в жилой квартире, гораздо чаще, особенно с поверхности бумажных обоев выделялся *Rhizopus*. Нами также было отмечено, что в промышленных (производственных) помещениях, где часто бывают температурные колебания, отмечается высокая влажность, наличие производственной пыли и отходов производства происходит обильное развитие грибов и повреждение ими покрытий стен и потолков в основном представителями родов *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium* и *Trichoderma*. Причем в местах приема пищи наиболее часто идентифицируются – *Acremonium butyri*, *Aureobasidium pullula*, *Cladosporium oxysporum*, *Penicillium expansum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Trichoderma hamatum*, *Trichoderma viride* и *Verticillium lecanii*.

В цокольных и подвальных помещениях – *Acremonium butyri*, *Aspergillus candidus*, *A. flavus*, *A. versicolor*, *A. ustus*, *Cladosporium oxysporum*, *C. herbarum*, *Penicillium chrysogenum*, *P. expansum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Trichoderma hamatum* и *T. viride*. В офисных помещениях в условиях работающих кондиционеров было установлено, что наиболее часто встречаются грибы таких родов как *Aspergillus*, *Cladosporium* и *Penicillium*. Исследования, проведенные И. П. Щербинской и соавт. [7] по г. Минску также показали, что наиболее частыми компонентами воздуха внутри помещений были грибы из родов *Penicillium* и *Aspergillus*, реже встречались *Cladosporium*, *Stemphylium*, *Rhizopus* и *Alternaria*.

Заключение. При проведении микологических экспертиз жилых и промышленных помещений использовалась разработанная нами методика отбора образцов, что позволило эффективно исследовать структуру грибов-биодеструкторов. Было установлено, что подавляющее большинство их принадлежит к группе так называемых оппортунистических грибов. В природе они развиваются как сапротрофы, не являющиеся патогенными для человека, но при определенных условиях способны вызвать

заболевания человека, особенно с ослабленным иммунитетом. Основной фактор, который делает их потенциально опасными для здоровья людей – способность колонизировать, быстро расти и производить большое количество спор на любых субстратах, минимально подходящих для жизнедеятельности. Анализ структуры комплекса грибов-биодеструкторов показывает, что по видовому разнообразию и степени доминирования в помещениях преобладают грибы дейтеромицеты (*Deuteromycota*), или несовершенные грибы (*Fungi imperfecti*), анаморфной стадии сумчатых грибов, которые продуцируют большое количество спор, что ухудшает качество жилья и жизни и может спровоцировать развитие аллергических реакций даже у здоровых людей.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант БРФФИ № Б15–111).

Литература

1. Паттерсон Р., Грэммер Л. К., Гринбергер П. А. Аллергические болезни. Диагностика и лечение // М.: ГЭОТАР МЕДИЦИНА, 2000.
2. Dennis D. P. // Archives of Environmental Health. 2003. V.58. № 7. P. 433–441.
3. Ross M. A., Curtis L., Scheff P. A., Hryhorczuk D. O., Ramakrishnan V., Wadden R. A., Persky V. W. // Allergy. 2000. V.55. P. 705–711.
4. Петрова-Никитина А. Д., Мокеева В. Л., Желтикова Т. М. и [др.]. // Микология и фитопатология. 2000. Вып. 3. Том 34. С. 25–32.
5. Шабашова Т. Г., Беломесяцева Д. Б. // Успехи медицинской микологии. 2015. Т. 14. С. 260–265.
6. Шабашова Т. Г., Беломесяцева Д. Б., Кориняк С. И., Колос С. С. // Биология, систематика, и экология грибов и лишайников в природных экосистемах и агрофитоценозах: Матер. II междунар. конф. (Минск-Каменюки, 20–23 сентября 2016 г.) / ГНУ Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, ГПУ НП «Беловежская пуша»; Минск, 2016. С. 273–277.
7. Щербинская И. П., Дудчик Н. В., Кравцова В. В. и [др.] Оценка микобиоты жилых помещений г. Минска // Современные проблемы гигиены, радиационной и экологической медицины. Гродно: ГрГМУ, 2014. С. 317–320.

Т. Г. ШАБАШОВА, Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА, С. И. КОРИНЯК ОСОБЕННОСТИ МЕТОДА ОТБОРА ОБРАЗЦОВ ПРИ МИКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ ПОМЕЩЕНИЙ

Резюме

В статье описывается метод отбора образцов грибов-биодеструкторов жилых и промышленных помещений. Анализ структуры комплекса грибов-биодеструкторов показывает, что по видовому разнообразию и степени доминирования в помещениях преобладают грибы дейтеромицеты (*Deuteromycota*), или несовершенные грибы (*Fungi imperfecti*), анаморфной стадии сумчатых грибов, которые продуцируют большое количество спор и могут спровоцировать развитие аллергических реакций даже у здоровых людей, а также ухудшают качество жилья и жизни.

T. G. SHABASHOVA, D. B. BELOMESYATSEVA, S. I. KORINYAK
**THE PECULIARITIES OF THE METHOD OF SAMPLING
FOR THE MYCOLOGIC EXPERTIZES OF ROOMS**

Summary

The conducting mycologic examinations of residential houses and industrial spaces were carried out with using the original sampling technique. It allowed us to investigate the taxonomical structure of fungal biodestructors efficiently. The analysis of biodestructors complex indicates that the specific variety and dominance in rooms goes to show the group of anamorphic fungi (Deuteromycota) was prevailed. The indoor mold has an impact on human well-being, physical and mental health (allergic reactions are caused by the fungi), on work productivity and the preservation of good health.

Поступила в редакцию 23.11.2016 г.

УДК 581.19: 541.147.4

Н. А. ЛАМАН, Н. А. КОПЫЛОВА
**ПРИРОДНЫЕ ФУРОКУМАРИНЫ
КАК ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ
КОМПОНЕНТЫ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ**

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

Кумарины и их производные фурукумарины. Исследования кумаринов представляют собой сравнительно молодую область химии природных соединений, так как большинство представителей этого класса соединений открыто и изучено в середине XX века. Свое название кумарины получили от «кумарун» – народного названия американского дерева *Dipterix odorata* (сем. *Fabaceae*), из плодов которого в 1820 г. Фогель впервые получил кумарин [1].

И. Ф. Сацыперова [2] описывает три основных этапа исследований растительных фурукумаринов: первый, который может быть назван эмпирическим, берет начало в 1831 году, когда из корней горчичника настурциевого (*Peucedanum ostruthium* (L.) С. Koch) был выделен императорин. В этот период происходило экстрагирование фурукумаринов из растений, оценивалось их содержание в растениях, давалась брутто-формула. Так, была определена структура трех фурукумаринов: бергаптена, ксантотоксина, нодакнетина.

Второй этап охватывает 1930–1940-е годы. Исследования велись в двух направлениях – химическом и медицинском. Центром по изучению кумаринов и фурукумаринов являлась Австрия, где под руководством Э. Шпета были проведены работы по их выделению, изучению и разработке методов анализа [3, 4]. Из 16 видов растений были получены, очищены и идентифицированы 22 фурукумарина, проведен их синтез, позволивший подтвердить структуру данных соединений и основные химические свойства. Клинические исследования касались главным образом этиологии фитодерматитов, были сделаны попытки объяснения причин их возникновения. Показано, что растения, вызывающие дерматиты, относятся к трем основным семействам: зонтичные, рутовые и тутовые. В это же время было установлено, что фурукумарины в сочетании с ультрафиолетовым облучением обладают фотосенсибилизирующим действием, которое особенно сильно проявляется в интервале длин волн 320–366 нм.

Третий этап исследований фурукумаринов начался с конца 1940-х – начала 1950-х годов. В это время крупные работы по изучению кумаринов развернулись в США [5, 6], Египте [7], Италии [8, 9].

Систематические исследования кумаринов в СССР были начаты в 1946 году в Ботаническом институте им. В. Л. Комарова (г. Санкт-Петербург) под руководством Г. А. Кузнецовой и Г. В. Пигулевского. Результаты данных работ обобщены в монографии «Природные кумарины и фурукумарины» [10]. В ВИЛАРе (г. Москва) была известна школа Г. К. Николаева, исследования которой были направлены на поиск в составе класса кумаринов веществ с высокой биологической активностью и создание на их основе лекарственных препаратов [11–14]. Крупными центрами по изучению фурукумариноносных растений являлись также Харьковский научно-исследовательский химико-фармацевтический институт и Институт химии растительных веществ в Ташкенте. В этот период помимо изучения отдельных видов растений и выделения индивидуальных соединений были исследованы возможности использования фурукумаринов как лечебных препаратов; анализировалась динамика накопления фурукумаринов в отдельных органах растений в различные периоды вегетации, биологические особенности кумаринсодержащих растений в природе и при введении в культуру.

Информация о фурукумарилах и кумарилах пополнялась и в связи с совершенствованием и расширением возможностей методов анализа – от бумажной хроматографии до ВЭЖХ, а также до газовой хроматографии и ВЭЖХ в сочетании с масс-спектрометрией, а в последние годы – до сверхкритической флюидной экстракции со сверхкритической флюидной хроматографией [15].

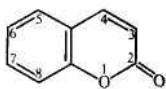
Первые исследования по идентификации фенольных соединений у представителей рода *Heracleum* L. проведены в начале 1950-х годов и были посвящены определению соединений кумаринового ряда в корнях борщевика обыкновенного *Heracleum sphondylium* L. [16].

Классификация кумаринов

Кумарины – фенольные гетероциклические соединения, производные цис-ортооксикоричной кислоты, в основе строения которых лежит 5,6-бензо- α -пирон (ненасыщенный ароматический лактон цис-ортооксикоричной кислоты). Структура кумаринов была установлена W. H. Perkin, им же они были синтезированы в 1868 году из салицилового альдегида (реакция Перкина) [17].

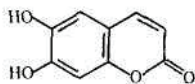
По классификации Э. Шпета кумарины подразделяются на следующие основные группы [3, 4]:

- 1) Кумарин, дигидрокумарин и их гликозиды

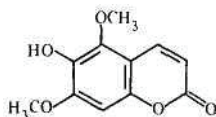


Кумарин

2) окси-, метокси- (алкокси-), метилendioксикумарины и их гликозиды

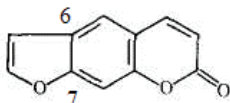


Эскулетин

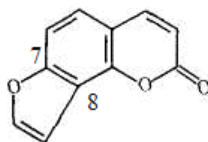


Фракоинол

3) фурокумарины (кумарон- α -пироны), содержащие ядро фурана, сконденсированное с кумарином в 6,7- или 7, 8-положениях. В зависимости от места конденсации фуранового цикла и его расположения по отношению к основному ядру различают линейные (линейные) 6,7-фурокумарины (производные псоралена) и угловые (угловые) – производные 7,8-фурокумарины (производные ангелицина).

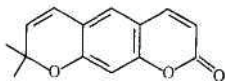


Псорален

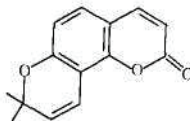


Ангелицин

4) пиранокумарины или хромено- α -пироны, содержащие ядро 2,2-диметилпирана, сконденсированное с кумарином в 6,7-, или 5,6- либо 7,8-положениях

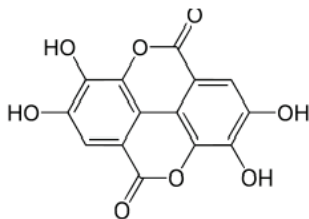


Ксантиллетин



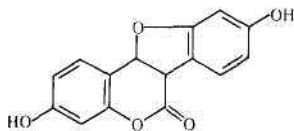
Сезелин

5) 3,4-бензокумарины (дифенилметилолиды), содержащие бензольное кольцо, сконденсированное с кумарином в 3,4-положениях.



Эллаговая кислота

б) кумарины, содержащие систему бензофурана, сконденсированную с кумарином в 3,4-положениях (куместрол и др.).



Куместрол

Фурукумарины представляют собой бесцветные кристаллические вещества, плохо растворимые в воде, нерастворимые в водных растворах кислот. Легко растворяются в теплых растворах щелочей в связи с раскрытием лактонного цикла. Под действием ультрафиолетового света проявляют флуоресценцию. Хорошо растворимы в органических растворителях – хлороформе, этиловом эфире, этаноле, жирных маслах [18].

Подробное описание фотобиологии и фотохимии фурукумаринов дано Т. В. Fitzpatrick, J. А. Parrish и М. А. Musajo в книге «Солнечный свет и человек» [19].

Помимо различия в структуре циклических систем, кумарины различаются по положению, числу и характеру замещающих радикалов.

Фуранокумарины как производные кумарина отличаются выраженной фотосенсибилизирующей активностью благодаря наличию фуранового кольца. Замена фуранового кольца, сконденсированного с кумариновым, приводит к потере фотосенсибилизирующей активности. К природным фурукумарином относят псорален, ксантотоксин, бергаптен, ангелицин, пимпинеллин, сфондин, изопимпинеллин и другие, которых в настоящее время открыто более тридцати [20–23].

Особый интерес представляют фурукумарины у ряда представителей рода *Heracleum* и, в частности, у гигантских борщевиков в связи с их интенсивным распространением в природных растительных сообществах.

Биосинтез фурукумаринов у рода *Heracleum* по И. Ф. Сацыперовой [24], идет от умбеллиферона через ряд промежуточных продуктов в двух направлениях: по линии синтеза ангулярных фурукумаринов (ангелицин и его производные) и по линии синтеза линейных фурукумаринов (псорален и его производные). При этом предшественником ангелицина являлся колумбианетин, а предшественником псоралена – мармезин (рис. 1).

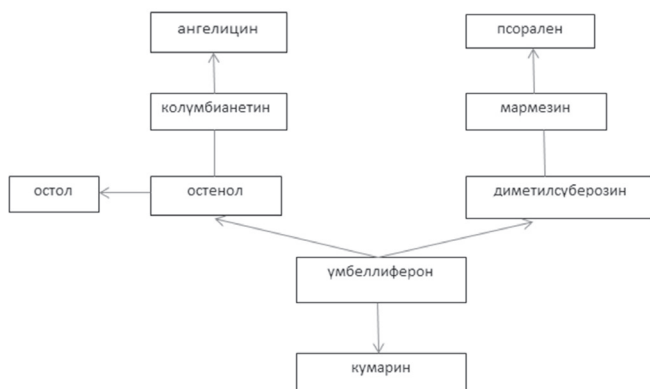


Рис. 1. Схема путей биосинтеза фурукумаринов по И. Ф. Сацыперовой [24].

Фурукумарины – соединения с высокой биологической активностью

Фурукумарины являются характерными соединениями растений семейств Rutaceae и Apiaceae, но также встречаются у представителей семейств Fabaceae, Moraceae, Solanaceae, Pittosporaceae, Thymelaceae и, гораздо реже, у представителей Asteraceae [25]. Основные виды, содержащие линейные фурукумарины, такие как псорален, 8-метоксипсорален и бергаптен – *Heraclеum* spp., *Ficus carica*, *Angelica archangelica*, *Ruta graveolens*, *Citrus bergamia*, *Citrus acida*, *Seseli indicum*, *Pastinaca sativa*, *Petroselinum sativum*, *Apium graveolens*. Псоралея косянковая (*Psoralea corylifolia* L.), как показано, содержит наибольшее количество псоралена по сравнению с другими фурукумаринсодержащими растениями [26]. Эти соединения запасаются как биологически активные агликоны, главным местом их накопления являются масляные каналы или полости, находящиеся в плодах, листьях, стеблях, корнях, частях цветков, в специализированных волосках – трихомах [27].

Растения, содержащие фурукумарины, способны вызывать дерматиты, протекающие по типу ожогов I, II и III степени. Симптомы дерматитов подробно описаны в работах И. Ф. Греха [28], А. Имшенецкого [29], А. Н. Ефремова [30], Н. М. Леоненко [31], И. Д. Клепова [32] и др.

Одна из причин роста интереса к фурукумаринам в настоящее время связана с широким распространением инвазивных видов – борщевика

Сосновского и борщевика Мантегацци. Предполагается, что одним из способов ограничения экспансии этих растений может быть использование их в качестве сырья для получения биологически активных соединений. Кроме того, возросший интерес к этим химическим соединениям объясняется высокой физиологической активностью многих производных кумарина и фурукумаринов, обладающих противоопухолевой активностью [33–36].

История и современное состояние исследований фурукумаринов борщевика Сосновского

В обзоре И. Ф. Сацыперовой о состоянии и перспективах изучения растений, содержащих фурукумарины, приводятся данные о наиболее часто идентифицируемых фурукумарилах (бергаптен, изобергаптен, пимпинеллин, изопимпинеллин, сфондин) в пределах рода *Heracleum* L. [2].

В 1960–1980-х годах методами бумажной, тонкослойной и адсорбционной хроматографии на кислой окиси алюминия в корнях борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) качественно идентифицированы ангелицин, ксантотоксин, сфондин, бергаптен, изобергаптен, пимпинеллин, изопимпинеллин, умбеллиферон; в листьях – бергаптен, ангелицин, ксантотоксин, в плодах – пимпинеллин, изопимпинеллин, бергаптен, изобергаптен, сфондин, ангелицин, ксантотоксин, умбеллиферон [37–45].

Исследование динамики накопления кумаринов (метод Драници-на Ю. А. и Денисова Г. А.) показало, что содержание кумаринов в корнях на ранних стадиях развития незначительно больше, чем в конце вегетационного периода, при этом максимум приходится на фазу цветения [46].

В 1970-х годах использование ИР- и ЯМР-спектроскопии подтвердило наличие в экстрактах тканей борщевиков вышеупомянутых соединений, а также позволило установить наличие в корнях мармезина [47].

Многочисленными исследованиями в последующем подтверждается присутствие в листьях борщевика Сосновского ангелицина, бергаптена, ксантотоксина, умбеллиферона, псоралена, изопсоралена [37, 38, 40, 41, 43, 48–50]. В черешках листьев борщевика Сосновского были обнаружены ангелицин, бергаптен, ксантотоксин, сфондин, умбеллиферон [40]. В стебле идентифицированы ксантотоксин [40, 41, 50], пимпинеллин [38, 39], сфондин, умбеллиферон [38, 43].

При исследовании экстрактов плодов борщевика Сосновского методом бумажной хроматографии, а позднее – методом ВЭЖХ – были идентифицированы ангелицин, бергаптен, изобергаптен, изопимпинеллин, императорин, ксантотоксин, метоксален, пимпинеллин, сфондин, умбеллиферон, феллоптерин, биак-ангеликол, биак-ангелицин, гераклесол, мармезин, скополетин, псорален, изоимператорин, остол [37, 38, 40, 41, 43, 45, 48–52]. Максимум накопления кумаринов и фурукумаринов в плодах наблюдали в фазе их зрелости. Этот процесс зависит от метеорологических условий и даже времени суток [44].

В цветках борщевика Сосновского обнаружены ксантотоксин, умбеллиферон, феллоптерин [38–41, 50].

Из стеблекорней борщевика Сосновского выделены ангелицин, бергаптен, изобергаптен, изоимператорин, изопимпинеллин, ксантотоксин, мармезин, пангелин, пимпинеллин, сфондин, умбеллиферон, феллоптерин, остол, оксипеucedанин гидрат [37, 38–41, 43, 47–51].

По данным сотрудников Центрального ботанического сада НАН Беларуси И. И. Чекалинской и Г. Ф. Пашенцевой, наиболее высоким содержанием фурукумаринов характеризуются семена и корни борщевиков, в листьях и черешках данных соединений наблюдалось в 5–10 раз меньше. Наибольшее количество фурукумаринов обнаружено в зеленой массе борщевиков Сосновского, Мантегацци, Лемана и переднеазиатского – 68–110 мг% на сырой вес [53].

Изучение динамики накопления фурукумаринов показало, что максимум их содержания приходится на фазу начала стеблевания, в период бутонизации-цветения заметно снижается, а к фазе зрелых плодов вновь возрастает. В корнях наиболее высокое содержание фурукумаринов отмечено в период плодообразования [54].

Е. Я. Ладыгина также отмечает, что разные органы борщевиков одного вида отличаются по качественному и количественному составу кумаринов. Наибольшее количество кумаринов – до 8–9% отмечено в плодах и корнях, наименьшее в стеблях и листьях – до 0,3%. В течение вегетации количество кумаринов в одних и тех же органах одного вида колеблется в зависимости от фазы развития. В корнях борщевика, по данным автора, содержание кумаринов достигает максимума к фазе бутонизации и плодоношения, в листьях – к периоду цветения или в начале вегетации [55].

Отдельные исследователи отмечают, что количественное содержание кумаринов в растениях в зависимости от почвенно-климатических условий колеблется от 0,5 до 2%, нередко достигает 5–10% [21]. Показано, что на накопление фурукумаринов оказывает влияние также уровень минерального питания.

Таким образом, широкий спектр в растениях из рода Борщевик вторичных метаболитов, потенциальных носителей биологической активности и возможность применения этих веществ в хозяйственной деятельности человека определяют актуальность исследований в данном направлении.

Данные о фуракумарилах и кумаринах пополнялись и в связи с совершенствованием и расширением возможностей методов анализа [15, 56].

Однако информация об исследовании экстрактов борщевика Сосновского методами ВЭЖХ, газовой хроматографии, масс-спектрометрическими методами еще недостаточна [49, 50, 52]. В иностранной литературе имеются сообщения об анализе методом масс-спектроскопии чистых фурукумаринов и их изомеров [56], исследовании фурукумаринов экстрактов растений рода *Angelica* [57], эфирных масел цитрусовых [58], определении содержания фурукумаринов в пищевых продуктах [59]. В связи с этим остается необходимость получения новых, более точных данных

о биохимии борщевика Сосновского, что позволит найти данному виду применение как практически неисчерпаемому источнику биологически активных веществ.

В 2010–2015 гг. в лаборатории роста и развития растений Института экспериментальной ботаники выполнены исследования по изучению качественного и количественного состава фурукумаринов различных органов борщевика Сосновского методами спектрофотометрии, тонкослойной и высокоэффективной жидкостной хроматографии, что было необходимо для выбора органов растения с максимальной локализацией фурукумаринов, которая сочеталась бы с удобством и эффективностью заготовки растительного сырья [60–64].

В экстрактах идентифицированы фурукумарины ангелицин, ксантотоксин, бергаптен, псорален, императорин. В качестве примера приводим хроматограмму экстракта листьев борщевика Сосновского (рис. 2).

Показано, что наибольшее количество фурукумаринов содержат зрелые и зеленые семена борщевика Сосновского (13,5 и 11,5 мкг/г воздушно-сухой массы соответственно), причем почти все они сконцентрированы в эфиромасличных канальцах плодовых оболочек. Среди фурукумаринов, идентифицированных в экстрактах зеленых и зрелых плодов, количественно преобладал ангелицин, затем, в порядке уменьшения содержания: бергаптен, императорин, ксантотоксин и псорален. Результаты количественного определения содержания фурукумаринов в генеративных органах борщевика Сосновского обобщены в таблице.

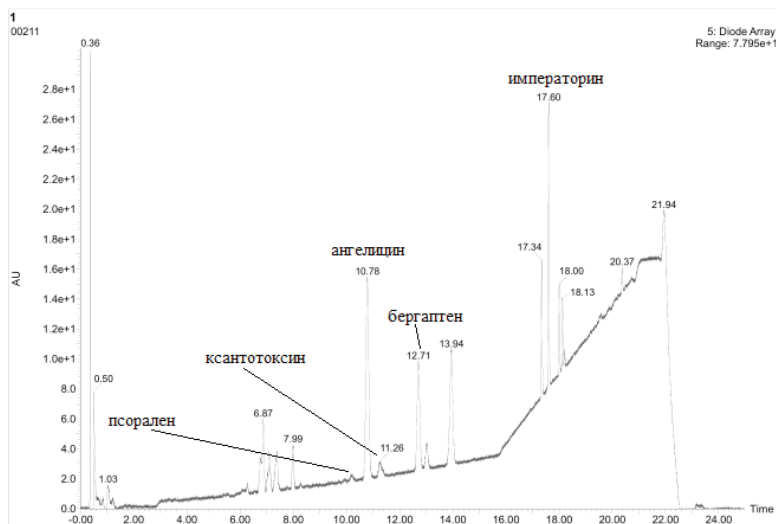


Рис. 2. Хроматограмма экстракта листьев борщевика Сосновского.

В бутонах и цветках содержание фурукумаринов намного ниже. Концентрирование фурукумаринов в каналах семенных оболочек, по-видимому, связано и с высокой их активностью в межвидовой конкуренции. Известно, что одним из путей преимущественного выживания плодов данного вида является аллелопатическое воздействие на семена других растений. Возможно, это один из факторов, обуславливающих высокую конкурентоспособность и инвазивные свойства борщевика Сосновского. Косвенным подтверждением данного предположения является сравнительно невысокое содержание фурукумаринов в семенах, лишенных плодовой оболочки.

Плодовая оболочка содержит наибольшее количество фурукумаринов, но ее отделение от семян является трудоемким процессом. Зрелые плоды также менее пригодны для заготовки в качестве сырья из-за их легкой осыпаемости с соцветий-зонтиков. Зеленые плоды незначительно уступают им по количеству фурукумаринов, но их намного проще заготавливать, срезая секатором соцветия-зонтики, у которых еще не разделались полуплодики в зонтичках. При этом не допускается формирование семенного потомства и, соответственно, распространение инвазивного вида.

Таблица. Содержание фурукумаринов в экстрактах генеративных органов борщевика Сосновского, мкг/г воздушно-сухой массы

| Бутоны | Цветки | Зеленые плоды | Зрелые плоды | Оболочки плодов | Семена без плодовой оболочки |
|-------------------------------------------|--------|---------------|---------------|-----------------|------------------------------|
| АНГЕЛИЦИН | | | | | |
| 3,5848 | 1,3652 | 6,0447/4,2242 | 7,402/6,7229 | 12,953/14,2098 | 0,9483/1,137 |
| ПСОРАЛЕН | | | | | |
| 0,5664 | 0,1107 | 0,0544 | 0,0735/0,035 | 0,2587/0,2692 | - |
| КСАНТОТОКСИН | | | | | |
| 3,3369 | 1,4850 | 0,2503/0,0823 | 0,4588/0,393 | 0,885/0,9077 | - |
| БЕРГАПТЕН | | | | | |
| 1,2660 | 0,3406 | 3,4341/2,4285 | 3,3269/2,885 | 7,8749/8,5307 | 0,495/0,6664 |
| ИМПЕРАТОРИН | | | | | |
| - | - | 1,7147/1,1838 | 2,2503/1,869 | 4,0057/4,2181 | 0,0883/0,1527 |
| СУММАРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ФУРОКУМАРИНОВ | | | | | |
| 8,7431 | 3,3015 | 11,4982/7,973 | 13,512/11,905 | 25,6777/28,1355 | 1,5316/1,9561 |

Примечание: цифры, разделенные вертикальной чертой, указывают значения при экстракции различными растворителями – первое – метанол, второе – этанол.

Исследовано также аллелопатическое действие БАВ борщевика Сосновского на рост модельных растений (проростки салата латука). Методом GC–MS определен профиль летучих соединений борщевика Сосновского, который представлен 18 соединениями, включая спирты, альдегиды, терпены и эфиры жирных кислот (рис. 3).

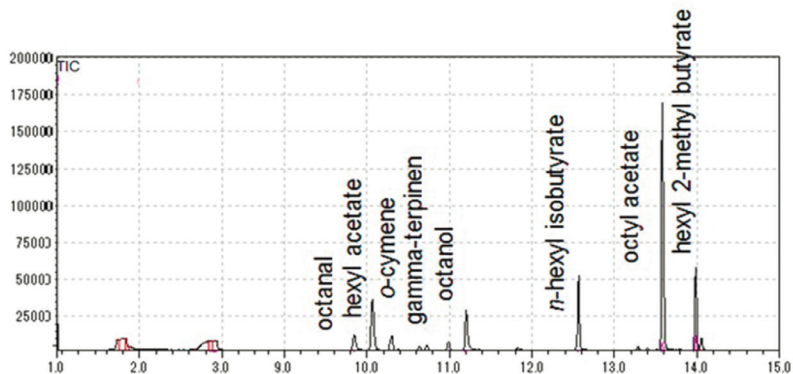


Рис. 3. Хроматограмма экстракта летучих соединений плодов борщевика Сосновского. Ось абсцисс – время удерживания, мин; ось ординат – сигнал детектора [64].

Октилацетат, октанол, октаналь, гексилизобутират и гексил-2-метилбутират определены как главные компоненты смеси летучих соединений. Их содержание варьировало в зависимости от места произрастания растений борщевика Сосновского: октил ацетат (5,8–48,9 нг/см³), октаналь (1,1–4,9 нг/см³). Установлено, что аллелопатическая активность семян борщевика Сосновского обусловлена наличием октанала (EC₅₀=20 и 9 нг/см³ для корня и гипокотыля салата соответственно). Полученные результаты демонстрируют возможный вклад летучих соединений семян в высокую конкурентоспособность борщевика Сосновского, что способствует его успешной инвазии.

Фотосенсибилизированные фурукумаринами реакции

Фурукумарины являются фотосенсибилизаторами, т.е. повышают чувствительность организма к свету и одновременно под влиянием последнего проявляют фотодинамическое действие.

Наиболее ранний описанный в литературе случай проявления фото-дерматозов относится к 1856 году, когда в одном из парков провинции Намюр в Бельгии рабочие вырывали из почвы *Heracleum sphondylium*, клали растения на левую обнаженную руку и выносили их в определенное место. Уже к концу дня и на следующий день в местах соприкоснове-

ния растений с обнаженными участками тела появилось сильное жжение, а затем многочисленные водянистые пузыри [65].

А. Ишемнецкий на основе 21 случая описал типичную картину борщевикового дерматита. При этом он обращал внимание, включая и собственные ощущения при экспериментально вызванном на себе дерматите, что борщевиковые дерматиты сопровождаются не зудом, а чувством жжения, боли и напряжения пораженного участка [29].

В 1960-е годы в «Вестнике дерматологии и венерологии» опубликован ряд статей о фотосенсибилизирующей активности борщевиков, пастернака, ясенца, прангоса и других растений. Так, Г.И. Винокуров описывает многочисленные случаи появления дерматитов у пациентов, проживающих на Камчатке, при соприкосновении со сладким борщевиком. Автор провел ряд экспериментов, которые показали, что втирание сока растений в кожу приводило к появлению дерматитов только при последующем облучении этого участка тела ультрафиолетом или солнечным светом [66]. И. Д. Клепов также описывает случаи появления пузырчатых дерматитов от сладкого борщевика на Камчатке и Курильских островах. Он высказывает предположение, что причиной воспаления кожи является не сок растения, а вещество, содержащееся в волосках (трихомах), покрывающих листовые черешки и стебли растения. Его наблюдения показали, что если удалить кожицу вместе с волосками и выступающим водянистым соком обработать кожу человека, то дерматит не развивается. В то время как прикосновение к неповрежденному растению приводило к появлению эритемы и пузырей [32].

В 1933 году фурукумарины были выделены из псоралеи орехолистной [67]. В 1940 году Н. Kuske [68] удалось экспериментально доказать, что фотосенсибилизирующие свойства растений обусловлены присутствием фурукумаринов.

В конце 1930-х – начале 1940-х годов исследователи также обратили внимание на связь фотодинамического действия сока растений-фотосенсибилизаторов с длиной волны УФ-излучения. Т. Jensen и К. G. Hansen показали, что при облучении ультрафиолетом кожи, обработанной соком пастернака, максимальный биологический эффект наблюдается в областях спектра с длинами волн 320–366 мкм и 264–280 мкм [69].

В 1960 году в работе М. А. Pathak и J. H. Fellman [70] установлено, что фотосенсибилизирующее действие фурукумаринов при облучении кожи УФ-лучами выражено наиболее сильно при длинных волн 340–380 нм и 230–265 нм. Показано, что фурукумарины повышают чувствительность кожи к ультрафиолетовому свету и увеличивают пигментообразование при повторных облучениях.

Далеко не все фурукумарины обладают фотосенсибилизирующей активностью. Я. И. Хаджай и В. Ф. Кузнецова исследовали фотосенсибилизирующее действие фурукумаринов зонтичных и фурохромона келина на морских свинках и кроликах. Препарат наносили на кожу или вводили

внутри, затем облучали в течение 4 минут кварцевой лампой, после чего анализировали степень эритемной реакции кожи [71].

Наиболее сильное фотосенсибилизирующее действие в их опытах показал псорален. Будучи нанесен на кожу с последующим облучением УФ-светом, он вызывал эритему через 6 минут, ксантотоксин – через 16 минут, бергаптен – через 22 минуты. Таким образом, менее активными оказались ксантотоксин, бергаптен, императорин. Минимальную активность из всех фотосенсибилизаторов проявил сфондин. Для ксантотоксола, изопимпинеллина, пимпинеллина, орозелона, атамантина, пеуценидина, келина фотосенсибилизирующая активность не была обнаружена [71].

И. Ф. Сацыперова [72] условно разделяет фурукумарины на 4 группы: соединения с высокой фотосенсибилизирующей активностью (псорален, ксантотоксин, бергаптен), со слабой активностью (императорин), с очень слабой активностью (ангелицин, аллоимператорин, изобергаптен, сфондин) и с сомнительной активностью (оксипейседанин). Я. И. Хаджай отмечает, что фотосенсибилизирующее действие фурукумаринов проявляется не только при нанесении на кожу, но и при приеме внутрь [71].

В работах L. Musajo, M. A. Pathak и других исследователей показано, что фотосенсибилизирующее действие фурукумаринов обусловлено химической структурой молекулы [71, 73, 74]. Любое структурное изменение, которое меняет электронную конфигурацию молекулы псоралена, может уменьшать или приводить к утрате фотосенсибилизирующей активности. Например, при замене метокси-группы в 8-м положении кольца псоралена на окси-группу (ксантотоксол) фотодинамическое действие исчезает. Введение в это положение изопентенилоксигруппы (императорин) приводит к снижению активности. Перемещение метокси-группы в 5 положение (бергаптен), как и перемещение в это положение изопентенилоксигруппы (изоимператорин) обуславливает частичное снижение активности. Наличие двух метокси-групп в этих положениях (изопимпинеллин) приводит к потере специфической активности. Другими словами, замещенные псоралены менее активны, чем настоящие псоралены. Фотосенсибилизирующая активность уменьшается, если фурановое кольцо связано с кумариновым ядром через C₇—C₈. В таких молекулах метокси-группа в пятом положении дает большую активность, чем в шестом. Две метокси-группы, как и в случае с производными псоралена, приводят к утрате фотосенсибилизирующей активности.

Фурукумарины оказывают фотосенсибилизирующий эффект при введении в разные биологические системы. Например, в их присутствии облучение ближним УФ-светом ($\lambda > 310$ нм) вызывает эритему кожи, инактивацию вирусов, бактериальных и животных клеток.

В отличие от других фотосенсибилизаторов, данные соединения могут действовать в анаэробных условиях, что подтверждается первичным реакционным механизмом. В частности, бифункциональные фурукума-

рины участвуют в реакциях по двупротонному двушаговому механизму, когда фурукумарины взаимодействуют с парами оснований ДНК, чаще пиримидиновыми, образуя комплексы [75].

Нуклеиновые кислоты, фурукумарины и фотосенсибилизация

Важное значение ДНК для организма привело к увеличению количества исследований возможных повреждений нуклеиновых кислот в результате фотосенсибилизации. Piette и др. [76] сделали обзор достижений в этой области, обобщив сведения о повреждении нуклеиновых оснований, разрушении ДНК, образовании ее связей с белками. M. Palumbo и др. показали, что бензофурукумарины под действием света способны связываться с ДНК ковалентными связями [77]. G. Xi-Cang и др. сообщили, что соединение, окрашивающее хроматиды, Hoechst 33258, фотоиндуцирует связи ДНК с белками [78]. Фурукумарины природного происхождения, например, виснагин и келлин, при облучении способны образовывать комплексы с вирусной ДНК [79]. На основе анализа спектральных характеристик продуктов взаимодействия кумариновых препаратов с нуклеиновыми кислотами, выявлены межмолекулярные комплексы и изменение пространственной структуры нуклеиновых кислот [80].

В работах Г.Б. Завильгельского [81] показано, что при взаимодействии фурукумаринов с ДНК образуются структуры циклобутанового типа: моно- и диаддукты. При этом в стабильный комплекс по месту двойных связей фурукумаринов вступают исключительно пиримидиновые основания ДНК, в первую очередь, тимин (рис. 4) [82]. Установлено, что биологически эффективны не моно-, а диаддукты 8-метоксипсоралена, сшивающие нити ДНК между собой [83].

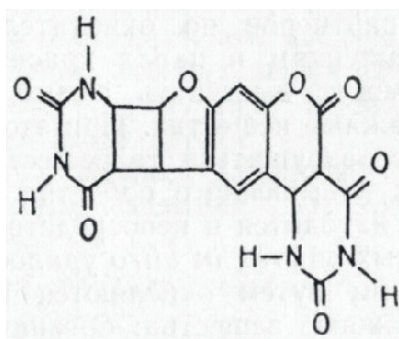


Рис. 4. Структура комплекса фурукумарина и пиримидиновых оснований ДНК

По мнению G.H.N. Towers, тесная связь между спектрами действия и областью поглощения фурукумаринов в УФ-свете отсутствует [84]; относительно небольшая область длин волн, 320–360 нм, где на-

блюдается небольшое поглощение, является наиболее эффективной. Предполагается, что для проявления биологического эффекта фурукумарины в триплетном состоянии должны взаимодействовать с пиримидиновыми основаниями ДНК при облучении. Только те фурукумарины, которые способны под действием света связываться с двойной спиралью ДНК, способны вызвать фотореакцию. Существуют доказательства, что триплетные возбужденные состояния ($\pi, \pi \cdot$) этих компонентов главным образом локализованы в 3,4-двойных связях, и что эта позиция пиранового кольца является наиболее активным местом циклического присоединения к пиримидиновым основаниям ДНК [85–87]. Однако, W. Poppe и L. J. Grossweiner [88] показали, что 8-метоксипсорален действительно является также и фотодинамическим компонентом в водном растворе, и что синглетный кислород, генерируемый в результате триплетного переноса энергии, служит основным интермедиатом при инактивации лизосом *in vitro* и в окислении иодид-иона. Инактивация рибосом посредством 8-метоксипсоралена или триметилпсоралена *in vitro*, как было показано, вызывалась синглетным кислородом [89].

Способность фурукумаринов к фотосенсибилизации с помощью синглетного кислорода не всегда может реализоваться из-за короткого времени жизни триплетного состояния 8-метоксипсоралена и благоприятной геометрической конфигурации связывания с парами тиминовых оснований. Относительное значение продуцирования синглетного кислорода при фотосенсибилизации живых организмов, установленная для псораленов, остается малоизученным.

5,6-двойная связь тимина взаимодействует с 3,4-двойной связью псоралена, образуя дополнительный циклобутановый компонент. Менее активная 4'-5'-двойная связь псоралена может также вступать в реакцию сходным образом с удобно ориентированным тиминным основанием другой цепочки ДНК, образуя структуру, объединяющую разные цепочки ДНК. Важным подтверждением являются данные, установившие формирование перекреста ДНК под действием некоторых линейных фурукумаринов, таких как 8-метоксипсорален [84].

В дополнение данного исследования показано фотосоединение 8-метоксипсоралена с синтетическим полимером (поли-d(A-T)), приводящее к образованию перекрестов [90]. У *Escherichia coli* и бактериофагов биологическая инактивация коррелирует с количеством перекрестов (cross-links) ДНК [90]. У бактерий и в других клетках наблюдали восстановление перекрестов ДНК и, по-видимому, это происходит с участием рекомбинационной пострепликативной восстановительной системы и восстановительной системы вырезания-ресинтеза. Фурукумарины с угловой структурой, такие как ангелицин, не участвуют в образовании перекрестов ДНК [84].

Непрямые ковалентные комбинации фурукумаринов с белками в кислородных условиях

Установлено, что если раствор 8-метоксипсоралена или другого фурукумарина облучить УФ-А в присутствии кислорода, а затем смешать с бычьим сывороточным альбумином в темноте, фурукумарин ковалентно связывается с белком [91]. В реакции участвуют продукты фотоокисления фурукумаринов и реакционноспособные функциональные группы белков. Образование продуктов реакции происходит через активные формы кислорода, генерируемые фурукумаринами [92].

Окисление аминокислот фурукумаринами

O. Schiavon и др. [93] показали, что фотосенсибилизированная инактивация рибонуклеазы А фурукумаринами включает окислительные реакции, поскольку этот процесс предотвращается в атмосфере азота и подавляется гасителями синглетного кислорода. Сходные данные получены ранее W. Porpe и B. Grossweiner [94] для лизоцима. Исследования методом ВЭЖХ фотомодифицированных пептидов показали, что изменения происходят во всех аминокислотных остатках пептидов, способных окисляться [93].

Инактивация ферментов

W. Porpe и B. Grossweiner [94] первыми наблюдали фотоинактивацию лизоцима фурукумарином (8-метоксипсораленом). Позже появились сообщения об инактивации ферментов другими фурукумаринами. Степень инактивации зависела от структуры как фурукумарина, так и самого фермента [92]. Фотоинактивация ферментов может быть вызвана окислением аминокислотных остатков, в то время как ковалентная фотоконъюгация, по-видимому, не играет главную роль в этом процессе [95].

Индукция образования поперечных связей

Облучение УФ-А олигомерных белков в присутствии фурукумаринов приводило к образованию обширных поперечных связей с субъединицами ферментов. Эти ковалентные «мостики» между субъединицами белка не включают молекулу фурукумарина, но их формирование зависит, главным образом от окислительных процессов, включающих синглетный кислород и свободные радикалы. Показано, что образование поперечных связей не влечет за собой инактивацию фермента [92].

Обобщенные современные представления о механизмах действия фурукумаринов отражены в схеме на рисунке 5:

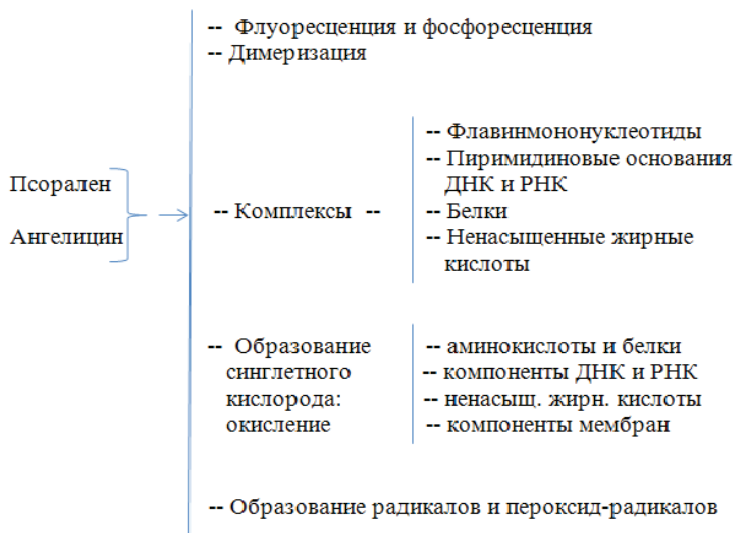


Рис. 5. Продукты реакций с участием фурукумаринов [96].

Изучение состава кумаринов плодов 14 видов борщевиков показало, что для большинства видов характерно наличие кумаринов псораленового, ангелицинового и кумаринового рядов. В роде *Heracleum*, включающем около семидесяти видов, значительное содержание псоралена обнаружено в пятнадцати, которые обитают в основном в субтропической зоне.

По данным многочисленных исследований в тканях борщевика Сосновского, произрастающего в Республике Беларусь, идентифицирован широкий спектр соединений класса кумаринов: ангелицин, ксантотоксин, бергаптен, изобергаптен, псорален, императорин, изоимператорин, изопсорален, пимпинеллин, изопимпинеллин, метоксален, сфондин, умбеллиферон, феллоптерин, биак-ангелицин, биак-ангеликол, гераклесол, мармезин, скополетин. Полученные данные подтверждают представления о борщевике Сосновского как о богатом источнике фенольных соединений с высокой биологической активностью.

Таким образом, исследования по использованию борщевика Сосновского в качестве растительного сырья для получения БАВ являются крайне актуальной и перспективной задачей, которая позволяет решать одновременно несколько проблем – создание препаратов из недорогого и доступного отечественного сырья и ограничение распространения агрессивного инвазивного вида.

Литература

1. Vogel A. // *Gibb. Ann.Physik.* 1820. Bd.64.S. 161.
2. Сацыперова И. Ф. // Труды БИН АН СССР. 1965. Серия 5, растит.ресурсы. Вып. 12. С. 13–24].
3. Späth E. / *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 1933.Bd. 33.S. 1150, Späth E. / *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 1937.Bd. 70.S. 83.
4. Späth E., Bose P.K., Matzke J., Guha N. / *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 1939.Bd. 72.S. 821.
5. Harle A.J., Lyons E. / *J. Chem.Soc.* 1950. P. 157.
6. Hunman J.W., Caron E.L., Hoeksema H. // *J. Am.Chem. Soc.* 1957. Vol.79. P. 3789.
7. Abu-Mustafa E.A., Badran N., Fayez M.B.E. // *Nature.* 1958. Vol. 183. P. 54.
8. Berlingozzi S., Fabbrini L. // *Speriment. Sez. Chim. boil.* 1954. Vol. 5.P.1, 9Cingolani E. *Gazz. Chem. Ital.* 1959.Vol. 89. P. 985–999.
9. Cingolani E. *Gazz. Chem. Ital.* 1959.Vol. 89. P. 985–999.
10. Кузнецова Г. А. Природные кумарины и фурукумарины Ленинград. 1967. 247 с.
11. Никонов Г.К. // *Мед. пром. СССР.* 1958, № 3.С. 16.
12. Никонов Г.К. // *Доклады АН СССР.* 1964. Т. 156, № 5. С. 1210.
13. Никонов Г.К., Пименов Н.Г. // *Химия природных соединений.* 1965. № 1. С. 73.
14. Никонов Г.К., Перельсон М.Е., Пименов Н.Г. // *Химия природных соединений.* 1966. № 4. С. 285.
15. Покровский О.И., Марколия А.А., Лепешкин Ф.Д., Кувыкин И.В., Паренаго О.О., Гончуков С.А. // *Сверхкритические флюиды: Теория и практика.* 2009. Т. 4, № 4.00 С. 61–72.
16. Dean F.M. // *Fortschr. Der Chem. Organ. Naturstoffe.* 1952. N. 9. P. 225–291.
17. Perkin W.H. // *J. Chem. Soc.* 1871. Vol. 24. P. 37.
18. *Химический анализ лекарственных растений / под ред. Н.И. Гриневич, Л.Н. Сафронич. М., Высшая школа.* 1983. С. 97
19. Fitzpatrick T.B., Parrish J.A., Musajo M.A. *Sunlight and Man / University of Tokyo Press, Japan.* 1974. 783 p.
20. Bordin F., F. DairAcqua, A. Guiotto // *Pharmacol. Ther.* 1991. Vol.52. P. 331–363.
21. Кузнецова Н.А., Каляя О.Л. // *Успехи химии.* 1992. Т. 61. С. 1243–1268.
22. Caffieri S. // *Photochem. Photobiol. Sci.* 2002. Vol. 1. P. 1499–1507.
23. Коренская И.М. Лекарственные растения и лекарственное растительное сырьё, содержащее флавоноиды, кумарины, хромоны. Воронеж: Воронежский гос. ун-тет. 2007. С. 56.
24. Сацыперова И. Ф., Комиссаренко Н.Ф // *Растительные ресурсы.* 1978. Т. 14, вып. 4. С. 482–491.
25. Miyakado M., Ohno N., Yoshioka H., Mabry T. // *Phytochemistry.* 1978. Vol.17. P. 143.
26. Innocenti G., Dall'Acqua F., Guiotto A., Caporale G. // *Planta medica.* 1977. Vol.31. P. 151.

27. Выделение и анализ природных биологически активных веществ. Томск: Изд-во Томского университета, 1987. 184 с.
28. Грех И. Ф. // Военно-морской врач, бюлл. 1952. Т. 1.
29. Имшенецкий А. // Русский вестник дерматологии. 1928. Т. 6, № 3. С. 245–252.
30. Ефремов А. И. // Вестник дерматологии и венерологии. 1964. № 4. С. 64–66.
31. Леоненко П. М. // Здравоохранение Белоруссии. 1962. № 11. С. 83–84.
32. Клепов И. Д. // Вестник дерматологии и венерологии. 1960. № 3. С. 55–56.
33. Балицкий К. П., Воронцова А. Л. Лекарственные растения и рак. Киев: Наукова думка. 1982. С. 242.
34. Вермель Е. М., Цетлин А. Л. // Вопросы онкологии. 1964. Т. 10. № 6. С. 85–90.
35. Георгиевский В. П., Комиссаренко Н. Ф., Дмитрук С. Е. Биологически активные вещества лекарственных растений. Новосибирск: Наука. 1990. 328 с.
36. Cerkauskas R. F., Chiba M. // Plant Pathol. Canada, 1990. Т. 12, N4. P. 349–357.
37. Сацыперова И. Ф., В. Г. Крейер, И. Б. Сандина, А. П. Якимов. // Труды БИН им. В. Л. Комарова АН СССР. Серия 5. Растительные ресурсы. Вып. 15. 1968. С. 185–191.
38. Гиоргобiani Э. Д., Н. Ф. Комиссаренко, Э. П. Кемертелидзе // Сообщение Академии наук Грузинской ССР. 1969. Т. 53. № 3. С. 613–616.
39. Комиссаренко Н. Ф., И. Г. Зоз, В. Т. Чернобай, В. Г. Колесников. // Биохимия. 1961. Т. 26, № 6. С. 980–983.
40. Креер В. Г. // Журнал прикладной химии. 1963. № 11. С. 2517–2522.
41. Креер В. Г., Соколов В. С. // Труды Ботанического Института АН СССР. 1965. Вып. 12. С. 61–65.
42. Креер В. Г., Соколов В. С. // Труды Ботанического Института АН СССР. 1965. Серия 5. Растительные ресурсы. Вып. 12. С. 61–65.
43. Сипинская О. Ф. Фитохимическое исследование борщевика Сосновского. Разработка технологии препаратов и изучение их фармакологического действия. Автореф. дис. ... канд. фарм. наук: Л. 1969. С. 22.
44. Сацыперова И. Ф. Борщевика флоры СССР—новые кормовые растения: перспективы использования в народном хозяйстве. Л.: Наука. 1984. 218 с.
45. Wawrzynowicz T., M. Waksmundzka-Hajnos, M. L. Bieganska. // Chromatographia. Vol. 28. No 3/4. 1989. P. 161–166.
46. Жамба Г. Ю. // Украинський ботаничний журнал. 1969. Т. XXVI, № 5. С. 86–89.
47. Abyshev A. Z., P. P. Denisenko. // Химия природных соединений. 1973, № 4. P. 550–551.
48. Сацыперова И. Ф. // Материалы совещания по вопросам изучения и освоения растительных ресурсов СССР. Новосибирск, 1968.
49. Черняк Д. М. Борщевик Сосновского (*Heracleum Sosnovskyi* Manden.) и борщевик Меллендорфа (*Heracleum Moellendorffii* Hance) на юге Приморского края (биологические особенности, перспективы использования и биологическая

активность). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. 02.02.14. Владивосток. 2013. 26 с.

50. Юрлова Л.Ю., Д.М. Черняк, О.П. Кутовая. // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2013, № 2. С. 91–93.

51. Blazek Z. // *Cescoslov. Farmac.* 1969. Vol.18, N4. P. 250–257.

52. Jakubska-Busse A., Śliwiński M., Kobyłka M. // *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 2013. Vol. 65, N3. P. 877–883.

53. Чекалинская И.И., Пашенцева Г.Ф. Фурукумарины некоторых видов рода *Heterocleum* // Интродукция и зеленое строительство. Минск, 1974. С.195–200.

54. Интродукция борщевиков в Белоруссии / М.А. Кудинов [и др.]; под общ. ред. Кудинов М.А. Минск: Наука и техника. 1980. 200 с.

55. Ладыгина Е.Я. Химический анализ лекарственных растений: учеб. пособие для фармац. вузов / под ред. Н.И. Гринкевича, Л.Н. Сафронича. М.: Высш. Школа. 1983. 176 с.

56. Tang S.–Y., J.C.McGowan, M. Singh. // *Nat. Res. Coucil of Canada*. 1995. P. 1995–2003.

57. Zhang H., Gong C. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Lv%20L%5B+Author%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19530154 Xu Y., Zhao L., Zhu Z., Chai Y., Zhang G. // *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 2009. Vol. 23, N.1.P.2167–2175.

58. Gerd V., Frank D., Pat S. // *Food Testing & Agriculture* © Agilent Technologies, Inc., 2013–2014. Published in the USA, September 15, 2014, 5991–3474EN.

59. *Studies in Natural Products Chemistry* / Ed. Elseviser, Atta-ur- Rahman, Pakistan, 2014. Vol. 43. 514 p.

60. Копылова Н.А., Ламан Н.А., Прохоров В.Н. // *Ботаника (исследования)*. Вып. 43. Минск, 2014. С. 250–259.

61. Копылова Н.А., Прохоров В.Н., Ламан Н.А., Росоленко С.И., Тимофеева И.В. // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: Материалы VIII Международной научной конференции (28–30 октября 2015 г., г. Минск, Беларусь). Минск, 2015. С. 61.

62. Ламан Н.А., Прохоров В.Н. Буклет «Гигантские борщевики и меры борьбы с ними». Минск, 2013. 4 с.

63. Mishyna M., Laman N., Prokhorov V., Maninang J.S., Fujii Y. // *Natural Product Communications*, 2015. Vol.10, N5. P. 771–774.

64. Mishyna M., Laman N., Prokhorov V., Fujii Y. // *Natural Product Communications*, 2015. Vol.10, N5. P. 767–770.

65. Корневэн К. Ядовитые растения и отравления, ими причиняемые. С.-Петербург, 1894 (перевод с французского). С. 273–274.

66. Винокуров Г.И. // *Вестник дерматологии и венерологии*. 1965, № 7. С. 67–69.

67. Jois H. S., Manjunath B. L., Rao S. V. // *J. Ind. Chem.* 1933. Vol. 10.

68. Kuske H. // *Dermatologica*.1940. Vol. 82. P. 5–6.

69. Jensen T., Hansen K. G. // *Arch. Dermat.*1939. Vol. 40.

70. Pathak M.A., Fellman J.H. // *Nature*.1960. Vol. 185. P. 4710.

71. Хаджай Я.И., Кузнецова В.Ф. // *Фармацевтический журнал (Украина)*. 1965. № 3. С. 66–69.

72. Сацыперова И. Ф. // Растительные ресурсы. 1968. Т. IV. Вып. 4. С. 570–579.
73. Musajo L. // *Il Farmaco* (Ed. Scient.). 1955. Vol. 10. P. 8.
74. Pathak M.A., Fithzpatrick T.B. // *J. Invest. Dermat.* 1959. Vol. 32. P. 255.
75. *Photosensitization: Molecular, Cellular and Medical Aspects* / Edited by G. Moreno, R. H. Pottier, T. G. Truscott. Springer-Verlag. Berlin, New York, London, Paris, Tokyo. 2000. P. 1–301.
76. Piette J., Merville-Louis M.–P // *Photochem. Photobiol.* 1986. Vol. 44. P. 793–802.
77. Palumbo M. M., Rodighiero P., Gia O. // *Photochem. Photobiol.* 1986. Vol. 44. P. 1–4.
78. Xi-Cang G., Morgan W.F., Cleaver J.E. // *Photochem. Photobiol.* 1986. Vol. 44. P. 131–136.
79. Altamirano-Gimas M., Hudson J. B., Towers G. H.N. // *Photochem. Photobiol.* 1986. Vol. 44. P. 187–192.
80. Павлючок-Гогерчак О.В., Суховия М.И. // Биологически активные вещества: Фундаментальные и прикладные вопросы получения и применения. Тез. межд. конф. (23–28 мая 2011 г. Новый свет, АР Крым, Украина). С. 295.
81. Завильгельский Г.Б. Молекулярные механизмы летального и мутагенного действия ультрафиолетового излучения на бактериальные вирусы: Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата биологических наук / АМН СССР. Москва, 1966. 26 с.
82. Конев С.В., Вологовский И.Д. *Фотобиология* / Минск: Изд. БГУ им. В.И. Ленина. 1979. С. 337–344.
83. Cleaver J.E., Killpack S., Gruenert D.C. // *Environ. Health Perspect.* 1985. Vol. 62. P. 127–134.
84. Towers G.H.N. Photosensitizers from plants and their photodynamic action / *Prog. Phytochem.* 1980. Vol.6. P. 183–202.
85. Harter M.L., Felkner I. C., Song P. S. // *Photochem. Photobiol.* 1976. Vol.24. P. 49.
86. Ou C.N., Song P.C. // *Am. Soc. Photobiol. Ann. Mtg.* 1976. Vol.4. Abstract WPM-B6;
87. Ou C. N., Song P. C., Harter M. L., Felkner I. C. // *Photochem. Photobiol.* 1976. Vol.24. P. 487.
88. Poppe W., Grossweiner J. L. // *Photochem. Photobiol.* 1975. Vol.22. P. 217.
89. Singh H., Vadasz J.A. // *Photochem. Photobiol.* 1978. Vol. 28. P. 539.
90. Chandra P., Marciani S., Dall'Acqua F., Rodighiero G., Biswas R. K. // *FEBS Letters.* 1973. Vol. 35. P. 243.
91. Yoshikawa K., Mori N., Sakakibara S., Mizuno N., Song P.S. // *Photochem. Photobiol.* 1979. Vol. 29. P. 1127–1133.
92. Veronese F., Schiavon O., Bevilacqua R., Bordin F., Rodighiero G. // *Photochem. Photobiol.* 1981. Vol. 34. P. 351–354.
93. Schiavon O., Simonic R., Ronchi S., Bevilacqua R., Veronese F. // *Photochem. Photobiol.* 1984. Vol. 39. P. 25–30.
94. Poppe W., Grossweiner B. // *Photochem. Photobiol.* 1975. Vol. 22. P. 219.
95. Grandier M., Helene C. // *Photochem. Photobiol.* 1983. Vol. 38. P. 563–568.

96. Rodighiero G. New aspects of the mechanisms of action of Furocoumarins (psoralens and angelicins) / Photobiology. Edited by E. Riklis, Plenum Press, New York 1991. P. 963–964.

Н. А. ЛАМАН, Н. А. КОПЫЛОВА
**ФУРОКУМАРИНЫ КАК ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ
И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЛЕКАРСТВЕННЫХ
ПРЕПАРАТОВ**

Резюме

Обобщены современные представления о фурукумарилах как соединениях с высокой биологической активностью, описаны реакции фотосенсибилизации с участием фурукумаринов, механизмы их действия на молекулярном уровне. Рассмотрены перспективы использования борщевика Сосновского как источника биологически активных соединений.

N. A. LAMAN, N. A. KOPYLOVA
**FUROCOUMARINS AS THE PHOTSENSITIZERS
AND THE PERSPECTIVE COMPONENTS OF DRUGS**

Summary

The current understanding about furocoumarins as a substances with high biological activity is summarized, photosensitivity reactions involving furocoumarins and their mechanisms at the molecular level are described. The prospects of using Sosnowskiy hogweed as a source of biologically active compounds is considered.

Поступила в редакцию 13.11.16 г.

Н. А. ЛАМАН¹, Н. А. КОПЫЛОВА¹, М. О. ДОСИНА²,
Д. П. ТОКАЛЬЧИК², В. А. КУЛЬЧИЦКИЙ²
**ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
ПЛОДОВ ШИПОВНИКА (*ROSA RUGOSA* THUNB.)
НА ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ**

¹Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича

НАН Беларуси, г. Минск

²Институт физиологии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Плоды шиповника являются натуральным поливитаминным сырьем с высокой биологической доступностью, которое может послужить хорошей альтернативой предлагаемым фармацевтической промышленностью синтетическим заменителям макро- и микроэлементов, витаминов и т. д. Мякоть плодов содержит аскорбиновую кислоту (3,22–10,84% на абсолютно-сухую массу или 2,46–5,2% на абсолютно-сухую массу плодов), витамины В₂, К, ликопин и β-каротин (от 5 до 70 мг/100 г в зависимости от вида), пектиновые вещества (до 4%), лимонную кислоту, сахара (до 23,93%), флавоноиды, обладающие Р-витаминной активностью (до 4%), токоферолы и др. Семена содержат токоферолы (0,17–0,2%), каротиноиды (0,01%) и жирное масло, состоящее из глицеридов линолевой, линоленовой, олеиновой кислот и твердых жирных кислот [1, 2]. Такое обилие ценных веществ в плодах шиповника делает их незаменимым продуктом питания, особенно в экологически неблагоприятных условиях. Однако физиологическая составляющая эффектов БАВ в зависимости от дозировок плодов шиповника и сочетания с иными компонентами пищевых рационов фактически мало изучена.

В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение в экспериментах на крысах линии Вистар физиологических и/или возможных побочных эффектов компонентов шиповника с акцентом на выработку рекомендаций по расширению применения его плодов в различных рационах питания.

Материалы и методы исследования.

Подготовка шиповника. Шиповник морщинистый (*Rosa rugosa* Thunb.), собрали в районе д. Танежицы Слуцкого района и использовали в высушенном виде для получения витаминных добавок к рациону экспериментальных животных. Плод шиповника – ложная ягода, представляющая собой разросшееся мясистое цветоложе – гипантий – шаровидной, сплюснутой или вытянутой формы, внутри которого находятся многочисленные истинные односемянные плоды-орешки. Внутренняя часть гипантия покрыта мелкими жесткими волосками, которые трудно поддаются удалению и служат одной из причин недостаточного использования этого ценного поливитаминного сырья (рис. 1).



Рис. 1. Высушенный гипантий шиповника с плодами и волосками.

Мы предположили, что избавиться от волосков можно путем повышения степени измельчения целых гипантиев без предварительного удаления орешков. Поскольку плоды-орешки содержат масло с высоким содержанием токоферолов и ненасыщенных жирных кислот, это будет увеличивать ценность готового порошкообразного препарата. Измельчение проводили с использованием мельницы МРП-2, первоначально однократно в течение 2 минут. Контроль методом микроскопии (микроскоп Olympus SZ2-ILST) показал, что степень измельчения недостаточна, в полученном порошке содержится достаточно много волосков (рис. 2).

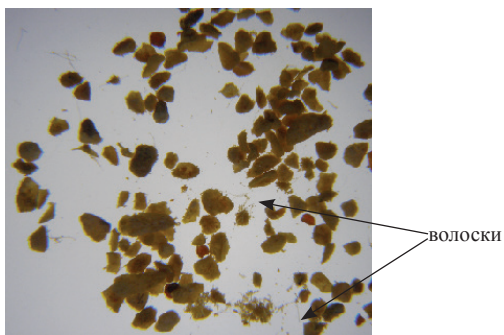


Рис. 2. Измельченный гипантий шиповника (однократно в течение 2 минут).

Наиболее эффективным оказалось 3-кратное измельчение длительностью по 2 минуты каждое. Полученный порошок исследовали под микроскопом; в поле зрения наблюдали лишь отдельные целые и крупные фрагменты волосков (рис. 3).

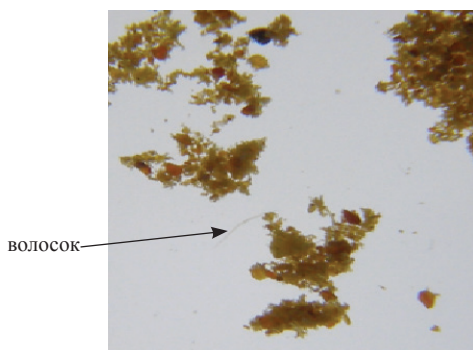


Рис. 3. Измельченный гипантий шиповника (3-кратно по 2 минуты).

Дальнейшее истирание препарата оказалось нецелесообразным, поскольку в тонко помолотом порошке быстро теряется биологическая активность антиоксидантов. Порошок гипантиев шиповника был просеян через сито № 05 с диаметром отверстий 0,5 мм (ГОСТ 3924–47), после чего в поле зрения микроскопа наблюдались единичные фрагменты волосков (рис. 4).

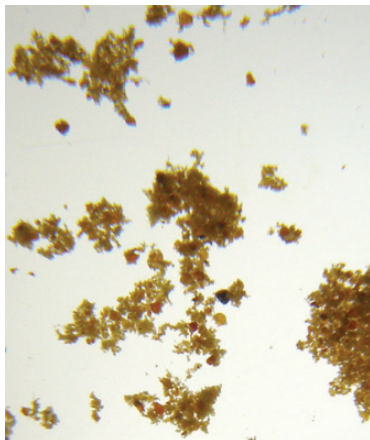


Рис. 4. Порошок шиповника, просеянный через сито № 05.

Определение содержания биологически активных соединений в порошке из сухих гипантиев шиповника. Концентрацию каротиноидов в порошке гипантиев шиповника определяли спектрофотометрически (спек-

трофотометр Jasco V-630, Тайвань) по β -каротину согласно стандартной методике [3]. Их содержание составило 54,45 мг/100 г.

Содержание аскорбиновой кислоты определено по модифицированной методике E. J. Hewitt и G. J. Dicks [4] и составило 1196,8 мг/100 г.

Согласно справочной литературе [5], нормы потребления каротиноидов для человека составляют 5–6 мг в сутки, при этом за среднюю массу принимается 70 кг. Норма потребления аскорбиновой кислоты составляет 50–70 мг, при занятиях спортом, болезнях, беременности нормой считается 120–150 мг. Следовательно, 10 г порошка шиповника, полученного нами, содержат суточную норму каротиноидов для человека (5,45 мг). Исходя из этого значения, производили расчет количества продукта для крыс в соответствии с массой животных.

Поскольку плоды шиповника содержат одновременно липофильные и гидрофильные биологически активные соединения, порошок гомогенизировали в сметане, которая содержит водную и жировую фазы, что способствует лучшей усвояемости водо- и жирорастворимых компонентов.

Эксперименты на животных. Эксперимент проводили в течение 1 месяца на белых лабораторных крысах-самцах линии Вистар массой 260±30 г. Перед началом опыта крыс рассортировали на три группы по 10 животных в каждой в соответствии с их массой тела (± 5 –10% от средней). Каждая крыса первой группы получала дополнительно к стандартному рациону (90% от рекомендуемого) порошок шиповника, гомогенизированный в сметане (в среднем, 420 мг порошка шиповника в 4,7 мл сметаны, что составляло 10% от стандартного рациона и содержало суточную норму каротиноидов). Крысы второй группы получали порошок шиповника в дозировке в три раза большей, чем особи в первой группе (3 суточных нормы каротиноидов). Третья (контрольная) группа животных употребляла только сметану. Количество сметаны для всех трех групп животных рассчитывали как 10% от суточного рациона. В эксперименте использовали сметану 14% жирности (торговая марка «Простоквашино», производитель ИООО «ДанонБел»). Кормление проводили ежедневно в одно и то же время в первой половине дня до основного приема корма животными. Непосредственно перед началом кормления животным давали в чашках Петри гомогенат порошка шиповника и сметаны или только сметану. Крысы активно потребляли дополнительный продукт, после чего животным предоставляли доступ к стандартному рациону.

Оценка интегральных показателей состояния экспериментальных животных. В качестве основных интегральных показателей состояния экспериментальных животных выбраны масса и длина тела, отражающие интенсивность метаболических процессов и их контроль, характер питания, особенности пищевого поведения и множество иных морфологических и физиологических особенностей организма. В конечном итоге, динамика массы и длины тела позволяют косвенно оценить общее функциональное состояние организма животных.

Оценку массы тела животных проводили на электронных весах Eta 2776 (Чехия) один раз в неделю в течение всего срока наблюдения. Длину тела крыс (без учета хвостовой части) измеряли с той же кратностью при помощи сантиметровой ленты.

Оценка общей выносливости крыс. В качестве тестового воздействия для оценки влияния состава рациона на общую выносливость организма экспериментального животного выбран тест POWER-W (IVZ-Inc.). Данный тест позволяет оценить не только общую выносливость организма крысы, но и ее способность к обучению в результате повторных размещений животных на горизонтальной струне [6]. Оценивалась продолжительность нахождения крысы на струне (выносливость), способность животного обнаружить бортик и, если крыса находила бортик, скорость подъема на него. Подъем на бортик засчитывался тогда, когда животное располагалось на нем всеми четырьмя лапами.

Схема проведения эксперимента. Животному позволяли ухватиться передними лапами за горизонтальную струну и затем создавали условия для свободной фиксации на струне. С этого мгновения начинали отсчет времени данного теста. Фиксировали время падения животного со струны или, наоборот, время активного перемещения крысы на бортик установки. В протоколе отмечали особенности фиксации животного на струне или на бортике. Тест прекращали, когда животное удерживалось на струне более 8 минут.

Статистическая обработка результатов. Нормальность распределения величин оценивали с использованием W-критерия Шапиро-Уилка. Учитывая отсутствие в большинстве исследуемых выборок нормального распределения, для сравнения групп данных использовали непараметрические методы. Статистическую значимость полученных результатов для независимых выборок оценивали непараметрическим методом Манна-Уитни и представляли в тексте в виде среднего значения \pm ошибки среднего ($M \pm m$). Статистическую значимость полученных результатов для зависимых выборок оценивали при помощи непараметрического метода Уилкоксона и представляли в тексте в виде среднего значения \pm ошибки среднего ($M \pm m$). Различия считали значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. На рисунках 5–9 представлены данные об изменении массы тела крыс на протяжении четырех недель наблюдения при соблюдении стандартного рациона питания или кормления с добавлением сметаны и шиповника. Обращает внимание явное увеличение прироста массы тела в группах животных, которым к 90% стандартного рациона добавляли 10% сметаны или смесь сметаны с одно- или трехкратной дозой шиповника.

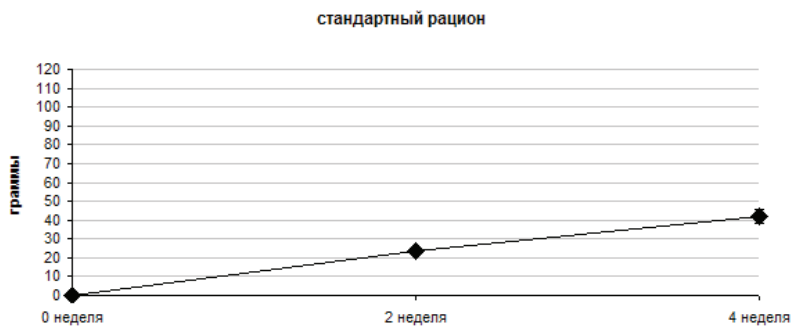


Рис. 5. Динамика прироста массы тела в граммах на протяжении четырех недель наблюдения крыс, находящихся на стандартном рационе питания.

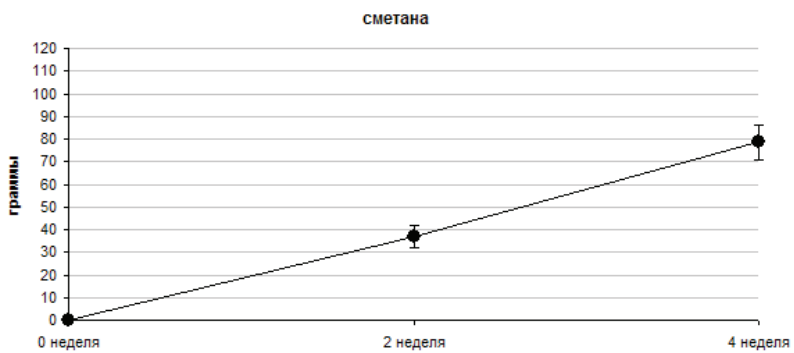


Рис. 6. Динамика прироста массы тела в граммах на протяжении четырех недель наблюдения крыс, получавших стандартный рацион питания и сметану.

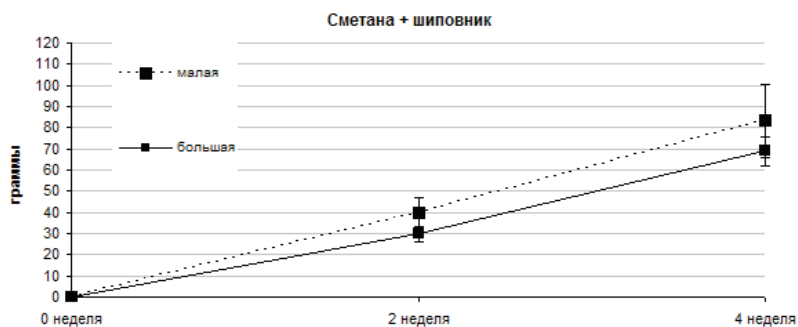


Рис. 7. Динамика прироста массы тела в граммах на протяжении четырех недель наблюдения крыс, получавших стандартный рацион питания и сметану с однократной дозой каротиноидов шиповника; большая – группа крыс с более высокой массой тела; малая – крысы с меньшей массой тела.

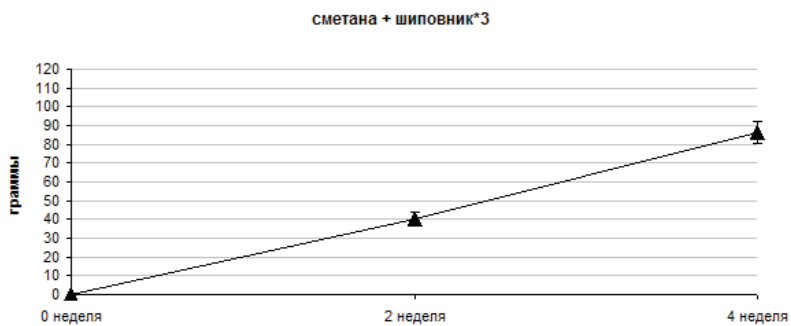


Рис. 8. Динамика прироста массы тела в граммах на протяжении четырех недель наблюдения крыс, получавших стандартный рацион питания и сметану с трехкратной дозой каротиноидов шиповника.

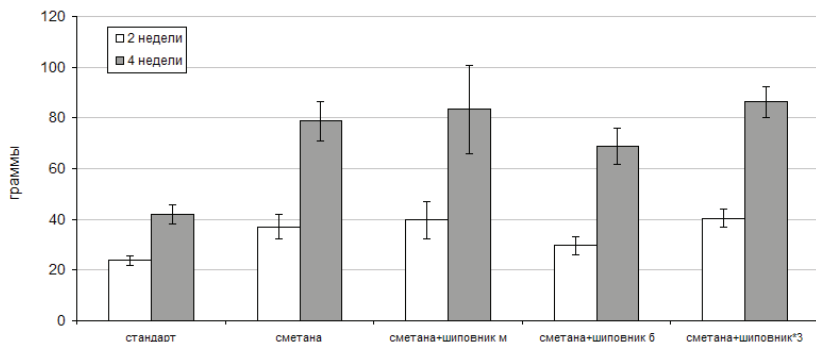


Рис. 9. Динамика прироста массы тела в граммах на протяжении четырех недель наблюдения крыс, получавших различные рационы питания, где м – крысы с малой массой, б – крысы с большей массой, шиповник 3 – трехкратная доза каротиноидов шиповника.

При анализе полученных данных выявилась фактически идентичная интенсификация прироста массы тела животных, потреблявших в качестве добавки к стандартному рациону питания сметану и смесь сметаны с однократной дозой каротиноидов шиповника по сравнению с группой крыс на стандартном рационе (рисунки 5–7), что, скорее всего, было недостоверно. В этой группе животных исходная масса тела варьировала в большей степени, чем в иных группах. Поэтому все животные в данной группе были разделены на две подгруппы: одна – с большей массой тела и другая – со сравнительно меньшей массой тела. Установлено, что животные с большей массой тела, потреблявшие смесь сметаны с однократной дозой каротиноидов шиповника в качестве добавки к стандартному рациону, увеличивали массу тела в значительно меньшей степени по сравнению с подгруппой животных с меньшей массой тела (рис. 7). Прирост веса у крыс с исходно меньшей массой тела полностью соответствовал кривым, представленным на рисунках 6 и 8. Следовательно, полученный результат свидетельствует о реальности применения шиповника в качестве компонента диетического рациона у людей с избыточной массой тела. Подобная естественная добавка, не обладающая побочными эффектами [7], вполне может быть востребована также в спортивном питании для поддержания стабильной массы тела.

При оценке выносливости животных в условиях довольно жесткого теста вывешивания на струне (POWER-W, IVZ-Inc.) до своеобразного изнеможения крыс [6] получены фактически одинаковые результаты выносливости животных через четыре недели наблюдения во всех экспериментальных группах. Время нахождения крыс на струне уменьшилось, в среднем, на 4–6 секунд, что свидетельствует о приобретении животны-

ми навыков нахождения оптимального выхода в экстремальной и, казалось бы, безвыходной ситуации [8, 9].

Заключение. Установлено, что дозированные добавки смеси сметаны и шиповника к стандартному рациону питания сопровождаются развитием позитивных эффектов в отношении соматического статуса и функционального состояния экспериментальных животных. Весьма интересно позитивное влияние БАВ шиповника на функции центральной нервной системы. Но наиболее интригующий феномен выявлен в опытах при добавках смеси сметаны и однократной дозы каротиноидов шиповника к стандартному рациону питания крыс, обладающих избыточной массой тела. В этих исследованиях обнаружено ослабление прироста массы тела животных при увеличении добавки высококалорийных продуктов (сметана жирностью 14%) в сочетании с однократной дозой каротиноидов шиповника. Данный феномен целесообразно верифицировать в наблюдениях на добровольцах.

Литература

1. Чуешов В. И., Чернов М. Ю., Хохлова Л. М. Промышленная технология лекарств // Харьков: МТК–Книга, изд. НФАУ, 2002. Т. 2. 716 с.
2. Ginnerup-Nielsen E., Christensen R. // *Gait Posture*. 2015 Vol. 42, No 3. P. 340–347. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.07.001.
3. Гавриленко В. Ф., Ладыгина М. Е., Хандобина Л. М. Большой практикум по физиологии растений. М., 1975. С. 130–132.
4. Hewitt E. J., Dickes G. J. // *Biochem.J.* 1961. Vol. 78. P. 384–391.
5. Петрушевский В. В., Казаков А. Л., Бандюкова В. А. Справочник: биологически активные вещества пищевых продуктов. Киев, 1981.
6. Deacon R. M. // *J. Vis. Exp.* 2013. Vol. 75. P.e2609, doi:10.3791/2609
7. Labib G. S. // *Drug Des. Devel. Ther.* 2015. Vol. 9. P. 5135–5146. doi: 10.2147/DDDT.S92245
8. Kesavanarayanan K. S., Sathiya S., Kalaivani P., Ranju V., Sunil A. G., Saravana Babu C., Kavimani S., Prathiba D. // *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2013 Vol. 3. P. 356–369.
9. Gao Y., Li C., Shen J., Yin H., An X., Jin H. // *J. Food Sci.* 2011 Vol. 6. P. T125–129. doi: 10.1111/j.1750–3841.2011.02267.x.

Н. А. ЛАМАН, Н. А. КОПЫЛОВА, М. О. ДОСИНА,
Д. П. ТОКАЛЬЧИК, В. А. КУЛЬЧИЦКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПЛОДОВ ШИПОВНИКА (*ROSA RUGOSA* THUNB.) НА ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ

Резюме

Дозированные добавки порошка плодов шиповника к стандартному рациону питания сопровождаются развитием позитивных эффектов в отношении соматического статуса экс-

периментальных животных. Обнаружено ослабление прироста массы тела животных при увеличении добавки высококалорийных продуктов в сочетании с однократной дозой каротиноидов шиповника.

N.A. LAMAN, N.A. KOPYLOVA, M.O. DOSINA,
D.P. TOKALCHIK, V.A. KULCHITSKY
**THE INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ROSEHIP BIOLOGICAL
ACTIVE SUBSTANCES FOR INTEGRATED INDICATORS
OF EXPERIMENTAL ANIMALS STATE**

Summary

The rosehip powder supplements to the standard diets of experimental animals are accompanied by the development of positive effects on the somatic status. The attenuation of the accretion of body weight of experimental animals, which consumed high-calorie foods in conjunction with a single dose of rosehip carotenoids is founded.

Поступила в редакцию 30.11.2016 г.

Б. И. ЯКУШЕВ, Ж. М. АНИСОВА, Т. А. БУДКЕВИЧ, М. М. САК
ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
УСТОЙЧИВОСТИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
И ЕЛИ (*PICEA ABIES* (L.) KARST.) К ЗАСОЛЕНИЮ ПОЧВЫ
ХЛОРИДОМ НАТРИЯ

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

Введение. Засоление почвенной среды (природное и техногенное) до настоящего времени рассматривается как один из наиболее действенных стрессовых факторов, оказывающих угнетающее воздействие на рост и развитие растений. В результате многолетних исследований [1–6] изучены и освещены в научной литературе многие фундаментальные основы влияния высоких концентраций солей на физиологические процессы растительных организмов, определены защитно-приспособительные реакции последних к условиям засоления на клеточном, молекулярном и генетическом уровнях, раскрыты физиолого-биохимические механизмы солеустойчивости растений.

Наряду с токсичным для растительности природным загрязнением почвенной среды солями, что обусловлено ландшафтно-геохимическими особенностями природно-растительных комплексов, солевому стрессу подвергаются культурные насаждения вдоль шоссежных дорог в городах и естественные фитоценозы, размещенные в лесозащитных зонах вдоль загородных автомагистралей. При проведении антигололедных мероприятий и обработке полотна дорог антигололедными реагентами, основным компонентом которых является хлорид натрия, концентрация ионов соли в ризосфере культурфитоценозов может достигать высокотоксичных уровней. Ингибирующее воздействие засоления почвы придорожных территорий на метаболизм древесных растений представляет собой многофакторное воздействие, поскольку затрагивает основные физиолого-биохимические процессы в растениях – фотосинтез, дыхание, водный, аминокислотный и углеводный обмены. При этом, как известно [7, 8], приспособление разных видов растений к новым условиям существования, структурные и функциональные перестройки в растительных организмах определяются одними и теми же протекторными механизмами, с участием которых растение реагирует на солевой сигнал – изменяются ионный гомеостаз и водный баланс клеток растений [9–11], уровень эндогенных фитогормонов, содержание фотосинтетических пигментов, активность фотосинтеза [11, 12], происходит накопление фенольных соединений, пролина и МДА в растительных тканях, повышается уровень активных форм кислорода и, как следствие, возрастает активность антиоксидантных ферментов [12].

Установление механизмов формирования адаптивных реакций растений на повышение концентрации соли в почвенном растворе обуславливает разработку приемов повышения устойчивости растений к солевому стрессу путем экзогенной обработки их с использованием биологически активных соединений, таких как фитогормоны, салициловая кислота, гиб-

береллиновая кислота, пролин, экзогенная 5-аминолевулиновая кислота – первичный предшественник хлорофилла и гемов [8, 9, 12–17], которые включаются в сложную систему регуляции экспрессии стресс зависимых генов и способствуют более эффективной реализации механизмов саморегуляции у растений в экстремальных условиях произрастания [8, 18].

Цель настоящей работы – исследование эколого-физиологической реакции корневых систем и надземных органов лесообразующих хвойных пород, представляющих по биологическим свойствам различные экотипы, на загрязнение почвенной среды хлоридом натрия и разработка на этой основе эффективного способа агрохимической мелиорации, ослабляющего негативное воздействие соли на жизнедеятельность древесных растений.

Объекты (материалы) и методы исследований. Объектами исследования служили широко используемые в практике озеленения и защитных лесных насаждениях сеянцы ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Лабораторный опыт – биотестирование почв в придорожных лесных насаждениях, загрязненных солью NaCl, вносимой в составе антифросторостриочной смеси на полотно автомагистралей в зимний период

Почву для биотестирования отбирали в сосновых и еловых насаждениях, расположенных вдоль кольцевой автомагистрали г. Минска на территории Минского леспархоза. Опытные делянки для исследования почвенных характеристик и состояния древесных растений выделяли в пределах пробных площадей (ПП), которые закладывали в крупных лесных массивах с преобладанием лесообразующей породы в верхнем древесном пологом.

Лесные фитоценозы с преобладанием сосны обыкновенной на дерново-подзолистой супесчаной почве:

ПП 1 – сосняк орляково-мшистый, возраст 60 лет, состав 9С1Е, кв. № 31 (Городокское лесничество);

ПП 2 – сосняк орляково-мшистый, возраст 60 лет, состав 9С1Е, кв. № 2 (Городокское лесничество);

ПП 3 – сосняк мшистый, возраст 60 лет, состав 10С, кв. № 61 (Ждановичское лесничество).

Лесные фитоценозы с преобладанием ели европейской (*Picea abies* L.) Karst) на дерново-подзолистой, слабоподзоленной почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемой средним суглинком:

ПП 4 – ельник кисличный, возраст 80 лет, состав 7Е2Д1С, кв. № 61 (Минское лесничество);

ПП 5 – ельник кисличный, возраст 85 лет, состав 6Е2Д2С, кв. № 64 (Минское лесничество);

ПП 6 – ельник кисличный, возраст 80 лет, состав 7Е3С, кв. № 66 (Минское лесничество).

В пределах каждой ПП закладывали экологические профили протяженностью от 2-х до 350 м от уреза полотна автомагистрали. Почву из слоя 0–20 см отбирали в реперных точках экологических профилей на расстоянии 2, 5, 10, 30, 50, 100, 150, 250 и 350 м от полотна дороги.

Биотестирование в лабораторном опыте проводили на 2-месячных сеянцах ели и сосны, семена которых высевали в чашки Петри, заполненные почвой, отобранной в природных фитоценозах этих культур. Повторность в опытах 4-кратная. Перед закладкой опыта определяли показатели гальванической активности (суммарное содержание солей) и измеряли pH_{KCl} почвенных образцов с использованием иономеров И-160 (Беларусь) и гальванометра Б.И. Якушева [19–21]. Морфофизиологические показатели надземных органов и корней проростков определяли согласно методическим разработкам: биометрические и весовые характеристики по методике Г.Ф. Лакина; содержание пигментов в фотосинтезирующих органах по методу Т.Н. Годнева [22]; поглощающую поверхность корней по методике Сабина-Колосова [23].

В условиях лабораторного опыта был также проведен эксперимент с моделированием загрязнения почв антигололедными реагентами, для чего в автодорожных службах был взят образец реагента – техническая соль NaCl Солигорского комбината, который применяется в зимний период для борьбы с оледенением дорог, которую вносили в образцы не загрязненной хлоридом натрия почвы модельного опыта – 5; 15; 25; 35; 45; 55 мг/100 г почвы, взятой с участков экологических профилей на расстоянии 350 м от полотна автомагистрали.

Цель эксперимента заключалась в разработке научных основ ослабления негативного воздействия хлорида натрия на состояние и метаболизм древесных растений путем применения метода агрохимической мелиорации – внесения в загрязненный субстрат соединения, содержащего химические элементы, являющиеся антагонистами Na. В качестве такого соединения была использована доломитовая мука ($CaCO_3 + MgCO_3$), которую вносили в почву в чистом виде и совместно с солью NaCl в дозах, идентичных дозам хлорида натрия.

Полевой опыт с 2-х-летними сеянцами сосны и ели, культивируемыми в условиях естественного произрастания на почве, загрязненной хлоридом натрия

Полевой опыт проводили в питомнике ГЛХУ «Молодечненский лесхоз». Проверку эффективности разрабатываемого приема агрохимической мелиорации при выращивании древесных растений на почвах с повышенной концентрацией основного компонента антигололедной смеси – хлорида натрия осуществляли по схеме:

1. Внесение в почву соли NaCl (100 г/м²)
2. Внесение в почву соли NaCl (100 г/м²) + ДМ (150 г/м²)
3. Внесение в почву соли NaCl (300 г/м²)
4. Внесение в почву соли NaCl (300 г/м²) + ДМ (450 г/м²)
5. Контроль (без внесения соли NaCl и мелиоранта)

В качестве мелиоранта использовали доломитовую муку (ДМ). В соответствии со схемой опыта соль NaCl и смесь хлорида натрия с доломитовой мукой в соотношении 1:1,5 вносили в бороздки глубиной 5 см между рядками сеянцев. После внесения реагентов бороздки присыпали почвой. Опыт проведен на делянках площадью 1 м² в 3-кратной повтор-

ности по каждому варианту. Закладку опытов в питомнике производили в мае 2014 г., количественную оценку выживаемости сеянцев на опытных площадках осуществляли в июле, завершение полевого эксперимента (отбор модельных растений и почвенных образцов для анализа) – в октябре. Выкопку сеянцев для биометрического анализа производили без повреждения корневых систем с сохранением их архитектуры. Солевой режим и реакцию (pH_{KCl}) ризосферной почвы на опытных делянках определяли согласно методическим установкам [20, 21]. Суммарное содержание растворимых солей в почве ризосферы оценивали по показателям гальванической активности (мкА) по шкале, разработанной Б. И. Якушевым [20]. У сеянцев измеряли: высоту надземной части, длину корней, диаметр стволика у корневой шейки. После разделения растений на отдельные органы, надземную часть сеянцев высушивали в термостате при 105°C и определяли сухую массу хвои и стволика с ветвями в расчете на модельное растение. Корневые системы отмывали от почвы дистиллированной водой и фиксировали в воздушно-сухом состоянии при 20°C. Влияние высоких доз NaCl на поглощающую способность корневых систем сеянцев оценивали по показателям катионно-обменной емкости корней (КОЕ), которую определяли методом Крука-Бламея [24].

Результаты измерений обработаны методом вариационной статистики с использованием стандартного пакета программ Excel.

Результаты исследований и их обсуждение.

Оценка уровней солевого загрязнения почвы в придорожных насаждениях лесных культур в результате внесения антигололедных реагентов, содержащих хлорид натрия, на полотно автомагистрали в зимний период

Как известно, определяющими компонентами катионного состава жидкой фазы почв лесной зоны, влияющими на уровень минерального питания растений, являются катионы Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , NH_4^+ , Na^+ , H^+ [24, 26]. На долю Ca^{++} и Mg^{++} в почвах этой зоны приходится 95% суммарного содержания катионов, на долю K^+ и Na^+ около 4–5%, на долю H^+ приходятся сотые доли процента. Из анионов больше всего в почвенном растворе содержится анионов угольной, соляной и серной кислот, в гораздо меньших количествах фосфорной и азотной кислот. Внесение в почву высоких доз соли NaCl резко понижает показатели pH_{KCl} почвенного раствора, поскольку катионы Na^+ вытесняют из почвенного поглощающего комплекса значительное количество H^+ .

По данным определения показателей солевого режима почвы (табл. 1 и 2; рис. 1, 2), концентрация реагента в почве, взятой для выращивания сеянцев сосны и ели, до 5–8 раз превышала показатели контрольной зоны, где удаление от магистрали составляло 150 и 350 м.

Максимальные уровни NaCl в почве сосняков отмечаются в зоне 2–5 м от полотна МКАД – 71 мг/100 г почвы. На самых удаленных участках от автодороги (250–350 м) содержание NaCl колеблется в пределах 1,33–2,50 мг/100 г почвы (табл. 1). Оценка уровней содержания хло-

рида натрия в почвах придорожных экосистем в градиенте снижения концентрации соли позволила выделить три зоны загрязнения: 1) зону высоких концентраций NaCl (2–5 м)–от 38,4 до 70,9 мг/100 г почвы; 2) повышенных концентраций NaCl (5–30 м)–от 12,8 до 29,9 мг/100 г почвы; 3) средних и низких концентраций NaCl (30–350 м)–от 1,33 до 10,9 мг/100 г почвы.

Таблица 1. Характеристика загрязненности почв хлоридом натрия (NaCl) в сосновых насаждениях вдоль автомагистрали (МКАД)

| Местонахождение объекта, тип леса | Удаленность репрезентативных участков от полотна дороги, м | Загрязнение почв сосновых насаждений NaCl в 0–5 см слое | |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------|
| | | мг/100 г почвы | кг/га почвы |
| Ждановичское лесничество, кв. 61, сосняк мшистый | 1. Обочина дороги, 2 м | 41,5±1,05 | 311±7,82 |
| | 2. Кювет, 5 м | 38,4±1,04 | 288±7,85 |
| | 3. Опушка леса, 11 м | 21,9±0,66 | 164±4,95 |
| | 4. В насаждении, 30 м | 21,4±0,50 | 160±3,77 |
| | 5. В насаждении, 50 м | 10,9±0,17 | 82,0±1,30 |
| | 6. В насаждении, 100 м | 9,70±0,74 | 72,0±5,60 |
| | 7. В насаждении, 150 м | 3,10±0,94 | 23,2±7,02 |
| | 8. В насаждении, 250 м | 1,33±0,13 | 10,0±1,00 |
| | 9. В насаждении, 350 м | 1,66±0,11 | 12,5±1,00 |
| Городское лесничество Минского леспаркхоза, кв. 41, сосняк мшистый | 1. Обочина дороги, 2 м | 24,6±1,18 | 184±8,87 |
| | 2. Кювет, 5 м | 70,9±1,73 | 532±13,2 |
| | 3. Опушка леса, 11 м | 24,0±0,32 | 180±2,45 |
| | 4. В насаждении, 30 м | 12,8±0,39 | 96,0±2,92 |
| | 5. В насаждении, 50 м | 8,10±0,25 | 61,0±1,87 |
| | 6. В насаждении, 100 м | 5,30±0,36 | 39,0±2,72 |
| | 7. В насаждении, 150 м | 4,20±0,15 | 31,0±1,15 |
| | 8. В насаждении, 250 м | 2,20±0,33 | 15,0±0,72 |
| | 9. В насаждении, 350 м | 2,00±0,14 | 15,0±1,02 |
| Городское лесничество Минского леспаркхоза, кв. 2, сосняк мшистый | 1. Обочина дороги, 2 м | 41,5±1,05 | 311±7,85 |
| | 2. Кювет, 5 м | 43,1±1,97 | 323±14,8 |
| | 3. Опушка леса, 11 м | 29,9±0,70 | 224±5,27 |
| | 4. В насаждении, 30 м | 5,60±0,22 | 42,0±1,68 |
| | 5. В насаждении, 50 м | 6,10±0,22 | 46,0±1,68 |
| | 6. В насаждении, 100 м | 5,30±0,16 | 39,0±1,23 |
| | 7. В насаждении, 150 м | 7,30±0,35 | 55,0±2,62 |
| | 8. В насаждении, 250 м | 2,50±0,10 | 19,0±0,72 |
| | 9. В насаждении, 350 м | 2,30±0,14 | 17,0±1,02 |

На отдельных участках еловых фитоценозов высокие уровни загрязнения почвы хлоридом натрия в составе антифростировочных смесей отмечались не только в 2–5 м зоне, но и фиксировались на протяженности до 30–50 м от полотна дороги (рис. 2)

Таблица 2. Характеристика солевого режима дерново-подзолистой супесчаной почвы, отобранной на реперных участках 3-х экологических профилей, расположенных в придорожных сосновых насаждениях на удаленности 2–350 м от полотна Минской кольцевой автомагистрали

| № репера, удаленность от уреза дороги | Гальваническая активность почвы, единиц ГАП | | |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | экологический профиль 1 | экологический профиль 2 | экологический профиль 3 |
| участок 1 2 м | 45,8±0,9 | 45,7±0,5 | 76,2±1,5 |
| участок 2 5 м | 79,4±2,0 | 82,2±1,3 | 88,6±0,9 |
| участок 3 10 м | 27,9±0,6 | 41,5±0,6 | 53,5±0,5 |
| участок 4 30 м | 21,4±0,9 | 42,1±0,6 | 32,3±0,3 |
| участок 5 50 м | 27,8±0,6 | 43,8±0,7 | 29,2±0,5 |
| участок 6 100 м | 49,3±0,7 | 22,1±0,4 | 57,0±0,7 |
| участок 7 150 м | 16,6±0,2 | 10,7±0,9 | 48,9±0,7 |
| участок 8 250 м | 17,6±0,3 | 14,8±0,2 | 38,8±0,5 |
| участок 9 350 м | 24,9±0,2 | 22,2±0,1 | 61,7±0,9 |



Рис. 2. Засоление NaCl почвы, отобранной для выращивания модельных растений на различном удалении от уреза полотна кольцевой автомагистрали г. Минска.

Влияние загрязнения почвенной среды антигололедными реагентами, вносимыми на полотно автомагистралей, на рост и развитие сеянцев (модельный лабораторный опыт)

Биотестирование токсичности почвы из разных зон экологического профиля на рост и развитие сосны обыкновенной в условиях модельного эксперимента показало, что по мере удаления от МКАД тенденция увеличения количества сеянцев сосны наблюдается, которое достигает контрольного значения (в среднем 22–26 растений сосны на сосуд) начиная с отметки 30 м от полотна дороги (рис. 3).

Экологический профиль 2

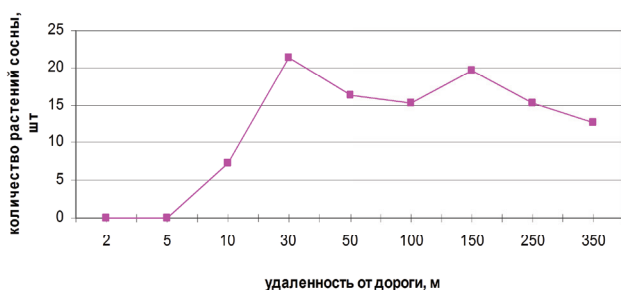


Рис. 3. Выживаемость сеянцев сосны обыкновенной на почве, отобранной на различном удалении от полотна кольцевой автомагистрали.

По данным проведенного на сеянцах ели европейской биотестирования токсичности почвы в зоне воздействия эмиссий антигололедных реагентов, вносимых на полотно автодороги республиканского значения *Р1 Минск-Дзержинск* (р-н Республиканского лесного селекционно-семеноводческого центра), ингибирующее влияние поллютантов на рост и развитие растений наиболее сильно проявляется в 5-метровой зоне от полотна дороги. Несмотря на удовлетворительные показатели всхожести семян ели (67–83%–ГОСТ 14161–86) и последующий рост проростков на почвах, взятых на удалении 2–5 метров от дороги, через 6 недель эксперимента отмечался высокий процент погибших сеянцев (до 88–90%) от исходного их количества (рис. 4).

Такой значительный отпад растений сопровождался резким ингибированием роста проростков, поражением корешка с образованием на нем перетяжки («корневой гнили») и последующим увяданием растения вследствие инфицирования грибом *Fusarium solani* App. et. Wr. (рис. 5).

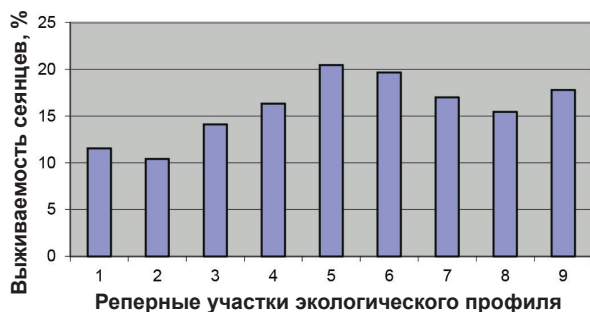


Рис. 4. Выживаемость семян ели европейской при выращивании в течение 2-х месяцев на почве, отобранной на реперных участках на расстоянии от уреза полотна автомагистрали: 1–2 м, 2–5 м, 3–10 м, 4–30 м, 5–50 м, 6–7 м 7–150 м 8–250 м 9–350 м



Рис. 5. *Fusarium solani*, поражающий семена ели европейской в модельных лабораторных опытах на почвах, отобранных на удалении 2–5 м от полотна автодороги (видовая принадлежность гриба идентифицирована при содействии к. б. н. С. И. Кориняка).

Установлено, что в зоне 5–30 м от полотна магистрали также обнаруживается проявляемое с различной степенью ингибирующее влияние засоления почвы на рост и развитие проростков-биотестов (рис. 6). Ослабление негативного воздействия техногенного фактора на растения морфометрические характеристики корневых систем и надземных органов сосны обыкновенной отчетливо демонстрируют начиная с 10-метровой зоны, уравнивание морфобиологических показателей с контрольными уровнями достигается в вариантах с почвой, отобранной на расстоянии 30–50 и более метров от автомагистрали. В наибольшей степени в условиях засоления почвы хлоридом натрия ингибируются ростовые процессы. Так, у сосны высота семян, выращенных на почве из зоны 2–5 м, ниже контрольных показателей более, чем в 3 раза; постепенное выравнивание по высоте достигается начиная с зоны 30–50 м. Аналогичную закономерность изменения в зависимости от протяженности экологического профиля и солевого загрязнения почвы демонстрирует и тренд таких информативных показателей в эко-

лого-физиологической диагностике растений как величина физиологически активной поверхности корней (рис. 7) и содержание пигментов в фотосинтезирующих органах (рис. 8).

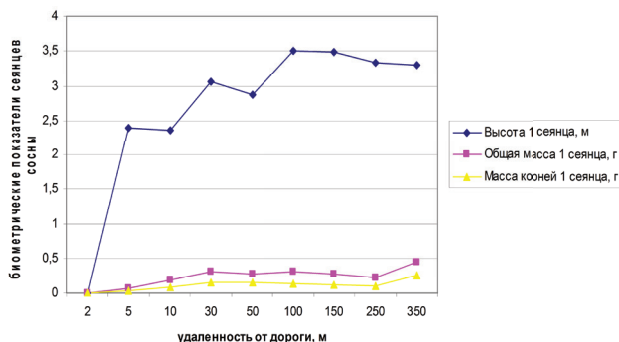


Рис. 6. Изменение биометрических показателей сеянцев сосны обыкновенной при выращивании в модельном опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве, отобранной на различном удалении от полотна МКАД.

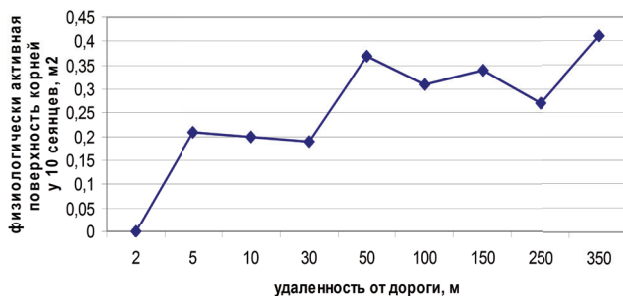


Рис. 7. Показатели рабочей (физиологически активной) поверхности корней сеянцев сосны обыкновенной в модельном опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве, отобранной на различном удалении от полотна МКАД (экологический профиль 1).

Экспериментальная разработка приемов агрохимической мелиорации по снижению ингибирующего влияния засоленности почв хлористым натрием на жизнедеятельность древесных растений

С целью разработки комплекса мероприятий по повышению продуктивности и устойчивости придорожных древесных насаждений, подвергающихся стрессовому воздействию вследствие антигололедных мероприятий на автомагистралях с использованием антифростировочных смесей с высоким содержанием хлорида натрия, в условиях модельного

лабораторного эксперимента на 2-месячных сеянцах сосны обыкновенной и в полевом опыте с 2-летними сеянцами сосны и ели европейской испытывали прием снижения отрицательного действия соли NaCl на жизнедеятельность древесных растений, основанный на методологии агрохимической мелиорации.

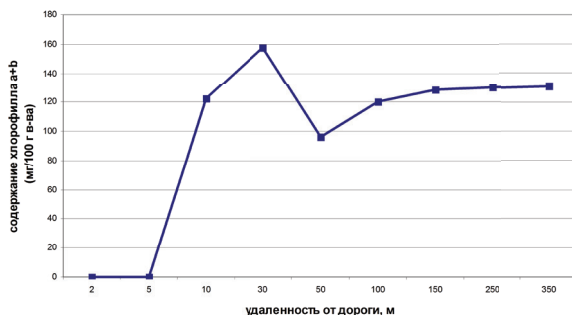


Рис. 8. Изменение содержания хлорофиллов a + b в хвое сеянцев сосны обыкновенной в модельном опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве, отобранной на различном удалении от полотна кольцевой автомагистрали.

В лабораторном эксперименте с выращиванием сеянцев сосны на дерново-подзолистой супесчаной почве при внесении в нее возрастающих доз хлорида натрия, мелиоранта (доломитовой муки) и их смеси — оценка физиологического состояния растений в вариантах каждой из трех серий эксперимента, проведенная по показателям содержания в хвое пигментов — хлорофилла (a+b) и каротиноидов, показала возможность стимулирующей регуляции с помощью мелиоранта физиологического состояния растений при солевом стрессе (табл. 3). Если под воздействием вносимых в почву возрастающих доз хлорида натрия (5 мг, 25 мг, 45 мг/100 г почвы) содержание пигментов в хвое сеянцев снижается относительно контроля — по хлорофиллу в 1,4; 1,5; 1,5 раза, а по каротиноидам в 1,3; 1,7; 1,7 раза, то при внесении NaCl в смеси с доломитовой мукой показатели содержания пигментов, так же, как и морфометрические и весовые параметры растений в этом варианте опыта практически достигают контрольных значений.

В полевых экспериментах, проведенных в питомнике ГЛХУ «Молодеченский лесхоз», с внесением в почву опытных делянок с 2-летними сеянцами сосны и ели 1,5-кратной (по отношению к соли NaCl) дозы доломитовой муки, достоверные видовые различия ростовых реакций сеянцев изучаемых древесных пород выявлены в вариантах с внесением максимальных доз хлорида натрия и мелиоранта (рис. 8). Морфометрические характеристики 2-летних сеянцев сосны и ели при относительно небольших различиях показателей длины корней, существенно различались по параметрам развития корневой системы и транспортных органов — расте-

ния ели превосходили сеянцы сосны по массе корней модельного растения в 2,5 раза, по диаметру стволика у корневой шейки и массе стволика с ветвями в 1,3 раза. В то же время, при одинаковой высоте сеянцев масса хвои у растений сосны была в 1,5 раза больше, чем у ели (рис. 8).

Таблица 3. Содержание хлорофилла и каротиноидов в хвое 2-месячных сеянцев сосны обыкновенной, культивируемых на дерново-подзолистой супесчаной почве при внесении возрастающих доз NaCl и доломитовой муки (ДМ). Модельный лабораторный опыт

| Вариант опыта (доза вносимого в почву реагента, мг/100 г почвы) | Содержание пигментов, мг/100 г сырого вещества | |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------|
| | хлорофилл а + b | каротиноиды |
| Опыт с NaCl | | |
| 5 мг NaCl | 123,1 ± 5,6* | 24,9 ± 1,5* |
| 25 мг NaCl | 113,4 ± 0,8* | 22,3 ± 0,2* |
| 45 мг NaCl | 113,4 ± 0,8* | 22,6 ± 0,5* |
| Опыт с доломитовой мукой | | |
| 5 мг ДМ | 165,3±7,2 | 33,1 ± 1,3 |
| 25 мг ДМ | 163,1±1,0 | 32,9 ± 0,5 |
| 45 мг ДМ | 163,9±2,7 | 33,4 ± 0,6 |
| Опыт с NaCl и доломитовой мукой | | |
| 5 мг NaCl + 5 мг ДМ | 160,6±7,0 | 32,7 ± 1,3 |
| 25 мг NaCl + 25 мг ДМ | 152,0±4,2 | 31,2 ± 0,5 |
| 45 мг NaCl + 45 мг ДМ | 155,6±4,4 | 33,1 ± 1,2 |
| Контроль (без внесения NaCl и ДМ) | 167,1 ± 4,0 | 37,3 ± 1,6 |

Примечание: * разница с контролем достоверна при P_{05} .

Эффект от внесения в почву мелиоранта также проявился в достоверных различиях видовых морфометрических характеристик сеянцев. В сравнении с контрольным вариантом (засоление ризосферы NaCl) у сеянцев ели на делянках с применением доломитовой муки отмечено утолщение корневой шейки и увеличение корневой массы в 1,3 раза, возрастание в 1,3–1,6 раза биометрических параметров надземных органов – высоты растений, массы хвои и стволика с ветвями. Внесение в почву доломитовой муки в смеси с хлоридом натрия практически не оказало влияния на состояние сеянцев сосны, достоверные различия параметров роста и развития растений на делянках с засолением и внесением соли хлорида натрия в смеси с мелиорантом не отмечены.

Измерение гальванической активности (суммарной концентрации растворимых солей) и кислотности почвы под древесными растениями

через шесть месяцев после внесения в почву хлорида натрия в чистом виде (в данном анализе – контрольные варианты) и в смеси с доломитовой мукой, показало, что гальваническая активность почвы на опытных делянках ели европейской при внесении мелиоранта возросла по сравнению с контролем в среднем в 1,4 раза, тогда как в опыте с сосной обыкновенной ее показатели достоверно не изменились (табл. 4).

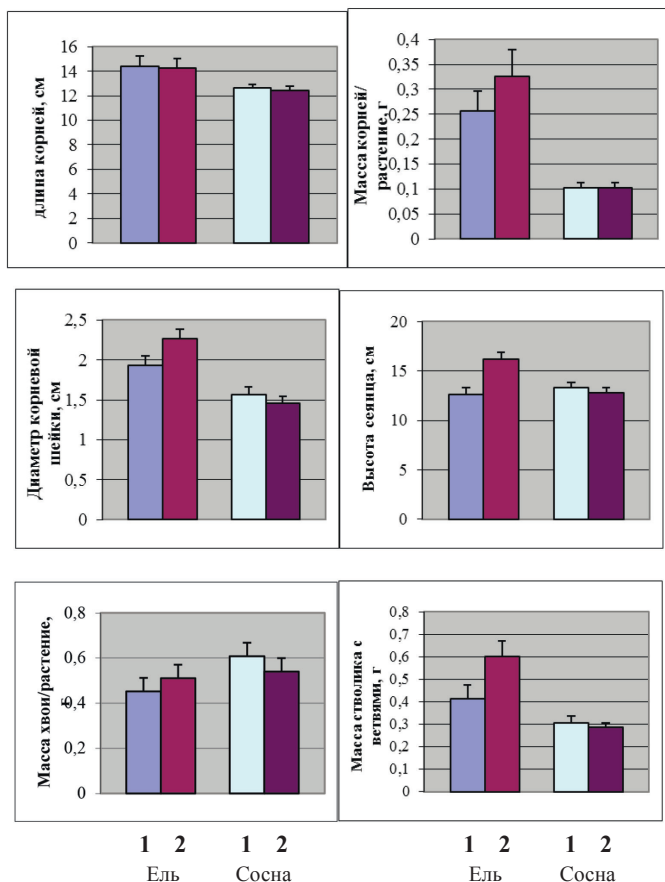


Рис. 8. Действие NaCl и мелиоранта – доломитовой муки (ДМ), внесенных в ризосферу, на рост и развитие 2-летних сеянцев ели европейской и сосны обыкновенной:

1 – 300 г NaCl / м² площади насаждения,
 2 – 300 г NaCl + 450 г ДМ / м² площади насаждения.

Таблица 4. Изменение показателей гальванической активности и pH_{KCl} почвы в ризосфере 2-летних сеянцев древесных растений в модельных полевых опытах при внесении в почву, загрязненную солью NaCl, мелиоранта – доломитовой муки (ДМ)

| Вариант опыта | pH_{KCl} | ГАП, мкА |
|-----------------------------------------------------------|------------|---------------|
| Делянки с сеянцами сосны обыкновенной | | |
| NaCl (300 г/м ²) – контроль | 4,90 | 21,00 ± 1,73 |
| NaCl (300 г/м ²) + ДМ (450 г/м ²) | 5,95 | 22,71 ± 1,89 |
| Делянки с сеянцами ели европейской | | |
| NaCl (300 г/м ²) – контроль | 4,79 | 27,58 ± 1,31 |
| NaCl (300 г/м ²) + ДМ (450 г/м ²) | 6,27 | 37,53 ± 1,96* |

Примечание: * разница с контролем достоверна при P_{05} .

Изменение кислотности почвы в ризосфере в присутствии мелиоранта также проявилось с различной эффективностью – сдвиг pH_{KCl} в сторону щелочного диапазона в ризосфере ели европейской (4,79 → 6,27) существенно превысил показатели в ризосферной почве сосны обыкновенной (4,90 → 5,95). Следует предположить, что установленная буферность почвенного раствора в ризосфере сосны и, возможно, более высокая видовая избирательность поглощения из почвы и депонирования в подземных органах и хвое катионов Ca и Mg может являться одним из условий формирования большей, в сравнении с елью, устойчивости растений сосны к солевому стрессу. В определенной мере на это указывают более высокая, чем у сеянцев ели, катионно-обменная емкость корневой системы сосны и степень ее изменения при культивировании растений на фоне возрастающих доз хлорида натрия и мелиоранта (табл. 5).

Таблица 5. Действие доломитовой муки (ДМ) на катионно-обменную емкость (КОЕ) корней 2-летних сеянцев ели и сосны при разных уровнях засоления ризосферы NaCl

| Вариант опыта | КОЕ, мг-экв/г сухой массы | |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|
| | Ель | Сосна |
| Контроль (без внесения NaCl и ДМ) | 4,330 ± 0,493 | 5,176 ± 0,461 |
| NaCl (100 г/м ²) | 3,528 ± 0,857 | 4,208 ± 1,501 |
| NaCl (100 г/м ²) + ДМ (150 г/м ²) | 3,202 ± 0,682 | 4,556 ± 0,960 |
| NaCl (300 г/м ²) | 1,713 ± 0,197* | 2,791 ± 0,199* |
| NaCl (300 г/м ²) + ДМ (450 г/м ²) | 2,310 ± 0,231 | 5,289 ± 1,199 |

Примечание: * разница с контролем достоверна при P_{05} .

Если в контроле КОЕ корней у 2-летних сеянцев этих пород различается не более, чем в 1,2 раза, то на агрофоне с внесением в почву на м² площади питания 100 г NaCl и 150 г ДМ различие по величине КОЕ сосны и ели увеличивается до 1,4 раза, а при максимальных уровнях за-

соления и дозы мелиоранта КОЕ сосны в 2,3 превосходит показатели ели. Воздействие мелиоранта на КОЕ корней сеянцев также значительно эффективнее проявилось у сосны, чем у ели. В варианте опыта с внесением в почву NaCl (300 г/м²) + ДМ (450 г/м²) величина КОЕ сосны достигала уровня показателей в контроле, у ели – была выше в 1,3 раза по сравнению с вариантом засоления без внесения мелиоранта (табл. 5).

Заключение. Анализ полученных результатов позволяет констатировать, что в условиях засоления почвы хлоридом натрия эффективность применения доломитовой муки в качестве мелиоранта, ослабляющего токсическое действие соли на жизнедеятельность изучаемых видов древесных растений, в значительной степени обусловлена видовыми особенностями морфофизиологических изменений в сфере подземных органов: у более чувствительной к засолению ели европейской – нарастанием биомассы корней и органов запаса, у сосны обыкновенной – усилением функциональной активности корневой системы за счет увеличения ее катионно-обменной емкости.

Литература

1. Удовенко Г. В. Солеустойчивость культурных растений. Л.: Колос, 1977.
2. Бойко Л. А. Физиология корневой системы растений в условиях засоления. Л.: Наука, 1969.
3. Mozafar A., Goodin J. R., Oertli J. J. // Agr. J. 1970. V. 62. № 4. P. 478–481.
4. Mozafar A., Goodin J. R., Oertli J. J. // Agr. J. 1970. V. 62. № 4. P. 481–484.
5. Бабаева Ж. А., Бутенко Р. Г., Строгонов Б. П. // Физиология растений. 1968. Т. 15, вып. 1. С. 93–102.
6. Кусакина М. Г., Еремченко О. З., Четина О. А. // Вестник Пермского университета. Серия «Биология». 2011. Вып. 1. С. 73–77.
7. Yamaguchi T., Blumwald E. // Trends Plant Sci. 2005. Vol. 10. P. 615–620.
8. Радюкина И. Л. // Физиология растений. 2007. Т. 54, № 5. С. 692–698.
9. Tuna A. L., Kaya C., Dikilitas M., Higgs D. // Environ. Exp. Bot. 2008. Vol. 62. P. 1–9.
10. Kishor R. V. K., Sangam S., Amrutha R. N., etc. // Curr. Sci. 2005. Vol. 88. P. 424–438.
11. Hare P. D., Cress W. A., Van Staden J. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress // Plant, Cell and Environ. 1998. № 6. P. 535–553.
12. Sarwat M. I., El-Sherif M. N. // Word J. Agricult. Sci. 2007. Vol. 3. P. 617–629.
13. Аверина Н. Г., Грицкевич Е. Р., Самович Т. В., Усатов А. В., Яронская Е. Б. // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. 2011. № 1. С. 62–66.
14. Аверина Н. Г., Грицкевич Е. Р., Вершиловская И. В., Усатов А. В., Яронская Е. Б. // Физиология растений. 2010. Том 57. № 6. С. 849–856.
15. Кузнецов Вл. В., Шевакова Н. И. // Физиология растений. 1999. Т. 46. С. 321–336.
16. Еремченко О. З., Лымарь О. А., Орлова Н. В. // Вестник Пермского университета. Серия «Биология». 2005. Вып. 6. С. 164–167.
17. Еремченко О. З., Лымарь О. А. // Экология. 2007. Вып. 1. С. 18–23.
18. Блехман Г. И., Шеламова Н. А. // Успехи совр. биол. 1992. Т. 112, вып. 2. С. 281–287.

19. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975.
20. Якушев Б.И. Исследование растений и почв. Эколого-физиологические методы. Минск: Наука и техника, 1988.
21. Якушев Б.И., Сак М.М., Казей А.П., Анисова Ж.М. // Ботаника (исследования): сборник науч. трудов. Минск: Право и экономика, 2013. Вып. 42. С. 290–299.
22. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. Киев: Наукова думка, 1976. С. 209–213.
23. Викторов Д.П. Малый практикум по физиологии растений. М.: Высшая школа, 1983. С. 62–65.
24. Blamey F.P.C. // J. of Plant Nutrition. 1990. V.13. N6. P. 729–745.

**Б.И. ЯКУШЕВ, Ж.М. АНИСОВА, Т.А. БУДКЕВИЧ, М.М. САК
ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ
СЕЯНЦЕВ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) И ЕЛИ (*PICEA ABIES* (L.)
KARST.) К ЗАСОЛЕНИЮ ПОЧВЫ ХЛОРИДОМ НАТРИЯ**

Резюме

В результате эколого-физиологического тестирования сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской, культивируемых на дерново-подзолистых почвах, загрязненных солью NaCl, используемой в зимний период на Минской кольцевой автомагистрали (лабораторный опыт) и путем искусственного внесения возрастающих доз соли в ризосферу 2-летних растений в полевом опыте, установлены видовые особенности реакции надземных и подземных органов изучаемых древесных видов на солевой стресс. Выявлены пороговые для жизнедеятельности сеянцев сосны и ели уровни содержания хлорида натрия в почве и показана возможность снижения ингибирующего действия соли NaCl методом агрохимической мелиорации с использованием доломитовой муки.

**B.I. YAKUSHEV, Z. M. ANISOVA, T. A. BUDKEVICH, M. M. SAK
ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL APPRECIATION OF PINE
(*PINUS SYLVESTRIS* L.) AND SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.)
KARST.) SEEDLINGS RESISTANCE TO SOIL SALINIZATION
WITH SODIUM CHLORIDE**

Summary

The ecological and physiological testing of the pine and spruce seedlings, cultivated on soddy podzolic soil contaminated with anti-icing sole NaCl used on Minsk circular highway (laboratory experiment) and with sodium chloride inserted artificiality into biannual seedlings rhizosphere (field experiment) had established the specific reactions of over- and underground organs to sole stress. The critical levels of NaCl in soil for pine and spruce seedlings were revealed. The results of application of agrichemical amelioration method for reducing NaCl effect on wooden plants growth were described.

Поступила в редакцию 28.11.2016 г.

Ю. В. БОНДАРЬ¹, С. В. ЗЕРКАЛЬ¹, Н. В. ГЕТКО², И. К. ВОЛОДЬКО²
**ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ
СТРУКТУРЫ ЛИСТА *RHODODENDRON MOLLE* (Bl.) G. Don.
и *RHODODENDRON JAPONICUM* (A. Gray) Suring**

¹Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина

²Центральный ботанический сад НАН Беларуси

Введение. При переносе растений в новые климатические условия в структуре листа и других вегетативных органов растений сохраняются признаки, отражающие их систематическую принадлежность и экологическую природу, с одной стороны, а с другой – возникают определенные адаптивные изменения, приобретенные в новых условиях произрастания. При этом, адаптационный потенциал вида реализуется через анатомо-морфологические и физиолого-биохимические перестройки, затрагивающие в первую очередь лист [1].

Изучение морфо-анатомической структуры листа и других органов необходимо для решения проблем физиологии, диагностики, таксономии. Известно, что по анатомическому строению листа растений можно судить об отношении их к свету, влажности почвы и другим климатическим факторам в условиях произрастания [2]. Значения листа как бокового органа чрезвычайно велико [3]. Лист полифункционален, что обусловило такую его структуру, которая наряду с общими закономерностями развития и строения характеризуется многочисленными и очень ценными в диагностическом отношении особенностями. Еще Solereder (1908) и Engler (1889) привлекали структурные особенности листа для целей систематики [4].

Многие из представителей *Ericaceae* Juss. (D.C.) являются перспективными как плодово-ягодные культуры, а также представляющими ценность для широкого использования в озеленении и в пчеловодстве. Род *Rhododendron* L. – один из самых многочисленных в данном семействе, в котором насчитывается около 1000–1300 видов мировой флоры. Интересными в научном и практическом отношении являются высокодекоративные красивоцветущие растения, и изучение их биологии и особенностей культуры в различных климатических условиях является актуальной проблемой [5]. Рядом авторов в последнее десятилетие показано, что природно-климатические условия Беларуси позволяют успешно культивировать многие виды и сорта рододендронов [6; 7; 8]. Вместе с тем, в озеленении населенных пунктов юго-западной части Беларуси рододендроны используются сравнительно редко [9], несмотря на благоприятные климатические условия этого региона, где естественно произрастает один из видов данного рода – *Rhododendron luteum* Sweet.

Общий план строения листа, являющийся индикатором условий увлажнения, представляет определенный экологический интерес с точки зрения познания экологической природы вида. Анатомическая структура

листа представителей семейства вересковых, в том числе и рододендронов, в связи с экологией изучалась рядом авторов [10, 11, 12]. Нами ранее проведен сравнительный анализ анатомического строения листа двух североамериканских вечнозеленых видов рододендрона: *R. catawbiense* Michx. и *R. maximum* L., которые используются в зеленом строительстве Бугско-Полесского региона Беларуси [13].

Цель наших исследований – изучить морфо-анатомическую характеристику листа двух листопадных интродуцированных восточноазиатских видов рода *Rhododendron* L.: *R. molle* (Bl.) G. Don. и *R. japonicum* (A. Gray) Suring, и выявить диагностические признаки, позволяющие более рационально оценить их адаптационный потенциал при культивировании в условиях юго-западной части Беларуси.

Материалы (объекты) и методы исследования. Объекты исследования – рододендрон мягкий (*Rhododendron molle* (Bl.) G. Don.) и рододендрон японский (*Rhododendron japonicum* (A. Gray) Suring.), выращенные из семян, поступивших из Центрального ботанического сада НАН Беларуси в 2008 г.

Rhododendron molle (Bl.) G. Don. – рододендрон мягкий (китайский) – листопадный кустарник. Стебли 1–2 м высотой. Молодые ветви покрыты мягкими волосками и щетинками. Листорасположение очередное. Листья тонкие, как бумага, продолговатые, 6–12 см длиной и 2,5–5,0 см шириной, на верхушке притупленные или слегка заостренные, реснитчатые по краям. Нижняя поверхность листьев серо-белая, густоопушенная. Соцветия в виде конечных зонтиков. Чашечка мелкая с 5 лепестками. Венчик колокольчатый, пятилопастный, золотисто-желтый, 5–6 см в диаметре. Наружная поверхность лепестков рассеянно опушена и покрыта бледно-зелеными точками. Тычинки в числе пяти; нижняя часть тычиночных нитей и завязь опушенные. Плоды – сухие продолговатые коробочки, покрытые мягкими волосками и щетинками. Цветет в мае; плоды созревают в сентябре. Встречается в долине реки Янцзы и в южных провинциях Китая. Растет в предгорном поясе по склонам холмов и среди зарослей кустарников. Иногда культивируется в Китае как декоративное растение. Можно рассчитывать на успешную интродукцию этого растения на Северном Кавказе, в Южном Приморье и в юго-западной части Республики Беларусь.

Rhododendron japonicum (A. Gray) Suring. – рододендрон японский – самый популярный в нашей стране среди представителей этого рода листопадный кустарник, в природе высотой до 2 м, в культуре не более 1,5 м, сильноветвистый. Молодые побеги покрыты тонкими щетинистыми волосками. Листья 4–10 см длиной и 2–4 см шириной, продолговато-ланцетные, по краю реснитчатые, по жилкам с щетинистыми волосками. Цветки по 6–12, распускаются до появления листьев или одновременно с ними, слегка душистые. Венчик оранжевый, в диаметре до 8 см, широковоронковидный. Цветет в апреле-июне. Плодоносит в октябре–ноябре.

В высокогорьях Японии он произрастает на солнечных травянистых склонах гор или среди кустарников, никогда не встречается в лесах или

густых зарослях. Светолюбив. Заслуживает широкого использования в озеленении городов. Рекомендуются для одиночных и групповых посадок в парках, скверах, вдоль дорог и на опушках. Наибольший эффект при этом достигается в сочетании с другими рододендронами [14].

Методика сбора полевого материала. Для исследования образцы отбирали как минимум с 3-х особей каждого вида, производили отбор с одновозрастных особей, в сходных условиях обитания, с одной высоты от уровня почвы, с южной стороны. Листья этикетировали и помещали в фиксатор—96% спирт, спустя 10–15 дней добавляли от 1/3 до 1/2 по объему глицерин, и в этой смеси материал хранили [15].

Методика изготовления временных и постоянных препаратов. Поперечные и продольные срезы готовили на санном микротоме с замораживающим столиком. В соответствии с общепринятой методикой перед изготовлением срезов материал помещали на 30 мин в водную среду. Затем срезы окрашивали регрессивным способом, помещая в спиртовые растворы сафранина и нильского синего. После окраски срезы подвергали дегидратации в спирте разной концентрации (50%, 75%, 90% и абсолютный спирт). На следующем этапе срезы обрабатывали карбоксилолом и ксилолом, после чего помещали в канадский бальзам [15].

Для изучения эпидермального комплекса листа эпидерму снимали при помощи лезвия безопасной бритвы, а также использовали метод отпечатков эпидермы по Дж. Н. и Н. А. Анели [16; 17].

Анализ и обработка материалов. Анатомические исследования проводились по общепринятой методике с собственными модификациями на фиксированном и свежем материале с использованием световых микроскопов Р-15, С-11, Микмед-5 в проходящем свете. Устанавливали общую картину структуры, гистологический состав, топографию (расположение) тканей на разных срезах, их параметры, соотношение и наличие идиобластов и других включений [18]. Замеры производили с помощью винтового окуляр-микрометра МОВ 1–15. Размеры элементов приводили в пределах «от» и «до» (например, диаметр сосудов варьирует в пределах 100–150 мкм). Определения выполнены в трехкратной биологической повторности с анализом и обработкой в каждом случае не менее 25 полей зрения. Результаты подвергали статистической обработке по программе StatSoft STATISTICA 6.0. Уровень значимости 5% ($W=5$), доверительный уровень равен 95%. При этом, помимо вычисления средней арифметической, ошибки средней величины, среднего квадратичного отклонения, коэффициента вариации, находили достоверность средней величины, показатель точности [19].

Для единого подхода при проведении исследования был составлен кодекс диагностических признаков анатомического строения листа, по которым описывались виды (на поперечных срезах) [4].

Результаты и их обсуждение. Исследованию были подвергнуты следующие параметры структуры листа: *эпидерма*—количество слоев основных клеток верхнего и нижнего эпидермиса, тангентальные и радиальные размеры основных клеток, наличие кутикулы, наличие трихом,

склеренхимы; *устычный аппарат* – тип, число устьиц и их расположение; *мезофилл листа* – размер клеток столбчатого и губчатого мезофилла, коэффициент палисадности мезофилла, наличие идиобластов; *проводящая система листа* – количество и тип проводящего пучка, тангентальный и радиальные его размеры. Результаты представлены в таблице.

Таблица. Сравнительная анатомическая характеристика листа *R. molle* (Bl.) G. Don. и *R. japonicum* (A. Gray) Suring

| ПРИЗНАКИ | <i>R. molle</i> (Bl.) G. Don. | <i>R. japonicum</i> (A. Gray) Suring. |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|
| ВЕРХНИЙ ЭПИДЕРМИС | | |
| <i>Количество слоев</i> | однослойный | одно- двуслойный |
| Форма поперечного сечения основных клеток | округлая, овальная | округлой формы, далее более овальной |
| Тангентальный размер основных клеток, мкм | 37,56 ± 0,37 | 29,0 ± 1,34 |
| Радиальный размер основных клеток, мкм | 21 ± 0,17 | 19,6 ± 0,74 |
| Форма просвета клеток на поперечном срезе | округлая, овальная | округлая |
| Характер утолщения стенок основных клеток | равномерно | равномерно |
| Толщина внешних стенок основных клеток, мкм | 2,32±0,13 мкм | 9,92 ± 0,31 мкм |
| Характер внутренней поверхности оболочек основных клеток | волнистый | ровный |
| Наличие кутикулы | + | + |
| Радиальный размер кутикулярного слоя, мкм | 10,4 ± 0,09 | 5,92 ± 0,17 |
| Трихомы | + | больше в области пучка, простой |
| Наличие склеренхимы и ее расположение | в области пучка | в области пучка 5–6 слоев |
| НИЖНИЙ ЭПИДЕРМИС | | |
| <i>Количество слоев</i> | 1 | 1 |
| Форма поперечного сечения основных клеток | округлая | округлая, более овальная |
| Тангентальный размер основных клеток, мкм | 27,12 ± 0,432 | 29 ± 0,83 |
| Радиальный размер основных клеток, мкм | 27,44 ± 0,09 | 12,72 ± 0,421 |

Продолжение таблицы

| ПРИЗНАКИ | <i>R. molle</i> (Bl.) G. Don. | <i>R. japonicum</i> (A. Gray) Suring. |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Форма просвета клеток на поперечном срезе | волнистая | продолговатая |
| Характер утолщения стенок основных клеток | равномерно | равномерно |
| Толщина внешних стенок основных клеток, мкм | 4,48 ± 0,09 | 9,04 ± 0,17 |
| Характер внутренней поверхности оболочек основных клеток | равномерно | ровный на поперечном срезе |
| Наличие кутикулы | нет | Нет |
| Радиальный размер кутикулярного слоя, мкм | – | – |
| Трихомы | нет | одноклеточный простой, наличие щетинистых железок |
| Наличие склеренхимы и ее расположение | в области пучка | в области пучка прерывистыми участками |
| УСТЬИЧНЫЙ АППАРАТ | | |
| Тип устьичного аппарата | парацитный | пентацитный, чаще актиноцитный – лучистоклеточный (устьице окружено 7 побочными клетками) |
| Размещение устьиц на гранях листа | погруженные | на уровне нижнего эпидермиса |
| Расположение устьиц | хаотичное, разнонаправленное | хаотичное, разнонаправленное |
| Расположение околоустьичных клеток относительно замыкающих | над замыкающими | на уровне замыкающих |
| Количество устьиц на 1 мм ² поверхности листа | 90–100 | |
| МЕЗОФИЛЛ | | |
| <i>Характер клеточных оболочек на поперечном срезе</i> | равномерно утолщенные | равномерно утолщенные |
| <i>Дифференциация клеток мезофилла: столбчатый Губчатый</i> | 1–2 сл | 2-слойный (87,32 ± 0,41) |
| | 5–6 сл | 4-слойный |
| Форма клеток столбчатого мезофилла | продолговатая | овально-вытянутой формы, зернистой структуры |
| Тангентальный размер клеток столбчатого мезофилла, мкм | 17,24 ± 0,43 | 17,24 ± 0,43 |

Продолжение таблицы

| ПРИЗНАКИ | <i>R. molle</i> (Bl.) G. Don. | <i>R. japonicum</i> (A. Gray) Suring. |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| Радиальный размер клеток столбчатого мезофилла, мкм | 47,16 ± 0,39 | 37,48 ± 0,432 |
| Толщина палисадной ткани, мкм | 64,12 ± 0,90 | 87,32 ± 0,41 |
| Форма клеток губчатого мезофилла | округлая | округлой неправильной формы |
| Тангентальный размер клеток губчатого мезофилла, мкм | | 47,16 ± 0,39 |
| Радиальный размер клеток губчатый мезофилла, мкм | | 32,72 ± 0,406 |
| Толщина губчатой ткани, мкм | 79,6 ± 0,22 | 159,24 ± 0,97 |
| Коэффициент палисадности мезофилла | 0,8 | 0,55 |
| Наличие идиобластов | нет | друзы (в клетках губчатого мезофилла и в пучке) |
| ПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА | | |
| <i>Форма поперечного сечения пространства</i> | форма полумесяца | сердцевидная |
| Количество проводящих пучков | 1 | 1 |
| Тип проводящего пучка | коллатеральный, закрытый, полный | биколлатеральный, закрытый, полный |
| Тангентальный размер проводящего пучка, мкм | 520,8 ± 0,18 | 488,8 ± 1,63 |
| Радиальный размер проводящего пучка, мкм | 441,96 ± 0,42 | 488,36 ± 1,703 |
| Радиальный размер ксилемы, мкм | 56,88 ± 0,37 | 105,12 ± 0,79 |
| Количество трахеид в радиальном ряду | 10–12 | 20–25 |
| Тангентальный размер трахеид, мкм | 12,44 ± 0,43 | 5,88 ± 0,17 |
| Радиальный размер трахеид, мкм | 12,52 ± 0,45 | 14,96 ± 0,73 |
| Радиальный размер флоэмы, мкм | 82,36 ± 0,45 | 105,4 ± 0,76 |
| Число ситовидных элементов в ряду | 6–8 | 6–8 |
| Размер в тангентальном разрезе ситовидных элементов, мкм | 17,84 ± 0,176 | 9,08 ± 0,16 |
| Размер в радиальном разрезе ситовидных элементов, мкм | 16,92 ± 0,44 | 8,96 ± 0,17 |

| ПРИЗНАКИ | <i>R. molle</i> (Bl.) G. Don. | <i>R. japonicum</i> (A. Gray) Suring. |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Наличие склеренхимы и ее расположение | 6–9 слоев с верхней эпидермы | снизу пучка–2–3 слоя, прерывисто; 3–4 слоя сверху от пучка, |
| Радиальный размер склеренхимных волокон, мкм | 62,68 ± 0,43 | 82,4 ± 0,44 |
| Толщина клеточной стенки склеренхимных волокон, мкм | 11,03 ± 0,17 | 14,56 ± 0,44 |

Анатомическая характеристика листа *R. molle* (Bl.) G. Don.

На поперечном срезе листовая пластинка имеет дорсовентральное строение; снаружи располагается однослойная эпидерма, далее вглубь от нее с дорзальной стороны находится столбчатая, а затем губчатая паренхима. Проводящая система листа представлена коллатеральным проводящим пучком, состоящим из механических, проводящих элементов. В середине пучка – паренхима.

Верхний эпидермис однослойный, покрыт слоем кутикулы, которая пропитывает его внешнюю стенку с образованием кутикулярных слоев. Радиальный размер кутикулярного слоя составляет $10,4 \pm 0,09$ мкм. Клетки верхнего эпидермиса в области пучка уменьшаются в размерах (рис. 1).

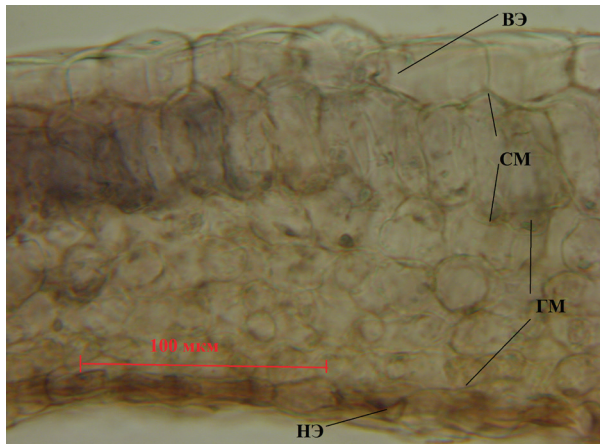


Рис. 1. Поперечный срез листовой пластинки *R. molle* (Bl.) G. Don. (общая топография тканей): ВЭ – верхний эпидермис; СМ – столбчатый мезофилл; ГМ – губчатый мезофилл; НЭ – нижний эпидермис.

Клетки верхнего эпидермиса на поперечном срезе имеют округлую, овальную форму, их размер в тангентальном сечении— $37,56 \pm 0,37$ мкм, в радиальном— $21 \pm 0,17$ мкм.

Нижний эпидермис однослойный. Кутикула отсутствует. Размер клеток в тангентальном сечении— $27,12 \pm 0,432$ мкм, в радиальном— $27,44 \pm 0,09$ мкм (таблица). Стенки основных клеток равномерно утолщены. Склеренхима располагается в области проводящего пучка отдельными участками.

Столбчатый мезофилл 1–2-слойный. Форма клеток продолговатая, их размер в тангентальном сечении— $17,24 \pm 0,43$ мкм, в радиальном— $47,16 \pm 0,39$ мкм. *Губчатый мезофилл* 5–6-слойный, и в отличие от столбчатого, рыхлый, с большими межклетниками и представлен округлыми клетками.

Проводящая система. Проводящий пучок листа коллатеральный закрытый. Тангентальный размер— $520,8 \pm 0,18$ мкм, радиальный размер— $441,96 \pm 0,42$ мкм. В составе пучка имеется флоэма и ксилема (рис. 2).

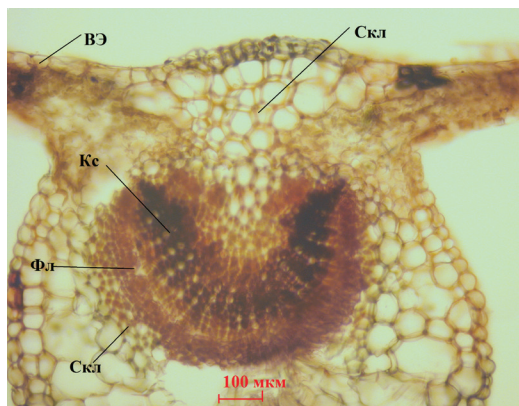


Рис. 2. Поперечный срез через проводящий пучок *R. molle* (Bl.) G. Don. ВЭ—верхний эпидермис; Скл—склеренхима; Кс—ксилема; Фл—флоэма.

Флоэма. Радиальный размер— $82,36 \pm 0,45$ мкм.

Ситовидные элементы. Их количество в радиальном ряду 6–8. Тангентальный размер— $17,84 \pm 0,176$ мкм, радиальный размер— $16,92 \pm 0,44$ мкм.

Ксилема представлена проводящими элементами. В ее состав входят сосуды и трахеиды.

Трахеиды. Их в радиальном ряду насчитывается 10–12. Тангентальный размер трахеид— $12,44 \pm 0,43$ мкм, радиальный размер— $12,52 \pm 0,45$ мкм.

Склеренхима имеет 6–9 слоев. Радиальный размер склеренхимных волокон— $62,68 \pm 0,43$ мкм, толщина клеточных стенок— $11,0 \pm 0,17$ мкм (рис. 2).

Устьичный аппарат паразитного типа. Устьица располагаются хаотично, погруженные (рис. 3). Количество устьиц на 1 мм² поверхности листа 90–100 шт.

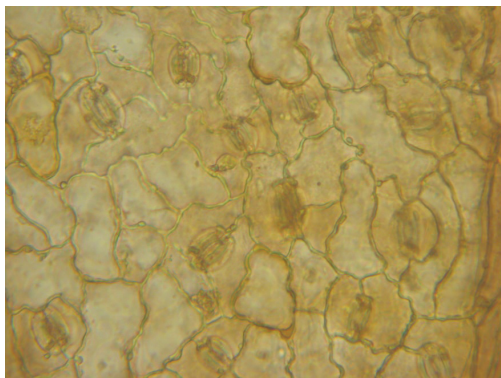


Рис. 3. Слпок нижней стороны листа *R. molle* (Bl.) G. Don.

Анатомическая характеристика *R. japonicum* (A. Gray) Suring.

На поперечном срезе листовая пластинка имеет следующую топографию тканей. Снаружи располагается эпидерма. Внутри от верхней эпидермы находится столбчатая и губчатая паренхима (рис. 4). Проводящая система листа представлена закрытым биколлатеральным проводящим пучком.

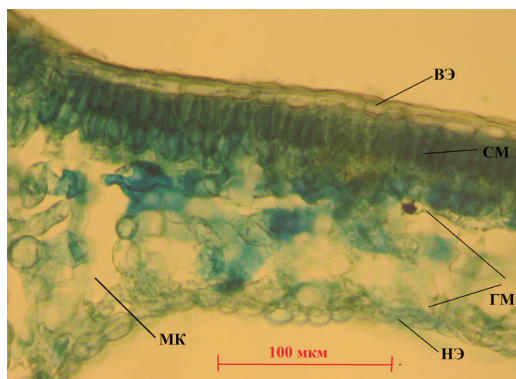


Рис. 4. Топография тканей листа *R. japonicum* (A. Gray) Suring.

ВЭ – верхний эпидермис; СМ – столбчатый мезофилл; ГМ – губчатый мезофилл; НЭ – нижний эпидермис; МК – межклетники.

Эпидерма покрывает верхнюю и нижнюю сторону листа.

Верхний эпидермис одно- двуслойный, округлой, даже более овальной формы. Тангентальный размер основных клеток составляет $29 \pm 1,34$ мкм, а радиальный размер $19,6 \pm 0,74$ мкм. На поперечном срезе видно, что клетки имеют округлую форму. Стенки основных клеток равномерно утолщены. Толщина внешних стенок основных клеток $9,92 \pm 0,31$ мкм. Радиальный размер кутикулы $5,92 \pm 0,17$ мкм (таблица). Трихомы обнаружены на верхнем эпидермисе.

Нижний эпидермис представлен одним слоем клеток. Клетки нижнего эпидермиса имеют округлую форму. Стенки основных клеток утолщены равномерно. Радиальный размер основных клеток $12,72 \pm 0,421$ мкм. Толщина внешних стенок основных клеток $9,04 \pm 0,17$ мкм. Находятся многочисленные пельтатные (щитковидные) железы (рис. 5).

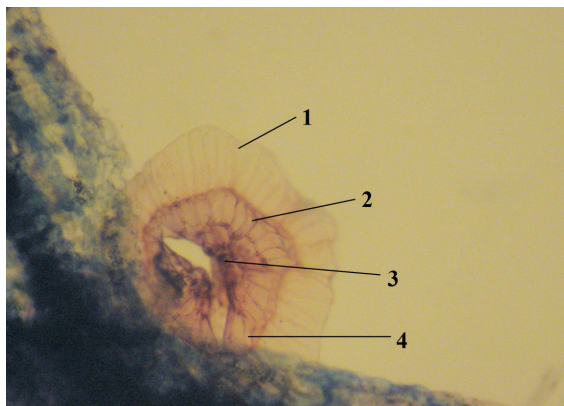


Рис. 5. Пельтатная (щитковидная) железа на нижнем эпидермисе листа *R. japonicum* (A. Gray) Suring.: 1 – удлинённые клетки; 2 – конусовидные клетки; 3 – изодиаметрические клетки; 4 – межклетники.

Устьичный аппарат пентацитного, чаще актиноцитного типа (по Анели). Замыкающие клетки окружены 5–7 околоустьичными клетками. Устьица расположены хаотично, разнонаправленно (рис. 6).

Мезофилл дифференцирован на столбчатый и губчатый мезофилл. *Столбчатый мезофилл* образован 2-мя слоями клеток овально-вытянутой формы, зернистой структуры. Тангентальный размер клеток столбчатого мезофилла $17,24 \pm 0,43$ мкм. Радиальный размер клеток столбчатого мезофилла равен $37,48 \pm 0,432$ мкм. *Губчатый мезофилл* образован 4-мя слоями клеток округлой неправильной формы. Тангентальный размер клеток губчатого мезофилла $47,52 \pm 0,43$ мкм. Радиальный размер губчатого мезофилла $32,72 \pm 0,406$ мкм. В губчатом мезофилле имеются друзы оксалата кальция (рис. 4).

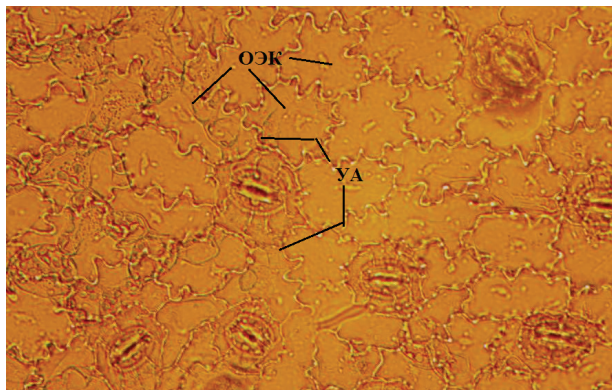


Рис. 6. Слепок нижней стороны листа *R. japonicum* (A. Gray) Suring.:
 УА – устьичный аппарат; ОЭЖ – основные эпидермальные клетки.

Проводящая система листа. Проводящий пучок, закрытый биколлатеральный. Тангентальный размер проводящего пучка $488,8 \pm 1,63$ мкм, а радиальный размер равен $488,36 \pm 1,703$ мкм. Радиальный размер флоэмы – $105,4 \pm 0,76$ мкм. Количество ситовидных элементов в радиальном ряду 6–8. Тангентальный размер ситовидных элементов составляет $9,08 \pm 0,16$ мкм. Радиальный размер ситовидных элементов равен $8,96 \pm 0,17$ (рис. 7).

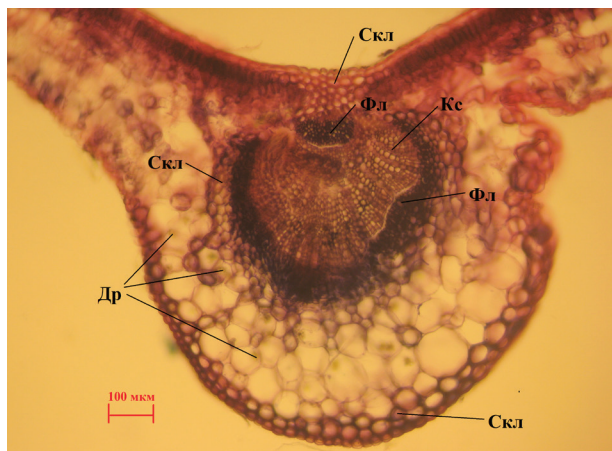


Рис. 7. Поперечный срез через проводящий пучок *R. japonicum* (A. Gray) Suring.
 Скл – склеренхима; Кс – ксилема; Фл – флоэма; Др – друзы.

Ксилема представлена проводящими и запасующими элементами. Радиальный размер ксилемы $105,12 \pm 0,79$ мкм. Количество трахеид в радиальном ряду составляет 20–25. Тангентальный размер трахеид $5,88 \pm 0,17$ мкм, а радиальный размер $14,96 \pm 0,73$ мкм (таблица).

Таким образом, исходя из приведенных результатов исследований, можно утверждать, что характер естественной приуроченности видов откладывает отпечаток на формирование отдельных элементов структуры листьев, обеспечивающих успешность адаптации их в новых условиях произрастания. Листья исследованных видов различаются по толщине: лист у *R. molle* очень тонкий, и почти вдвое тоньше по сравнению с *R. japonicum*.

Эпидерма листа. Это – многофункциональная ткань, которая, кроме функций защитной и регулирующей газообмен и транспирацию, исполняет роль всасывающей ткани, принимает участие в синтезе различных веществ, а также в восприятии раздражений и движении листьев. Она состоит из живых, прозрачных, плотно сомкнутых клеток, через которые беспрепятственно проходят солнечные лучи. Кроме основных клеток, в ней расположены замыкающие и побочные клетки устьиц, и трихомы (в виде выростов и волосков).

Обитающий в предгорном поясе в долине реки Янцзы *R. molle* имеет однослойный эпидермис, с более крупными (в тангентальном сечении) клетками, по сравнению с высокогорным видом. Известно, что мелко-клеточность в строении растений связана с торможением роста клеток растяжением при недостатке влаги, что и проявляется в большей степени у *R. japonicum*. Кроме того, недостаток влаги увеличивает число слоев эпидермиса и способствует развитию трихом на верхнем и в большей степени на нижнем эпидермисе, а также щетинистых железок, как это более четко обнаруживается у *R. japonicum*.

Извилистость стенок эпидермальных клеток, увеличивающая силу их сцепления и прочность ткани, обычно характерная для растений с тонкими листьями, приуроченных к увлажненным местообитаниям, отмечает-ся у *R. molle*.

Количество **устьиц** на 1 мм^2 поверхности листа у обоих видов варьирует в пределах 90–100 шт.

Мезофилл листа. Для обоих видов характерны как мезоморфные признаки листа: рыхлая, с большими межклетниками губчатая ткань, так и признаки ксероморфной структуры: развитие склеренхимы вокруг проводящего пучка, наличие палисадной ткани. Все это способствует успешной адаптации их в новых условиях произрастания.

При формировании адаптивных признаков структуры листа существенным и наиболее важным в этом плане различием, обнаруженным у данных видов, выступают объем и соотношение тканей мезофилла листа. Величина отношения *палисадный/губчатый мезофилл* является, ключевым параметром, интегральным функциональным ответом у растений на водный стресс и интенсивность света [20; 21]. Редукция листовой пластинки и дифференциация мезофилла в этих условиях может

быть компенсирована в определенной степени за счет увеличения слоев и плотности основной фотосинтезирующей ткани листа – палисадной паренхимы [22].

Что касается богатой межклетниками губчатой ткани листа, то различие у видов состоит, прежде всего, в ее объеме, который почти вдвое больше у *R. japonicum* по сравнению с *R. molle*. Величина коэффициента палисадности у видов, при этом составляет 0,55 и 0,8 соответственно. Это свидетельствует о том, что в условиях юго-западной части Беларуси у вида *R. japonicum* формируется мезоморфный тип листа, а у вида *R. molle* – ксероморфный. Из всего выше изложенного следует, что особенности формирования адаптивных признаков структуры листа в новых условиях произрастания у растений видоспецифичны.

В систематическом плане наибольшую ценность у исследованных видов представляют следующие, выявленные нами различия морфоанатомического характера: наличие многоклеточного волоска на нижнем эпидермисе у *Rhododendron molle* (Bl.) G. Don. и отсутствие трихом у *Rhododendron japonicum* (A. Gray) Suring. Выявлены различия по типу устьиц, по типу и размерам проводящих пучков, характеру расположения идиобластов у исследованных видов.

Заключение. Таким образом, сравнительные исследования морфоанатомического анализа листа двух видов рододендронов: *Rhododendron molle* (Bl.) G. Don. и *Rhododendron japonicum* (A. Gray) Suring, показали, что оба интродуцированных вида достаточно успешно акклиматизировались и перспективны для массового размножения и более широкого применения в зеленом строительстве Бугско-Полесского региона, и это подтверждается качественными и количественными показателями морфологии и внутренней структуры листа.

Литература

1. Кабушева И. Н. // Весці нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. 2006. № 4. С. 12–16.
2. Несцяровіч Н. Д., Панамарова А. У. // Весці Акад. навук БССР. Сер. біял. навук. 1960. № 3. С. 5–11.
3. Esau K. New-York-London, 1965. 565 p.
4. Зеркаль С. В. Сравнительная анатомия листа Сосновых (Pinaceae Lindl.): дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.05 – Ботаника. Брест. 2000. 269 с.
5. Александрова М. С. М. 1999. 192 с.
6. Ботяновский И. Е. Минск: Красико-Принт, 2007. 64 с.
7. Бондарь Ю. В., Басалай Д. Г. // Молодые исследователи – ботанической науке 2009: Материалы межд. научн.–практ. конф. (г. Гомель, 21–22 сентября 2009 г.). Гомель, 2009. С. 108–111.
8. Эколого-биологические основы интродукции рододендронов (*Rhododendron* L.) в условиях Беларуси / под ред. В. И. Парфенова, Минск: Белорусская наука, 2015. 269 с.
9. Зеркаль С. В., Бондарь Ю. В. // Вуч. запіскі Брэст. дзярж. ун-та. Сер. прыродазнаўчыя навукі. Брэст, 2009. Вып. 5, Ч. 2. С. 46–56.

10. Медведева Р.Г. Анатомическое и биохимическое исследования лекарственного растения рододендрона золотистого (кашкары): дисс. ... канд. биол. наук. Иркутск, 1945. 200 с.
11. Кумандина М.Н. Рододендрон даурский—*Rhododendron dauricum* L. в горном Алтае: Анатомо-морфологические, эколого-физиологические аспекты: дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.05—Ботаника. Томск, 2002. 163 с.
12. Александрова М. С., Зорикова В. Т. // Бюлл. главного бот. сада, 1980. Вып. 118. С. 75–82.
13. Бондарь Ю.В. // Современная фитоморфология: Материалы 1-й междунауч. конф. по морфологии растений (г. Львов 24–26 апреля 2012 г.). Львов, 2012. Т. 2. С. 67–69.
14. Рододендроны в Латвийской ССР: Биологические особенности культуры / под ред. Х. А. Мауриня, Рига: Зинатне, 1981. 332 с.
15. Еремин В. М., Шкуратова Н. В. Выпускные квалификационные работы по структурной и экологической анатомии растений. Южно-Сахалинск, 2008. 32 с.
16. Бавтуто Г. А., Еремин В. М. Морфология и анатомия растений. Минск: Высш. шк., 1997. 375 с.
17. Анели Дж.Н., Анели Н. А. // Сообщения АН Груз. ССР. Т. 122. 1986. № 3. С. 589–592.
18. Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. М.: Высш. школа, 1960. 207 с.
19. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. 295 с.
20. Voeger M. R.T., Alves L. C., Negrelle R. R.B. // Brazilian Archives of Biology and Technology. 2004. Vol. 47, №6. P. 933–943.
21. Гетко Н.В., Поболовец Т.А., Титок В.В // Доклады НАН Беларуси. 2015. Т. 59, № 4. С. 88–94.
22. Фотосинтетический метаболизм в палисадной и губчатой тканях листа / А. Т. Макроносов [и др.] // Физиология растений, 1973. Т. 21. Вып. 6. С. 1132–1138.

Ю. В. БОНДАРЬ, В. В. ЗЕРКАЛЬ, Н. В. ГЕТКО, И. К. ВОЛОДЬКО
ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ
СТРУКТУРЫ ЛИСТА *RHODODENDRON MOLLE* (BL.) G. DON.
И *RHODODENDRON JAPONICUM* (A. GRAY) SURING

Резюме

В статье приводятся результаты сравнительного изучения морфологии и анатомической структуры листа двух листопадных интродуцированных восточноазиатских видов рода *Rhododendron* L.: *R. molle* (Bl.) G. Don. и *R. japonicum* (A. Gray) Suring. Выявлены диагностические признаки, позволяющие оценить адаптационный потенциал видов при культивировании в условиях юго-западной части Беларуси.

U. V. BONDAR, V. V. ZERKAL, N. V. HETKO, I. K. VOLODKO
**SPECIFIC FEATURES OF ANATOMICAL AND MORPHOLOGICAL
LEAF STRUCTURE OF *RHODODENDRON MOLLE* (BL.) G. DON.
AND *RHODODENDRON JAPONICUM* (A. GRAY) SURING**

Summary

The article presents the results of a comparative study of the morphology and the leaf anatomical structure of two deciduous introduced East Asian species of the genus *Rhododendron* L.: *R. molle* (Bl.) G. Don., *R. japonicum* (A. Gray) Suring. Diagnostic features identified to assess the adaptive capacity of species under cultivation in the conditions of the south-western of Belarus.

Поступила в редакцию 22.09.2016 г.

Т. А. БУДКЕВИЧ¹, М. И. ЗАВАДСКАЯ², Ж. М. АНИСОВА¹
**ОСОБЕННОСТИ МОРФОСТРУКТУРЫ И ВОДНО-
МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ У ЛЮЦЕРНЫ ЖЕЛТОЙ
(*MEDICAGO FALCATA* L.) КОРНЕВИЩНОГО МОРФОТИПА
ПРИ ОБРАБОТКЕ БРАССИНОСТЕРОИДАМИ**

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

²Институт биоорганической химии НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Интродукция в культуру перспективного для пастбищного использования длиннокорневищного морфотипа дикорастущей люцерны желтой (*Medicago falcata* L.) [1,2] и создание на его основе высокопродуктивных и устойчивых к негативным факторам среды семенных посевов тесно сопряжено с разработкой технологии, адаптивной к конкретным почвенно-климатическим условиям.

Как известно, приемы экзогенной регуляции ростовых процессов, разрабатываемые с целью повышения продуктивности бобовых культур, в первую очередь их семенной продуктивности, должны быть ориентированы с одной стороны, на поддержание оптимального развития репродуктивной сферы растений, с другой – на эффективное функционирование бобово-ризобияльного комплекса. В ряду экзогенных регуляторов этих процессов особого внимания заслуживают биологически активные вещества фитогормональной природы, ускоряющие метаболические процессы у растений, активизирующие их азотфиксирующую функцию, усиливающие адаптивные свойства симбиотических систем по отношению к неблагоприятным условиям окружающей среды [3–7]. За счет экзогенных регуляторов роста может осуществляться предупреждение преждевременного старения клубеньков и стимуляция повышения урожая бобовых растений [8–12]. По разнообразию отмечаемых эффектов стимулирующего влияния на рост и продуктивность растений и их адаптацию к условиям внешней среды одними из наиболее известных экологически безопасных регуляторов роста являются искусственно синтезируемые соединения фитогормонального действия, относящиеся к группе brassinosteroidов [4, 13–16].

Исследования, проведенные в 2012–2013 гг. с семенными посевами интродуцируемой в культуру дикорастущей люцерны желтой корневищного морфотипа не выявили стимулирующего воздействия brassinosteroidов на морфогенез и семенную продуктивность интродуцента, в отличие от растений люцерны желтой культурной агропопуляции, у которых эффект проявился в достаточной степени [17]. Анализ полученных результатов свидетельствовал о существовании специфичных механизмов действия стероидных фитогормонов на плодообразование у многолетних видов бобовых растений с корневой системой смешанного корневищно-стержневого типа. Было сделано предположение, что низкая семенная продуктивность интродуцента корневищного морфотипа в вариантах с применением

фитогормонов на стадии образования завязей связана с иной, чем у стержнекорневой люцерны, направленностью потоков пластических веществ, гормонов, биогенных элементов минерального питания в растительном организме, т.к. у корневищных морфотипов растений в этот период активизируются процессы ризогенеза и формирования системы корневищ, что, вероятно, и обуславливает ослабление аттрагирующей способности формирующихся плодов на генеративных побегах семенного куста интродуцента и транслокацию части метаболитов в органы подземной сферы растений. Наряду с экзогенной фитогормональной стимуляцией роста и продуктивности растений нормальное протекание этих генетически детерминированных процессов в значительной степени может быть обусловлено воздействием внешних абиотических факторов, отражающихся в первую очередь на водно-минеральном питании растений [18–23].

Цель исследования в данной работе заключалась: 1) в сравнительном анализе эффективности воздействия препаратов двух видов брассиностероидов на морфофизиологические показатели люцерны желтой (*Medicago falcata* L.) 1-го года жизни, выращиваемых в модельном вегетационном опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве с разными уровнями водообеспеченности субстрата (атмосферное увлажнение + полив водопроводной водой). Поливы осуществляли из расчета поддержания влажности почвы (абсолютно-сухая масса 8 кг/сосуд) на уровне 60 % и 30 % ППВ. Опыт закладывали наклюнувшимися семенами в 3-кратной повторности для каждого из изучаемых вариантов:

Объекты и методы исследования. Исследование проведено на растениях интродуцируемой в культуру из природной флоры люцерны желтой (*Medicago falcata* L.) 1-го года жизни, выращиваемых в модельном вегетационном опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве с разными уровнями водообеспеченности субстрата (атмосферное увлажнение + полив водопроводной водой). Поливы осуществляли из расчета поддержания влажности почвы (абсолютно-сухая масса 8 кг/сосуд) на уровне 60 % и 30 % ППВ. Опыт закладывали наклюнувшимися семенами в 3-кратной повторности для каждого из изучаемых вариантов:

1) опрыскивание растений, выращиваемых при влажности почвы 60 % ППВ, водным раствором гомобрассинолида в фазах стеблевания и бутонизации;

2) опрыскивание растений, выращиваемых при влажности почвы 30 % ППВ, водным раствором гомобрассинолида в фазах стеблевания и бутонизации;

3) опрыскивание растений, выращиваемых при влажности почвы 60 % ППВ, водным раствором 24-эпибрассинолида в фазах стеблевания и бутонизации;

4) опрыскивание растений, выращиваемых при влажности почвы 30 % ППВ, водным раствором 24-эпибрассинолида в фазах стеблевания и бутонизации;

5) контроль – опрыскивание растений, выращиваемых при влажности почвы 60 % и 30 % ППВ, дистиллированной водой в сроки, сопряженные с обработкой растений брассиностероидами.

Использованный в опытах семенной материал дикорастущей люцерны получен с растений природных популяций с наследственно закреп-

пленным признаком – длиннокорневищно-стержневым морфотипом корневой системы, показавшими в процессе 15-летних наблюдений высокую степень самоподдержания в травостое за счет ежегодного вегетативного возобновления продуктивными побегами, образующимися на длинных дихотомически ветвящихся корневищах и характеризующихся семенами с высокими показателями качества и жизнеспособности [2]. В эксперименте использовали препаратные формы brassinостероидов, разработанные Институтом биоорганической химии НАН Беларуси (авт. В. А. Хрипач с сотр.) – «Эпин», содержащий в качестве активного вещества стероидный фитогормон 24-эпибрассинолид (ЭБ), проявивший на ряде сельскохозяйственных культур стимулирующее воздействие на фотосинтетическую активность листьев, плодообразование, адаптогенность растений к неблагоприятным условиям среды [3–5, 13–15], и «Эпин плюс» на основе стероидного фитогормона гомобрассинолида (ГБ). В каждом варианте обработку листостебельной части растений водными растворами препаратов в концентрации $1 \cdot 10^{-9}$ М проводили 2-кратно с интервалом 2–3 дня. В контрольном варианте и опытных вариантах, в которых обработка в данную фазу развития не проводилась, растения опрыскивали дистиллированной водой в объеме, адекватном объему водного раствора брассинолидов, используемого в опытных вариантах.

Растения для анализа на содержание элементов минерального питания в надземных органах и корневых системах люцерны отбирали в фазе «полное цветение – начало плодообразования» – период максимального включения основных биогенных макроэлементов (P, K, Ca) в репродукционные процессы в растениях. Во средневзвешенных растительных образцах каждого варианта после их измельчения и высушивания в термостате при $t^{\circ} 105^{\circ}\text{C}$ определяли относительное содержание фосфора, калия и кальция ($\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ сухой массы) спектрометрическим методом с использованием атомно-эмиссионного спектрометра параллельного действия с индуктивно связанной плазмой ICPE-9000 (Shimadzu, Япония) (Лаборатория биофизики Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси).

Состояние водообмена растений оценивали в период бутонизации – начала цветения по показателям оводненности и водного дефицита листьев, полученным с использованием весового метода Иванова-Еремеева [20]. Листья для анализа срезались с побегов 2-го порядка на главных продуктивных побегах. Оводненность рассчитывали по общему содержанию воды в % к исходной сырой массе листа, водный дефицит – как отношение влаги насыщения в % к суммарному содержанию воды в листе в состоянии полного насыщения. Морфометрические и продукционные параметры растений люцерны (накопление сухого вещества надземными и подземными органами, ростовые показатели) определяли в соответствии с общепринятыми методическими указаниями применительно к многолетним видам бобовых трав [18, 20, 22]. Выборка в каждом варианте опыта составляла 15–20 растений.

Данные экспериментальных исследований обработаны методом вариационной статистики с применением стандартного пакета программ

Exel. В таблицах и графических материалах отклонение от средней арифметической представлено ошибкой средней.

Результаты исследований и их обсуждение. Сравнительный анализ морфофизиологических показателей растений интродуцируемой в культуру дикорастущей популяции люцерны желтой со смешанным, длиннокорневищно-стержнекорневым морфотипом корневой системы, листовостебельную фитомассу которой обрабатывали водными препаратами стероидных фитогормонов—24-эпибрассинолида (ЭБ) и гомобрассинолида (ГБ) в предрепродукционный (фаза стеблевания) и репродукционный (фаза бутонизации) периоды развития, выявил индуцированную экзогенными обработками сопряженность эффектов в морфоструктуре и продуктивности растений с разными сроками применения брассиностероидов и уровнями влагообеспеченности почвенной среды (табл. 1 и 2).

По данным таблицы 1, у растений, выращиваемых при оптимальном (60% ППВ) уровне влагообеспеченности почвы, продуктивность надземных и подземных органов в фазе цветения—начале плодообразования под воздействием обоих фитогормонов в среднем в 1,5–2,5 раза превышала показатели продуктивности в контроле (без обработки). При этом следует особо отметить, что данный эффект стимуляции накопления фитомассы растениями в опыте с обработкой ГБ наблюдался в варианте с применением препарата в фазе стеблевания—в период активного роста и развития вегетативной массы надземных побегов, тогда как в опыте с ЭБ—в варианте обработки растений в фазе бутонизации. Под воздействием ГБ надземная масса превышала контроль в 2,4–2,7 раза, общая масса подземных органов и масса поглощающих корней—в 1,5–2,4 раза, эффект от обработки ЭБ был в 1,5 раз слабее (табл. 1).

Стимулирующее влияние внекорневой обработки люцерны препаратами стероидных фитогормонов проявилось также и на органогенезе опытных растений. Однако, если в опыте с ГБ эффективное изменение показателей морфоструктуры растений отмечалось как в надземной, так и подземной сфере растений, то в опыте с ЭБ проявилось под воздействием обработки только в увеличении числа надземных продуктивных побегов. Так, число образующихся на каудексе и находящихся в регенеративной фазе развития надземных побегов 1-го порядка в варианте с обработкой ГБ увеличилось в 1,4–2 раза, число латеральных корней в 1,3 раза и длина главного корня—на 10–20%. Обработка растений ЭБ в фазу бутонизации стимулировала 2-кратное увеличение числа надземных продуктивных побегов, но не оказала стимулирующего действия на рост и развитие подземных органов.

В серии опытов с выращиванием люцерны желтой в условиях поддержания относительной влажности почвы на уровне 30% ППВ показано (табл. 2), что при общем снижении в 1,2–3 раза показателей роста и продуктивности растений как в контроле, так и в вариантах с обработкой брассиностероидами стимулирующие, относительно контроля, эффекты, индуцированные воздействием фитогормонов, в условиях низкой влагообеспеченности почвы сохраняются в основном в вариантах с ГБ.

Таблица 1. Морфометрические и продукционные характеристики растений люцерны желтой корневищно-стержнекорневого морфотипа при внекорневой обработке brassinosterоидами в разные сроки вегетации (Растения 1-го года жизни, влажность почвы – 60% ППВ, анализ проведен в фазе цветение-начало плодообразования)

| Показатель (в расчете на одно модельное растение) | Срок обработки (фаза развития) | Опрыскивание надземной фитомассы: | | |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|
| | | H ₂ O дистил. | гомобрассинолидом (препарат «Эпин плюс») | 24-эпибрассинолидом (препарат «Эпин») |
| Сухая масса надземной части, г | стеблевание бутонизация | 1,68 ± 0,30 | 3,95 ± 0,04* 4,48 ± 0,42 | 1,56 ± 0,11 3,38 ± 0,21* |
| Сухая масса подземных органов**, г | стеблевание бутонизация | 5,05 ± 0,40 | 12,10 ± 0,84* 7,4 ± 0,16 * | 4,78 ± 0,38 8,03 ± 0,18* |
| Сухая масса поглощающих корней, г | стеблевание бутонизация | 2,35 ± 0,25 | 5,73 ± 0,08* 3,48 ± 0,14 | 2,44 ± 0,33 3,48 ± 0,18* |
| Количество надземных побегов 1-го порядка, шт. | стеблевание бутонизация | 4,6 ± 0,6 | 8,7 ± 1,0* 6,4 ± 0,8 | 5,9 ± 0,5 9,6 ± 0,8* |
| Количество латеральных корней 1-го порядка, шт. | стеблевание бутонизация | 5,0 ± 0,6 | 6,5 ± 0,7 5,7 ± 0,8 | 3,5 ± 0,2 5,0 ± 0,4 |
| Длина стержневого корня, см | стеблевание бутонизация | 34,0 ± 5,1 | 37,5 ± 5,6 25,4 ± 3,0 | 29,8 ± 3,6 31,8 ± 3,8 |

Примечание: * различия показателей с контролем достоверны при P₀₅;

** суммарная масса корней, подземных побегов и клубеньков.

Под воздействием обработки растений в фазе стеблевания препаратом ГБ сухая масса надземной части растений в фазе цветения – начала плодообразования была в 1,8 раз, а сухая масса подземных органов в 1,6 раз выше, чем в контроле. Так же оставались стабильными соотношения морфометрических показателей надземных и подземных органов растений и тенденции их изменения в зависимости от срока применения препаратов. Оптимальный срок обработки растений ГБ для стимуляции органогенеза и продуктивности – фаза стеблевания, обработки ЭБ – фаза бутонизации.

Результаты исследования экзогенного воздействия brassinosterоидов на процесс нодуляции – образования и развития симбиотических азотфиксирующих корневых клубеньков, эффективность которого оценивали по массе клубеньков в расчете на одно модельное растение, помимо различающихся на порядок значений показателей в опытах с разными препаратами, показали так же, как и по морфофизиологическим показателям, зависимость эффективности действия фитогормонов от приу-

роченности обработки ими растений к определенной онтогенетической фазе развития (рис. 1).

Таблица 2. Морфометрические и продукционные характеристики растений люцерны желтой корневищно-стержнекорневого морфотипа при внекорневой обработке brassinosterоидами в разные сроки вегетации (Растения 1-го года жизни, влажность почвы – 30% ППВ, анализ проведен в фазе цветение-начало плодообразования)

| Показатель (в расчете на одно модельное растение) | Срок обработки (фаза развития) | Опрыскивание надземной фитомассы: | | |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| | | H ₂ O дистил. | гомобрасси- нолидом (препарат «Эпин плюс») | 24-эпибрас- синолидом (препарат «Эпин») |
| Сухая масса надземной части, г | стеблевание бутонизация | 1,08 ± 0,26 | 1,89 ± 0,14* 1,30 ± 0,14 | 0,88 ± 0,12 1,08 ± 0,08 |
| Сухая масса подземных органов,** г | стеблевание бутонизация | 3,62 ± 0,60 | 5,70 ± 0,23* 3,47 ± 0,50 | 2,08 ± 0,21 3,46 ± 0,16 |
| Сухая масса поглощающих корней, г | стеблевание бутонизация | 1,97 ± 0,26 | 2,28 ± 0,09 1,32 ± 0,12 | 0,86 ± 0,04 1,44 ± 0,09 |
| Количество надземных побегов 1-го порядка, шт. | стеблевание бутонизация | 5,3 ± 0,6 | 6,0 ± 0,5 4,9 ± 0,4 | 3,6 ± 0,3 5,1 ± 0,4 |
| Количество латеральных корней 1-го порядка, шт. | стеблевание бутонизация | 3,6 ± 0,3 | 3,2 ± 0,2 1,5 ± 0,1 | 3,4 ± 0,3 3,6 ± 0,2 |
| Длина стержневого корня, см | стеблевание бутонизация | 33,9 ± 4,1 | 42,5 ± 3,4* 24,0 ± 1,9 | 24,0 ± 2,9 25,8 ± 3,1 |

Примечание: *различия показателей с контролем достоверны при P₀₅;

**суммарная масса корней, подземных побегов и клубеньков.

В опыте с ГБ показатели суммарной сухой массы симбиотических клубеньков на модельном растении варьировали в вариантах с обработкой в диапазоне значений 15–33 мг, в опыте с ЭБ в диапазоне 15–230 мг при показателе в контроле – 2–5 мг / растение.

Данные рисунка 1 показывают, что у интродуцированной из природной флоры люцерны желтой корневищного морфотипа, семена которой перед высевом инокулировали дикими штаммами *Rhizobium* с места естественного произрастания, обработка листостебельной массы препаратом ГБ в фазе стеблевания повышает нодуляцию до 20 раз, при обработке растений в фазе бутонизации – в 10 раз. В опыте с обработкой растений люцерны препаратом ЭБ эффект нодуляции при применении препарата в фазе бутонизации достигает 2-х порядков по сравнению с контролем и вариантом обработки в фазе стеблевания.

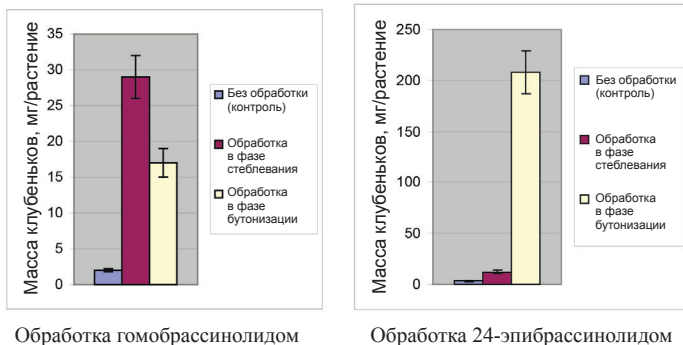


Рис. 1. Воздействие внекорневой обработки brassinостероидами на развитие симбиотических азотфиксирующих клубеньков на корнях растений 1-го года жизни люцерны желтой корневищно-стержнекорневого морфотипа в условиях дерново-подзолистой супесчаной почвы с оптимальным уровнем (60 % ППВ) увлажнения.

Воздействие brassinостероидов на состояние водообмена листового аппарата люцерны анализировали в вариантах с опрыскиванием листостебельной массы водными растворами фитогормонов в фазе бутонизации (принятый в агротехнической практике период онтогенеза для обработки бобовых растений регуляторами роста [3, 6, 18]). Характер изменения показателей оводненности и водного дефицита тканей листьев под воздействием обработок в условиях оптимального (60 % ППВ) и низкого (30 % ППВ) уровней влагообеспеченности почвы представлен на рисунках 2 и 3. При оптимальной для семенных травостоев люцерны влажности почвы (60 % ППВ) у листьев люцерны, обработанной ГБ, отмечалось достоверное снижение, относительно контроля и варианта с ЭБ, содержания воды в тканях листа и их водного дефицита (рис. 2), т.е. наблюдалась определенная тенденция ксерофитизации водообмена листового аппарата. Средние показатели водного баланса в листьях этого варианта составляли с минимальными отклонениями: по оводненности $68,3 \pm 0,2\%$, водному дефициту $22,9 \pm 0,2\%$. В то же время показатели в варианте с обработкой ЭБ характеризовались более высокими, близкими к контрольным, но варьирующими в широких пределах значениями: по оводненности $69,0 \pm 2,0\%$ (в контроле $69,4 \pm 0,1\%$), по водному дефициту $25,2 \pm 3,3\%$ (в контроле $25,0 \pm 1,12\%$).

Растения люцерны желтой, культивируемые в условиях относительной почвенной засухи (влажность почвы в вегетационных сосудах поддерживалась на уровне 30 % ППВ) обнаружили различную направленность изменения показателей водообмена в сравнении с растениями в контроле и растениями соответствующих вариантов обработки brassinостероидами в условиях оптимального (60 % ППВ) водообеспечения эдафотопы (рис. 2 и 3). Если при низкой влажности почвы оводненность

листьев в контроле и варианте с обработкой ЭБ снизилась относительно условий с оптимальным водным режимом соответственно с $69,4 \pm 0,1\%$ до $67,9 \pm 1,4\%$ и с $69,0 \pm 2,0$ до $66,0 \pm 0,3$, то в варианте с обработкой ГБ практически не изменилась и составляла $68,0 \pm 0,8\%$ (рис. 3). Учитывая то, что при наблюдаемом резком снижении оводненности тканей водный дефицит листьев в варианте с обработкой ЭБ оставался на уровне показателя оптимальных условий водообеспечения, можно констатировать, что в условиях почвенной засухи обработка растений люцерны желтой корневищного морфотипа препаратом ЭБ может приводить к серьезным нарушениям водного баланса в листовом аппарате. В то же время показано, что применение препарата на основе ГБ для стимуляции ростовых и продукционных процессов в условиях дефицита влаги в почве способствует также и гомеостатированию водообмена у растений люцерны.

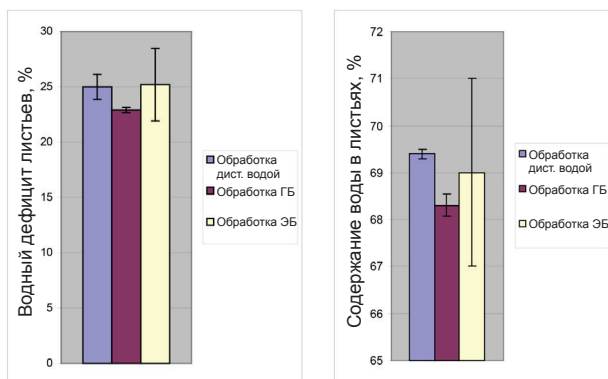


Рис. 2. Воздействие brassinостероидов на водообмен листьев люцерны желтой корневищно-стержнекорневого морфотипа при выращивании на дерново-подзолистой супесчаной почве с оптимальным (60% ППВ) уровнем влажности.

Данные по содержанию важнейших макроэлементов минерального питания (P, K и Ca) в вегетативных органах люцерны в фазе цветения-начале плодообразования и характеру распределения этих элементов между надземной и подземной частями растений под воздействием обработки их brassinостероидами, представленные в таблицах 3–5, в определенной мере могут указывать на механизмы реализации рассмотренных выше эффектов по изменению под воздействием обработок brassinостероидами показателей морфоструктуры и водообмена люцерны.

Анализ этих данных выявил ряд зависимостей количественных характеристик элементов и их баланса между надземной и подземной частями растений от вида brassinостероида и сроков обработки. Если в опыте с обработкой растений ЭБ отмечено сбалансированное (или с незначи-

тельным сдвигом в сторону корневой массы) распределение фосфора между надземной и подземной частями растения – 0,95 и 1,15, то в опыте с ГБ этот баланс при обоих сроках обработки сдвигается от контрольного показателя (0,95) в сторону подземных органов, наиболее существенно (0,65) при обработке в фазе бутонизации. В этой связи отмеченную стимуляцию процесса нодуляции на корневой системе люцерны в варианте при обработке brassinosterоидами (рис. 1) можно в определенной степени связать с фитогормональным индуцированием повышения аттрагирующей способности подземных органов в отношении фосфора, необходимого, с одной стороны, для усиления дыхательной активности корней при развитии процесса инфицирования их ризобияльными бактериями и формирования симбиотических клубеньков, с другой стороны, активацией ризогенеза со специфическим для данного морфотипа люцерны желтой формированием помимо латеральных корней биомассы корневищных побегов.

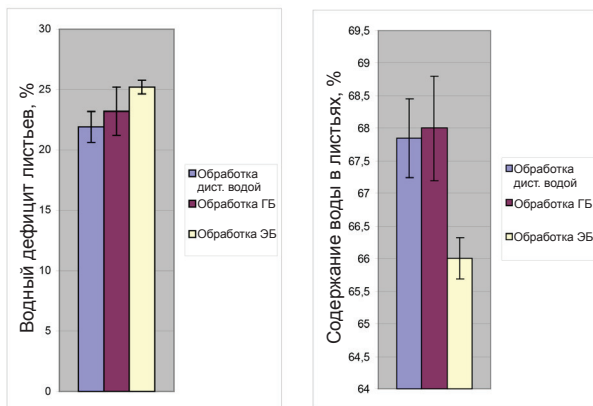


Рис. 3. Воздействие brassinosterоидов на водообмен листьев люцерны желтой корневищно-стержнекорневого морфотипа при выращивании на дерново-подзолистой супесчаной почве с низким (30% ППВ) уровнем влажности.

Характерно, что для всех анализируемых нами элементов – не только фосфора (табл. 3), но также калия (табл. 4) и кальция (табл. 5) эффект повышения относительно контроля их содержания в органах люцерны под воздействием brassinosterоидов с разной степенью статистической достоверности связан с описанной выше для показателей морфоструктуры и водообмена зависимостью от определенного для каждого из фитогормонов времени обработки растений. Для ЭБ это обработка в фазе стеблевания, для ГБ – в фазе бутонизации. Эта же закономерность характерна для направленности транслокации исследуемых элементов питания в листостебельную фитомассу.

Таблица 3. Содержание фосфора в надземных и подземных органах люцерны желтой корневищно-стержнекорневого морфотипа при разных сроках внекорневой обработки растений водными растворами ($1 \cdot 10^{-9}$ М) brassinosterоидов

| Время обработки (фаза онтогенеза) | Содержание Р, мг · кг ⁻¹ сухой фитомассы | | |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------|-------------------|
| | надземная часть | корни | надз. часть/корни |
| Обработка 24-эпибрасинолидом (препарат «Эпин») | | | |
| Стеблевание | 1,30 ± 0,02 | 1,37 ± 0,05 * | 0,95 |
| Бутонизация | 1,44 ± 0,03 * | 1,25 ± 0,05 | 1,15 |
| Обработка гомобрасинолидом (препарат «Эпин плюс») | | | |
| Стеблевание | 1,14 ± 0,02 | 1,27 ± 0,03 | 0,90 |
| Бутонизация | 0,88 ± 0,01 * | 1,36 ± 0,05 * | 0,65 |
| Контроль (опрыскивание Н ₂ О дист.) | | | |
| Стеблевание – бутонизация | 1,23 ± 0,02 | 1,29 ± 0,02 | 0,95 |

Примечание: * различия показателей с контролем достоверны при P₀₅.

Так, в опыте с ЭБ соотношение содержания калия в надземной части и корнях составляло: при обработке в фазе стеблевания – 1,50, в фазе бутонизации – 1,85; в опыте с ГБ 2,06 и 1,72 соответственно (табл. 4). Аналогичные соотношения по Са в опыте с ЭБ составляли: при обработке в фазе стеблевания 0,89, в фазе бутонизации 1,47; в опыте с ГБ 1,13 и 0,58 (табл. 5).

Таблица 4. Содержание калия в надземных и подземных органах люцерны желтой корневищно-стержнекорневого морфотипа при разных сроках внекорневой обработки растений водными растворами ($1 \cdot 10^{-9}$ М) brassinosterоидов

| Время обработки (фаза онтогенеза) | Содержание К, мг · кг ⁻¹ сухой фитомассы | | |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------|---------------------|
| | надземная часть | корни | надз. часть / корни |
| Обработка 24-эпибрасинолидом (препарат «Эпин») | | | |
| Стеблевание | 2,44 ± 0,01 | 1,63 ± 0,04 | 1,50 |
| Бутонизация | 3,50 ± 0,08 * | 1,89 ± 0,05 | 1,85 |
| Обработка гомобрасинолидом (препарат «Эпин плюс») | | | |
| Стеблевание | 3,42 ± 0,12 * | 1,66 ± 0,02 | 2,06 |
| Бутонизация | 2,46 ± 0,32 | 1,42 ± 0,04 | 1,72 |
| Контроль (опрыскивание Н ₂ О дист.) | | | |
| Отрастание – цветение | 2,83 ± 0,02 | 1,75 ± 0,02 | 1,62 |

Примечание: * различия показателей с контролем достоверны при P₀₅.

Таблица 5. Содержание кальция в надземных и подземных органах люцерны желтой корневищно-стержнекорневого морфотипа при разных сроках внекорневой обработки растений водными растворами ($1 \cdot 10^{-9}$ М) брассиностероидов

| Время обработки (фаза онтогенеза) | Содержание Са, мг · кг ⁻¹ сухой фитомассы | | |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------|-------------------|
| | надземная часть | корни | надз. часть/корни |
| Обработка 24-эпибрассинолидом (препарат «Эпин») | | | |
| Стеблевание | 3,07 ± 0,11 * | 3,44 ± 0,16 * | 0,89 |
| Бутонизация | 4,27 ± 0,01 * | 2,90 ± 0,06 * | 1,47 |
| Обработка гомобрассинолидом (препарат «Эпин плюс») | | | |
| Стеблевание | 2,86 ± 0,03 | 2,53 ± 0,13 | 1,13 |
| Бутонизация | 2,22 ± 0,02 | 3,82 ± 0,16 * | 0,58 |
| Контроль (опрыскивание Н ₂ О дист.) | | | |
| Отрастание – цветение | 2,93 ± 0,01 | 2,68 ± 0,08 | 1,09 |

Примечание: * различия показателей с контролем достоверны при P_{05} .

Известно, что в период плодообразования низкая жизнеспособность пыльцы, осыпание генеративных органов, образование недоразвитых и щуплых семян, что в итоге определяет низкую семенную продуктивность люцерны, может быть следствием нарушения обмена веществ и прежде всего несбалансированности корневого питания [23]. Изучение комплекса эндогенных регуляторов роста в вегетативных и генеративных органах люцерны показало [24], что даже в благоприятных условиях среды состав и содержание фитогормонов в процессе формирования плодов постепенно снижаются, в то время как увеличивается относительная доля фенольных соединений. В результате такой онтогенетической перестройки регуляторного комплекса и дефицита фитогормонов в генеративной сфере растения у формирующихся плодов снижается аттрагирующая способность и ослабляется, а в неблагоприятных климатических условиях вообще прекращается транспорт ассимилятов и минеральных элементов. Вследствие этого оптимальным сроком экзогенной внекорневой подкормки бобовых растений рострегулирующими веществами фитогормональной природы, в т. ч. брассинолидами, экспериментальной подтвержден и введен в агрохозяйственную практику период бутонизации-начала цветения [3, 4, 6, 15, 18, 20]. Но если у стержнекорневой формы люцерны (люцерна посевная, люцерна синегибридная) активизация процесса новообразования корней, требующего значительного притока пластических веществ, минеральных элементов, эндогенных гормонов в корневую систему, отмечается в период созревания бобов, а оптимальной фазой для стимуляции плодообразования является фаза бутонизации, то у корневищного морфотипа в период

бутонизации, цветения и начала плодообразования происходит активное разрастание корневищ путем дихотомического ветвления и образование новых подземных гипогейных (горизонтально ориентированных) корневищных побегов [1,2]. На последних в свою очередь из почек возобновления формируются новые надземные побеги, которые в оптимальных климатических условиях успевают пройти полный индивидуальный цикл развития. Учитывая, что при реализации данной программы органогенеза растений люцерны корневищного морфотипа существенно возрастает расходование материально-энергетических ресурсов, веществ гормональной природы, возможно ослабление или даже полное подавление в этот период стимулирующего воздействия экзогенных фитогормонов на процесс плодообразования. По-видимому, также нежелательна ранняя фитогормональная обработка растений, например, в период отрастания, так как в данном случае ослабление аттрактивной способности образующихся генеративных органов растений может быть связано с гормональным индуцированием процесса нодуляции и формирования бобово-ризобиального комплекса на корневой системе растений люцерны в этот период [6–12].

Заключение. Таким образом, результаты исследования, проведенного на растениях 1-го года жизни интродуцируемой в культуру люцерны желтой корневищно-стержнекорневого морфотипа с целью выявления приемов оптимизации ее ростовых и продукционных характеристик путем внекорневой обработки стероидными фитогормонами, показали, что для эффективного воздействия препарата ГБ («Эпин плюс»), превосходящего по действию на формирование морфоструктуры и продуктивность корневищной люцерны препарат ЭБ («Эпин»), успешно применяемый на семенных посевах стержнекорневых видов бобовых, целесообразен сдвиг экзогенной обработки фотосинтезирующих органов растений препаратом ГБ со стандартного срока – фазы бутонизации на более раннюю фазу развития – период интенсивного формирования надземных побегов: стеблевание – начало бутонизации.

Литература

1. Будкевич Т. А., Заболотный А. И., Якушев Б. И. Морфофизиологическая характеристика корневых систем некоторых дикорастающих видов сем. Fabaceae при семенном возобновлении в культуре // Генетические ресурсы культурных растений: Материалы междунар. конф. памяти Е. Н. Синской (9–11 декабря 2009, г. Санкт-Петербург). СПб., 2009. С. 38–42.
2. Будкевич Т. А., Заболотный А. И., Пикун П. Т., Пикун М. Ф., Коротков М. М. // Ботаника (исследования): Сборник научных трудов / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси. Минск: Право и экономика, 2011. Вып. 40. С. 356–372.
3. Заболотный А. И., Львов Н. П., Хрипач В. А., Кудряшова Н. Н. // Прикладная биохимия и микробиология. 2003. Т. 39. № 1. С. 110–115.
4. Деева В. П., Сасько Н. В., Веденеев А. Н., Павлова И. В. // Проблемы экспериментальной ботаники (К 100-летию со дня рождения В. Ф. Купревича) / Под ред. В. И. Парфенова. Минск: Наука и техника, 1997. С. 355–367.

5. Кабашникова Л. Ф. Оптимизация структурно-функционального состояния фотосинтетического аппарата как фактор повышения продуктивности зерновых культур // Автореф. дисс. ... докт.биол.наук. Минск, 2009. 47 с.
6. Коць С. Я., Григорюк И. А., Михалков Л. М. и др. // *Агрехимия*. 2006. № 5. С. 41–48.
7. Лихачева Т. С., Тарасенко А. А. // *Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях*. М.: МСХА, 2001. С. 61.
8. Badenoch-Jones J., Rolfe V. G., and Letham D. S. // *Plant Physiology*. 1983. V.73. N2. P. 347–352.
9. Патыка В. Ф., Толкачев Н. З., Бутвина О. Ю. // *Физиол. и биохим. культ. раст.* 2005. Т. 37, № 5. С. 384–393.
10. Бутвина О. Ю., Толкачев Н. З., Князев А. В. // *Микробиологический журнал*. 1997. Т. 59. № 4. С. 123–131
11. Тихонович И. А. // *Микробиологический журнал*. 1997. Т. 59. № 4. С. 14–22.
12. Khripach V., Zhabinskii V., De Grot A. // *Annals of Botany*. 2000. N86. P. 441–447.
13. Хрипач В. А., Лахвич Ф. А., Жабинский В. Н. *Брассиностероиды*. Минск: Наука и техника, 1993. 287 с.
14. Dahse I., Petzold U., Willmer C. M., Grimm E. *Brassinosteroids. Chemistry, Bioactivity, and Application* /Eds. Cutler H. G., Yocota T., Adams G. Washington: Amer.Chem.Soc., 1991. V. 474. P. 167–175.
15. Прусакова Л. Д., Чижова С. И. Роль брассиностероидов в росте, устойчивости и продуктивности растений // *Агрехимия*, 1996. № 11. С. 137–150.
16. Заболотный А. И., Будкевич Т. А., Хрипач В. А., Завадская М. И., Бажанов Д. П. // *Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты: Материалы докл. VIII междунар. симпозиума (Москва, 2–5 октября 2012 года)*. Москва, 2012. С. 270–275.
17. Будкевич Т. А., Заболотный А. И., Коротков М. М., Пикун П. Т., Хрипач В. А., Завадская М. И., Алещенкова З. М., Федоренчик А. А. // *Ботаника (исследования): Сборник научных трудов*. Минск: Институт радиологии, 2013. Вып. 42. С. 311–326.
18. Пикун П. Т. *Люцерна и ее возможности*. Минск: Беларуская навука, 2012. 309 с.
19. Майснер А. Д. *Водообмен* // *Физиология плодообразования люцерны* / под ред. А. В. Мироненко. Минск: Наука и техника, 1989. Гл. 3. С. 71–87.
20. Букин В. И., Иванов В. П., Тарковский М. И. *Физиология орошаемой люцерны*. М., 1984.
21. Полевой В. В. // *Физиология растений*. М.: Высшая школа, 1989. С. 177–215.
22. Минько И. Ф., Будкевич Т. А., Кауров И. А. *Минеральное питание и функциональная активность корневой системы* // *Физиология плодообразования люцерны* / под ред. А. В. Мироненко. Минск: Наука и техника, 1989. Гл. 3. С. 51–69.
23. Вольнец А. П., Пшеничная Л. А. *Эндогенные регуляторы роста* // *Физиология плодообразования люцерны* / под ред. А. В. Мироненко. Минск: Наука и техника, 1989. Гл. 7. С. 134–162.
24. Вольнец А. П. *Фенольные соединения в жизнедеятельности растений*. Минск: Беларуская навука, 2013. 282 с.

Т. А. БУДКЕВИЧ, М. И. ЗАВАДСКАЯ, Ж. М. АНИСОВА
**ОСОБЕННОСТИ МОРФОСТРУКТУРЫ И ВОДНО-МИНЕРАЛЬНОГО
ПИТАНИЯ У ЛЮЦЕРНЫ ЖЕЛТОЙ (*MEDICAGO FALCATA* L.)
КОРНЕВИЩНОГО МОРФОТИПА ПРИ ОБРАБОТКЕ
БРАССИНОСТЕРОИДАМИ**

Резюме

В условиях вегетационного опыта в почвенной культуре исследовали эффективность воздействия двух видов стероидных фитогормонов—24-эпибрассинолида (ЭБ) и гомобрассинолида (ГБ) на морфофизиологические и продукционные показатели люцерны желтой (*Medicago falcata* L.) корневищно-стержнекорневого морфотипа. Установлены оптимальные для развития надземной фитомассы сроки внекорневой обработки растений водными растворами ($1 \cdot 10^{-9}$ М) брассиностероидов: для ЭБ—фаза бутонизации, для ГБ—фаза стеблевания. Под влиянием обработки ГБ фотосинтезирующих органов люцерны кустистость растений увеличилась в 1,4–2 раза, надземная масса в 2,4–2,7 раза, общая масса подземных органов и масса поглощающих корней—в 1,5–2,4 раза; эффект от обработки ЭБ был в 1,5 раза слабее. Уровни содержания Р, К и Са в надземной и подземной частях растений также зависели от сроков обработки и морфотипа корневой системы. Выявлена роль ЭБ и ГБ в активации процесса нодуляции и гомеостатировании водообмена корневищной люцерны в условиях оптимальной и низкой влажности почвы.

T. A. BUDKEVICH, M. I. ZAVADSKAYA, Zh. M. ANISOVA
**THE PARTICULARITIES OF MORPHOLOGICAL STRUCTURE
AND WATER-MINERAL NUTRITION IN RHIZOME FORMS OF YELLOW
LUCERNE (*MEDICAGO FALCATA* L.) UNDER BRASSINOSTEROIDS
TREATMENT**

Summary

In plant house conditions the effect of two steroid phytohormones—24-epibrassinolid (EB) and homobrassinolid (HB) on the morphological and physiological and production indexes of yellow lucern (*Medicago falcata* L.) rhizome-taproot tipe was investigated. It was established that the optimal stages for extraroot treatment by the aqueous solution ($1 \cdot 10^{-9}$ М) of brassinosteroids for the purpose of receiving overhead phytomass productivity are budding for HB and shooting for EB. Under influence of overhead organs treatment by HB the quantity of overhead shoots increased 1,4–2 times, the overhead mass of plant 2,4–2,7 times, the total underground mass and mass of adsorbing roots 1,5–2,4 times; effect of EB was 1,5 times weak. The levels of content of P, K and Ca in overhead and underground parts of plants depended on treatment time too. The effects of the EB and HB in activating of nodulation and water exchange maintenance were revealed at the optimal and low soil humidity.

Поступила в редакцию 12.10.2016 г.

В. И. ДОМАШ, О. А. ИВАНОВ, Т. П. ШАРПИО, С. А. ЗАБРЕЙКО
**БИОХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ПРЕПАРАТОВ БЕЛКОВЫХ ИНГИБИТОРОВ ПРОТЕИНАЗ,
ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ**

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

Введение. Дикорастущие виды растений являются богатейшим источником биологически активных белков, обладающих свойствами, которые успешно могут найти практическое применение. Среди них особое внимание уделяется белкам-ингибиторам протеолитических ферментов. Основным свойством этих белков является способность образовывать обратимые устойчивые комплексы, лишённые ферментативной активности. Несмотря на значительные успехи в исследовании свойств, первичной и пространственной структуры, сведения о физиологических функциях белковых ингибиторов весьма ограничены. Высокое содержание ингибиторов протеиназ в запасующих органах предполагает их роль запасных белков, а также участие в регуляции активности эндогенных протеиназ, что предотвращает преждевременный распад резервных белков. Ингибиторы протеиназ также выступают в качестве защитных агентов, нейтрализующих активность протеиназ насекомых-вредителей и патогенных микроорганизмов. Препараты ингибиторов протеолиза широко используются и в медицине [1–3]. Складывается мнение, что ингибиторы протеолитических ферментов могут играть роль в нескольких различных процессах, т. е. их можно рассматривать как полифункциональные белки [4].

Существующий в мире тренд на поиск белков с новой биологической активностью с целью последующего их вовлечения в практическую деятельность (для нужд медицины, сельского хозяйства, биотехнологической промышленности) предполагает поиск таких белков не только среди культурных, но в первую очередь, среди дикорастущих видов растений. Нам представлялось интересным обнаружение перспективных дикорастущих видов растений во флоре Беларуси, значимых с точки зрения содержания ингибиторов протеолиза, и исследования возможности их практического использования.

Объекты и методы исследования. Объектами исследований служили дикорастущие виды растений сем. *Leguminosae*, *Compositae* и представители флоры Беларуси из некоторых других семейств растений.

Активность белков-ингибиторов трипсина определяли по уменьшению скорости гидролиза субстрата ферментом в присутствии белков-ингибиторов [5]. В качестве субстрата использовали синтетический N α -бензоиларгининнитроанилид (БАПА)

Активность нейтральных протеиназ определяли по методу Ансона [6].

Ингибиторную активность по отношению к тромбину определяли турбидиметрическим методом [7].

Содержание белка определяли по методу Брэдфорда [8].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием компьютерных программ «Stadia» и «Microsoft Excel».

Результаты и их обсуждение. Скрининг дикорастущих видов растений Беларуси, принадлежащих к различным семействам, на присутствие белков-ингибиторов протеиназ, позволил выявить вариабельность данного показателя как между видами, так и в зависимости от локализации этих белков (табл. 1).

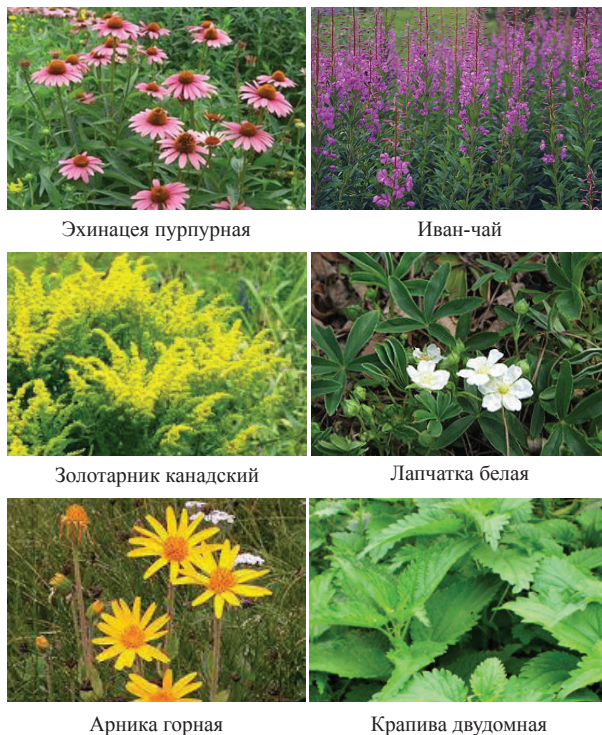


Рис. 1. Растения, наиболее богатые белками- ингибиторами трипсина.

Согласно данным таблицы, уровень активности ингибиторов протеиназ (трипсина) варьирует в листьях различных видов растений от 1,55 до 210,6 ИЕ (эхинацея пурпурная), а в корневище – от 2,8 (одуванчик лекарственный) до 239,6 (эхинацея пурпурная). Следует отметить и довольно высокое содержание ингибиторов трипсина в корневище золотарника обыкновенного, золотарника канадского, лапчатки белой, крапивы двудомной и др.

Наши исследования позволили установить, что высокая активность ингибиторов протеиназ может присутствовать не только в запасующих органах, но и в листьях растений, что существенно расширяет существующее мнение о накоплении ингибиторов протеиназ только в запасующих органах.

Таблица 1. Активность ингибиторов протеиназ, выделенных из дикорастущих видов растений Беларуси

| №№ Пп | Вид растений | Активность ингибиторов трипсина, ИЕ/г возд.сух. массы |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1. | <i>Achillea millefolium</i> (тысячелистник лекарственный): листья корневище | 12,77 ± 0,20 22,69 ± 0,83 |
| 2. | <i>Agrimonia eupatoria</i> L. (репешок аптечный): листья | 124,6 ± 0,97 |
| 3. | <i>Arnica montana</i> (арника горная): листья | 141,27 ± 4,32 |
| 4. | <i>Algodopodium podagraria</i> (снять обыкновенная): листья корневище | 14,96 ± 0,21 16,71 ± 0,11 |
| 5. | <i>Caracana arborescens</i> L. (акация желтая): листья | 4,65 ± 0,07 |
| 6. | <i>Centaurea cyanus</i> L. (василек синий): листья семена | 6,44 ± 0,11 4,60 ± 0,14 |
| 7. | <i>Cirsium arvense</i> (осот полевой): листья | 38,55 ± 1,91 |
| 8. | <i>Cheidonium majus</i> (чистотел большой): листья | 2,01 ± 0,09 |
| 9. | <i>Echinaceae purpurea</i> (эхинацея пурпурная): листья корневище | 210,6 ± 3,96 239,6 ± 7,51 |
| 10. | <i>Echinocystis lobata</i> (Michx) (бешеный огурец): семена | 22,15 ± 0,02 |
| 11. | <i>Epilobium angustifolium</i> L. (иван-чай): листья | 136,33 ± 0,84 |
| 12. | <i>Gnaphalium uliginosum</i> L. (сушеница топяная): листья | 47,90 ± 2,92 |
| 13. | <i>Helianthus tuberosus</i> (топинамбур): листья корневище | 4,16 ± 0,01 1,95 ± 0,04 |
| 14. | <i>Inula britannica</i> L., (девысил британский): листья корневище | 5,51 ± 0,17 3,74 ± 0,07 |
| 15. | <i>Lathyrus niger</i> (чина черная): семена | 3,7 ± 0,27 |
| 16. | <i>Physocarpus opulifolius</i> (пузыреплодник калинолистный): листья | 2,46 ± 0,05 |
| 17. | <i>Rhobinia pseudoacacia</i> (робиния лжеакация): листья | 4,65 ± 0,02 |

| | | |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 18. | <i>Solidago virgaurea</i> L. (золотарник обыкновенный): листья корневище | 41,94 ± 1,99 132,50 ± 2,98 |
| 19. | <i>Solidago canadensis</i> , (золотарник канадский): листья корневище | 18,24 ± 0,75 121,43 ± 2,21 |
| 20. | <i>Tanacetum vulgare</i> (пижма обыкновенная): листья корневище | 21,95 ± 0,45 28,35 ± 0,34 |
| 21. | <i>Taraxacum officinale</i> Wigg. (одуванчик лекарственный): листья корневище | 4,39 ± 0,01 2,80 ± 0,10 |
| 22. | <i>Tussilago farfara</i> L. (мать и мачеха): листья корневище | 3,44 ± 0,03 5,17 ± 0,01 |
| 23. | <i>Trifolium repens</i> (клевер ползучий): листья | 2,21 ± 0,01 |
| 24. | <i>Trifolium hybridum</i> (клевер гибридный): листья | 3,84 ± 0,05 |
| 25. | <i>Trigonella foenum graecum</i> (пажитник сеной): листья семена | 24,15 ± 0,02 44,15 ± 0,04 |
| 26. | <i>Urtica dioica</i> L. (крапива двудомная): листья корневище | 2,94 ± 0,01 172,0 ± 0,10 |

Выявленные нами виды растений (рис. 1) с высоким содержанием биологически активных белков стали объектами исследований их биохимических и биологических свойств.

Проведенные исследования дали возможность разработать способ получения ингибиторов протеиназы из корневищ и листьев перспективных видов растений. В основном, выделение и очистка белковых ингибиторов проводилась по схеме, представленной на рисунке 2.

Нами получены препараты из корневищ эхинацеи пурпурной, золотарника канадского, крапивы двудомной и др. Исследования физико-химических свойств препаратов показали, что их молекулярная масса находится в области 17–25 кДа. Выделенные белки обладают термо- и pH-устойчивостью. В отдельных случаях удалось добиться гомогенной чистоты полученных препаратов ингибиторов. В качестве примера на рис. 3 приведена электрофореграмма очищенного до гомогенного состояния ингибитора трипсина из корневищ золотарника канадского.

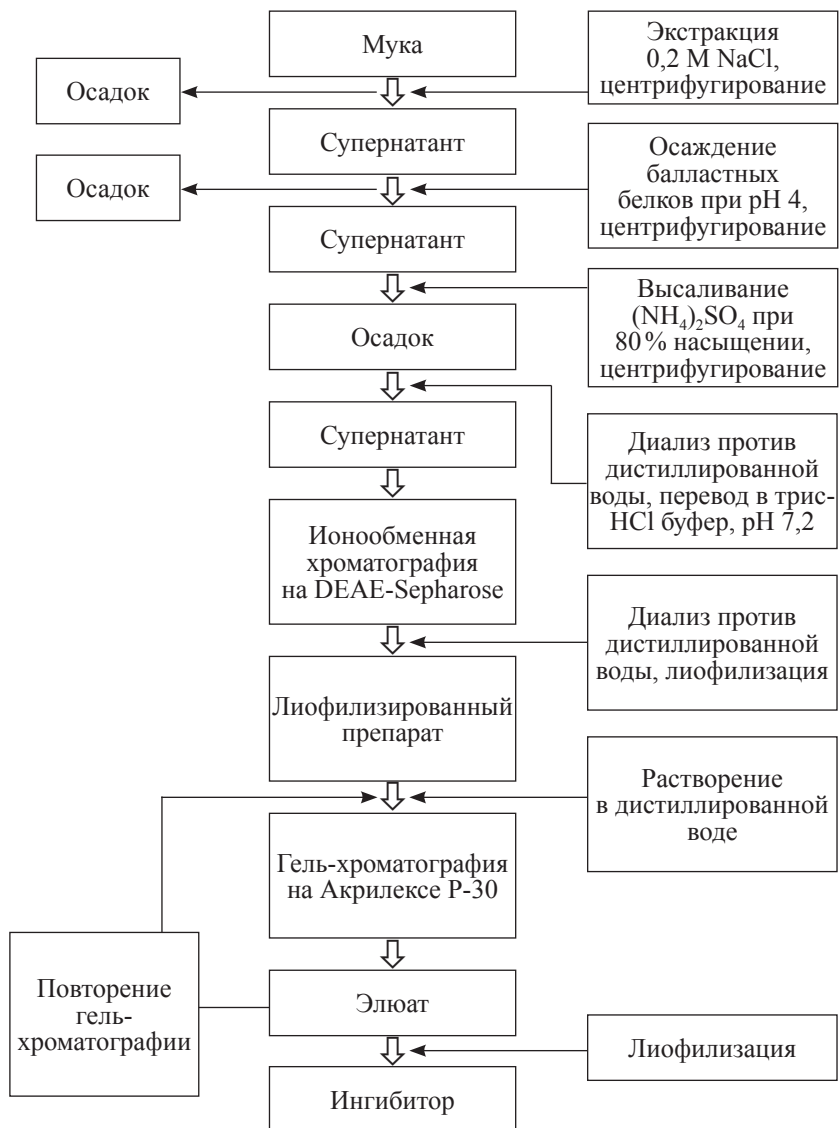


Рис. 2. Схема выделения ингибиторов трипсина из дикорастущих видов растений.

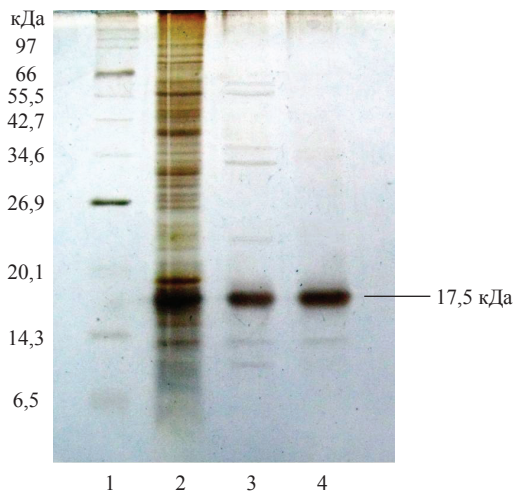


Рис. 3. Электрофорез белков в 15% ПААГ стадий очистки ингибитора трипсина из *Solidago canadensis*. 1 – белки-маркеры, 2 – грубый экстракт; 3 – ионообменная хроматография; 4 – гель-хроматография.

Молекулярная масса гомогенного препарата составляет 17,5 кДа. Способ получения ингибитора трипсина защищен патентом [9].

Наши исследования позволили установить и способность ингибиторов протеиназ из корневищ золотарника снижать активность фитопатогенных грибов. Результаты представлены в таблице 2 и на рисунке 4.

Таблица 2. Влияние ингибитора из золотарника канадского на рост мицелия *Colletotrichum gloeosporioides* и *Fusarium oxysporum* в культуральной жидкости

| Концентрация ингибитора | <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> | | <i>Fusarium oxysporum</i> | |
|-------------------------|---------------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
| | масса, г | % угнетения | масса, г | % угнетения |
| Контроль (вода) | 7,64 ± 0,21 | – | 13,52 ± 0,24 | – |
| 80 мкг/мл | 2,33 ± 0,02 | 69,5 | 3,90 ± 0,15 | 71,2 |
| 160 мкг/мл | 1,64 ± 0,01 | 78,5 | 2,00 ± 0,08 | 85,2 |

Как видно из таблицы, белок в концентрации 160 мкг/мл снижал рост и развитие мицелия исследованных грибов на 78,5% и 85,2%. В дополнительном эксперименте было продемонстрировано, что растворы ингибитора, вносимые в чашки Петри с модельными фитопатогенными грибами в объеме 0,15–1,5 мл (что соответствует 35–140 мкг ингибитора) подавляют развитие фитопатогенов (рис. 4).

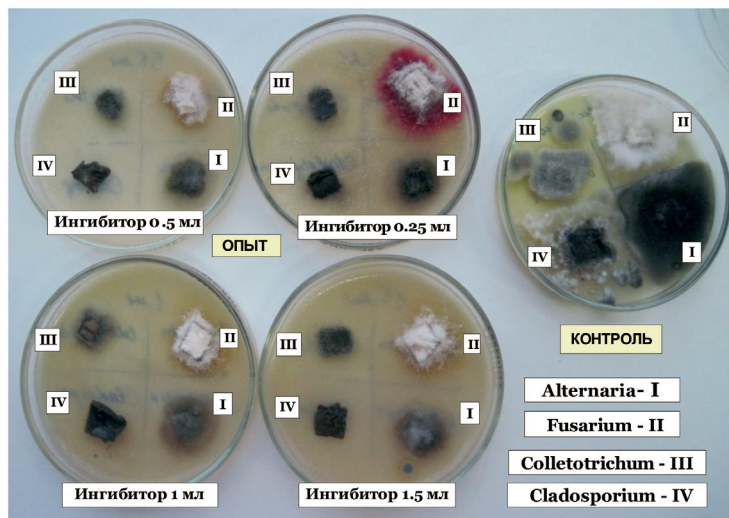


Рис. 4. Влияние различных концентраций ингибитора трипсина на площадь роста мицелия фитопатогенных грибов.

На основании полученных данных нами разработан способ получения фунгицидного средства, защищенный патентом [10].

Нами проведена также работа по выделению и очистке препарата ингибиторов протеолиза из корневищ эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*). Установлено, что молекулярная масса ингибиторов, активных в отношении трипсина находилась в диапазоне 4–5 кДа. Как показали исследования, препарат стабилен в широком диапазоне pH от слабокислых (3.0) до слабощелочных (8.0) значений. Установлено также, что ингибиторы из корневищ оказывали выраженные подавляющие эффекты в отношении тромбина (рис. 5).

Как видно из рисунка, при наличии в реакционной среде ингибитора интенсивность развития поглощения при 350 нм (что коррелирует с интенсивностью образования нитей фибрина из фибриногена под действием тромбина) была заметно снижена по сравнению с контролем. К моменту завершения измерения (8,5 минут) интенсивность поглощения опытного раствора была снижена на 92% по сравнению с контрольным раствором, в котором к этому времени кривая поглощения достигла своего максимума и вышла на плато. Совместно с Институтом биоорганической химии НАН Беларуси проведены исследования антикоагулянтных свойств препарата из корневищ эхинацеи. В опыте на крысах установлено, что препарат на 81% увеличивал по сравнению с контролем тромбиновое время крови и тромбопластинное время на 12% при внутривенном введении. Результаты исследований позволили получить средство, защищенное па-

тентом, расширяющее ассортимент препаратов растительного происхождения с повышенной степенью очистки, обладающих антикоагулянтным действием, которые могут быть использованы в медицине [11].

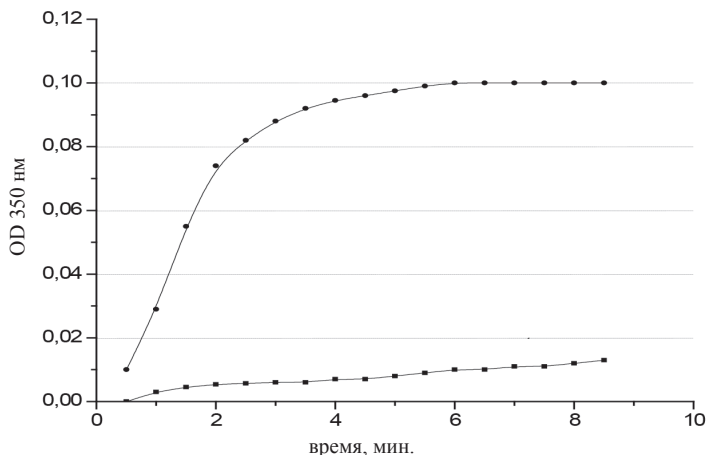


Рис. 5. Динамика ингибирования тромбина препаратом.

1 — активность тромбина в контроле; 2 — активность тромбина при наличии в реакционной среде препарата (44 мкг/мл).

Наше внимание привлекло и повсеместно распространенное растение *Urtica dioica* L. (крапива двудомная) с довольно высоким содержанием ингибиторов протеолиза. Этот вид растений был взят в качестве растительного сырья для получения препарата ингибиторов трипсина.

Как показали исследования, выделенный с помощью хроматографических методов ингибитор принадлежит к семейству соевого ингибитора Кунитца, обладает высокой термо- и рН-устойчивостью. Молекулярная масса белка составляет около 20 кДа.

Исследования показали, что ингибитор трипсина из корневищ крапивы способен угнетать рост и развитие мицелия фитопатогенов рода *Fusarium* (табл. 3).

Как видно из таблицы, внесение препарата в среду Чапека вызывало угнетение роста мицелия фитопатогенов рода *Fusarium* на 75–80%. Кроме того показана способность препарата угнетать рост энтомопатогенного гриба *Ascospaera apis*, вызывающего аскофероз пчел. Для проверки биологического действия препарата в суспензию спор энтомопатогенного гриба *Ascospaera apis* однократно вносили препарат в 0,25 и 0,5 %-ной концентрации и через 48 ч. инкубации при 23–25°C под микроскопом оценивали прорастание спор гриба (табл. 4).

Таблица 3. Действие препарата ингибиторов протеиназ из корневищ крапивы двудомной на рост мицелия патогенов

| Концентрация, % | Фитопатогены | | | |
|-----------------|---------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | <i>Fusarium oxysporum</i> | | <i>Fusarium culmorum</i> | |
| | Масса, г | % угнетения | масса, г | % угнетения |
| Контроль (вода) | 14,02 ± 0,22 | – | 4,57 ± 0,32 | – |
| Препарат 0,1 | 3,37 ± 0,18 | 75,9 | 0,89 ± 0,03 | 80,5 |
| 0,2 | 3,02 ± 0,21 | 79,5 | 0,86 ± 0,03 | 81,2 |

Таблица 4. Действие различных концентраций препарата на прорастание спор энтомопатогенного гриба *Ascospaera apis*

| Концентрация, % | Число проросших спор, шт. | % угнетения |
|-----------------|---------------------------|-------------|
| Контроль (вода) | 60 ± 2 | – |
| Препарат 0,25 | 28 ± 3 | 53,4 |
| 0,5 | 19 ± 1 | 68,4 |

Препарат в указанных концентрациях на 53,4–68,4% снижал прорастание спор энтомопатогенного гриба *Ascospaera apis*, вызывающего аскофероз пчел.

В другой серии опытов установлено, что выделенный препарат в 0,25%-ной концентрации снижал активность протеолитического фермента энтомопатогенного гриба, вызывающего аскофероз пчел на 47,5%, а в 0,5%-ной – на 79,2% (табл. 5).

Таблица 5. Действие препарата на активность протеолитического фермента энтомопатогенного гриба *Ascospaera apis*

| Концентрация, % | Активность протеолитического фермента, ЕА/мл | % угнетения |
|-----------------|----------------------------------------------|-------------|
| Контроль (вода) | 48,0 ± 2,3 | – |
| 0,25 | 25,2 ± 1,3 | 47,5 |
| 0,5 | 10,0 ± 0,9 | 79,2 |

Таким образом, полученный нами препарат на основе ингибиторов протеолиза из корневищ крапивы двудомной (*Urtica dioica*) позволяет использовать большие запасы данного вида растений в Республике Беларусь для борьбы с энтомопатогенным грибом *Ascospaera apis*, вызывающим аскофероз пчел.

Заключение. Результаты исследований показали разнообразие уровня активности ингибиторов протеиназ среди дикорастущих видов растений во флоре Беларуси. Показана широкая специфичность их активности. Выявлены наиболее перспективные по содержанию ингибиторов протеиназ виды растений. Разработаны методы выделения и очистки препаратов из наиболее перспективных видов растений. Проведено исследование физико-химических и биологических свойств гомогенных препаратов. Установлены их антикоагулянтные и фунгицидные эффекты. Полученные результаты вносят весомый вклад в расширение представлений о физико-химических и биологических свойствах системы протеолиза и показывают возможность использования ингибиторов протеиназ из перспективных видов растений для разработки медицинских препаратов и способов защиты растений и полезных насекомых от патогенной микрофлоры.

Литература

1. Мосолов В. В., Валуева Т. В. Растительные белковые ингибиторы протеолитических ферментов. Под ред. Кретовича В. Л. М., 1983. 206 с.
2. Мосолов, В. В., Валуева Т. А. // Прикл. биохим. и микробиол. 2005. Т. 41, № 3. С. 261–282.
3. Домаш В. И., Шарпио Т. П., Забрейко С. А. // Весці НАН Беларусі. Сер. мед. навук. 2008. № 1. С. 58–63.
4. Мосолов В. В., Григорьева Л. И., Валуева Т. А. // Прикл. биохимия и микробиол. 2001. Т. 37, № 6. С. 643–650.
5. Гофман Ю. Я., Вайсблай И. М. // Прикл. биохимия и микробиол. 1975. Т. 11, вып. 5. С. 777–787.
6. Anson M. Z. // J. Genet. Physiol. 1938. Vol. 22, N1. P. 79–89.
7. Landis, W. J., Wangh D. F. // Arch. Biochem. and Biophys. 1975. Vol. 168, № 2. P. 498–511.
8. Bradford, M. M. // Anal. Biochem. 1976. Vol. 172, N1. P. 248–254.
9. Патент № 18605 «Способ получения ингибитора трипсина», опубл. 18.06.2014 г.
10. Патент № 19009 «Способ получения фунгицидного средства», опубл. 27.11. 2014 г.
11. Патент № 16665 «Способ получения средства, обладающего антикоагулянтным действием», опубл. 11.09.2012 г.

В. И. ДОМАШ, О. А. ИВАНОВ, Т. П. ШАРПИО, С. А. ЗАБРЕЙКО
БИОХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
БЕЛКОВЫХ ИНГИБИТОРОВ ПРОТЕИНАЗ,
ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ

Резюме

Установлено разнообразие уровня активности белковых ингибиторов протеиназ среди дикорастущих видов растений Беларуси, выявлены наиболее перспективные из них, разработаны способы получения препаратов сельскохозяйственного и медицинского назначения.

V. I. DOMASH, O. A. IVANOV, T. P. SHARPIO, S. A. ZABREIKO
BIOCHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF PROTEIN
PROTEINASE INHIBITORS EXUDED FROM WILD PLANTS

Summary

A variety of activity of protease inhibitors among wild plant species of Belarus has been demonstrated. The most promising plant species have been discovered and developed methods for the preparation of agricultural and medical drugs.

Поступила в редакцию 11.11.2016 г.

Д. А. ЕРМАКОВИЧ, В. В. КАРПУК
**ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ БЕРЕЗЫ (*BETULA L.*)
НА РОСТ ГРИБОВ И БАКТЕРИЙ *IN VITRO***

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Введение. Береза давно находится в поле зрения фармакогнозии, включена в Государственную фармакопею Республики Беларусь [1], однако свойства этого растения раскрыты далеко не полностью. Славяне считали березу даром богов, оберегающим человека, и широко использовали это растение для лечения и профилактики от поражения многими заболеваниями. Известны антимикробные, антимикотические и противовоспалительные терапевтические эффекты коры, почек и листьев березы, объясняемые шрапнельным синергическим действием комплекса содержащихся в них биологически активных веществ. Стандартизацию лекарственного растительного сырья проводят по содержанию флавоноидов, что не совсем точно. Поэтому представлялось целесообразным определить действие на рост грибной и бактериальной микрофлоры также и других содержащихся в листьях березы биологически активных веществ – вторичных метаболитов, включающих таннины и эфирные масла.

Материалы (объекты) и методы исследования. Экстракцию вторичных метаболитов для тестирования их действия на грибную и бактериальную микрофлору осуществляли из листьев двух видов березы – бородавчатой (*Betula verrucosa* Ehrh.) и пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.). В качестве тест-объектов для проверки влияния экстрагированных из листьев березы веществ были взяты два вида грибов – *Fusarium sambucinum* Fuck. и *Sclerotinia sclerotiorum* Fresen. и два вида бактерий – *Escherichia coli* (Migula) Castellani et Chambers и *Ervinia caratovora* subsp. *atroseptica* (van Hall) Dye (= *Pectobacterium atrosepticum* sp. nov.). Виды грибов относятся к отделу Аскомицота и известны как фитопатогены, *F. sambucinum* в последнее время начали применять также как лекарственный гриб, обладающий гепатопротекторными свойствами. *E. coli* и *E. caratovora* subsp. *atroseptica* являются представителями грам-негативной бактериофлоры, комменсалов и фитопатогенов соответственно.

Для опытов и контроля грибы и бактерии выращивались в течение 2-х недель в чашках Петри на агаризованной питательной среде (грибы – на среде Чапека, бактерии – на пептонном агаре). В контрольном варианте использовали культуры без экзогенного влияния, в опытном – культуры с помещаемыми на них стерильными дисками фильтровальной бумаги диаметром 2 см, на которые капали растворы экстрактов или используемого для их извлечения 50%-го этанола. Извлечение флавоноидов, таннидов (дубильных веществ) и эфирных масел из растительного сырья и определение их содержания проводили стандартными методами фармакопеи [2]. Экстрагированные из листьев соединения в определенных концентрациях опыт) или растворитель – 50%-ый этанол (контроль) ка-

плями в объеме 0,5 мл наносили на бумажные диски и помещали в центре чашки Петри либо на внутреннюю поверхность кроющей чашки (что важно для проверки действия эфирных масел), либо прямо на засеянную микроорганизмами агаровую среду. Оценку влияния извлеченных из листьев березы веществ на рост микроорганизмов в культуре проводили в течение 14 дней после начала эксперимента, измеряя размеры колоний в опытном и контрольном вариантах (в 3-кратной повторности).

Результаты и их обсуждение. Данные опытов представлены в виде 3-х таблиц и иллюстрируются рисунком 1 (а, б, в, г).

Таблица 1. Влияние эфирных масел, экстрагированных из листьев березы бородавчатой, на рост колоний грибов *Fusarium sambucinum* и *Sclerotinia sclerotiorum*

| Вид гриба | Диаметр колонии, см | | | | |
|--------------------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 сутки | 2 сутки | 3 сутки | 4 сутки | 5 сутки |
| <i>Fusarium sambucinum</i> (опыт) | 0,7 | 1,6 | 3,4 | 5,0 | 6,5 |
| <i>Fusarium sambucinum</i> (контроль) | 0,8 | 1,9 | 3,5 | 5,0 | 6,8 |
| <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (опыт) | 0,3 | 1,6 | 3,0 | 4,5 | 6,0 |
| <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (контроль) | 0,2 | 1,3 | 2,6 | 4,0 | 5,2 |

Таблица 2. Оценка влияния эфирных масел, флавоноидов и таннидов на рост грамположительных и грамотрицательных бактерий – визуально по 3-х бальной шкале

| Вид бактерий | Эфирные масла | Флавоноиды, 5 мл/50 мл среды | Танниды, 5 мл/50мл среды |
|-----------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|-----------------------------|
| <i>Esherihia coli</i> | + | +++ | + |
| <i>Ervinia caratovora</i> subsp. <i>Atroseptica</i> | ++ | +++ | + |

Было установлено следующее содержание биологически активных веществ в листьях березы: флавоноидов–10%, таннидов–4,9%, эфирных масел–0,1% (у березы бородавчатой–*Betula verrucosa* Ehrh.) и 0,06% (у березы пушистой–*B. pubescens* Ehrh.).

Флавоноиды и танниды листьев березы оказывали более выраженное ингибирующее влияние на рост колоний грибов *F. sambucinum* и *S. sclerotiorum* в первые 3 дня, затем скорость роста колоний в опыте и контроле становилась практически одинаковой (табл. 1) и к концу 2-й недели поверхность питательной среды зарастала мицелием. Аналогичная картина наблюдалась при действии флавоноидов и таннидов березы и на бактерии (табл. 2), но зарастание агаровой поверхности было менее интенсивным, по сравнению с грибами. Флавоноиды на рост бактерий оказывали более сильное действие, чем танниды (табл. 3).

Таблица 3. Зоны торможения роста колоний (мм) *Esheria coli* и *Ervinia caratovora subsp. atroseptica* через 2 суток вокруг бумажных дисков с нанесенными на них 0,005 мл эфирного масла, 0,02 мл флавоноидов или 0,01мл танидов из листьев березы бородавчатой

| Вид бактерий | Эфирные масла 0,005 мл/ диск | Флавоноиды, 0,02 мл/ диск | Таннины, 0,01мл/ диск |
|----------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| <i>Esheria coli</i> | 0,3см±0.05 | 0,5см±0.07 | 0,3см±0.07 |
| <i>Ervinia caratovora subsp. atroseptica</i> | 0,4см±0.04 | 0,5см±0.05 | 0,3см±0.05 |

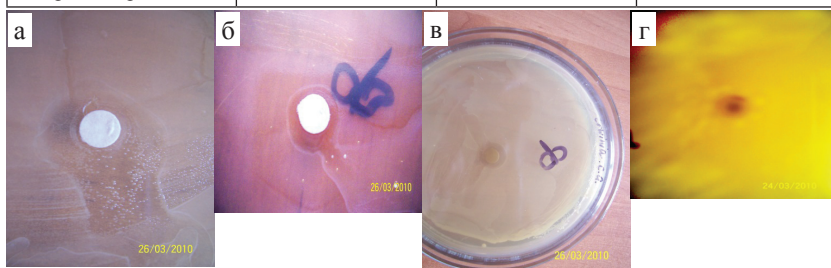


Рис. 1. Иллюстрация данных, приведенных в таблице 3: негативное влияние на рост *Esheria coli* на твердой питательной среде эфирного масла листьев березы (а) и флавоноидов (б), негативное влияние на рост *Ervinia caratovora subsp. atroseptica* на твердой питательной среде флавоноидов (в) и дубильных веществ (г). Капли вещества наносили на бумажные диски (см. Методы исследования).

Применение эфирных масел, экстрагированных из листьев березы, на рост грибов *F. sambucinum* и *S. sclerotiorum* и бактерий *E. coli* и *E. caratovora subsp. atroseptica* выявило аналогичную тенденцию: только в первые дни в культурах замечалось незначительное превышение скорости роста грибов в опыте над контролем. Первые 3 дня роста колонии *E. coli* были в 1,5–2 раза мельче колоний *E. caratovora subsp. atroseptica*. Впоследствии ингибирующее влияние эфирных масел на бактерии исчезало, диаметры их колоний сравнивались и общее зарастание поверхности питательных сред в контроле и опыте к концу 2-й недели культивирования заметных различий не показывало.

Результаты проведенных экспериментов (табл. 1, 2 и 3) свидетельствуют о том, что исследованные нами виды бактерий более чувствительны к экстрагированным из листьев березы биологически активным соединениям, чем виды грибов. Данные микроорганизмы проявляли более сильную чувствительность к ингибирующему их рост влиянию флавоноидов и танидов и более слабую и менее продолжительную к действию эфирных масел.

Заключение. Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что экстрагированные из листьев березы флавоноиды, таннины и эфир-

ные масла оказывают тормозящее влияние на рост грибов и бактерий *in vitro*, внося свой вклад в совокупный антимикробный эффект. Однако действие метаболитов березы на микроорганизмы проявляется в основном в первые дни опытов, а затем их влияние нивелируется.

Литература

1. Государственная фармакопея Республики Беларусь. II изд. В 2 т. / МЗ Респ. Беларусь, УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении». Т. 2. Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / под ред. С. И. Марченко. Молодечно: Победа, 2016. 1355 с.
2. Государственная фармакопея СССР. XI изд., вып. 1 и 2. М.: 1987 и 1990. 334 с. и 398 с.

Д. А. ЕРМАКОВИЧ, В. В. КАРПУК ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ БЕРЕЗЫ (*BETULA L.*) НА РОСТ ГРИБОВ И БАКТЕРИЙ *IN VITRO*

Резюме

Исследовали действие экстрагированных из листьев березы эфирных масел, флавоноидов и танинов на рост на питательной среде *in vitro* двух патогенных грибов *Fusarium sambucinum* Fuck. и *Sclerotinia sclerotiorum* Fresen. и двух грам-негативных бактерий – *Escherichia coli* (Migula) Castellani et Chambers и *Ervinia caratovora subsp. atroseptica* (van Hall) Dye (= *Pectobacterium atrosepticum sp. nov.*). Показано, что флавоноиды, танины и эфирные масла листьев березы оказывают тормозящее влияние на рост грибов и бактерий, внося свой вклад в совокупный антимикробный эффект.

D. A. YERMAKOVICH, V. V. KARPUK THE EFFECT OF SECONDARY METABOLITES OF BIRCH (*BETULA L.*) ON FUNGI AND BACTERIA *IN VITRO*

Summary

The effect extracted from the leaves of birch essential oils, flavonoids and tannids on growth of two pathogenic fungi *Fusarium sambucinum* Fuck. and *Sclerotinia sclerotiorum* Fresen. and two gram-negative bacteria strain of *Escherichia coli* (Migula) Castellani et Chambers and *Ervinia caratovora subsp. atroseptica* (van Hall) Dye (= *Pectobacterium atrosepticum sp. nowa*) upon nutrient medium *in vitro* was investigated. The results show that the flavonoids, tannids and essential oils of birch leaves have an inhibitory effect on the growth of fungi and bacteria, contributing certain deposit to the total antimicrobial effect.

Поступила в редакцию 02.10.2016 г.

Е. С. ЗУБЕЙ, П. А. РОДИОНОВ, Н. А. ТЕЛЮК, В. Г. РЕУЦКИЙ
**МЕТОДИКА ЭЛЕКТРОННОГО МОНИТОРИНГА ВОДНОГО
ОБМЕНА АССИМИЛЯЦИОННОЙ ТКАНИ ЛИСТА**

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

Введение. Известно, что водный статус растения является одним из первых звеньев, которое реагирует на изменения условий среды и воздействия стресс-факторов. Большое внимание в исследованиях уделяется водообмену листа как основного фотосинтезирующего органа.

Существуют методы исследования параметров водного обмена листьев, основанные на измерении морфологической, осмотической, гидравлической составляющей. Морфологические методы включают исследования устьиц, ткани мезофилла, проводящих тканей при помощи световой или электронной сканирующей микроскопии.

Для исследования осмотического потенциала используют два методических подхода: в одном случае работа ведется с целыми клетками и тканями, в другом – с выжатым клеточным соком. Первая группа методов основана на наблюдении за наступлением плазмолиза или определении водного потенциала ткани в камере давления при нулевом тургоре (плазмолитический и плазмометрический методы) [1].

Широкое развитие получили методы измерения потенциала давления с использованием зондов давления. Вызывая с помощью зонда быстрые и воспроизводимые изменения тургора в клетках, одновременно регистрируют вход и выход воды при соответствующих изменениях давления и объема. На основе этих данных рассчитывают гидравлическую проводимость, а в присутствии различных растворов – и коэффициент отражения [1, 2].

Известна методика для измерения эластических свойств клеточных стенок с учетом изменения тургорного давления [3]. В этой работе приводятся расчеты эластичности клеточных стенок для изолированных клеток и тканей, где точка плазмолиза определяется путем осмотического воздействия растворами сахарозы.

Преимуществом перечисленных методов является возможность работы с клетками, сохранившими свою целостность. Однако параметры водного статуса изолированных клеток сложно соотнести с водным обменом целой ткани.

К методам исследования водного обмена целого листа относится измерение устьичной проводимости с помощью порометров. Принцип состоит в том, что водяной пар, испускаемый листом во время транспирации, повышает относительную влажность воздуха в пределах листовой камеры. Прибор регистрирует продолжительность времени (ΔT) повышения относительной влажности в камере в фиксированном интервале значений от номинального заданного уровня. Калибровку проводят с помощью пластины, содержащей набор отверстий с известными диффузи-

онными сопротивлениями. Устьичную проводимость оценивают по формуле: $c=1/r$, где c – устьичная проводимость (см/сек), r – сопротивление диффузии водяного пара листом (сек/см). Для перевода единиц измерения устьичной проводимости из см/сек в ммоль/м²·с используют соответствующие формулы и коэффициенты [4].

В связи с открытием аквапоринов и необходимостью исследовать их функции в листе стали развиваться методы измерения коэффициента гидравлической проводимости листа (K_{leaf}) [5]. K_{leaf} зависит от анатомии, развития и возраста листа и может быстро изменяться в ответ на внутренние и внешние факторы, такие, как гидратация листа, свет, температура или транспорт питательных веществ.

Экспериментально K_{leaf} определяется как отношение скорости потока воды через лист к движущей силе, то есть, разность водных потенциалов между черешком и листовой пластинкой [6]. Разработаны три основных метода для измерения K_{leaf} : метод транспирационного потока (EFM) [7, 8], метод высокого давления (НРМ) [8–10], метод вакуумного насоса (VPM) [7]. Они отличаются подходом – если в методе EFM измеряется естественная транспирация листа, то в двух других методах вода проходит через лист под давлением, а при использовании VPM водой заполняются также межклетники. В нескольких сравнительных исследованиях показано, что аналогичные значения K_{leaf} (с различиями около 10%) могут быть определены тремя разными способами [7].

Преимущество методов измерения K_{leaf} в использовании целого листа для исследований, минусами является их трудоемкость и получение только одного параметра водного обмена.

Учитывая вышесказанное, необходим метод, который бы объединял исследование структурной и физиологической составляющих параметров водного обмена ткани листа, причем во взаимосвязи с тургором клеток. Тургор обеспечивает основу протекания важнейших физиологических процессов растения – транспирации, роста, фотосинтеза и др.

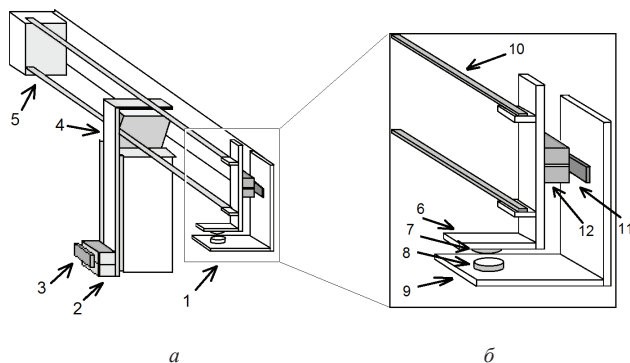
Разработанный нами метод дает целый комплекс морфо-физиологических параметров ткани листа, использует нативную растительную ткань, несложен в исполнении и универсален для большинства растений. Кроме того, он позволяет осуществлять первичную оценку стрессоустойчивости растений и глубину воздействия стресс-факторов на растения.

Методика

Установка. В лаборатории водного обмена и фотосинтеза растений Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси была разработана, а впоследствии модернизирована, установка электронного мониторинга водообмена растительной ткани и создано программное обеспечение к ней.

Установка состоит из трех идентичных измерительных блоков, расположенных в отдельных ячейках в общем корпусе. Внутри устройства автоматически при помощи соответствующих датчиков поддерживается постоянная влажность (70%) и температура воздуха (25 °C).

Основными измеряемыми параметрами являются динамика толщины и массы растительной ткани листа при ее дегидратации в диапазоне от максимального насыщения до потери клетками тургора. Схема измерительной части установки представлена на рисунке 1.



а – датчик изменения массы высежки листа: 1 – плечо весов с датчиком толщины листа, 2 – пара магнитов, 3 – датчик Холла, 4 – балансир, 5 – плечо весов с закреплением пружин; *б* – датчик изменения толщины высежки листа: 6 – верхняя опорная площадка, 7 – верхняя контактная поверхность, 8 – нижняя (неподвижная) контактная поверхность, 9 – нижняя опорная площадка, 10 – пружина, 11 – датчик Холла, 12 – пара магнитов

Рис. 1. Схема измерительных элементов установки.

Датчик изменения толщины высежки листа. Чувствительным элементом датчика изменения толщины высежки листа (рис. 1, б) является микроминиатюрный преобразователь Холла. Для измерения динамики толщины высежки листа образец помещают между двумя опорными площадками. Одна из них, нижняя – неподвижная, другая, верхняя – подвешена на пластинчатой пружине. Пружина подобрана так, чтобы компенсировать вес подвижной площадки и поддерживать минимальное стабильное давление на объект. При изменении толщины высежки листовой пластинки подвижная площадка перемещается и, соответственно, перемещает относительно неподвижно закрепленного датчика Холла связанную с ней пару магнитов. Изменение магнитного поля преобразуется в электрический сигнал, который усиливается и поступает в аналого-цифровой преобразователь (АЦП). От преобразователя данные поступают в память компьютера. С помощью специальной программы осуществляется периодическое считывание сигнала и его запись в файл.

Датчик изменения массы высежки листа. Параллельно с толщиной высежки листовой пластинки ведутся наблюдения за изменением ее массы. Работа датчика изменения массы высежки листа (рис. 1, а) так-

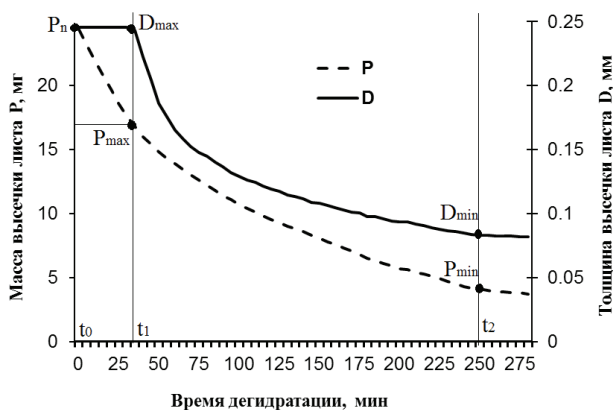
же основана на измерении изменения магнитного поля преобразователем Холла. Датчик состоит из точных рычажных весов, на которых закреплена пара магнитов, а на одном плече находится датчик изменения массы высечки листа. По мере подсыхания образца его масса меняется, плечи весов перемещаются и соответственно перемещают пару магнитов относительно неподвижного преобразователя Холла. Далее, как и для датчика изменения толщины высечки листа, электрический сигнал датчика Холла усиливается и проходит через АЦП.

Значения прибора в милливольтгах регистрируются с заданной периодичностью (1 или 5 мин) с помощью программы, позволяющей просматривать кривые дегидратации в режиме онлайн.

Методика измерений параметров водного режима листовой ткани. Для исследования параметров водного режима листовой ткани используют полностью сформированный лист из верхнего или среднего яруса (в зависимости от вида растения и цели исследования). Избегая центральной жилки, сверлом делают высечки площадью (S) 83 мм^2 и взвешивают для определения первоначальной массы до насыщения ($P_{\text{дн}}$). Для злаковых растений берется линейный сегмент из средней части листа площадью 100 мм^2 . Далее высечку помещают в заполненный водой герметичный сосуд, в котором создают разрежение. В результате вода инфильтрируется в клетки и в межклеточное пространство листа, ткань приобретает максимальный тургор. Высечку извлекают из сосуда, быстро удаляют поверхностную влагу фильтровальной бумагой, взвешивают для определения массы ткани в момент максимального насыщения водой ($P_{\text{н}}$). Образец устанавливают между площадок датчиков толщины листа и включают программу регистрации параметров. Происходит мягкая дегидратация ткани листа при постоянном значении температуры ($25 \text{ }^\circ\text{C}$) и относительной влажности (70%) воздуха. Прибор позволяет параллельно исследовать три образца. В конце дегидратации, когда кривые выходят на плато, высечки листа снимают с прибора и взвешивают для определения конечной массы ($P_{\text{к}}$). После этого образцы подсушивают в сушильном шкафу и определяют их абсолютно сухую массу (P_{abs}).

Характер изменения массы и толщины высечки листа при дегидратации представлен на рисунке 2.

Анализ полученных кривых позволяет процесс дегидратации разбить на основные этапы. Первый этап водоотдачи (временной интервал t_0-t_1) характеризуется тем, что толщина высечки листа не изменяется, но масса уменьшается. Это указывает на то, что водоотдача осуществляется не из клеток мезофилла, а из межклеточного пространства ткани листа, заполненного водой. За этот период (в среднем 10–40 минут) потеря воды через кутикулу незначительна, поэтому основная масса воды испаряется через устьица, то есть водоотдача на этом этапе отражает скорость потери воды преимущественно через устьица и определяется их количеством и шириной устьичных щелей. Площадь раневой поверхности высечки ткани составляет около 3–3,5% от площади интактных поверхностей высечки, эти потери также не учитываются.



D_{\max} – толщина высежки листа при максимальном тургоре; P_{\max} – масса высежки листа при максимальном тургоре; D_{\min} – толщина высежки листа при минимальном тургоре; P_{\min} – масса высежки листа при минимальном тургоре, t_0 – t_1 – время сохранения стабильного тургора, t_1 – t_2 – время дегидратации в диапазоне от максимального тургора до циторриза

Рис. 2. Схема динамики толщины и массы высежки листа при дегидратации.

На втором этапе (t_1 – t_2 , рис. 2) водоотдачи происходит существенное изменение толщины и массы высежки листовой ткани, соответствующее изменению влажности. На этом этапе происходит потеря воды непосредственно клетками мезофилла через плазмалемму и устьица. Это объем воды, который находится под контролем тургорного давления клеток мезофилла. Второй этап водоотдачи заканчивается, когда кривые опять выходят на плато (точка D_{\min}). В этот момент ткань листа перестает изменять свои размеры, несмотря на то, что вода продолжает выходить. Влажность ткани листа, при которой это происходит, определяется нами как начало циторриза ткани, которое, как мы полагаем, идентично началу плазмолиза ткани в искусственных условиях [3]. После окончания второго этапа дегидратации образцы снимаются с прибора, программа фиксирует окончание записи.

Далее образцы высушивают при температуре 80–100 °С в сушильном шкафу и определяют абсолютно сухую массу высежки P_{abs} . На данном этапе из ткани выходит связанная вода, не участвующая в регуляции тургора.

Калибровка датчиков и обработка данных прибора. Датчик изменения толщины листа калибруют с помощью набора пластин с известной толщиной, которые по очереди помещают между площадками датчика и фиксируют полученный сигнал в мВ.

Калибровочные уравнения датчиков изменения толщины и массы высежки листа в измеряемом диапазоне имеют линейный вид:

$$y = k \cdot x + b, \quad (1)$$

где y – толщина высебки листа (мм) или масса высебки листа (мг); x – значение прибора в мВ; k и b – расчетные коэффициенты.

С помощью функций статистического анализа Excel рассчитывают коэффициенты регрессионного уравнения k и b при значении стандартной ошибки не выше 0,05.

Полученные коэффициенты вносятся в специальную программу для пересчета значения прибора из милливольт в мм. Пересчет кривых веса из милливольт в мг также осуществляется специальной программой, разработанной для прибора, с учетом внесенных начальных и конечных значений массы.

Данные, поступающие с трех пар датчиков толщины листа и массы листа, регистрируются компьютером и записываются в общий файл. Далее они обрабатываются с помощью двух пакетов программ: оригинальных, разработанных для обработки данных установки, и стандартной программы обработки данных Microsoft Excel. Расчет производят следующим образом:

1) обработка данных калибровки датчика толщины – получение калибровочных уравнений толщины и массы (с помощью Microsoft Excel);

2) занесение калибровочных коэффициентов в оригинальную программу;

3) файл с данными прибора разбивается на 3 файла (отдельно для каждой пары датчиков «вес-толщина»), вносятся значения P_{dn} , P_n , P_k , P_{abs} и S ;

4) каждая пара «вес-толщина» редактируется, значения сигнала в милливольтгах пересчитываются программой в единицы измерения толщины и массы и сохраняются в отдельных файлах;

5) для полученных файлов рассчитываются параметры водного обмена при помощи специальной программы согласно приведенным ниже формулам;

6) строятся кривые и рассчитываются скорости дегидратации в приложении Microsoft Excel;

7) производится статистическая обработка данных.

Параметры водного обмена ткани листа. На основе полученных кривых дегидратации рассчитываются следующие показатели морфоструктуры и водного режима ткани:

Толщина листовой пластинки при максимальном тургоре (D_{max}) определяется программой в момент, когда толщина высебки листа начинает изменяться (точка D_{max} , рис. 2).

Объем межклеточного пространства ткани листа в процентном соотношении к объему ткани рассчитывается как:

$$(P_n - P_{max}) \cdot 100 / (D_{max} \cdot S), \quad (2)$$

где P_n – масса высебки листа в момент максимального насыщения водой, мг; P_{max} – масса высебки листа при максимальном тургоре, мг; D_{max} – толщина высебки листа при максимальном тургоре, мкм; S – площадь высебки листа, мм².

Эластичность ткани листа, % определяется как относительная величина по амплитуде изменения толщины ткани в процессе дегидратации от максимального до минимального тургора:

$$(D_{\max} - D_{\min}) \cdot 100 / D_{\max}, \quad (3)$$

где D_{\max} – толщина высежки листа при максимальном тургоре, мкм; D_{\min} – толщина высежки листа при минимальном тургоре, мкм;

Влагосодержание листовой ткани при максимальном тургоре, мг/мм³ – это максимальное количество воды, которое содержится в клетках мезофилла листа. Определяется в момент окончания лаг-периода кривой изменения толщины листовой ткани. В этот момент тургор клеток максимален, а воды в межклетниках уже нет (точки D_{\max} , P_{\max}). Данный параметр характеризует гидрофильность ткани:

$$(P_{\max} - P_{\text{abs}}) \cdot 100 / (D_{\max} \cdot S), \quad (4)$$

где P_{\max} – масса высежки листа при максимальном тургоре, мг; P_{abs} – абсолютно сухая масса высежки листа, мг; D_{\max} – толщина высежки листа при максимальном тургоре, мкм; S – площадь высежки листа, мм².

Объем воды, связанный с изменениями тургора, мг/мм³, рассчитывается в процентах от объема ткани. Он определяется как объем воды, выходящий из клеток, от точки максимального тургора до точки минимального тургора, после которой начинается плазмолиз ткани:

$$(P_{\max} - P_{\min}) \cdot 100 / (D_{\max} \cdot S), \quad (5)$$

где P_{\max} – масса высежки листа при максимальном тургоре, мг; P_{\min} – масса высежки листа при минимальном тургоре, мг; D_{\max} – толщина высежки листа при максимальном тургоре, мкм; S – площадь высежки листа, мм².

Объем воды, не связанный с изменениями тургора, мг/мм³, рассчитывается в процентах от объема ткани. Он определяется как объем воды, выходящий из клеток от точки минимального тургора до абсолютно сухого состояния:

$$(P_{\min} - P_{\text{abs}}) \cdot 100 / (D_{\max} \cdot S), \quad (6)$$

где P_{\min} – масса высежки листа при минимальном тургоре, мг; P_{abs} – абсолютно сухая масса высежки листа, мг; D_{\max} – толщина высежки листа при максимальном тургоре, мкм; S – площадь высежки листа, мм².

Содержание сухого вещества на единицу площади листа, мг/мм², рассчитывается как:

$$P_{\text{abs}} / S, \quad (7)$$

где P_{abs} – абсолютно сухая масса высежки листа, мг; S – площадь высежки листа, мм².

Коэффициент жесткости ткани, отн. ед. – является характеристикой упругих свойств клеточных стенок. Этот показатель является постоянным и не зависит от объема и тургора ткани, а определяется материалом клеточной стенки. Рассчитывается по формуле [10]:

$$-4,6 / \ln(V_{\text{plaz}} / V_{\text{max}}), \quad (8)$$

где V_{plaz} – объем ткани в состоянии минимального тургора, мм^3 , вычисляемый как $D_{\text{min}} \cdot S$; V_{max} – объем ткани в состоянии максимального тургора, мм^3 , вычисляемый как $D_{\text{max}} \cdot S$;

В процессе исследований было установлено, что скорости дегидратации ткани листа зависят как от структуры листа, так и от воздействия на растение целого ряда факторов внутренней и внешней природы. Поэтому для тестирования стрессоустойчивости растений мы предлагаем применять также следующие параметры.

Скорость водоотдачи в диапазоне сохранения максимального тургора (скорость устьичной водоотдачи), мг/мин. рассчитывается по изменению массы образца в период сохранения тканью максимального тургора за единицу времени:

$$(P_n - P_{\text{max}}) / \Delta t, \quad (9)$$

где P_n – масса высежки листа в момент максимального насыщения водой, мг; P_{max} – масса высежки листа при максимальном тургоре, мг; Δt – разность времени ($t_1 - t_0$), мин.

Скорость водоотдачи в диапазоне от максимального тургора до начала циторриза ткани (скорость потока пара через устьица и плазмалемму), мг/мин. рассчитывается по изменению массы образца за единицу времени:

$$(P_{\text{max}} - P_{\text{min}}) / \Delta t, \quad (10)$$

где P_{max} – масса высежки листа при максимальном тургоре, мг; P_{min} – масса высежки листа при минимальном тургоре, мг; Δt – разность времени ($t_2 - t_1$), мин.

Скорость изменения объема мезофилла в диапазоне от максимального тургора до начала циторриза, $\text{мм}^3/\text{мин}$. рассчитывается по изменению объема образца в процессе дегидратации за единицу времени:

$$(D_{\text{max}} - D_{\text{min}}) \cdot S / \Delta t, \quad (11)$$

где D_{max} – толщина высежки листа при максимальном тургоре, мкм; D_{min} – толщина высежки листа при минимальном тургоре, мкм; S – площадь высежки листа; Δt – разность времени ($t_2 - t_1$), мин.

Для статистического анализа параметры исследуются не менее чем в 9-кратной повторности. Используются высежки из разных растений из одной и той же части листа одного возраста и расположения (яруса). Вычисляется среднее значение параметров водного обмена и стандартная ошибка. Для различных параметров и в зависимости от выборки стандартная ошибка составляет в среднем от 3 до 10%.

Заключение. Таким образом, представленная методика является малоинвазивной, позволяет структурно и функционально охарактеризовать водообмен мезофилла листа во взаимосвязи с тургором. Метод несложен в исполнении, однако по своей информативности не имеет аналогов.

Наши многочисленные исследования с использованием методики показали, что перечисленные параметры можно успешно использовать для характеристики водообмена и морфоструктуры листьев растений разных экологических групп [11]. Установлена универсальность методики для тестирования воздействия различных факторов (температура, влажность воздуха, водный потенциал субстрата, освещенность, пестициды и др.) по параметрам водообмена ткани листа [12–14]. Особенно чувствительным является показатель времени сохранения максимального тургора ткани, а также скорости дегидратации, которые находятся в зависимости от других параметров морфоструктуры ткани. Найдены зависимости ряда параметров водообмена мезофилла от уровня экспрессии аквапоринов плазматической мембраны на генетически модифицированных растениях *Arabidopsis thaliana* [15].

Получены патенты на основе использования данного метода для определения стрессоустойчивости растений, холодостойкости и морозостойкости зерновых культур [16–18].

Литература

1. Водный обмен растений / под ред. И. А. Тарчевского, В. Н. Жолкевича. М.: Наука, 1989. 256 с.
2. Hüshken D., Steudle S., Zimmermann U. // *Plant Physiol.* 1978. Vol. 61., N2 P. 158–163.
3. Мелешенко С. Н. // *Физиология растений.* 1997. т. 44, № 2. С. 256–263.
4. Jones H. G. *Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology* / H. G. Jones. – Cambridge: Cambridge University Press, 1992. No. Ed. 2. 428 pp.
5. Prado K., Maurel C. // *Front Plant Sci.* 2013. Vol. 4. A. 255.
6. Sack L., Holbrook N. M. // *Annu. Rev. Plant Biol.* 2006. Vol. 57. P. 361–381.
7. Martre P., Morillon R., Barrieu F., North G. B., Nobel P. S., Christeels M. J. // *Plant Physiol.* 2002. Vol. 130. P. 2101–2110.
8. Sack L., Melcher P. J., Zwieniecki M. A., Holbrook N. M. // *J. Exp. Bot.* 2002. Vol. 53. P. 2177–2184.
9. Tyree M. T., Nardini A., Salleo S., Sack L., El Omari B. // *J. Exp. Bot.* 2005. Vol. 56. P. 737–744.
10. Postaire O., Tournaire-Roux C., Grondin A., Boursiac Y., Morillon R., Schäffner A. R., Maurel C. // *Plant Physiol.* 2010. Vol. 152. P. 1418–1430.
11. Реуцкий В. Г., Скуратович Т. А., Зубей Е. С., Телюк Н. А. // *Ботаника (исследования): сборник науч. трудов / Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси.* Минск: «Право и экономика», 2011. Вып. 40. С. 525–542.
12. Реуцкий В. Г., Зубей Е. С., Скуратович Т. А., Родионов П. А. // *Ботаника (исследования): сборник науч. трудов / Институт эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси.* Минск.: «Право и экономика», 2010. Вып. 39. С. 375–388.

13. Зубей Е.С. // Ботаника (исследования): сборник науч. трудов / Ин-т эксперим. ботаники им.В.Ф.Купревича НАН Беларуси. Минск, 2012. Вып. 41. С. 330–340.

14. Зубей Е.С., Реуцкий В.Г. // Ботаника (исследования): сборник науч. трудов / Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск: Институт радиологии, 2013. Вып. 42. С. 323–334.

15. Зубей Е.С. // Трансгенные растения: технологии создания, биологические свойства, применение, биобезопасность: Материалы V Всероссийского симпозиума (Москва, Россия, 1–4 декабря 2014 г.). Москва, 2014. С. 113–116.

16. Способ определения стрессоустойчивости растений: пат. 20376 Респ. Беларусь: МПК А 01Н 1/04 (2006.01) / В.Г. Реуцкий, Е.С. Зубей, П.А. Родионов, Т.С. Скуратович; дата публ. 30.08.2016.

17. Способ оценки морозостойкости растений пшеницы: пат. 20377 Респ. Беларусь: МПК А 01Н 1/04 (2006.01) / Е.С. Зубей, В.Г. Реуцкий; дата публ. 30.08.2016.

18. Способ оценки холодостойкости растений кукурузы: пат. 20378 Респ. Беларусь: МПК А 01Н 1/04 (2006.01) / Е.С. Зубей, В.Г. Реуцкий; дата публ. 30.08.2016.

Е. С. ЗУБЕЙ, П. А. РОДИОНОВ, Н. А. ТЕЛЮК, В. Г. РЕУЦКИЙ
МЕТОДИКА ЭЛЕКТРОННОГО МОНИТОРИНГА ВОДНОГО ОБМЕНА
АССИМИЛЯЦИОННОЙ ТКАНИ ЛИСТА

Резюме

Описан метод исследования параметров водного обмена листа, основанный на измерении динамики дегидратации ассимиляционной ткани. С его помощью получают ряд параметров: время сохранения клетками мезофилла максимального тургора, толщину листовой пластинки при максимальном тургоре, объем межклетников, количество воды в ткани мезофилла, связанной и не связанной с изменениями тургора, эластичность ткани листа, скорости водоотдачи и изменения объема ткани.

E. S. ZUBEI, P. A. RODIONOV, N. A. TELIUK, V. G. REUTSKIY
METHOD OF ELECTRONIC MONITORING OF WATER EXCHANGE
OF ASSIMILATING LEAF TISSUE

Summary

The method of the study of parameters of water leaf exchange, based on the measurement of the dynamics of leaf tissue dehydration. With it determine a number of parameters: time of saving of maximum turgor by mesophyll cells, leaf thickness at maximum turgor, the volume of the intercellular spaces, the amount of water in the mesophyll tissue, related and unrelated to changes in turgor, elasticity of leaf tissue, water loss rate and changes in tissue volume.

Поступила в редакцию 21.11.2016 г.

Л. Ф. КАБАШНИКОВА, Г. Е. САВЧЕНКО, Л. М. АБРАМЧИК,
В. Н. МАКАРОВ, Е. В. СЕРДЮЧЕНКО, В. В. КОНДРАТЬЕВА
**ДЕЙСТВИЕ ИММУНОМОДУЛИРУЮЩЕГО ПРЕПАРАТА
НА ОСНОВЕ β -АМИНОМАСЛЯНОЙ КИСЛОТЫ
НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ
РАСТЕНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ (*HORDEUM VULGARE* L.)**

Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, Минск

Введение. Посевы яровых зерновых культур, включая посевы ячменя, ежегодно подвергаются поражению возбудителями корневой гнили различной этиологии (фузариозной, гельминтоспориозной, офиоболезной, ризоктониозной и др.). Доминирует в посевах яровых культур фузариозная корневая гниль, а в посевах ячменя в восточной части республики широко распространена гельминтоспориозная. Фузариозную корневую гниль вызывает комплекс грибов рода *Fusarium*. Возбудители фузариозной корневой гнили могут поражать также листья, колос, вызывая фузариоз колоса. Гельминтоспориозную корневую гниль вызывает гриб *Bipolaris sorokiniana* (Saac.) Shoem., синоним – *Helminthosporium sativum*. Более активно гриб поражает ослабленные растения, чем и объясняется более высокая вредоносность болезни в засушливых условиях. Патоген также может поражать листья, вызывая образование темных или темно-серых пятен, слегка вытянутых вдоль центральной жилки. Во влажную погоду, при влажности свыше 90%, поражается колос. В результате этого зерно недоразвито и щуплое. В годы эпифитотий корневые гнили могут привести к сокращению урожая зерна на 40%. Анализ инфицированности семян, проведенный РУП «Институт защиты растений» в 2012 году показал, что зараженность зерновок ячменя фузариозной инфекцией за последние 5 лет была в пределах 6,0–20,0%, в среднем около 13,0%, гельминтоспориозной – до 16,0%.

На современном этапе развития науки и практики индуцированный иммунитет растений приобретает все большее практическое значение в интегрированной защите растений. Поскольку индукторы иммунитета активируют защитные системы самого растительного организма, их действие не вызывает отрицательных экологических последствий, не приводит к выработке у фитопатогенов резистентности, а также часто сопровождается повышением урожая и его качества. В этой связи актуальность исследований, направленных на повышение устойчивости растений ячменя к корневым гнилям в Республике Беларусь не вызывает сомнений.

Распознавание сигнала опасности осуществляется клеткой растения в местах контакта с микроорганизмом. Определенные носители сигнала из инфицированных клеток могут запускать системный приобретенный защитный ответ (SAR, systemic acquired response) в здоровых неинфицированных тканях растения, что позволяет всему растению подготовиться к отражению атаки [1]. SAR проявляется через измене-

ние потока ионов, в том числе кальция через мембрану, оксидативный выброс, фосфорилирование белков, гиперчувствительный ответ (HR, hypersensitive response), изменение гормонального статуса, накопление белков, имеющих отношение к патогенезу, и накопление антимикробных соединений – фитоалексинов. Показано, что белки-продукты PRs генов могут обладать гидролитической активностью, представляя семейство хитиназ, глюканаз, рибонуклеаз и др., а также ингибиторов протеиназ. Характерно, что индуцибельные, связанные с патогенезом кислые белки, зачастую секретируются в межклеточное пространство листа. Системная устойчивость при взаимодействии с патогенами предполагает локальный некроз клеток растения.

Предобработка (прайминг) растений элиситорами, эффекторами патогенов, авирулентными штаммами, инокуляцией микробами-симбионтами, определенными природными и синтетическими соединениями, поранение тканей индуцирует быструю иммунную реакцию растения на последующую атаку патогенов [2]. Прайминг проявляется в накоплении активных форм кислорода АФК, в синтезе *de novo* защитных гормонов салицилата и жасмоната, повышении экспрессии передающих сигналы белков MAPKs и факторов транскрипции, образования каллозы [3].

Уже сравнительно давно продемонстрирована устойчивость к фитопатогенам, вызванная действием экзогенной β -аминоасляной кислоты (β -АМК), в растениях арабидопсиса, томатов, винограда, разных сортов лука и других видов растений. β -АМК не встречается в растениях (тем не менее, α - и γ -изомеры аминокислоты иногда обнаруживаются). Следует отметить, что исследование механизмов действия β -АМК на растения несколько отставало от попыток ее практического применения. Показана высокая эффективность β -АМК против поражения растений бактериями, оомицетами, грибами и нематодами [4–7]. Такой широкий спектр активности связывают именно с индукцией устойчивости растений, а не с прямым действием β -АМК на патоген. Очень важной представляется информация о том, что экзогенная β -АМК не связывается с внутриклеточными органеллами. Показано, что действие β -АМК опосредовано модификацией клеточной стенки путем активации гидролитических ферментов [4].

В некоторых растениях β -АМК может действовать через защитные механизмы с участием салициловой кислоты, как например, в случае *Arabidopsis* [6]. В других случаях β -АМК активирует передачу сигнала через абсцизовую кислоту [7,8]. В литературе имеются указания, что β -АМК может защитить растения арабидопсиса от абиотических стрессов, таких как высокая температура [6], засуха, засоление [7] и кадмий [8]. Методом флуоресцентной микроскопии [9] установлено, что обработка чешуй лука β -АМК (0,3 мМ) приводила к активации отложения каллозы, которая является основным механическим барьером на пути проникновения патогенов. В растениях, обработанных индукторами устойчивости, в ответ на поражение фитопатогенными грибами отмечали возрастание активности пероксидазы [10].

Результаты новейших исследований кардинально изменили представления о механизмах действия β -АМК на растение. Это связано с обнаружением рецептора β -АМК [11] в растениях арабидопсиса. Было показано, что устойчивость, индуцированная β -АМК, контролируется геном *ibi1-1* (IBI-1, impaired in BABA-induced Immunity 1), кодирующим аспартил-t-РНК-синтазу (AspRS). L-аспартат – субстрат AspRS – стереохимически подобен энантиомеру β -АМК (R-АМК), поэтому считают, что IBI-1 может функционировать как рецептор β -АМК. При мутациях гена *ibi1-1* теряется устойчивость, индуцированная β -АМК в растениях арабидопсиса.

Отсутствие цельной картины механизмов защитного действия β -АМК связано с тем, что последние могут существенно отличаться у разных видов растений и при разных источниках инфицирования [9], поэтому разработка иммуномодулирующих препаратов на основе β -АМК требует детального изучения особенностей их влияния для каждого растительно-го объекта и разных патогенов.

Ранее нами в лабораторных опытах на проростках ярового ячменя была показана высокая иммуномодулирующая эффективность β -АМК при инфицировании грибом *Bipolaris sorokiniana* (Saac). Shoem., вызывающим темно-бурую пятнистость [12]. В настоящей работе изучено действие β -АМК в сочетании с пленкообразующим полимером ВРП-3 на структурно-функциональное состояние растений ярового ячменя в полевых условиях с целью разработки нового экологически безопасного иммуномодулирующего препарата для защиты ячменя от фитопатогенов.

Материалы (объекты) и методы исследования. Исследования проводили на растениях ярового ячменя сорта Водар, выращенных на экспериментальной базе РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» (д. Высокие Ляды, Смолевичского района, Минской обл.) в семеноводческом севообороте в 2014–2016 гг. по общепринятой технологии возделывания культуры. Предшественник под яровой ячмень – яровая пшеница.

Опыты были заложены в соответствии с методикой полевого опыта по Доспехову Б. А. [13] в четырёхкратной повторности с учётной площадью делянки 10 м². Вегетирующие растения ячменя обработаны методом опрыскивания в фазу выхода в трубку (ДК 31–32) и в фазу формирования флаг-листа (ДК 37–39) согласно следующей схеме:

- 1) контроль (без обработки);
- 2) полимер ВРП-3 (0,4%), β -АМК (0,25 мМ);
- 3) фунгицид Адексар.

Доза внесения иммуномодулирующего состава на основе β -АМК составляла 2 л/га, рабочего раствора – 200 л/га. Контролем служили необработанные растения ячменя. Базовый вариант – обработка фунгицидом Адексар (BASF, Германия) в дозе 1 л/га в фазе выхода в трубку (ДК 31–32).

Анализ структурно-функционального состояния растений проведен через 7 дней после первой обработки на фазе выхода в трубку, через 7 дней после второй обработки на фазе колошения и на фазе молочной спелости.

Содержание пероксида водорода измеряли с помощью флуоресцентного метода, в основе которого лежит реакция окисления скополетина в присутствии H_2O_2 , катализируемая пероксидазой хрена [14]. Для нормирования данных по содержанию белка в анализируемом материале измеряли его содержание по методу Лоури [15], используя коммерческий реактив Фолина. Активность пероксидазы измеряли спектрофотометрически по кинетике реакции окисления бензидина пероксидазой в присутствии пероксида водорода [16]. Уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ) в мембранах определяли по содержанию ТБК-активных продуктов [17].

Содержание пигментов в листьях растений ячменя определяли спектрофотометрически [18]. Флуоресцентные параметры фотосистемы 2 (ФС 2) измеряли на флуориметре Teaching-PAM (pulse amplitude modulation) (Walz, Германия). Перед измерением листья адаптировали к темноте в течение 15 мин. Включение модулированного с низкой частотой (32 Гц) слабого света (630 нм , $0,04 \text{ мкмоль квантов} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) возбуждало фоновую флуоресценцию F_0 . Световой импульс ($\lambda = 663 \text{ нм}$) высокой интенсивности ($3300 \text{ мкмоль квантов} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) увеличивал квантовый выход флуоресценции до максимального уровня F_m . Потенциальный квантовый выход фотохимических реакций ФС 2 был рассчитан по формуле $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ [19].

Для определения уровня экспрессии гена, кодирующего хитиназу класса II, из листьев растений ячменя выделяли общую РНК с помощью реагента TRISOL (Sigma, США) по протоколу фирмы. Для получения кДНК на матрице РНК использовали реакцию обратной транскрипции с применением обратной транскриптазы. Реакцию проводили по стандартному протоколу фирмы с помощью набора реагентов Revert Aid TM H Minus First Strand cDNA Synthesis Kit (Thermo scientific, Литва). Расчет и дизайн праймеров для хитиназы проводили самостоятельно с использованием программы Vector NTI, используя последовательности клонированной ДНК, найденные в базе данных Nucleotide (NCBI) (табл. 1). Праймеры для 18S рибосомальной РНК взяты из работы [20]. Олигонуклеотидные праймеры были синтезированы в Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси (г. Минск).

Таблица 1. Нуклеотидная последовательность прямых (F) и обратных праймеров (R) для генов *cht2*, *18S rRNA*

| Название белка | Ген | Праймеры |
|-----------------------|-----------------|--------------------------------------------------|
| Хитиназа класса II | <i>cht2</i> | F-GTTCCAATGGGGCTACTGCT R-GATTACGCCGTATCCAGGCA |
| 18S рибосомальная РНК | <i>18S rRNA</i> | F-ATGATAACTCGACGGATCGC R-CTTGATGTGGTAGCCGTTT |

При статистической обработке данных определяли среднюю квадратичную ошибку, критерий значимости t и уровень значимости $P(t)$ [21].

Результаты и их обсуждение. Адаптация растительного организма к абиотическим и биотическим факторам окружающей среды осуществляется многокомпонентной системой защиты в ответ на внешний стимул, включающей низкомолекулярные антиоксиданты, антиоксидантные ферменты, стрессовые белки, защитные гены [22].

Благодаря работам ряда исследователей [обзоры 22, 23,24] установлена последовательность событий, развивающихся при контакте растения с патогеном. Основные этапы взаимодействия растения-хозяина и патогена включают этап узнавания, трансдукцию стрессового сигнала, окислительный взрыв и транскрипцию генов устойчивости. Показано, что при контакте с патогеном резко и многократно активируются локализованные в клеточной стенке и плазмалемме ферменты, участвующие в генерации АФК: НАДФН-оксидаза (ответственная за быстрое образование АФК в ходе т.н. окислительного взрыва, количественное проявление которого сильно различается у разных объектов и при действии разных патогенов), а также оксалактооксидаза и пероксидаза. Известно, что одна из форм АФК, пероксид водорода, является сигнальной молекулой, участвующей в запуске каскада защитных реакций растений. Она опосредует лигнификацию клеточной стенки [24, 10], а в высокой концентрации может подавлять рост микроорганизмов [22, 10]. В то же время, в физиологических концентрациях H_2O_2 участвует в регуляции роста и дифференцировки клеток растений. Образовавшиеся АФК являются не только прямым оружием против патогена, но участвуют и в индукции синтеза генов устойчивости. Именно в этой связи АФК или доноры АФК рассматривают в качестве потенциальных иммуномодуляторов.

В норме поддерживается динамическое равновесие между про- и антиоксидантными процессами, которое получило название перекисного гомеостаза. При различных воздействиях извне может происходить сдвиг этого равновесия в сторону окислительных процессов и тогда развивается окислительный стресс. В многочисленных исследованиях показано, что окислительный стресс представляет собой универсальное следствие воздействия на живую систему разнообразных экстремальных факторов, при этом продукты ПОЛ могут являться «индикаторами» этих воздействий, тем триггером, который запускает ответную реакцию клетки и организма в целом. С другой стороны, они могут быть и «первичными медиаторами» стресса как особого состояния клетки, которое может привести к увеличению ее устойчивости и адаптации. Несомненно, что выход окислительных процессов из-под контроля может быть губителен для клетки, однако в то же время существует представление об АФК, как о нормальных и даже необходимых метаболитах. В общем случае ПОЛ является универсальным модификатором свойств биологических мембран, важным физиологическим регулятором их структуры и функций, фактором, устанавливающим и поддерживающим стационарное функционирование ферментов, транспортных каналов, рецепторов.

В таблице 2 представлены результаты анализа окислительного статуса растений ячменя на стадиях выхода в трубку и колошения по содержанию пероксида водорода и активности ПОЛ в 4-м листе главного стебля на стадии выхода в трубку и в подфлаговом листе главного стебля на стадии колошения.

Таблица 2. Содержание пероксида водорода и малонового диальдегида (МДА) в листьях растений ячменя сорта Водар на разных стадиях онтогенеза

| Показатель | Содержание H ₂ O ₂ , отн. ед. | | Содержание МДА, нмоль/ мг сырой массы | |
|---------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------|----------------------------|
| | Выход в трубку, 4-й лист | Колошение, подфлаг-лист | Выход в трубку, 4-й лист | Колошение, подфлаг-лист |
| Вариант / Стадия развития | | | | |
| 1. Контроль | 4,57±0,09 | 4,98±0,1 | 5,3±0,15 | 7,61±0,09 |
| 2. ВРП-3+ β-АМК | 4,69±0,1 | 4,41±0,07 | 5,8±0,09 | 7,37±0,12 |
| 3. Адексар (стандарт) | 4,87±0,1 | 4,74±0,07 | 5,2±0,14 | 11,14±0,25 |

Установлено, что обработка растений ячменя изученными препаратами стимулировала накопление АФК в листьях растений ячменя на стадии трубкования относительно необработанного контроля, причем наиболее сильный эффект обнаружен при использовании фунгицида Адексар. При этом активность ПОЛ в листьях растений не отражала обнаруженные эффекты и была примерно одинакова в контрольном варианте и при использовании препарата Адексар (табл. 2). На стадии колошения в подфлаговом листе содержание пероксида водорода в этих вариантах опыта несколько понижалось, а в контрольном варианте, наоборот, существенно возросло. При этом уровень ПОЛ оказался примерно одинаков в контрольных и АМК-обработанных растениях, тогда как после применения фунгицида Адексар существенно возрастал. Следует отметить, что активность ПОЛ в подфлаговом листе на стадии колошения существенно увеличивалась по сравнению с 4-м листом на стадии трубкования: в 1,43 раза в контроле, в 1,28 раза – при использовании иммуномодулирующего состава на основе β-АМК и в 2,14 раза – при использовании фунгицида Адексар.

Роль поддержания концентрации АФК на относительно стабильном низком уровне отводится многокомпонентной системе регуляции процессов активации-деактивации кислорода, без которой функционирование клеток в аэробной среде было бы невозможно.

Согласно современным представлениям [25], существует 4 класса антиоксидантов: ферменты (супероксиддисмутазы, каталаза, пероксидазы); низкомолекулярные соединения, взаимодействующие с радикалами и образующие малоактивные продукты (аскорбат, глутатион, цистеин, α-токоферол, хиноны, холестерин, многоатомные спирты); комплексоны ионов металлов, тормозящие их окисление и восстановление, и гидрофобные соединения, действие которых основано на торможении реакций, непосредственно протекающих в липидном слое мембран (холестерин и токоферол).

Антиоксидантные ферменты характеризуются высокой специфичностью по отношению к АФК и отличаются строго определенной локализацией в клетке [26]. Обычно выделяют три линии защиты. Важнейшим ферментом первой линии антиоксидантной защиты является супероксиддисмутаза (СОД), катализирующая реакцию дисмутации супероксидного анион-радикала. В результате работы СОД образуется пероксид водорода. Основным ферментом, нейтрализующим пероксид водорода, является каталаза (обнаружено 5 изоформ) и ферменты класса пероксидаз [27]. Для проявления каталитической функции каталазы, имеющей невысокое сродство к субстрату и использующей в качестве донора электрона при восстановлении H_2O_2 до воды и молекулярного кислорода вторую молекулу пероксида, необходимо наличие высоких концентраций H_2O_2 . Пероксидазы разрушают H_2O_2 нерадикальным путем и образуют H_2O при окислении не второй молекулы H_2O_2 , как каталаза, а других субстратов (AH_2) [$(H_2O_2 + AH_2 \rightarrow H_2O + A)$]. Пероксидазы различаются по субстратам окисления и строению активного центра. Пероксидаза катализирует окисление перекисью водорода или молекулярным кислородом ароматических аминов, анилина, бензидина, тирозина, триптофана, индола, индолилуксусной кислоты (ИУК), фенолов и т.д. Источником АФК для работы пероксидазы могут быть также органические гидроперекиси. Наиболее распространена в растениях гваяколовая пероксидаза, участвующая в биосинтезе лигнина.

В таблице 3 представлены результаты исследований активности пероксидазы в листьях ячменя в полевом эксперименте. Видно, что в начале вегетации активность пероксидазы при 2-х обработках была выше, чем в контрольном варианте, затем различия между вариантами уменьшались, а сама активность антиоксидантного фермента снижалась. Вместе с тем, в листьях растений ячменя, обработанных β -АМК наблюдалась самая высокая активность пероксидазы на всех изученных стадиях развития. Возможно, снижение активности пероксидазы в подфлаговом листе растений ячменя и является одной из причин повышения активности ПОЛ в клеточных мембранах подфлагового листа на стадии колошения. Вместе с тем, только изменением активности этого фермента сложно объяснить эффекты действия препарата на основе β -АМК и фунгицида Адексар на содержание пероксида водорода и ТБК-продуктов в листьях ячменя.

Таблица 3. Активность пероксидазы (мкМ бензидина/мкг белка) в листьях растений ячменя Водар на разных стадиях онтогенеза

| Вариант / Стадия развития | Выход в трубку, 4-й лист | Колошение, подфлаг-лист | Молочная спелость, подфлаг-лист |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1. Контроль | 2,63±0,04 | 1,55±0,02 | 1,12±0,00 |
| 2. ВРП-3+ β -АМК | 4,99±0,20 | 1,70±0,09 | 1,28±0,04 |
| 3. Адексар (стандарт) | 4,89±0,09 | 1,10±0,02 | 1,17±0,02 |

Важнейшим антиоксидантным звеном растений являются каротиноиды (класс тетраптерпеноидов и изопреноидов), длинные ветвящиеся углеводородные цепи которых содержат несколько сопряженных двойных связей, заканчивающихся на одном (γ -каротин) или обоих концах (β -каротин) кольцевой циклической структурой – иононовым кольцом. Благодаря наличию сопряженных двойных связей, каротиноиды могут связывать синглетный кислород и ингибировать образование свободных радикалов, предупреждая их негативное действие на организм. Каротиноиды снимают избыток энергии у возбужденного хлорофилла или синглетного кислорода и рассеивают ее путем нерадиационной релаксации в виде тепла, предотвращая окислительный стресс [28].

Проведенный анализ содержания каротиноидов в листьях растений ячменя представлен в таблице 4.

Таблица 4. Общее содержание каротиноидов (мкг/см²) в листьях растений ячменя Водар на разных стадиях онтогенеза

| Вариант / Стадия развития | Выход в трубку, 4-й лист | Колошение, подфлаг-лист | Молочная спелость, подфлаг-лист |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1. Контроль | 10,349±0,886 | 9,037±0,573 | 8,025±0,265 |
| 2. ВРП-3+ β -АМК | 9,227±0,436 | 11,325±1,225 | 10,203±0,732 |
| 3. Адексар (стандарт) | 9,265±0,218 | 9,134±1,163 | 11,737±0,879 |

Показано, что на стадии выхода в трубку через неделю после обработки растений, содержание каротиноидов в 4-м листе в расчете на единицу поверхности несколько снижалось относительно контроля. В репродуктивный период на фазе колошения в результате применения препарата на основе β -АМК отмечено возрастание содержания антиоксидантных пигментов в подфлаговом листе по сравнению с контролем и стандартным фунгицидом в 1,25 и 1,23 раза соответственно. На стадии созревания содержание каротиноидов в подфлаговом листе было существенно превышало контроль в вариантах опыта с использованием препарата на основе β -АМК и фунгицида Адексар. Полученные данные позволяют сделать заключение о стимулирующем влиянии препарата на основе β -АМК на накопление каротиноидов в подфлаговом листе растений ячменя в репродуктивный период.

Влияние изученных препаратов на динамику накопления хлорофилловых фотосинтетических пигментов в онтогенезе растений ярового ячменя представлено на рисунке 1. Из полученных данных видно, что состояние фотосинтетического аппарата, оцениваемое по содержанию хлорофилла ($a+b$) в расчете на единицу поверхности листа было примерно одинаково во всех вариантах опыта на стадии трубкования, а по мере развития растений улучшалось при обработке иммуномодулирующим составом на основе β -АМК.

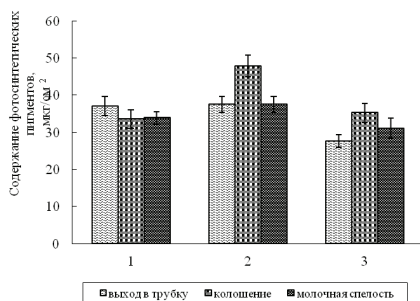


Рис. 1. Изменение содержания хлорофилла ($a+b$) в онтогенезе растений ячменя сорта Водар: 1- контроль; 2- ВРП-3+ β -АМК; 3- Адексар (стандарт).

Таблица 5. Изменение фотохимической активности в листьях ячменя сорта Водар в онтогенезе (параметры РАМ-флуориметрии, отн.ед.)

| Флуоресцентные параметры | F_0 | F_m | F_v | F_v / F_m |
|--------------------------|----------------------------|-------------|--------------|-------------|
| Вариант | Стадия «выход в трубку» | | | |
| 1. Контроль | 0,086±0,007 | 0,375±0,012 | 0,289±0,005 | 0,770±0,011 |
| 2. ВРП-3+ β -АМК | 0,089±0,0006 | 0,393±0,007 | 0,304±0,002 | 0,775±0,002 |
| 3. Адексар (стандарт) | 0,089±0,017 | 0,407±0,041 | 0,318±0,007 | 0,782±0,033 |
| Вариант | Стадия «колошение» | | | |
| 1. Контроль | 0,081±0,003 | 0,379±0,006 | 0,299±0,003 | 0,788±0,004 |
| 2. ВРП-3+ β -АМК | 0,068±0,007 | 0,384±0,008 | 0,316±0,020 | 0,819±0,009 |
| 3. Адексар (стандарт) | 0,058±0,004 | 0,351±0,015 | 0,293±0,011 | 0,834±0,005 |
| Вариант | Стадия «молочная спелость» | | | |
| 1. Контроль | 0,065±0,008 | 0,360±0,041 | 0,295±0,015 | 0,819±0,026 |
| 2. ВРП-3+ β -АМК | 0,050±0,005 | 0,306±0,003 | 0,256±0,009 | 0,835±0,003 |
| 3. Адексар (стандарт) | 0,059±0,007 | 0,329±0,021 | 0,270±0,0082 | 0,821±0,033 |

Известно, что эффективность протекания фотохимических реакций в реакционных центрах ФС2 является индикатором функционального состояния фотосинтетических мембран, отражающим структурное и функциональное состояние фотосинтетической электрон-транспортной цепи и реагирующим на различные стрессовые воздействия. Анализ параметров флуоресценции хлорофилла a , полученных с помощью РАМ-флуориметрии, показал, что на стадии выхода в трубку потенциальный кван-

товый выход не претерпевал существенных изменений после обработки вегетирующих растений препаратом, содержащим β -АМК (табл. 5). На стадии колошения обнаружено некоторое снижение базовой флуоресценции хлорофилла (F_0) при действии состава на основе β -АМК. Для этого варианта отмечен и наиболее высокий потенциальный квантовый выход фотохимических реакций ФС2 (F_v/F_m), характеризующий активность протекания первичных реакций разделения зарядов в реакционном центре ФС2.

На стадии молочной спелости наблюдалось некоторое снижение базовой и максимальной (F_m) флуоресценции хлорофилла *a* в листьях β -АМК-обработанных растений, что, однако не повлияло на уровень потенциального квантового выхода фотохимических реакций, который оставался максимально высоким. В целом, важно отметить, что использованный состав не оказывал негативного действия на эффективность протекания фотохимических реакций в реакционных центрах ФС2, и, главное, что использованная концентрация β -АМК не обладала стрессовым действием.

С целью изучения механизмов действия β -АМК на уровне экспрессии гена хитиназы как одного из защитных белков растений при патогенезе [29] проведен ПЦР-анализ активности гена *cht2*, кодирующего хитиназу класса II в листьях ячменя на стадии трубкования. Обнаружено, что количество ампликонов изученного гена под действием β -АМК возросло и было выше, чем в контроле на 12% (рис. 2). Полученные данные позволяют говорить о праймирующем влиянии использованной концентрации β -АМК на растения ячменя.

Влияние изученных препаратов на продукционный процесс ячменя было прослежено на основных стадиях онтогенеза растений с помощью морфоструктурного анализа. Установлено, что состав на основе β -АМК и фунгицид Адексар не оказывали существенного влияния на высоту растений (рис. 3, А). Вместе с тем, отмечено заметное положительное влияние изученных препаратов на накопление сырой биомассы, которое было особенно выражено в репродуктивный период (рис. 3, Б).

Определение зерновой продуктивности в посевах ярового ячменя в полевом эксперименте проведено методом комбайнирования на основе измерения бункерного веса зерна, намолоченного с учетных делянок (среднее из 4-х повторностей). Полученные результаты представлены в таблице 6. Прибавка урожая зерна при использовании иммуномодулирующего состава на основе β -АМК составила 4,66 ц/га относительно контроля и 1,83 ц/га – относительно стандартного фунгицида Адексар.

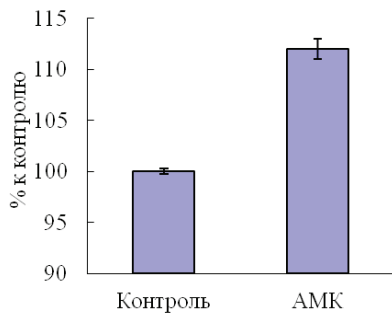
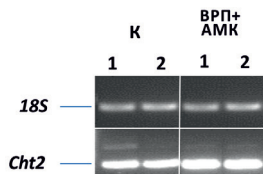


Рис. 2. Уровень экспрессии (в процентах к контролю) гена хитиназы (*cht2*) в листьях ячменя контрольного варианта (К) и через 7 суток после опрыскивания растений на стадии выхода в трубку составом на основе β -АМК (ВРП+АМК).

Таблица 6. Урожайность ярового ячменя сорта Водар в полевом эксперименте (бункерный вес)

| Вариант | Урожай зерна, ц/га | Прибавка (к контролю), ц/га | Прибавка (к стандарту), ц/га | Биологическая эффективность против суммарной инфекции, % |
|------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1. Контроль | 39,90 ± 1,80 | – | – | – |
| 2. ВРП-3+ β -АМК | 44,56 ± 2,96 | 4,66 | 1,83 | 88,3 |
| 3. Адексар (стандарт) | 42,73 ± 1,51 | 2,83 | – | 91,5 |

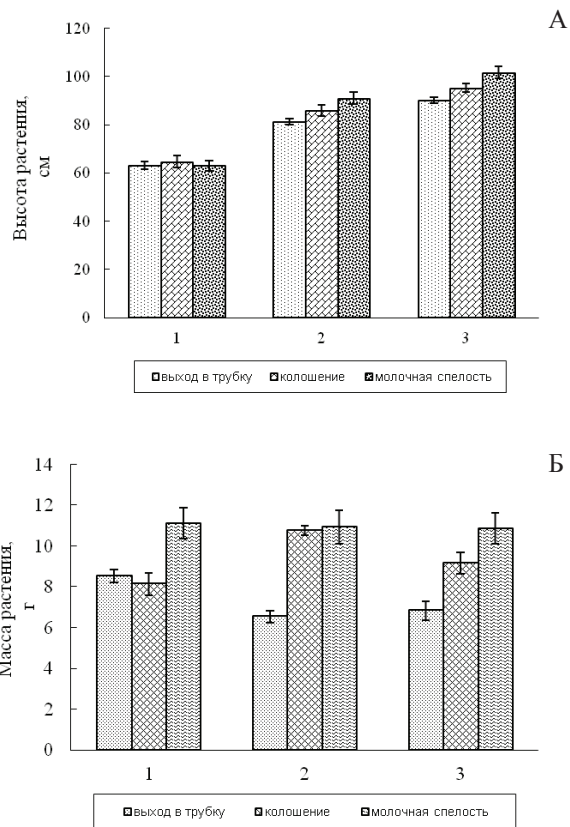


Рис. 3. Изменение высоты (А) и сырой биомассы (Б) растений ярового ячменя сорта Водар на онтогенезе: 1- контроль; 2- ВРП-3+ β -АМК; 3- Адексар (стандарт).

Оценка биологической эффективности препаратов против суммарной инфекции показала конкурентоспособность иммуномодулирующего препарата на основе β -АМК в сравнении с химическим фунгицидом системного действия.

Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности нового иммуномодулирующего состава на основе β -АМК (концентрация β -АМК в пределах $1-2,5 \cdot 10^{-4} \text{M}$) и полимера ВРП-3 (0,4%) для защиты посевов ярового ячменя от грибковых инфекций в полевых условиях.

Заключение. Резюмируя полученные в полевых условиях результаты, можно заключить, что системное защитное влияние пленкообразующего препарата на основе β -АМК в посевах ярового ячменя после двукратной

обработки вегетирующих растений на стадиях выхода в трубку (ДК 31–32) и колошения (ДК 37–39) проявилось на уровнях: повышения содержания пероксида водорода как сигнальной молекулы и увеличения уровня экспрессии гена *cht2*, кодирующего хитиназу II через 7 дней после опрыскивания (стадия выхода в трубку); снижения активности окислительных процессов в мембранных липидах, наблюдавшегося в тканях листа, выращенных в полевых условиях через 20 суток после опрыскивания (стадия колошения); увеличения активности пероксидазы на всех изученных этапах развития растений; повышения содержания хлорофилла ($a+b$) и низкомолекулярных антиоксидантов – каротиноидов в подфлаговом листе; повышения фотохимической активности ФС2 в подфлаговом листе; уменьшения степени поражения растений грибной инфекцией, что в совокупности обеспечило увеличение морфоструктурных параметров растений и урожая зерна.

Полученные в полевых условиях данные в совокупности с ранее полученными в лабораторных экспериментах при искусственном заражении проростков ячменя грибным патогеном *Bipolaris sorokiniana* (Saac). Shoet свидетельствуют о высокой эффективности нового иммуномодулирующего состава на основе β -АМК (концентрация β -АМК в пределах $1-2,5 \cdot 10^{-4}$ М) и полимера ВРП-3 (0,4%) для защиты посевов ярового ячменя от грибных инфекций в полевых условиях.

Литература

1. Vlot C.A, Klessig D. F., Park S-W. // Current Opinion in Plant Biology 2008. V. 11. P. 436–442.
2. Conrath U. // Trends Plant Sci. 2011. V.16 (10). P. 524–531.
3. Pastor V., Balmer A., Gamir J., Flors V., Mauch-Mani B. // *Front. Plant Sci.* 5:295 10.3389/fpls.2014.00295.
4. Jakab G., Cottier V., Toquin V., Rigoli G., Zimmerli L., Metraux J.–P., Mauch-Mani B. // *European Journal of Plant Pathology*, 2001. V.107. P. 29–37.
5. Cohen Y. // Patent No. 181747 FILED ON 10/29/1998.
6. Zimmerli L., Hou, B.H., Tsai, C.H., Jakab, G., Mauch-Mani, B., Somerville, // *Plant J.* 2008. V. 53. P. 144–156.
7. Ton J., Mauch-Mani B. // *Plant J.* 2004. Vol. 38. P. 119–127.
8. Enhancing Arabidopsis Salt and Drought Stress Tolerance by Chemical Priming for Its Abscisic Acid Responses / Jakab G. [et al.] // *Plant Physiol.* 2005. Vol. 139. P. 267–274.
9. Као, Ш.Ц., Рэн, Г., Цзян, Л., Юйянь, Х. Б., Ма, Г. Х. // Физиология растений. 2009. Т. 56. № 4. С. 635–642.
10. Поляковский С. А., Кравчук Ж. Н., Дмитриев А. П. // Цитология и генетика. 2008. № 6. С. 8–12.
11. Luna E., Van Hulten M., Berkowitz O., Lopez A., Petriacq P., et al // *National chemistry biology*. 2014. Vol. 10. № 6. P. 450–456.
12. Кабашникова Л. Ф., Савченко Г. Е., Абрамчик Л. М., Евдокимова О. В., Макаров В. В., Сердюченко Е. В., Зеневич Л. А., Кондратьева В. В. // «Ботаника» (исследования)»: Сборник науч. трудов / ИЭБ НАН Беларуси. Минск: Институт радиологии, 2015. Вып. 44. С. 259–269.

13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования. 5-е изд. доп. и перераб. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.
14. Большой практикум по физиологии растений / Под ред. проф. Б. А. Рубина. Москва: Высшая школа, 1975. С. 270–290.
15. Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr L. A., Randall R. J. // J. Biol. Chem. 1951. Vol. 193. P. 265–275.
16. Mohanty J. G. // J. Immunol Methods. 1997. Vol. 202. P. 133–141.
17. Мерзляк М. Н. Свободно-радикальное окисление и деградация липидов в мембранах растений: Автореферат дисс. д-ра биол. наук. М. 1985.
18. Шлык А. А. // Биохимия. 1968. Т. 33. № 2. С. 275–285.
19. Корнеев Д. Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Киев: «Альтерпрес», 2002. 188 с.
20. Walia H., Wilson C. et al. // Funct. Integr. Genomics. 2006. Vol. 2. P. 143–156.
21. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика // Минск: Вышэйшая школа, 1973. 320 с.
22. Поликсенова В. Д. // Вестник БГУ. Сер. 2. 2009. № 1. С. 48–60.
23. Шакирова Ф. М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем, 2001. 160 с.
24. Тарчевский И. А. Сигнальные системы клеток растений. М.: Наука, 2002. 294 с.
25. Кабашникова Л. Ф. Фотосинтетический аппарат и стресс у растений. Минск: Беларуская навука, 2014. 267 с.
26. Прадедова Е. В., Ишеева О. Д., Салаяв Р. // Физиология растений. 2011. Т. 58. № 2. С. 177–185.
27. Бурханова Г. Ф. Анионные пероксидазы как компонент устойчивости растений пшеницы к фитопатогенным грибам // Дис. канд. биол. наук: Уфа. 2006. 116 с.
28. Latowski, D., Grzyb J., Strzalka K. // Acta physiologiae plantarum. 2004. Vol. 26. P. 197–212.
29. Ebrahim S., Usha K., Singh B. Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances /A. Méndez-Vilas (Ed.) // FOR-MATEX. 2011. P 1043–1054.

Л. Ф. КАБАШНИКОВА, Г. Е. САВЧЕНКО, Л. М. АБРАМЧИК, В. Н. МАКАРОВ,
 Е. В. СЕРДЮЧЕНКО, В. В. КОНДРАТЬЕВА
**ДЕЙСТВИЕ ИММУНОМОДУЛИРУЮЩЕГО ПРЕПАРАТА НА
 ОСНОВЕ β -АМИНОМАСЛЯНОЙ КИСЛОТЫ НА СТРУКТУРНО-
 ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ РАСТЕНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ
 (*HORDEUM VULGARE* L.)**

Резюме

Изучено действие иммуномодулятора на основе β -аминомасляной кислоты (β -АМК) на структурно-функциональное состояние растений ярового ячменя на основных фазах развития в полевых условиях в сравнении со стандартным фунгицидом Адексар. Показано,

что β -АМК в сочетании с полимерным носителем (ВРП-3) после однократной обработки вегетирующих растений ярового ячменя на стадии выхода в трубку (ДК 31–32) вызывала прайминг защитных реакций в растениях, что способствовало снижению инфицированности растений, повышению морфоструктурных и фотосинтетических показателей и зерновой продуктивности. Экспериментально доказана высокая конкурентоспособность иммуномодулирующего препарата на основе β -АМК в сравнении с химическим фунгицидом системного действия.

L. F. KABASHNIKOVA, G. E. SAVCHENKO, L. M. ABRAMCHIK,
V. N. MAKAROV, E. V., E. V. SERDUCHENKO, V. V. KONDRATJEVA
**EFFECT OF THE IMMUNOMODULATORY COMPOSITION BASED ON
THE B-AMINO BUTYRIC ACID ON STRUCTURAL AND FUNCTIONAL
STATE OF THE PLANTS OF SPRING BARLEY (*HORDEUM VULGARE* L.)**

Summary

The effect of the immunomodulator based on β -aminobutyric acid (BABA) on the structural and functional state of the plants of spring barley on the main phases of development in the field compared with standard fungicide Adeksar was studied. It is shown that BABA in combination with the carrier polymer (VRP-3) after a twice treatment of vegetative plants of spring barley at the stem elongation (DC31–32) and booting (DC37–39) stages priming induced defense responses in plants, which contributed to the decrease in plant infection, and increase morphological and photosynthetic characters and grain productivity. Experimentally proved high competitiveness immunomodulatory composition on the basis of BABA compared with chemical fungicide of systemic action.

Поступила в редакцию 06.10.2016 г.

В. В. КАРПУК, И. М. АЛЕЙНИК
**ФАРМАКОГОСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЯТЫ
ПОЛЕВОЙ (*MENTHA ARVENSIS* L.)**

Белорусский государственный университет, г. Минск

Введение. В настоящее время, несмотря на увеличение числа препаратов, полученных синтетическим путем, в медицине все большую популярность приобретают лекарственные средства растительного происхождения. Известно, что почти половину всех лекарственных препаратов, применяемых в современной медицине, получают из растительного сырья [1, 12]. Лекарственные растения, используемые в медицине для лечения инфекционных заболеваний – источник многих биоактивных соединений: витаминов, эфирных масел, флавоноидов, танидов, фенольных веществ, сапонинов, стероидов, различных гликозидов и др., определяющих характер их применения [6,9].

Использование растительных ресурсов ставит задачи глубокого изучения и понимания биоразнообразия растительного мира [14]. При поиске новых источников биологически активных соединений важно учитывать принцип филогенетического родства [15]. Здесь хорошая перспектива видится в исследовании родов и видов семейства Губоцветные (*Labiatae*), или Яснотковые (*Lamiaceae*), таких как базилик, душица, лаванда, мелисса, пачули, пустырник, розмарин, чабрец, шалфей, мята и др. [5,8].

В официальной медицине листья мяты входят в состав желудочных, ветрогонных, успокоительных и желчегонных чаев, как средства от тошноты и противоспазматическое желудочное средство. Из лекарственного растительного сырья получают настойку и настой – «мятную воду», которые применяют при воспалительных заболеваниях верхних дыхательных путей, для успокоения головной боли, улучшения аппетита. Ментол, выделяемый из мятного масла, употребляют при метеоризме, стенокардии, он входит в состав капель и мазей от насморка, карандашей от мигрени, зубных паст, а также используют при производстве лекарственных препаратов – валидола, валокордина, ингафена, олиметина, каплей Зеленина и других средств, применяемых при заболеваниях, сопровождающихся спазмом коронарных сосудов, гладкой мускулатуры [9,12].

Листья мяты очень популярны и в народной медицине. Их употребляют наружно при невралгиях, как антисептическое средство при воспалительных процессах, ожогах, заболеваниях верхних дыхательных путей, хрипоте, осиплости голоса, при бронхите и бронхоэктазе, зубной боли; внутрь – как вяжущее, при желудочно-кишечных и печеночных коликах, при тошноте, изжоге, как противокашлевое, успокаивающее при нервном возбуждении в климактерическом периоде [9].

Гибридная мята перечная (*M. piperita*), широко культивируют как ценное пищевое (в качестве приправы) растение. Мятные масла, содер-

жашие наряду с другими компонентами значительное количество ментола, добавляют в чай, вина, ликеры, конфеты и кондитерские продукты.

Фармакопейным растительным сырьем являются мяты перечной листья (*Menthae piperitae folia*) и мяты перечной листья обмолоченные (*Menthae piperitae folia contusae*) [1]. Заготавливают сырье в сухую погоду, когда зацветает половина растений. Однако в качестве растительного сырья в фармацевтической и пищевой промышленности используется лишь мята перечная, тогда как мята полевая и другие виды мяты (мята длиннолистная, мята водная, мята мутовчатая) игнорируются [9,12]. Сведений об их применении мало и они в основном из опыта народной медицины [4,5]. Однако в связи с широким распространением мяты полевой в Республике Беларусь [10], целесообразно исследовать также ее свойства и перспективы применения в различных сферах.

Цель работы – дать фармакогностическую характеристику мяты полевой.

В соответствии с указанной целью в отношении данного вида требовалось решить задачи:

- 1) выявить макро- и микроскопические диагностические признаки;
- 2) определить главные фитохимические компоненты;
- 3) изучить действие эфирного масла мяты полевой на патогенный гриб кандиду беловатую (*Candida albicans*) и бактерию стафилококк золотистый (*Staphylococcus aureus*).

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектом исследования являлись растения мяты полевой (*Menthae arvensis* L.) сем. Яснотковые, или Губоцветные (*Lamiaceae*, или *Labiatae*). Материалом для исследования служили свежесрезанные растения, а также растения, высушенные в тени до постоянной массы.

В исследованиях использовали следующие методы анализа растительного сырья:

Макроскопические признаки (форму, размеры) устанавливали визуально или с помощью 10х лупы и миллиметровой линейки, определяли также окраску, запах и вкус растительного сырья.

Микроскопический анализ сырья проводили с помощью микроскопа (устанавливали особенности строения эпидермиса, анатомических признаков на поперечных бритвенных срезах) [13].

Фитохимический анализ – присутствие в сырье флавоноидов, таннидов, сапонинов проводили по методикам фармакопей [1,3]:

флавоноидов:

- 1) к 2 мл экстракта добавляли 2 капли 3% раствора $AlCl_3$, в присутствии флавоноидов раствор желтеет;
- 2) к 2 мл фильтрата прибавляли 2 капли 3% раствора NaOH. Флавоны, флавонолы, флаваноны окрашиваются в желтый цвет, халконы и аурины – в оранжево-красный, антоцианы – в синий;

таннидов (дубильных веществ):

к 2 мл экстракта добавляли 2 капли 3% раствора железосаммиачных квасцов или $FeCl_3$ – дубильные вещества вызывают черное окрашивание;

сапонинов:

к 2 мл экстракта добавляли 2 капли 3% раствора $Pb(CH_3COO)_2$: появление белого помутнения указывает на присутствие сапонины.

Содержание эфирных масел в сырье определяли с помощью аппарата Гинзберга после возгонки водяным паром [1]: пар, образующийся в нагреваемой до кипения колбе с залитым водой сырьем, извлекает из него летучие эфирные масла и затем конденсировался на стенках охлаждаемого проточной водой холодильника, откуда капли смеси воды и эфирного масла стекали в приемник. Масло всплывало, образуя слой над водой, избыток которой удалялся через боковой сливной носик приемника.

Влияние эфирного масла мяты полевой на кандиду и стафилококк
Для проверки действия эфирного масла мяты полевой на грибок кандиды белой (*Candida albicans*) и бактерию стафилококк золотистый (*Staphylococcus aureus*), культивируемые на плотной питательной среде, непосредственно на колонии микроорганизмов наносили капельки эфирного масла и через 1–3 суток визуально и с помощью микроскопа при 40х и 100х увеличении объектива и 15х увеличении окуляра наблюдали изменения в колониях.

Результаты и их обсуждение

Макро- и микроскопические признаки сырья мяты полевой

Мята полевая – травянистый корневищный многолетник, растет на полях, лугах, по берегам водоемов, на тяжелых глинистых слабокислых почвах. Стебли четырехгранные 10–60 см высоты, прямостоячие или распростертые, ветвистые, иногда красноватые, покрыты направленными вниз волосками. Листья продолговато-яйцевидные и продолговато-эллиптические, длиной 2–6,5 см, шириной и 1–2 см, на верхушке заостренные, по краю пильчато-зубчатые. Цветки бледно-фиолетовые, лиловые (или бело-розовые) размером от 3 до 4 мм, собраны в многоцветковые шаровидные ложные мутовки на стебле в основании листьев (рис. 1а). Цветет в июне-октябре.

Срезанные растения высушивали до постоянной массы в тени и использовали затем в опытах как растительное сырье (рис. 1б).

Анализ внешних признаков мяты полевой (рис. 1а, б и табл. 1) обнаружил, что сухое сырье представляет собой олиственные побеги с цветками. Стебли 4-гранные с междоузлиями длиной 2–4 см, с редким опушением, высотой 19–33 см, диаметром 0,1–0,3 см. Цвет стеблей зелено-фиолетовый, на изломе белый, с полостью. Листья супротивные, яйцевидно-удлиненные, с заостренной верхушкой, на коротких (0,4–1 см) черешках. Край листа пильчато-зубчатый. Длина листьев 1,2–4,3 см, ширина 0,5–1,8 см. Поверхность голая, по жилкам под лупой заметны редкие волоски. Цвет листьев зеленый: на верхней стороне листовой пластинки темнее, чем на нижней. Цветки белые, розовые в пазухах листьев. Запах ароматный. Вкус слегка жгучий. В пересушенном сырье листья крошатся и отделяются от стеблей.



Рис. 1. Растительное сырье мяты полевой: (а) срезанная трава; б) сухое сырье.

Таблица 1. Морфологические признаки сухой травы мяты полевой

| Части растения / Признак | Описание признака |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Листовые пластинки / размер (длина x ширина) | 1,2–4 см x 0,6–1,7 см |
| Листовые пластинки / опушение | по жилкам |
| Стебли | с полостью в центре |
| Цветки | в пазухах листьев, цвет – белый, розоватый |

При рассмотрении листа мяты полевой с нижней и верхней поверхности (рис. 2 а, б) видны клетки эпидермиса с извилистыми стенками, устьица с двумя околоустьичными клетками, лежащими перпендикулярно продольной оси устьица (диацитный тип), размером 24,6–32,8 мкм. По жилкам расположены редкие простые 2–4-клеточные простые волоски размером 100–375 мкм. По всей поверхности имеются мелкие головчатые волоски, состоящие из короткой одноклеточной ножки и 1-клеточной обратнойцевидной головки, размером 26,6–33,3 мкм.

С обеих сторон листа отмечены эфирномасляные железки размером 49,2–66,7 мкм, с короткой ножкой и округлой или эллиптически-уплощенной головкой из 4–8 радиально расположенных выделительных клеток. В поле зрения 1 мм² от 5 до 66 железок (рис. 2, табл. 2). В листьях мяты полевой простые волоски встречаются только по жилкам. Железки мелкие (в сравнении с железками мяты перечной).

Микроскопический анализ сырья мяты полевой (табл. 2).

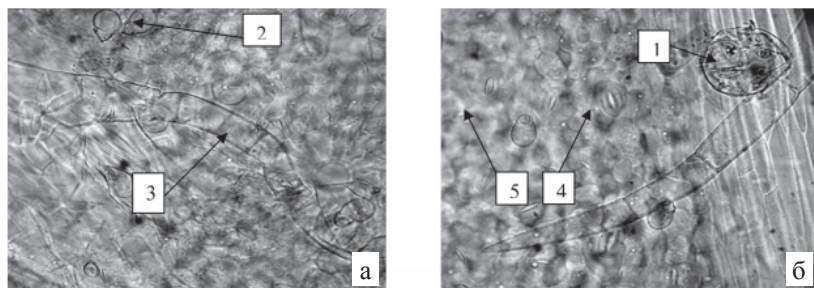


Рис. 2. Препарат листа мяты полевой с верхней (а) и нижней (б) поверхности:
 1 – эфирномасличная железка, 2 – головчатый волосок, 3 – простой волосок,
 4 – устьица диацитного типа, 5 – клетки эпидермиса.

Таблица 2. Микроскопические признаки сырья – листьев мяты полевой

| Признак | Описание признака |
|--------------------------------|------------------------------|
| Размер волосков | 100–367 мкм |
| Местоположение волосков | расположены по жилкам, редко |
| Железки (в 1 мм ²) | 5–66 |
| Железки (диаметр) | 50–65 мкм |

Фитохимический анализ растительного сырья мяты полевой

Реакция с $AlCl_3$ (рис. 3а): в опытном растворе окраска светлее, желто-зеленоватая, что указывает на наличие в сырье флавоноидов.

Реакция с $NaOH$ (рис. 3б): в правой пробирке окраска раствора темнее, что также свидетельствует о наличии в сырье флавоноидов (антоцианов, ауранов, халконов).

Реакция с железоаммониевыми квасцами (рис. 3в): опытнй раствор чернеет – значит, в сырье содержатся таниды.

Реакция с ацетатом свинца (рис. 3 г): в опытном растворе появляется белая муть, что свидетельствует о наличии в сырье сапонинов.

Результаты фитохимических опытов обобщены в таблице 3.

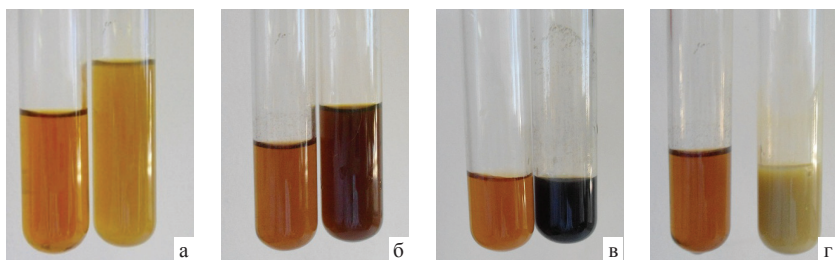


Рис. 3. Качественные реакции: а) с хлоридом алюминия (слева – контроль, справа – опыт); б) с гидроокисью натрия (слева – контроль, справа – опыт); в) с железоаммониевыми квасцами (слева – контроль, справа – опыт); г) с ацетатом свинца (слева – контроль, справа – опыт).

Таблица 3. Фитохимический анализ травы мяты полевой (качественные реакции на флавоноиды, таниды, сапонины)

| Реакция | Результат реакции |
|--------------------------------------------------|-------------------|
| с хлоридом алюминия (выявление флавоноидов) | + |
| с гидроокисью натрия (выявление флавоноидов) | + |
| с железоаммониевыми квасцами (выявление танидов) | + |
| с ацетатом свинца (выявление сапонинов) | + |

Известно, что в траве гибридной мяты перечной содержится до 3% эфирного масла, его компонентами являются ментол, ментон, изоментон, неоментол, лимонен, метилацетат, пиперитон, α - и β -пинен, β -кариофиллен, тимол. Кроме того из травы м. перечной могут быть извлечены таниды, флавоноиды, полифенолы, сапонины и кардиогликозиды [7,8].

Методом паровой гидродистилляции из 3 г травы мяты полевой экстрагировали 0,12 мл эфирного масла, т.е. 0,4%. Свойства полученного эфирного масла представлены в таблице 4.

Таблица 4. Свойства эфирного масла мяты полевой

| Наименование показателя | Значение показателя |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Внешний вид и цвет | прозрачная светло-желтая жидкость |
| Запах | без постороннего |
| Вкус | холодящий без горечи |
| Кислотное число, мг КОН/г масла | 0,65 |

Эфирное масло соответствует фармакопейным требованиям и может быть использовано в косметических и медицинских целях.

Влияние биологически активных веществ мяты полевой на рост *in vitro* некоторых микроорганизмов. Биомедицинское значение

С этой целью на колонию *C. albicans* на агаровой питательной среде в чашке Петри *in vitro* наносили каплю эфирного масла мяты полевой; результаты наблюдали под микроскопом (рис. 4 а, б). Аналогично на колонию стафилококка в чашке Петри *in vitro*, наносили каплю масла мяты полевой и наблюдали под микроскопом (рис. 4 в, г).

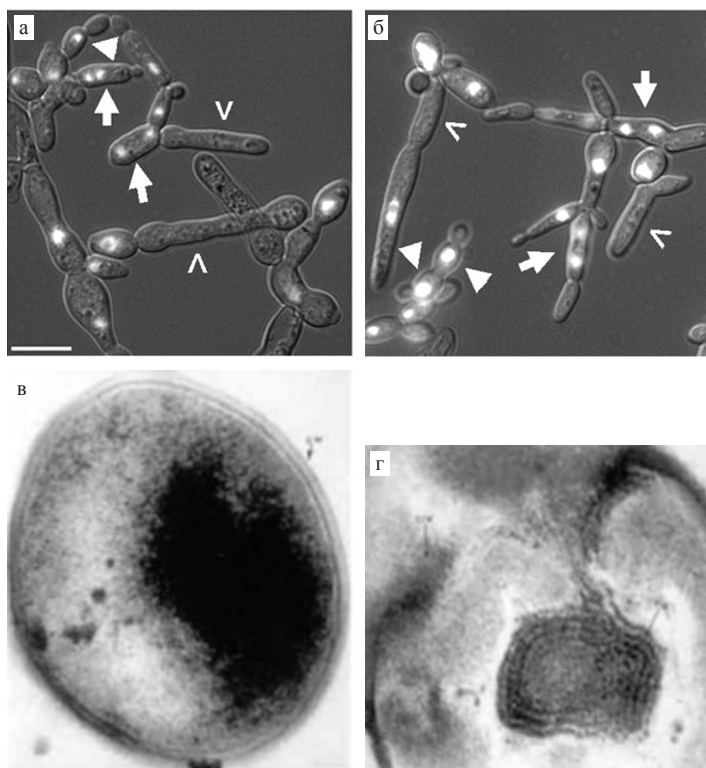


Рис. 4. Клетки гриба *C. albicans* в колонии до (а) и после (б) воздействия эфирным маслом мяты полевой, 800 х. Клетки бактерии *S. aureus* в колонии до (в) и после (г) воздействия эфирным маслом мяты полевой под микроскопом, 1500 х.

Дрожжевые грибы широко распространены в природе и живут как сапротрофы. Кандиды – постоянные обитатели кожи здорового человека. За последние 30 лет их выявляемость на слизистых оболочках полости рта и зева выросла в 10 раз и достигает 53–57% обследованных. *C. albicans* относится к условно-патогенным микроорганизмам и является наиболее распространенной грибковой инфекцией. Клетки этого гриба имеют округлую форму, размером до 10 мкм. *C. albicans* достаточно стойкий микроорганизм и способен обитать не только на слизистых оболочках и коже, но и в окружающей среде. Клетки *C. albicans* аэробны и наиболее благоприятными характеристиками среды их обитания является pH 6,0–6,5 при 21–37 °C.

Под действием эфирного масла число колоний *C. albicans* снижалось, выживали единичные мелкие колонии, в них деление клеток почкованием замедлялось, клетки становились тонкими гифоподобными. Результаты говорят, вероятно, о перспективности применения эфирного масла мяты полевой в профилактике и лечении заболеваний, вызванных *C. albicans*.

Staphylococcus aureus является одной из важнейших грам-положительных бактерий в организме человека, вызывающих локализованные или генерализованные инфекции (сепсисы). Как правило, метициллин-резистентные штаммы заселяют переднюю треть носовой полости здоровых и больных людей и вызывают эпидемии в больницах.

S. aureus принадлежит к семейству микрококков, дающих группы круглых или овальных клеток. Необработанные стафилококки представляли собой нормально делящиеся клетки с резким разграничением между клеточной стенкой, цитоплазматической мембраной и цитоплазмой. Кроме того, в цитоплазме видны равномерно распределенные гранулы.

Через 12 ч после воздействия эфирного масла мяты полевой нарушений или изменений формы клеток, клеточных стенок или цитоплазматических мембран не выявлено. Но деление клеток прерывалось, а в цитоплазме появлялись мезосомоподобные мембранные структуры, что является признаком общего повреждения бактериальных клеток.

Следовательно, эфирное масло мяты полевой негативно влияет на рост данных микроорганизмов, на их стенки и цитоплазму.

Биомедицинское значение мяты полевой

В ходе проведенного макроскопического анализа установлено, что сырье мяты полевой представляло собой оливственные побеги с мутовками цветков в пазухах супротивных короткочерешковых яйцевидных с зубчатым краем листьев размером 1,2–4,3 см x 0,5–1,8 см. При микроскопическом исследовании листьев мяты полевой на нижнем и верхнем эпидермисе выявлены клетки с сильно извилистыми стенками, устьица с 2 околустьичными клетками (диацидный тип), размером 24,6–32,8 мкм, многочисленные грибовидные мелкие железки, а по жилкам – простые волоски.

Фитохимический анализ дал положительный результат в пробах с хлоридом алюминия и гидроксидом натрия (присутствие флавоноидов), железоаммиачными квасцами (присутствие таннидов) и ацетатом свинца (наличие сапонинов).

Методом паровой гидродистилляции из растительного сырья мяты полевой выделили 0,4% эфирного масла. Анализ его свойств показал, что полученное эфирное масло соответствует фармакопейным требованиям и может применяться в косметических и иных медицинских целях. В частности, нанесение эфирного масла мяты полевой на колонии *Candida albicans* приводило к снижению численности колоний гриба, растущих на агаровой среде, нарушению почкования и морфологии клеток. Воздействие эфирного масла мяты полевой на колонии стафилококка *in vitro* выявило торможение роста колоний бактерий, прерывание деления их клеток, появление в них мезосомоподобных структур, что говорит о структурно-функциональных нарушениях у клеток.

По новым данным литературы [11], возможности применения сырья мяты полевой довольно разнообразны и значительны. Основные результаты этих исследований излагаются ниже.

Фитохимическими экспериментами в мяте полевой выявлены эфирные масла, тритерпеноиды, стероиды, флавоноиды, танниды, другие фенольные соединения, алкалоиды, гликозиды, углеводы.

Эфирное масло в основном содержится в листьях мяты полевой (0,62%), в то время как из стеблей выход масла незначительный. Основным компонентом является ментол. Другими составными частями являются оксид β-кариофиллена, фелландрен, терпинолен, лимонен, ментон, пулегон. Эфирное мятное масло может широко применяться в медицине как желудочное и болеутоляющее, ментол – при насморке, мигрени, как обеззараживающее и болеутоляющее средство, при лечении обморожений, для производства валидола.

Водно-спиртовые экстракты *Mentha arvensis* проявляли антимикробную активность в отношении патогенов ротовой полости: *Streptococcus sobrinus* и *Candida albicans*. Изучение влияния эфирных масел и спиртовых экстрактов листьев и корней 35 лекарственных растений на дрожжеподобный грибок *Candida albicans* показало антикандидозный эффект эфирного масла мяты.

Водный раствор экстракта мяты полевой вызывал у самцов мышей торможение фертильности при сохранении нормального сексуального поведения. Вызванный эффект вернулся в норму в течение 30 дней после прекращения 60 дневной терапии.

Эфирный экстракт мяты полевой на самцов мышей обнаружил снижение численности потомства, уменьшение семенников, количества сперматозоидов и их подвижность. Результаты показывают, что эфирный экстракт мяты полевой обладает обратимыми свойствами противозачаточного препарата для мужской контрацепции.

Исследования эффекта посткоитальной контрацепции экстракта мяты полевой показали его стимулирующую роль на сокращение мат-

ки и прерывание беременности у крыс, выраженные в период после имплантации.

Результаты оценки глистогонной активности листьев мяты полевой против аскарид *Ascaridia galli* и *Ascaris lumbricoides* показали максимальный эффект эфирного масла мяты, вероятно, через блокирование энергетического метаболизма и паралич червя.

Из экстракта цветов мяты полевой выделен линарин с отчетливым дозозависимым тормозящим влиянием на ацетилхолинэстеразу.

Спиртовой экстракт мяты полевой выявил потенцирующий эффект на антибиотики аминогликозидного ряда (гентамицины) и представляет собой потенциал в борьбе против бактериальной резистентности к антибиотикам. Исследование показало, что экстракты мяты полевой могут быть использованы в качестве источника растительного происхождения, модифицирующие активность аминогликозидов (например, аминазина). Наблюдаемый потенцирующий эффект с хлорпромазином против бактериальной устойчивости весьма привлекателен для фармакологии.

Изучение влияния мяты на индуцированную галоперидолом катаlepsию на мышах выявило, что мята полевая значительно снижает окислительный стресс и вызываемую галоперидолом катаlepsию. Это может быть использовано для предотвращения медикаментозных пирамидальных побочных эффектов.

Оценка различных экстрактов листьев против тетра-хлорметан-индуцированного повреждения печени у крыс показала гепатопротекторное действие мяты полевой со значительным снижением ферментов печени, почти сравнимых с действием силимарина (известный гепатопротектор растительного происхождения, выделенный из плодов расторопши пятнистой). Гепатопротекторное действие подтверждено гистопатологическими исследованиями.

Исследования антиаллергической активности спиртового экстракта листьев и корня м. полевой показали, что экстракт тормозит высвобождение гистамина из тучных клеток. В проверке отеков, вызванных гистамином, все экстракты проявили противовоспалительное эффект, что предполагает существование веществ, способных ингибировать выход гистамина из тучных клеток и/или блок рецепторов гистамина.

Посредством различных анализов: TBAR, DPPH, NO захвата свободных радикалов супероксида (superoxide radical scavenging) и фосфорномолибденового метода установлена антиоксидантная активность этанольного экстракта листьев мяты полевой. Все анализы показали высокую дозозависимую антиоксидантную активность.

Экстракты мяты полевой имели защитный эффект против язвенной болезни желудка на модели этанол-индуцированных язв желудка у крыс.

Мята полевая обладает мощным обезболивающим действием и используется наружно при ревматизме, невралгии и головных болях. Травяная мазь, где мята была в сочетании с четырьмя другими лекарственными растениями, оказалась эффективной при травмах мышц и связок (растяжение связок, сухожилий, спазмы, мышечные боли и т. д.), в мень-

шей степени при остеоартрите суставов и периартрите плечевого сустава. О побочных реакциях не сообщалось. Лучшая эффективность отмечена в синергизме с оральными или парентеральными анальгетиками.

Эфирное мятное масло мяты широко применяют в медицине как желудочное и болеутоляющее, ментол – при насморке, мигрени, как обеззараживающее и болеутоляющее средство, при лечении обморожений, для производства валидола. Листья мяты находят применение при мигрени, невралгии; надземная часть растения – как противокашлевое, отхаркивающее, при тахикардии, тошноте, рвоте, аллергии, как средство, повышающее аппетит, при гиперацидном гастрите, желудочно-кишечных и печеночных коликах, как вяжущее. В тибетской медицине употребляют внутрь для лечения туберкулеза легких и желудочно-кишечных заболеваний, наружно – как болеутоляющее при судорогах, ревматических и артрических болях, как противовоспалительное при кожных болезнях. Мята полевая, как и мята перечная, может входить в состав успокоительного, желудочного, аппетитного, ветро-, пото- и желче-гонного сборов и сбора для ванн.

Заключение. Внешние диагностические признаки сырья мяты полевой свойственны многим растениям семейства Губоцветные. Это четырехгранный стебель 10–60 см длиной, на нем супротивные парные листья и расположенные в пазухах листьев бело-розовые цветки. Микроскопический анализ показал, что простые волоски на листьях встречались только по жилкам. Грибовидные железки у м. полевой мельче, по сравнению с аналогичными у м. перечной.

Качественный фитохимический анализ сухого растительного сырья м. полевой подтвердил наличие в растениях флавоноидов, дубильных веществ и сапонинов.

Эфирные масла, выделенные путем паровой гидродистилляции из травы мяты полевой в количестве примерно 0,4%, обладали высоким качеством и соответствовали показателям, близким к таковым для мяты перечной. Воздействие эфирного масла мяты полевой на кандиду беловатую (*Candida albicans*) и на стафилококк золотистый (*Staphylococcus aureus*) *in vitro* подтвердило его эффективность в борьбе с этими микроорганизмами.

Полученные нами опытные, а также литературные данные, позволяют заключить, что мята полевая обладает качествами, необходимыми для включения ее в число лекарственных растений, рекомендуемых для терапевтического применения.

Литература

1. Государственная фармакопея Республики Беларусь. 2-е изд. В 2 т. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении». Т. 1. Общие методы контроля лекарственных средств / под ред. А. А. Шерякова. – Молодечно: «Победа», 2012. 1220 с.; Т. 2. Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / под ред. С. И. Марченко. Молодечно: «Победа», 2016. 1377 с.

2. Вульф Е. В., Малеева О. Ф. Мировые ресурсы полезных растений. Пищевые, кормовые, технические, лекарственные и др. Справочник. Л.: Наука, 1969. 416 с.
3. Гринкевич Н. И. Химический анализ лекарственных растений. М.: Медицина, 1983. 512 с.
4. Губанов И. А., Крылова И. Л., Тихонова В. Л. Дикорастущие полезные растения СССР / Под ред. Т. А. Роботнова. М.: Мысль, 1976. 360 с.
5. Калинкина Г. И., Березовская Т. П., Дмитрук С. Е. // Химия растительного сырья, 2000, № 3. С. 5–12.
6. Карпук В. В. Фармакогнозия: Учеб. пособие. Минск: БГУ, 2011. 340 с.
7. Колесников М. П., Гинс В. К. // Прикладная биохимия и микробиология, 2001. Т. 37. № 4. С. 457–465.
8. Кухарева Л. В., Решетников В. Н. // Труды БГУ. 2010. Т. 4. Вып. 2. Минск: ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси».
9. Мазнев Н. И. Лекарственные растения: 15 000 наименований лекарственных растений, сборов и рецептов. Описание, свойства, применение, противопоказания. М.: РИПОЛ классик, 2006. 1056 с.
10. Определитель высших растений Беларуси / Под ред. В. И. Парфенова. Минск: Дизайн ПРО, 1999. 304 с.
11. Природа России. Травянистые растения. [Электронный ресурс]. http://oblepiha.com/lekarstvennye_rasteniya/2181-myata-polevaya.html. Режим доступа: www.ecosystema.ru.
12. Пронченко, Г. Е. Лекарственные растительные средства / под ред. А. П. Арзамасцева, И. А. Самылиной. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2002. 288 с.
13. Самылина И. А., Аносова О. Г. Термины и техника микроскопического анализа в фармакогнозии // Фармакогнозия: атлас. М., 2007. Т. 1. 435 с.
14. Хейвуд В. // Импакт. 1991. № 2. С. 31–41.
15. Шадьро О. И. Гомологические ряды изменчивости в биологии и химии: К 100-летию со дня рождения Н. И. Вавилова. Минск: Университетское, 1987. 72 с.

В. В. КАРПУК, И. М. АЛЕЙНИК
**ФАРМАКОГНОСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
МЯТЫ ПОЛЕВОЙ (*MENTHA ARVENSIS* L.)**

Резюме

Цель работы – дать ботанико-биологическую и фитохимическую характеристику растений мяты полевой (*Mentha arvensis* L.) семейства Губоцветные. Научная новизна работы заключается в исследовании травы мяты полевой как лекарственного растительного сырья и выявлении особенностей действия ее эфирных масел на микроорганизмы – кандиду и стафилококк. В практическом аспекте показана возможность использования широко распространенной в Беларуси мяты полевой в качестве эфиромасличного растительного сырья, которое может найти применение в медицине.

V. V. KARPUK, I. M. ALEINIK
**PHARMACOGNOSY QUALITY CHARACTERISTICS
OF FIELD MINT (*MENTHA ARVENSIS* L.)**

Summary

The purpose of the work consisted in to give the botanical, biological and phytochemical characteristic of field mint belong to plant family Lamiaceae. Scientific importance of the work consisted in research of *Mentha arvensis* herb as medicinal vegetable raw materials and detection of its essential oils influence features on microorganisms—*Candida* and *Staphylococcus*. The practical importance of the received results was to show the possibility of use of field mint widespread in Belarus as essential oils vegetable raw materials which can find application in medicine.

Поступила в редакцию 21.09.2016 г.

Н. Е. МАНЖЕЛЕСОВА
**ПОВЫШЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
24-ЭПИБРАССИНОЛИДА ПУТЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ В СОСТАВ
ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ**

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

Введение. Природно-климатические условия Беларуси благоприятны для распространения и развития более 65 опасных видов вредителей и 100 видов болезней [1], поэтому поражение растений патогенами по-прежнему остается одним из основных факторов, дестабилизирующих производство растениеводческой продукции. При организации защитных мероприятий особое внимание обращается на биологическую эффективность и экономическую целесообразность приемов, где в качестве средств защиты используются синтетические пестициды – вещества, чуждые живым организмам, однако действующие непосредственно и весьма эффективно на возбудителей болезней. Только к концу 80-х годов появились работы, доказывающие возможность возникновения индуцированной устойчивости растений по отношению к патогенам, вызывающим вирусные, грибные и бактериальные заболевания [2, 3]. Обилие появившихся в последние годы публикаций не только свидетельствует об общебиологическом интересе к феномену индуцируемых защитных реакций растений, но и в очередной раз подтверждает несомненную практическую значимость обнаруженного явления. Его использование может открывать принципиально новые пути к разработке экологически и токсикологически безопасных средств защиты растений, обладающих регуляторной активностью и способных стать альтернативой современным пестицидам. Открываются реальные перспективы с использованием методов биотехнологии и геной инженерии создания сортов сельскохозяйственных растений, обладающих более мощными механизмами индуцированных защитных реакций. Созданы химические препараты – индукторы устойчивости и фитоиммунокоррекции растений с целью использования их в сельскохозяйственной практике [4]. Именно они в ближайшем будущем станут основным источником болезнеустойчивости и прибавки урожая сельскохозяйственных культур, а в ряде стран, активно поддерживающих такую стратегию, например, в Японии, уже около 10–15% ассортимента пестицидов занимают препараты на основе индукторов устойчивости. Именно такие вещества относятся к числу наиболее экологичных химических средств защиты непрямого действия. 24-эпибрасинолид (ЭПБ) считается наиболее активным соединением группы стероидных гормонов растений – брасиностероидов, в широком спектре физиологической активности которых обнаруживается четко выраженный антистрессовый эффект. Синтезированный аналог природного 24-эпибрасинолида хорошо метаболизируется, поэтому

экологически относительно безопасен. Доказав и показав в лабораторных опытах, что ЭПБ может быть использован как индуктор болезнестойчивости растений, обладающий к тому же довольно высокой антибиотической активностью по отношению к фитопатогенному грибу *Pyrrenophora teres* Drechler (возбудитель сетчатой пятнистости ячменя) [5], мы в полевых опытах провели оценку биологической активности ЭПБ против комплекса фитопатогенных грибов, вызывающих листовые пятнистости злаков. Показано, что при двукратном опрыскивании посевов ярового ячменя в фазы кущения и колошения ЭПБ биологическая эффективность последнего против гельминтоспориозных и септориозных пятнистостей листьев составляла до 60%, что приводило в итоге к повышению продуктивности культуры до 20% [6]. Тем не менее, в целом биологическая активность индукторов болезнестойчивости против фитопатогенных микроорганизмов практически всегда ниже, чем современных эталонных фунгицидов. Поэтому, взяв за основу принцип эндогенной регуляции обмена веществ, целью дальнейших исследований мы поставили поиск возможностей повышения биологической активности ЭПБ. Проведение таких исследований диктуется тем, что современная концепция защиты растений базируется на необходимости формирования устойчивости растений с помощью природных физиологически активных веществ, экологически безопасных для окружающей среды. Применение природных фиторосторегуляторов-адаптогенов, стимулирующих способность растительного организма противостоять внутренним и внешним факторам стресса, имеет неоспоримое преимущество перед использованием синтетических (неприродных) защитных веществ с точки зрения экологической безопасности и сохранения биоразнообразия. Действие адаптогенов, компенсирующих влияние стресса, многопланово. Они улучшают динамику физиолого-биохимических реакций, повышают уровень неспецифического иммунного ответа, устойчивость организма к неблагоприятным факторам окружающей среды. Это позволяет смягчить ударную нагрузку на организм в начальной фазе стресса и продлить фазу адаптации к длительно воздействующим факторам на необходимое, в идеале неограниченное время. Эндогенных регуляторов много, и они находятся в постоянном взаимодействии. В то же время, не совсем ясно сочетание каких компонентов предпочтительно для наиболее эффективной регуляции взаимоотношений растения и патогена в сторону снижения вредоносности последнего, в какой концентрации и на какой стадии онтогенеза следует их применять экзогенно.

Целью наших исследований явилось изучение возможности повышения биологической эффективности 24-эпибрассинолида в составе защитно-стимулирующих композиций, при применении которых защита растений достигается не только за счет прямого воздействия на патогены, но и в результате интенсификации обмена веществ и создания условий, неблагоприятных для жизнедеятельности вредных микроорганизмов.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили растения яровой пшеницы и ярового ячменя районированных сортов. Опыты проводили в полевых условиях на экспериментальной базе Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию (г. Жодино), используя принятую в нем методику закладки и технологии выращивания яровой пшеницы и ячменя. В течение вегетации вели наблюдения за ростом и состоянием листьев растений, распространением и степенью поражения растений грибной инфекцией. Учитывали грибные болезни по методам [7] и определяли видовой состав возбудителей в течение вегетации. Идентификацию возбудителей проводили по характеру спороношения [8] в чашках Петри на агаре. Также исследовали изменения фотосинтетического аппарата, проницаемости мембран и перекисного окисления липидов как наиболее эффективных показателей проявления болезнестойчивости растений. Для определения фотосинтетических пигментов использовали метод Wettstein для 100%-ного ацетона [9]. Измерение проницаемости мембран по выходу электролитов в листовой ткани растений определяли по методу [10]. Для определения продуктов перекисного окисления липидов использовали тест с 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК), в основе которого лежит связывание последней с липидными перекисями и образование окрашенных продуктов (ТБК-продуктов) [11]. Все экспериментальные данные обработаны статистически [12].

Результаты исследований и их обсуждение. Общепризнано, что в случаях с реакциями индуцированной защиты от патогенов основным механизмом является изменение метаболизма растений, приводящее к продукции ряда новых веществ, обладающих разными типами биологической активности. Нами показано, что в патогенезе имеет место биосинтетическая связь между brassinosterоидами и фенольными соединениями. Констатируется также сопряженный характер изменений этих групп соединений, что несомненно является фактором конститутивной и индуцированной устойчивости растений. Поэтому в состав композиций, содержащих ЭПБ для усиления их биологической эффективности на яровых злаках (ячмень, пшеница) вводились фенольные кислоты (ванилиновая, феруловая, салициловая). Последнюю в настоящее время относят к группе фитогормонов-регуляторов, способных вызвать индукцию определенных генов защиты растений от возбудителей болезней. В многолетних полевых опытах показано, что разработанные защитно-стимулирующие составы при однократном опрыскивании растений в фазу кущение – начало выхода в трубку существенно снижали развитие гельминтоспориозных пятнистостей (*Helminthosporium sativum*, *H. teres*, *H. graminearum*), альтернариоза (*Alternaria alternata*) и септориоза (*Septoria spp.*) листьев ячменя (табл. 1).

В случае использования салициловой кислоты композиция практически не уступала по эффективности эталонному фунгициду (Рекс Дуо), обеспечивая получение экологически чистой продукции и прибавку урожая яровой пшеницы (табл. 2, 3).

Таблица 1. Биологическая эффективность (%) композиций 24-эпибрассинолида (ЭПБ) с фенольными кислотами против комплекса листовых болезней ячменя по фазам развития растений

| Вариант | Выход в трубку | | Колошение | | Молочная спелость, флаговый лист | |
|---------------------------------------------|----------------------|---------------|----------------------|---------------|----------------------------------|---------------|
| | развитие болезней, % | эффективность | развитие болезней, % | эффективность | развитие болезней, % | эффективность |
| Контроль (вода) | 49,2±8,7 | – | 55,7±6,7 | – | 11,3±2,1 | – |
| ЭПБ, 5 мг/га | 37,2±6,6 | 25 | 44,2±7,8 | 20 | 12,5±2,1 | – |
| ЭПБ 5 мг/га + ванилиновая кислота, 20 мг/га | 25,0±2,9 | 50 | 37,2±6,8 | 33 | 6,7±0,9 | 41 |
| ЭПБ, 5 мг/га + феруловая кислота, 20 мг/га | 25,0±2,3 | 50 | 37,2±6,6 | 33 | 5,0±0,8 | 56 |

Таблица 2. Сравнительная эффективность защитного действия фунгицида и природных фиторегуляторов в посевах яровой пшеницы

| Вариант | Развитие болезней по фазам* роста, % | | | | |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Контроль | 39,6±8,0 | 50,0 | 37,5±6,8 | 43,7±7,8 | 81,2±9,8 |
| Рекс Дуо (0,5 л/га) | 20,8±3,0 | 35,4±5,7 | 18,8±3,3 | 39,6±6,8 | 58,3±8,9 |
| ЭПБ, 5 мг/га | 41,7±8,0 | 47,9±8,0 | 29,2±4,5 | 41,7±6,9 | 60,4±9,6 |
| ЭПБ + салициловая кислота, (5+20 мг/га) | 35,4±5,8 | 39,6±7,8 | 37,5±6,8 | 33,3±3,9 | 53,7±9,0 |

Примечание: * 1 – фаза выхода флагового листа; 2 – фаза колошения; 3 – фаза цветения; 4 – фаза молочной спелости; 5 – фаза восковой спелости (начало).

Таблица 3. Зерновая продуктивность яровой пшеницы, обработанной фиторегуляторами и их смесью

| Вариант | Урожай зерна | | Масса 1000 семян | |
|-------------------------------|--------------|--------------|------------------|--------------|
| | ц/га | % к контролю | г | % к контролю |
| Контроль | 45,7 | 100 | 42,6 | 100 |
| ЭПБ, 5мг/га | 47,7 | 105,5 | 45,1 | 105,8 |
| Салициловая кислота, 20 мг/га | 45,5 | 100,7 | 44,1 | 104,0 |
| ЭПБ + салициловая кислота | 47,6 | 105,3 | 45,6 | 107,0 |

Примечание: ошибка опыта 5%.

Еще одно природное физиологически активное соединение, которое использовалось для создания композиций, усиливающих эффективность 24-эпибрассинолида – янтарная кислота (препарат Фитовитал). Как интермедиат цикла Кребса она активирует ферменты, снижающие энергетические пороги, катализируемых ими реакций. Обусловлено такое свойство янтарной кислоты ее взаимодействием с пептидными группами белковых молекул, приводящем к образованию водородных связей вдоль пептидной цепи, между имидными и карбоксильными группами сукцината. Полная или частичная потеря водородных мостиков в молекуле фермента переводит его на более высокий энергетический уровень, что сопровождается стимулированием скорости прорастания семян злаков (пшеницы, ржи, ячменя), синтезом в листьях РНК, сахаров и их накоплением. Эффект янтарной кислоты в составе Фитовитала обусловлен осуществлением фотосинтетической активности по экстенсивному типу, усилением процессов роста и развития растения, его энергетического обмена за счет увеличения концентрации сукцината при добавлении его к эндогенному уровню, что позитивно сказывается на росте растений, качестве и количестве урожая [13, 14]. Однако координирующий экзогенный эффект янтарной кислоты как регулятора роста, на особенности развития грибной инфекции злаков, и в частности ячменя и пшеницы к началу наших исследований был не изучен. Проведенные трехлетние полевые опыты показали, что применяемые регуляторы роста Эпин (д.в. 24-эпибрассинолид) и Фитовитал (д.в. янтарная кислота) как отдельно, так и в смеси, в наибольшей степени способствовали улучшению фитосанитарного состояния агроценоза ярового ячменя в первую половину вегетации на стадии выхода в трубку. Степень поражения растений почти во всех вариантах опыта снижалась в среднем практически вдвое по сравнению с контролем, кроме варианта, в котором применялась смесь Эпина с Фитовиталом в полной дозе (табл. 4).

Таблица 4. Действие смесей 24-эпибрассинолида (ЭПБ) и янтарной кислоты (ФВ) на развитие листовых болезней в агроценозе ярового ячменя

| Вариант | Развитие болезней, % | | | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | выход в трубку | колошение | начало цветения | начало созревания | молочная спелость | восковая спелость |
| Контроль | 5,8±0,6 | 22,3±3,0 | 25,0±3,5 | 60,0±9,2 | 75,0±9,1 | 100,0±12,9 |
| ФВ (0,3 л/га) | 2,6±0,4 | 11,6±2,1 | 11,4±2,2 | 30,9±7,8 | 55,0±7,7 | 97,9±10,5 |
| ФВ (0,15 л/га) | 2,9±0,4 | 15,7±2,1 | 16,7±2,6 | 45,2±8,0 | 63,0±7,2 | 97,9±10,5 |
| ЭПБ + ФВ (0,3 л/га) | 4,9±0,9 | 16,3±3,0 | 18,7±3,2 | 48,3±8,7 | 63,0±7,2 | 91,7±10,2 |
| ЭПБ 5мг/га | 9,1±1,9 | 18,3±3,2 | 18,9±3,1 | 59,0±9,8 | 73,0±6,8 | 100,0±12,9 |
| ЭПБ + ФВ (0,15 л/га) | 4,0±1,2 | 21,8±3,5 | 22,3±3,0 | 60,8±9,9 | 74,5±6,9 | 93,8±9,9 |

Наиболее эффективным по влиянию на степень поражения растений и распространенность болезней в агроценозе ячменя был Фитовитал. Действие Эпина было менее заметным, но более пролонгированным до конца вегетации. Использование Фитовитала в половинной дозе в смеси с Эпином несколько увеличивало эффективность действия последнего, тогда как его применение в смеси в полной дозе приводило к снижению болезнеустойчивости растений. Можно отметить и тот факт, что применение смеси Эпина с Фитовиталом в половинной дозе снижало распространенность болезней. Таким образом для усиления биологической активности 24-эпибрассинолида в состав препаративной формы можно вводить янтарную кислоту в невысокой дозировке. Вероятно, можно даже использовать данную кислоту в качестве ингредиента для приготовления эпибрассинолида, однако этот вопрос требует специальных исследований. Любопытно сравнить действие фиторегуляторов и их смесей на развитие патологических процессов в посевах при оценке их по внешним морфологическим и внутренним физиолого-биохимическим признакам. Судя по внешним признакам (распространению болезней и степени поражения растений), защитное действие 24-эпибрассинолида, янтарной кислоты и их смесей лучше проявлялось в агроценозе в первую половину вегетации, тогда как во вторую ослабевало, либо исчезало совсем. Однако исходя из биохимических показателей, защитное действие препаратов и их смесей наоборот сильнее проявлялось на втором этапе развития растений, когда инфицирование их достигало своего максимума. Об этом свидетельствует снижение выхода водно-растворимых веществ из листьев под влиянием Фитовитала, Эпина и их смесей в фазе молочной спелости (когда распространение болезней достигало 80–90%, а степень поражения 3–3,5 балла), существенное уменьшение продуктов перекисного окисления липидов в период цветения–молочная спелость и повышение содержания зеленых пигментов в это время (табл. 5).

Таблица 5. Изменение содержания эндогенных метаболитов в растениях яровой пшеницы при действии смесей 24-эпибрассинолида (ЭПБ) и янтарной кислоты (ФВ)

| Вариант | Содержание | | |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| | хлорофилла a+b, мг/г сырой массы | ТБК-продуктов, мкМ/г сырой массы | водно-растворимых веществ, мкг/г сырой массы |
| Контроль | 1,83±0,01 | 36,91±0,4 | 313,20±0,06 |
| ФВ (0,3л/га) | 1,42±0,01 | 26,13±0,4 | 128,80±0,06 |
| ФВ (0,15л/га) | 1,34±0,01 | 36,92±0,4 | 141,27±0,03 |
| ЭПБ + ФВ (0,3л/га) | 1,52±0,01 | 24,84±0,3 | 353,40±0,01 |
| ЭПБ 5мг/га | 2,66±0,01 | 16,93±0,7 | 261,40±0,06 |
| ЭПБ + ФВ (0,15 л/га) | 2,28±0,01 | 17,82±0,1 | 146,00±0,06 |

Таким образом, добавление янтарной кислоты к 24-эпибрассинолиду повышает биологическую эффективность последнего против патогенов, действуя синергически при формировании защитных реакций растений.

Как указывалось выше, синтетические пестициды, фунгициды в том числе, являясь чужеродными для живых организмов веществами, плохо метаболизируются, и, оставаясь в растениях, оказывают на последние отрицательное воздействие. Кроме того, у патогенов развивается резистентность к фунгицидам и т.д. Тем не менее в сельском хозяйстве без фунгицидов не обойтись, и в настоящее время исследователи предлагают новое поколение фунгицидов – системные, многие из которых фитотоксичны в определенных дозах и способны, в то же время кроме прямого биоцидного действия на грибы индуцировать защитные реакции в растениях. Известно, что индукторы болезнеустойчивости обладают синергическим действием по отношению к системным фунгицидам [15, 16].

Учитывая вышеизложенное, для повышения биологической эффективности индуктора болезнеустойчивости 24-эпибрассинолида при составлении защитно-стимулирующей композиции использовали системный фунгицид последнего поколения Рекс Дуо. При этом фунгицид использовали в полной рекомендуемой дозе (0,5 л/га), половинной и 1/5. В результате исследований в полевых опытах показано, что эффективность защитного действия фунгицида Рекс Дуо в дозе 0,25 л/га не уступает действию его в полной дозировке, поэтому эта дозировка может рассматриваться как основная при сильном и продолжительном поражении пшеницы грибными болезнями. При раннем и позднем краткосрочном инфицировании пшеницы дозы фунгицида Рекс Дуо можно снижать и до 0,1 л/га, поскольку снижение дозировки несколько снижает защитное действие смеси (табл. 6).

Также выявлено, что при использовании смеси фитогормона и фунгицида устойчивость растений яровой пшеницы к листовым грибным болезням повышалась за счет оптимизации их обмена веществ. Иными словами, влияние на растение, а не на патогены обеспечивает повышение болезнеустойчивости растений. Вероятно, защитное действие смеси основано на синергизме действующих веществ, который обусловлен сочетанием активности 24-эпибрассинолида как индуктора болезнеустойчивости растений и системного фунгицида Рекс Дуо. Применение Рекс Дуо в составе смеси позволяет продлить вегетацию на 5–7 дней, что обеспечивает пролонгацию повышающего иммунитет растений физиологического действия 24-эпибрассинолида, так как под влиянием фитогормона содержание пигментов в листьях увеличивалось, количество продуктов перекисного окисления липидов и выход водно-растворимых веществ из тканей снижалось (табл. 7).

Таблица 6. Биологическая эффективность (%) композиций 24-эпибрассинолида с фунгицидом против комплекса листовых болезней яровой пшеницы

| Вариант | Флаговый лист | | Колошение | | Молочная спелость, флаговый лист | |
|------------------------------------|----------------------|---------------|----------------------|---------------|----------------------------------|---------------|
| | развитие болезней, % | эффективность | развитие болезней, % | эффективность | развитие болезней, % | эффективность |
| Контроль (вода) | 32,5±6,2 | – | 30,0±7,2 | – | 66,2±10,0 | – |
| Эпин, 20 мл/га | 34,2±5,4 | – | 28,7±6,9 | 4 | 63,0±9,8 | 4 |
| Рекс Дуо, 0,5 л/га | 18,5±3,5 | 43 | 21,2±3,9 | 29 | 59,8±8,9 | 10 |
| Рекс Дуо, 0,25 л/га | 32,5±7,2 | – | 22,5±4,8 | 25 | 59,8±9,9 | 10 |
| Рекс Дуо, 0,1 л/га | 27,7±5,7 | 15 | 23,7±6,8 | 21 | 63,0±9,9 | 4 |
| Эпин, 20мл/га+ Рекс Дуо, 0,25 л/га | 18,5±4,3 | 43 | 22,5±5,2 | 25 | 47,3±8,2 | 30 |
| Эпин, 20мл/га+ Рекс Дуо, 0,1 л/га | 22,2±4,7 | 32 | 24,9±9,2 | 17 | 69,3±9,2 | – |

Таблица 7. Изменение содержания эндогенных метаболитов в растениях яровой пшеницы при действии смесей Эпина и фунгицида Рекс Дуо (% к контролю)

| Вариант | Содержание | | |
|----------------------------------|---------------|--------------|----------------------------|
| | хлорофилл a+b | ТБК-продукты | водно-растворимые вещества |
| Контроль(вода) | 100 | 100 | 100 |
| Эпин, 20мл/га | 161 * | 60 * | 105 |
| Рекс Дуо, 0,5л/га | 157 * | 65 * | 94 |
| Рекс Дуо, 0,25л/га | 120 * | 81 * | 85 * |
| Рекс Дуо, 0,1л/га | 175 * | 92 | 97 |
| Эпин, 20мл/га+Рекс Дуо, 0,25л/га | 154 * | 77 | 143 * |
| Эпин, 20мл/га+Рекс Дуо, 0,1л/га | 138 * | 92 | 96 |

Примечание: * достоверность различий по отношению к контрольной группе – P≤0,05.

Объективным показателем эффективности защитных мероприятий на посевах пшеницы может служить величина урожая, которая колебалась по годам в зависимости от действия погодных факторов и степени развития грибных болезней. В благоприятные годы (первый и второй годы исследований) действие Эпина, Рекс Дуо и их смесей сказывалось положительно на величине урожая. В крайне неблагоприятном третьем вегетационном периоде эти показатели по большинству вариантов оставались на уровне контроля (табл. 8).

Таблица 8. Зерновая продуктивность яровой пшеницы при действии смесей Эпина и фунгицида Рекс Дуо (% к контролю)

| Вариант | Урожай по годам | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | 1 год | | 2 год | | 3 год | |
| | ц/га | % | ц/га | % | ц/га | % |
| Контроль (вода) | 45,2 | 100 | 45,0 | 100 | 32,3 | 100 |
| Эпин, 20мл/га | 47,7 | 105 | 55,0 | 122 | 29,9 | 93 |
| Рекс Дуо 0,5 л/га | 48,5 | 107 | 64,5 | 144 | – | – |
| Рекс Дуо 0,25 л/га | 46,4 | 103 | 55,8 | 124 | 31,4 | 97 |
| Рекс Дуо 0,1 л/га | 53,3 | 118 | 42,5 | 95 | 31,4 | 97 |
| Эпин, 20мл/га + Рекс Дуо, 0,25 л/га | 43,1 | 95 | 40,7 | 91 | 33,5 | 104 |
| Эпин, 20мл/га + Рекс Дуо, 0,1 л/га | 45,3 | 100 | 52,7 | 117 | 30,9 | 96 |

Примечание: ошибка опыта 5%.

Таким образом, установлено, что фунгицид Рекс Дуо обладает как фунгицидными, так и регулируемыми свойствами. При снижении дозировок возрастает регулирующий эффект, но несколько уменьшается фунгицидное действие. Эффективность защитного действия фунгицида в полной и половинной дозах была примерно равной, поэтому дозировка 0,25 л/га рассматривается как основная при применении смесей. Также выяснено, что защитное влияние фунгицида Рекс Дуо сильнее проявляется на молодых растениях пшеницы, тогда как аналогичный эффект 24-эпибрассинолида – в период формирования зерна. Сочетание этих компонентов в одной смеси выравнивает защитное действие в течение вегетации, позволяет продлить работу листового аппарата и усилить отток ассимилятов в колос.

Заключение. Изучение взаимодействия природных регуляторов роста фенольной и стероидной природы показало, что внутри смесей между компонентами складывались в большей или меньшей степени синергические взаимоотношения в процессах формирования защитных реакций

и, соответственно, зерновой продуктивности злаков. На результатах взаимодействия природных регуляторов роста при экзогенной обработке растений сказывается эндогенный статус их в тест-объекте, концентрация соединения в момент обработки и складывающаяся общая концентрация его экзогенной и эндогенной доли. Фиторегуляторы-адаптогены Фитовитал (регулятор роста – янтарная кислота) и 24-эпибрассинолид оказывают положительное влияние на формирование болезнеустойчивости ячменя, снижая количественные и качественные показатели поражения растений фитопатогенными грибами, и являются перспективными соединениями для применения с целью интенсификации формирования защитных реакций в посевах. Их смеси также в этом отношении достаточно эффективны, однако будут ли вещества синергически действующими при формировании болезнеустойчивости растений, по-видимому, зависит от условий использования препаратов, включая их концентрацию, время и способ обработки, а также метеорологические условия вегетационного периода. Доказано, что комплексные защитные препараты (фунгициды) можно заменить защитно-стимулирующими составами. Таким составом может быть фунгицид последнего поколения Рекс Дуо с добавкой фитогормона 24-эпибрассинолида.

Литература

1. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: Рекомендации в 2 книгах / НИРУП «БелИЗР» / Под редакцией С.В. Сороки. Минск, 2003. Кн. 1.
2. Кус J. // *Bioscience*. 1982. Vol.32. P. 313–315.
3. Метлицкий Л.В., Озерцовская О.Л. Как растения защищаются от болезней. М.: Наука, 1985. 192 с.
4. Тютюрев С.Л. Хитозары – новая группа препаратов-активаторов болезнеустойчивости растений // Биологические активные вещества в защите растений: материалы совещания (30 августа– 4 сентября 1999 г., Анапа). СПб: ВИЗР, 1999. С. 14–17
5. Манжелесова Н.Е. Роль брассиностероидов во взаимоотношении ячменя и возбудителя сетчатой пятнистости // Автореф. канд. дисс. Минск, 1998. 24 с.
6. Хрипач В.А., Литвиновская Р.П., Жабинский В.Н., Завадская М.И., Вольнец А.П., Прохорчик Р.А., Пшеничная Л.А., Манжелесова Н.Е., Морозик Г.В. Патент «Способ защиты ячменя от листовых болезней» // Национальный центр по интеллектуальной собственности. Патент № 5168.
7. Чумаков А.Е., Захарова Т.И. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур. М.: ВО Агропромиздат, 1990. 127 с.
8. Билай В.И., Гвоздяк Р.И., Скрипаль и др. Микроорганизмы – возбудители болезней растений (справочник) / Под ред. Билай В.И. Киев, 1988. 552 с.
9. Wettstein D., Kohn A., Nielseno F. // *Science*, 1974. Vol. 184, 4138. P. 800.
10. De Vos C.H.R., Shat H., Vooijs R., Ernst W.H.O. // *J. Plant Physiol*. 1989. Vol. 135. P. 164–169.
11. Кожушко Н.Н. // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Л., 1976. С. 33–43.

12. Рокицкий П. Ф. // Биологическая статистика. Минск, 1973.
13. Линг С. С. Физиологическое обоснование инкрустирования семян ячменя природными биологически активными веществами: Автореферат дис. ... канд. биол. наук. Минск, 2004. 20 с.
14. Медведев С. С. Физиология растений. СПб. Изд-во СПбГУ. 2004. 335 с.
15. Тютрев С. Л. Обработка семян фунгицидами и другими средствами оптимизации жизни растений. СПб. ВИЗР, 2006. 284 с.
16. Лысков П. В., Сицынская Ю. В., Карнаухова Т. В., Шкаликов В. А., Хохлов П. С. Индукторы болезнеустойчивости растений как синергисты к фунгицидам // Индуцированный иммунитет с/х культур – важное направление в защите растений: Материалы конференции. Б. Вязьмы – Санкт-Петербург, 2006. С. 81.

Н. Е. МАНЖЕЛЕСОВА

**ПОВЫШЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
24-ЭПИБРАССИНОЛИДА ПУТЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ
В СОСТАВ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ**

Резюме

Установлено, что увеличение биологической эффективности 24-эпибрасинолида против комплекса фитопатогенных грибов, вызывающих листовые болезни яровых злаков может быть достигнуто путем создания композиций фитогормона с природными физиологически активными соединениями (фенольные кислоты, янтарная кислота), а также системными фунгицидами нового поколения, обладающими регуляторными свойствами. Защита растений сопровождается увеличением хлорофилла, снижением активности перекисного окисления липидов мембран и выхода водно-растворимых веществ из листьев.

N. Y. MANZHALESAVA

**IMPROVING OF 24-EPIBRASSINOLIDE BIOLOGICAL EFFECTIVENESS
USING PROTECTIVE AND STIMULATING COMPOSITIONS**

Summary

It is found that increase of 24-epibrassinolide biological effectiveness against phytopathogenic fungi complex causing of spring cereals leaf disease can be achieved by creating compositions of phytohormone with natural physiologically active compounds (phenolic acids, succinic acid), as well as new generation systemic fungicides with nuclear regulatory properties. Plant protection is accompanies by an increase in chlorophyll, reduced activity of lipid peroxidation of membranes and the release of water-soluble substances from leaves.

Поступила в редакцию 31.08.2016 г

Ж. А. РУПАСОВА, А. П. ЯКОВЛЕВ, В. Н. РЕШЕТНИКОВ,
И. И. ЛИШТВАН, П. Н. БЕЛЫЙ, Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ,
Н. Б. КРИНИЦКАЯ, Е. В. ТИШКОВСКАЯ
**ВЛИЯНИЕ РОСТРЕГУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ
НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ГОЛУБИКИ
(*VACCINIUM ULIGINOSUM* L.) НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ
УЧАСТКАХ ТОРФЯНЫХ ВЫРАБОТОК В СЕВЕРНОЙ
И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТЯХ БЕЛАРУСИ**

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск

Введение. Важнейшим элементом технологии возделывания вересковых на рекультивируемых участках выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений Беларуси верхового типа является оптимизация режима их минерального питания, направленная на максимально полную реализацию потенциала развития и плодоношения в специфических условиях существования. Работами В. Е. Волчкова и И. В. Бордока [1–3] с представителями семейства Вересковые на мелиорированных торфах в юго-восточной части Беларуси была показана высокая эффективность некорневых обработок растений микроудобрениями, способствующих заметной активизации ростовых и биопродукционных процессов. Позднее это нашло подтверждение и в наших исследованиях с применением ряда рострегулирующих препаратов («Волат-24», «КомплеМетСо» и «ЭлеГум-Комплекс») на растениях голубики высокорослой и клюквы крупноплодной на участках торфяных выработок в северных и южных районах республики [10, 12]. Вместе с тем было установлено существенное влияние испытывавшихся препаратов на биохимический состав плодов голубики, заключавшееся в снижении интегрального уровня их питательной и витаминной ценности за счет ингибирования биосинтеза большинства действующих веществ, в том числе аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, пектиновых веществ, флавонолов и антоциановых пигментов [11]. При этом степень данного снижения в значительной мере определялась не только видом препарата, погодными условиями сезона и сортовой принадлежностью растений, но и географическим положением района культивирования.

С целью выявления препаратов с минимальным негативным влиянием на содержание в плодах сортовой голубики наиболее ценных по своему физиологическому действию компонентов биохимического состава плодов, в 2013–2015 гг. была испытана серия ростовых стимуляторов на двух межвидовых гибридах (*V. corymbosum* x *V. angustifolium*) *Northblue* и *Northland* на выработанных участках двух однотипных торфяных месторождений в северной и центральной частях Беларуси, находящихся на удалении друг от друга на расстоянии 200 км – Журавлевском (Докшицкий р-н Витебской обл.) и Зеленоборском (Минский р-н Минской обл.).

Условия, объекты и методы исследований. В обоих районах исследований полевые опыты были заложены на участках сильнокислого ($\text{pH}_{\text{КСЛ}}=2,8-3,5$), малоплодородного (содержание P_2O_5 и K_2O не более 12–15 и 11–21 мг/кг соответственно) и полностью лишённого растительности остаточного слоя донного торфа средней степени разложения, представленного сфагново-древесно-пушицевой ассоциацией. Были испытаны три вида рострегулирующих препаратов, содержащих микроэлементы, в том числе разработанное Институтом природопользования НАН Беларуси на основе гуминовых веществ жидкое комплексное микроудобрение «ЭлеГум-Комплекс», содержащее в г/л – Cu-2,0, Mn-2,0, Zn-2,5, B-2,5; созданный специально для внекорневой подкормки сортовой голубики препарат «Волат-24», содержащий в хелатной форме в мл/л – Fe-5,0, Mn-4,0, Cu-1,0, Co-0,4, B-2,0, Mo-0,4, а также хелатное макро-микроудобрение «КомплеМетСо», содержащее в % – N-4,5, P_2O_5 -9,9, K_2O -9,2, S-0,2, Zn-1,5, Cu-0,9, B-0,45, Mn-1,0, Mo-0,015, Co-0,005.

Схема опыта включала 4 варианта в пятикратной повторности: 1 – контроль, без обработок; 2 – некорневые обработки препаратом «Волат 24» из расчёта 2 мл на 1 л воды, 3 – некорневые обработки препаратом «КомплеМетСо» из расчёта 5 мл на 1 л воды, 4 – некорневые обработки препаратом «ЭлеГум-Комплекс» из расчёта 7,5 мл на 1 л воды. При этом в схему опыта на Зеленоборском месторождении торфа дополнительно был включен еще один 5-й вариант с некорневой обработкой растений разработанным специально для вересковых препаратом «Волат-6», содержащим в хелатной форме в мл/л – Fe-5,0, Mn-4,0, Cu-1,0, Co-0,4, B-2,0, Mo-0,4. На каждой опытной делянке было высажено по 14 растений голубики пятилетнего возраста. В соответствующих вариантах полевого опыта в конце вегетационного периода 2013 г., а также в фазы бутонизации и закладки цветковых почек в 2014 г. осуществляли трехкратную некорневую подкормку вегетирующих растений путем опрыскивания 1,5 л рабочего раствора испытывавшихся препаратов.

Поварантно в свежих усредненных пробах зрелых плодов определяли содержание: сухих веществ – по ГОСТ 8756.2–82 [8]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [7]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [7]. В высушенных при температуре 50–60 °С усредненных пробах плодов определяли: суммарное содержание растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [9]; суммы антоциановых пигментов – по методу T. Swain, W. E. Hillis [16], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [14]; собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоколориметрическим методом [6, 7]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – фотоколориметрическим методом [7]; гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом при длине волны 325 нм [5].

Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы *Excel*.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований показали, что испытывавшиеся регуляторы роста оказали существенное, причем неоднородное влияние на содержание действующих веществ в плодах голубики, на фоне выраженных генотипических и межрегиональных различий, о чем свидетельствуют данные табл. 1–4.

О степени проявления ответной реакции опытных растений на применение ростовых стимуляторов в географически отдаленных районах исследований можно судить по данным табл. 5 и 6, в которых приведены относительные размеры статистически достоверных различий с контролем характеристик биохимического состава их плодов в обработанных вариантах опыта. Нетрудно убедиться, что в северном районе исследований влияние препаратов на большинство исследуемых характеристик, особенно у сорта *Northblue*, проявилось намного слабее, чем в центральном районе. На это указывают более выраженные во втором случае различия с контролем содержания большинства действующих веществ в плодах модельных сортов голубики в вариантах с применением обработок. На наш взгляд, это может быть связано с усилением действия препаратов при увеличении интенсивности освещения за счет активирования гормональных и ферментативных процессов при формировании плодов опытных растений.

Обращает на себя внимание, что у сорта *Northland* в обоих районах исследований в характере влияния отдельных препаратов на анализируемые показатели в основном были выявлены сходные закономерности, тогда как у сорта *Northblue* подобной картины не наблюдалось. Так, некорневые обработки ими растений данного сорта на Зеленоборском месторождении обусловили достоверное снижение в плодах, относительно контроля, содержания сухих веществ на 27–34%, пектиновых веществ на 9–29%, лейкоантоцианов на 4–38% и показателя сахарокислотного индекса на 67–77%, свидетельствующее об ухудшении их органолептических свойств. Последнее было обусловлено, главным образом, значительным (на 166–352%) обогащением плодов свободными органическими кислотами, особенно варианте опыта с применением препарата «Волат-6» и обеднением их на 12% растворимыми сахарами (в вариантах с обработками «Волатом-24» и «Элегум-комплексом»). Наряду с этим, на фоне применения всех стимуляторов роста здесь наблюдалось обогащение плодов сорта *Northblue* аскорбиновой кислотой на 16–74%, по сравнению с контролем, особенно в варианте с применением «Комплекса-Со», в котором, как и в варианте с обработкой «Волатом-24», это сопровождалось их обогащением также гидроксикоричными кислотами на 9–31%. Вместе с тем в большинстве вариантов опыта отмечено увеличение содержания в плодах собственно антоцианов на 5–30% и катехинов на 6–20%, что косвенно свидетельствовало об усилении их антиоксидантной активности. Тем не менее, из-за показанного выше ингиби-

рования под действием препаратов биосинтеза лейкоантоцианов, а также флавонолов (при использовании «Элегум-комплекса» и «Волат-6»), увеличение общего количества биофлавоноидов в плодах данного сорта на 13%, относительно контроля, отмечено лишь в единственном варианте опыта с обработкой «Комплетом-Со», тогда как в остальных случаях имело место либо снижение их содержания на 9–23% (на фоне обработок «Волатом-24» и «Волатом-6»), либо отсутствие изменений (при обработке «Элегум-комплексом»). Как уже было показано выше, на севере республики влияние испытывавшихся препаратов на биохимический состав плодов сорта *Northblue* проявилось намного слабее, чем в ее центральной части, и при этом в характере данного влияния также были выявлены заметные межрегиональные различия. Так, при сохранении накопительных тенденций в содержании в плодах гидроксикоричных кислот в вариантах с применением «Комплет-Со» и «Элегум-комплекса», наблюдалось не усиление накопления в плодах свободных органических и аскорбиновой кислот, а напротив, снижение их содержания соответственно на 6–52 и 19% относительно контроля. Отсутствие же достоверного влияния всех испытывавшихся препаратов на содержание в плодах этого сорта растворимых сахаров, на фоне снижения количества титруемых кислот, обусловило заметное улучшение их органолептических свойств, подтверждаемое увеличением сахарокислотного индекса на 9–102%, наиболее значительное при использовании «Элегум-комплекса». Вместе с тем, как и в центральном районе исследований, здесь установлено сходное по относительным размерам обеднение плодов сорта *Northblue* пектиновыми веществами на 26–29% по сравнению с контролем. Что касается биофлавоноидов, то использование препаратов не оказало существенного влияния на общее количество данных соединений, поскольку даже в наиболее успешном варианте опыта с обработкой «Элегум-комплексом» его увеличение, относительно контроля, не превысило 7,5%. При этом данный эффект был обусловлен исключительно активизацией на 30% биосинтеза в плодах лейкоантоцианов. На фоне обработки растений препаратом «Комплет-Со», также способствовавшей, хотя и незначительному (в пределах 3–4%), но все же достоверному увеличению общего выхода Р-витаминов, наблюдалось обогащение плодов собственно антоцианами на 9% и флавонолами на 6%, относительно контроля. При этом наименее результативным на севере республики в плане воздействия на биофлавоноидный комплекс плодов сорта *Northblue* было применение препарата «Волат-24». Независимо от географического положения района исследований, влияние испытывавшихся препаратов на содержание в его плодах дубильных веществ оказалось маловыразительным. Лишь на фоне обработки «Элегум-комплексом» в центральном районе исследований было отмечено весьма заметное увеличение их содержания на 16%, сопряженное с активизацией накопления катехинов, являющихся предшественниками танинов [4], при одновременном снижении данного показателя на 7% в северном районе.

Таблица 1. Содержание сухих веществ и органических кислот (в сухой массе) в плодах растений рода *Vaccinium* в полевом опыте с некорневыми обработками рострегулирующими препаратами (по двудлетним данным)

| Вариант опыта | Сухие вещества, % | | Свободные органические кислоты, % | | Аскорбиновая кислота, мг % | | Гидроксикоричные кислоты, мг% | |
|------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|
| | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} |
| Журавлевское месторождение | | | | | | | | |
| <i>Northblue</i> | | | | | | | | |
| Контроль | 10,9±0,2 | | 9,52±0,08 | | 350,1±9,0 | | 1339,0±8,1 | |
| Волат-24 | 9,8±0,1 | -5,9* | 9,00±0,06 | -5,1* | 362,5±6,5 | 1,1 | 1325,3±21,1 | -0,6 |
| КомплеМет-Со | 10,4±0,1 | -3,2* | 7,60±0,05 | -19,3* | 282,8±9,5 | -5,2* | 1555,3±4,7 | 23,2* |
| Элетум-комплекс | 10,7±0,1 | -1,5 | 4,60±0,10 | -37,7* | 282,3±12,2 | -4,5* | 1458,7±12,0 | 8,3* |
| <i>Northland</i> | | | | | | | | |
| Контроль | 14,7±0,1 | | 7,45±0,04 | | 212,6±8,8 | | 1067,3±20,0 | |
| Волат-24 | 15,2±0,2 | 2,6 | 9,81±0,06 | 33,3* | 198,4±4,2 | -1,5 | 1357,3±12,0 | 12,4* |
| КомплеМет-Со | 14,2±0,2 | -2,1 | 11,45±0,04 | 77,3* | 196,2±4,5 | -1,7 | 1444,7±4,3 | 18,4* |
| Элетум-комплекс | 14,4±0,2 | -1,0 | 5,91±0,07 | -18,8* | 208,3±4,5 | -0,4 | 1118,0±8,1 | 2,3 |
| Зеленоборское месторождение | | | | | | | | |
| <i>Northblue</i> | | | | | | | | |
| Контроль | 15,1±0,1 | | 2,05±0,07 | | 244,8±11,0 | | 1389,7±24,4 | |
| Волат-24 | 10,9±0,1 | -22,7* | 5,46±0,10 | 28,6* | 341,6±15,2 | 5,2* | 1518,7±15,9 | 4,4* |
| КомплеМет-Со | 10,0±0,1 | -34,3* | 6,58±0,11 | 35,5* | 425,4±16,6 | 9,1* | 1813,3±25,7 | 12,0* |
| Элетум-комплекс | 10,1±0,1 | -33,3* | 7,05±0,05 | 56,8* | 368,5±16,4 | 6,3* | 1375,7±36,1 | -0,3 |
| Волат-6 | 11,0±0,1 | -27,2* | 9,27±0,05 | 83,9* | 284,5±11,1 | 3,1* | 1380,3±24,0 | -0,3 |

| Вариант опыта | Сухие вещества, % | | Свободные органические кислоты, % | | Аскорбиновая кислота, мг % | | Гидроксикоричные кислоты, мг % | |
|------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|
| | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} |
| Зеленоборское месторождение | | | | | | | | |
| <i>Northland</i> | | | | | | | | |
| Контроль | 17,1 ± 0,1 | | 2,27 ± 0,03 | | 200,2 ± 7,7 | | 1353,0 ± 8,1 | |
| Волат-24 | 16,7 ± 0,1 | -2,8* | 3,10 ± 0,03 | 19,6* | 194,2 ± 11,4 | -0,4 | 1518,7 ± 24,0 | 6,6* |
| КомплеМет-Со | 15,5 ± 0,1 | -10,9* | 3,37 ± 0,07 | 14,4* | 206,6 ± 8,5 | 0,6 | 1532,3 ± 24,0 | 7,1* |
| Элегум-комплекс | 16,0 ± 0,1 | -6,8* | 3,94 ± 0,07 | 22,9* | 215,0 ± 8,3 | 1,3 | 1311,3 ± 24,0 | -1,6 |
| Волат-6 | 16,2 ± 0,1 | -6,4* | 3,27 ± 0,06 | 15,4* | 210,0 ± 6,2 | 1,0 | 1422,0 ± 21,8 | 2,9* |

Примечание: *здесь и далее в табл. 2-4 статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

Таблица 2. Содержание углеводов в сухой массе плодов растений рода *Yuccinum* в полевом опыте с некорневыми обработками рострегулирующими препаратами (по двухлетним данным)

| Вариант опыта | Растворимые сахара, % | | Сахарокислотный индекс | | Пектиновые вещества, % | |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} |
| Журавлевское месторождение | | | | | | |
| <i>Northblue</i> | | | | | | |
| Контроль | 42,0±1,0 | | 4,4±0,1 | | 6,7±0,1 | |
| Волат-24 | 43,0±1,0 | 0,7 | 4,8±0,1 | 2,9* | 5,2±0,1 | -23,0* |
| КомплеМет-Со | 40,3±0,7 | -1,4 | 5,3±0,1 | 8,4* | 4,8±0,1 | -26,4* |
| Элегум-комплекс | 41,0±0,1 | -1,0 | 8,9±0,2 | 22,1* | 4,4±0,1 | -50,2* |
| <i>Northland</i> | | | | | | |
| Контроль | 39,0±0,1 | | 5,2±0,1 | | 6,6±0,1 | |
| Волат-24 | 46,7±0,7 | 11,5* | 4,8±0,1 | -6,2* | 5,3±0,1 | -10,4* |
| КомплеМет-Со | 45,3±0,7 | 9,5* | 4,0±0,1 | -24,4* | 6,3±0,1 | -2,8* |
| Элегум-комплекс | 49,0±1,0 | 10,0* | 8,3±0,2 | 20,6* | 4,6±0,1 | -14,0* |
| Зеленоборское месторождение | | | | | | |
| <i>Northblue</i> | | | | | | |
| Контроль | 45,3±0,7 | | 22,1±0,5 | | 5,8±0,1 | |
| Волат-24 | 39,7±0,7 | -6,0* | 7,3±0,1 | -32,1* | 4,2±0,1 | -11,2* |
| КомплеМет-Со | 45,3±0,7 | 0 | 6,9±0,2 | -31,5* | 4,1±0,1 | -13,0* |
| Элегум-комплекс | 39,7±0,7 | -6,0* | 5,6±0,1 | -36,4* | 4,3±0,1 | -11,5* |
| Волат-6 | 47,3±0,7 | 2,1 | 5,1±0,1 | -37,4* | 5,3±0,1 | -3,3* |

| Вариант опыта | Растворимые сахара, % | | Сахароислотный индекс | | Пектиновые вещества, % | |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} |
| Зеленоборское месторождение | | | | | | |
| <i>Northland</i> | | | | | | |
| Контроль | 43,0±1,0 | | 18,9±0,4 | | 8,3±0,1 | |
| Волат-24 | 49,0±1,0 | 4,2* | 15,8±0,2 | -7,4* | 5,9±0,1 | -16,1* |
| КомплеМет-Со | 53,0±0,1 | 10,0* | 15,7±0,3 | -6,4* | 6,6±0,1 | -10,0* |
| Элегум-комплекс | 50,0±1,0 | 4,9* | 12,7±0,4 | -11,1* | 7,8±0,1 | -3,4* |
| Волат-6 | 52,3±0,7 | 7,8* | 16,0±0,4 | -5,6* | 8,9±0,1 | 4,5* |

Таблица 3. Содержание биофлавоноидов (мг %) и дубильных веществ (%) в сухой массе плодов растений рода *Vaccinium* в полевом опыте с некорневыми обработками рострегулирующими препаратами на участке вывшего из промышленной эксплуатации торфяного месторождения Журавлевское (по двудлетним данным)

| Вариант опыта | Собственно антоцианы | | Лейкоантоцианы | | Сумма антоциановых пигментов | | Катехины | |
|------------------|----------------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | X ± st | t _{cr} | X ± st | t _{cr} | X ± st | t _{cr} | X ± st | t _{cr} |
| Northblue | | | | | | | | |
| Контроль | 6813,3±101,7 | | 3924,7±113,5 | | 10738,0±105,1 | | 1410,5±26,3 | |
| Волаг-24 | 6720,0±106,9 | -0,6 | 3957,3±241,7 | 0,1 | 10677,3±160,5 | -0,3 | 1274,0±42,5 | -3,3* |
| КомплеМет-Со | 7420,0±80,8 | 4,7* | 3082,0±14,2 | -3,1* | 11102,0±85,1 | 3,0* | 1380,2±15,2 | -1,0 |
| ЭлегуМ-комплекс | 6673,3±101,7 | -1,0 | 5096,0±22,5 | 10,1* | 11769,3±80,3 | 7,8* | 1486,3±30,3 | 1,9 |
| Northland | | | | | | | | |
| Контроль | 2986,7±61,7 | | 2746,3±113,8 | | 5733,0±52,5 | | 1380,2±15,2 | |
| Волаг-24 | 5040,0±40,4 | 27,8* | 3241,0±130,1 | 2,9* | 8281,0±105,1 | 21,7* | 1410,5±26,3 | 1,0 |
| КомплеМет-Со | 5260,0±40,4 | 33,5* | 3913,0±47,6 | 9,5* | 9373,0±52,5 | 49,0* | 1683,5±26,3 | 10,0* |
| ЭлегуМ-комплекс | 4550,0±40,4 | 21,2* | 3003,0±130,1 | 1,5 | 7553,0±105,1 | 15,5* | 1410,5±26,3 | 1,0 |
| Вариант опыта | Флавонолы | | Флавонолы/Катехины | | Сумма биофлавоноидов | | Дубильные вещества | |
| | X ± st | t _{cr} | X ± st | t _{cr} | X ± st | t _{cr} | X ± st | t _{cr} |
| Northblue | | | | | | | | |
| Контроль | 3178,9±30,6 | | 2,3±0,1 | | 15327,4±149,6 | | 3,33±0,01 | |
| Волаг-24 | 3194,2±93,0 | 0,2 | 2,5±0,1 | 6,4* | 15145,6±281,5 | -0,6 | 3,41±0,05 | 1,7 |
| КомплеМет-Со | 3362,4±15,3 | 5,4* | 2,4±0,1 | 6,1* | 15844,5±109,4 | 6,8* | 3,33±0,03 | -0,1 |
| ЭлегуМ-комплекс | 3224,8±66,6 | 0,6 | 2,2±0,1 | -1,2 | 16480,5±14,7 | 7,7* | 3,10±0,01 | -19,9* |
| Northland | | | | | | | | |
| Контроль | 1956,3±66,6 | | 1,4±0,1 | | 9069,4±26,8 | | 2,58±0,01 | |
| Волаг-24 | 2200,8±52,9 | 2,9* | 1,6±0,1 | 2,9* | 11892,3±164,3 | 17,0* | 2,83±0,01 | 21,7* |
| КомплеМет-Со | 2368,9±55,1 | 4,8* | 1,4±0,1 | -0,3 | 13425,4±132,6 | 32,2* | 3,20±0,02 | 26,8* |
| ЭлегуМ-комплекс | 2093,8±55,1 | 1,6 | 1,5±0,1 | 1,2 | 11057,3±154,2 | 12,7* | 2,70±0,02 | 5,2* |

Таблица 4. Содержание биофлавоноидов (мг%) и дубильных веществ (%) в сухой массе плодов растений рода *Vaccinium* в полевом опыте с некорневыми обработками рострегулирующими препаратами на участке вывешенного из промышленной эксплуатации торфяного месторождения Зеленоборское (по двумлетним данным)

| Вариант опыта | Собственно антоцианы | | Лейкоантоцианы | | Сумма антоциановых пигментов | | Катехины | |
|-------------------|----------------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} |
| <i>Northblue</i> | | | | | | | | |
| Контроль | 7420,0±80,8 | | 6594,0±95,3 | | 14014,0±105,1 | | 985,8±15,2 | |
| Волат-24 | 7793,3±113,5 | 2,9* | 4431,0±246,6 | -8,2* | 12224,3±160,5 | -9,3* | 1183,0±52,5 | 3,6* |
| КомплеМет-Со | 9660,0±40,4 | 24,8* | 6356,0±30,1 | -3,5* | 16016,0±105,1 | 13,5* | 955,5±26,3 | -1,0 |
| Элегум-ком-плексс | 9170,0±80,8 | 15,3* | 4783,3±41,5 | -17,4* | 13953,3±60,7 | -0,5 | 1183,0±52,5 | 3,6* |
| Волат-6 | 6650,0±80,8 | -6,7* | 4088,0±24,2 | -25,5* | 10738,0±105,1 | -22,0* | 1046,5±16,3 | 3,2* |
| <i>Northland</i> | | | | | | | | |
| Контроль | 4830,0±40,4 | | 3451,0±130,1 | | 8281,0±105,1 | | 940,3±10,9 | |
| Волат-24 | 7793,3±46,7 | 48,0* | 5614,0±176,0 | 9,9* | 13407,3±132,2 | 30,4* | 1046,5±26,3 | 3,7* |
| КомплеМет-Со | 8983,3±23,3 | 89,0* | 8306,7±190,3 | 21,1* | 17290,0±210,2 | 38,3* | 1152,7±30,3 | 6,6* |
| Элегум-ком-плексс | 7583,3±61,7 | 37,3* | 5278,0±139,5 | 9,6* | 12861,3±80,3 | 34,6* | 970,7±15,2 | 1,6 |
| Волат-6 | 8726,7±101,7 | 35,6* | 5105,3±172,9 | 7,6* | 13832,0±105,1 | 37,4* | 894,8±12,2 | -2,8* |
| Вариант опыта | Флавонолы | | Флавонолы/Катехины | | Сумма биофлавоноидов | | Дубильные вещества | |
| | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} |
| <i>Northblue</i> | | | | | | | | |
| Контроль | 3240,2±30,5 | | 3,3±0,1 | | 18240,0±92,2 | | 3,10±0,01 | |
| Волат-24 | 3163,7±26,5 | -1,9 | 2,7±0,1 | -4,4* | 16571,0±223,5 | -6,9* | 3,01±0,01 | -5,5* |
| КомплеМет-Со | 3561,0±66,6 | 4,4* | 3,7±0,1 | 3,8* | 20532,5±179,2 | 11,4* | 3,16±0,05 | 1,3 |
| Элегум-ком-плексс | 3041,4±40,4 | -3,9* | 2,6±0,1 | -5,3* | 18177,7±69,5 | -0,5 | 3,60±0,11 | 4,6* |
| Волат-6 | 2323,1±30,6 | -21,2* | 2,2±0,1 | -10,3* | 14107,6±124,4 | -26,7* | 3,16±0,10 | 0,6 |

| Вариант опыта | Собственно антоцианы | | Лейкоантоцианы | | Сумма антоциановых пигментов | | Катехины | |
|------------------|----------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------------------|-----------------|-----------|-----------------|
| | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} | X ± st | t _{Cr} |
| <i>Northland</i> | | | | | | | | |
| Контроль | 2414,8±66,6 | | 2,6±0,1 | | 11636,1±153,5 | | 3,27±0,04 | |
| Волаг-24 | 2751,0±52,9 | 4,0* | 2,6±0,1 | 0,7 | 17204,8±197,6 | 22,3* | 3,50±0,07 | 2,8* |
| КомплеМет-Со | 2858,0±15,3 | 6,5* | 2,5±0,1 | -0,9 | 21300,7±200,5 | 38,3* | 4,16±0,01 | 23,8* |
| ЭлегуМ-ком-плекс | 2139,7±63,0 | -3,1* | 2,2±0,1 | -2,8* | 15971,7±15,1 | 28,1* | 2,74±0,01 | -14,0* |
| Волаг-6 | 2200,8±30,0 | -3,5* | 2,5±0,1 | -0,9 | 16927,6±145,0 | 25,1* | 3,08±0,01 | -5,0* |

Таблица 5. Относительные различия с контролем характеристик биохимического состава плодов растений рода *Vaccinium* в вариантах полевого опыта с некорневыми обработками росторегулирующими препаратами на участке вывешеного из промышленной эксплуатации торфяного месторождения Журавлевское (по двудлетним данным), %

| Варианты опыта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | <i>Northblue</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Волаг-24 | -10,1 | -5,5 | - | - | - | +9,1 | -22,4 | - | - | - | - | -9,7 | - | - |
| КомплеМет-Со | -4,6 | -20,2 | -19,2 | +16,2 | - | +20,5 | -28,4 | +8,9 | -6,2 | +3,4 | - | +5,8 | +3,4 | - |
| ЭлегуМ-комплекс | - | -51,7 | -19,4 | +8,9 | - | +102,3 | -34,3 | - | +29,8 | +9,6 | - | - | +7,5 | -6,9 |
| <i>Northland</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| Волаг-24 | - | +31,7 | - | +27,2 | +19,7 | -7,7 | -19,7 | +68,7 | +18,0 | +44,4 | - | +12,5 | +31,1 | +9,7 |
| КомплеМет-Со | - | +53,7 | - | +35,4 | +16,2 | -23,1 | -4,5 | +76,1 | +42,5 | +63,5 | +22,0 | +21,1 | +48,0 | +24,0 |
| ЭлегуМ-комплекс | - | -20,7 | - | - | +25,6 | +59,6 | -30,3 | +52,3 | - | +31,7 | - | - | +21,9 | +4,7 |

Примечания: здесь и в таблице 6: 1. 1 – Сухие вещества; 2 – Свободные органические кислоты; 3 – Аскорбиновая кислота; 4 – Гидроксикоричные кислоты; 5 – Растворимые сахара; 6 – Сахарокислотный индекс; 7 – Пектиновые вещества; 8 – Собственно антоцианы; 9 – Лейкоантоцианы; 10 – Сумма антоциановых пигментов; 11 – Катехины; 12 – Флавонолы; 13 – Сумма биофлавоноидов; 14 – Дубильные вещества. 2. Прочерк означает отсутствие статистически значимых различий с контролем при $p < 0,05$

Таблица 6. Относительные различия с контролем характеристик биохимического состава плодов растений рода *Vaccinium* в вариантах полевого опыта с некорневыми обработками рострегулирующими препаратами на участке вывешеного из промышленной эксплуатации торфяного месторождения Зеленоборское (по двулетним данным), %

| Варианты опыта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Northblue</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| Волат-24 | -27,8 | +166,3 | +39,5 | +9,3 | -12,4 | -67,0 | -27,6 | +5,0 | -32,8 | -12,8 | +20,0 | - | -9,2 | -2,9 |
| КомплеМет-Со | -33,8 | +221,0 | +73,8 | +30,5 | - | -68,8 | -29,3 | +30,2 | -3,6 | +14,3 | - | +9,9 | +12,6 | - |
| ЭлегуМ-комплекс | -33,1 | +243,9 | +50,5 | - | -12,4 | -74,7 | -25,9 | +23,6 | -27,5 | - | +20,0 | -6,1 | - | +16,1 |
| Волат-6 | -27,2 | +352,2 | +16,2 | - | - | -76,9 | -8,6 | -10,4 | -38,0 | -23,4 | +6,2 | -28,3 | -22,7 | - |
| <i>Northland</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| Волат-24 | -2,3 | +36,6 | - | +12,2 | +14,0 | -16,4 | -28,9 | +61,4 | +62,7 | +61,9 | +11,3 | +13,9 | +47,9 | +7,0 |
| КомплеМет-Со | -9,4 | +48,5 | - | +13,3 | +23,3 | -16,9 | -20,5 | +86,0 | +140,7 | +108,8 | +22,6 | +18,4 | +83,1 | +27,2 |
| ЭлегуМ-комплекс | -6,4 | +73,6 | - | - | +16,3 | -32,8 | -6,0 | +57,0 | +52,9 | +55,3 | - | -11,4 | +37,3 | -16,2 |
| Волат-6 | -5,3 | +44,1 | - | +5,1 | +21,6 | -15,3 | +7,2 | +80,7 | +47,9 | +67,0 | -4,8 | -8,9 | +45,5 | -5,8 |

Нашими более ранними аналогичными исследованиями в Припятском Полесье на примере сорта *Northcountry* [12] также было показано, что применение рострегулирующих препаратов способствовало ингибированию, по сравнению с контролем, биосинтеза в плодах большинства действующих веществ, в том числе пектинов, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот. При этом некорневые обработки растений «КомплеМетом-Со» приводили к обогащению их свободными органическими кислотами при снижении содержания растворимых сахаров, что способствовало ухудшению вкусовых свойств плодов.

В отличие от сорта *Northblue*, ответная реакция сорта *Northland* на применение регуляторов роста в обоих районах исследований оказалась намного выразительнее, при заметном сходстве тенденций в изменении содержания в плодах определявшихся соединений. Возвращаясь к данным табл. 6, нетрудно убедиться, что в центральном районе, где испытывался больший спектр препаратов, во всех вариантах опыта имело место увеличение, относительно контроля, содержания в плодах этого сорта свободных органических и гидроксикоричных кислот соответственно на 37–74% и 5–13%, растворимых сахаров на 14–23%, биофлавоноидов на 37–83%, в том числе собственно антоцианов на 57–86% и лейкоантоцианов на 48–141%. При этом на фоне обработок растений препаратами «Волат-24» и «Комплемет-Со» наблюдалось обогащение его плодов также катехинами, флавонолами и дубильными веществами на 7–27%, тогда как использование препаратов «Элегум-комплекс» и «Волат-6», напротив, способствовало обеднению их данными соединениями на 5–16%, что в итоге отрицательно сказалось на общем выходе Р-витаминов в этих вариантах опыта. Поскольку темпы обогащения плодов сорта *Northland* растворимыми сахарами под действием испытывавшихся препаратов существенно уступали таковым титруемых кислот, это обусловило хотя и менее значительное, чем у сорта *Northblue*, но все же весьма выразительное (на 15–33%) снижение сахарокислотного индекса, свидетельствующее об ухудшении их вкусовых свойств. Данные изменения в биохимическом составе плодов под действием регуляторов роста сопровождалось менее заметным, чем у сорта *Northblue*, снижением содержания в плодах сухих веществ на 2–9% и пектиновых веществ на 6–29%.

В северном районе исследований, несмотря на меньшую выразительность ряда обозначенных эффектов, в плодах сорта *Northland*, в отличие от сорта *Northblue*, в основных чертах проявилось большинство установленных в центральной части республики закономерностей в изменении содержания действующих веществ под действием испытывавшихся препаратов (см. табл. 5). В частности, здесь сохранилось сходное с ними по относительным размерам увеличение, по сравнению с контролем, содержания в плодах растворимых сахаров (на 16–26%) и собственно антоцианов (на 52–76%), а при использовании препаратов «Волат-24» и «Комплемет-Со» также титруемых кислот (на 32–54%) и дубильных веществ (на 10–24%), при более выразительном обогащении их (на 27–35%) гидроксикоричными кислотами. Наряду с этим, как и в центральном рай-

оне исследований, в данных вариантах опыта наблюдалась активизация (в пределах 10–43 %) биосинтеза в плодах лейкоантоцианов, флавонолов и дубильных веществ. Лишь для отдельных показателей – содержания пектиновых веществ и значений сахарокислотного индекса здесь также было показано отставание от контрольных значений на 5–30 %, на фоне отсутствия достоверного влияния препаратов на содержание в плодах сухих веществ и аскорбиновой кислоты.

Анализ представленных материалов убедительно показал, что несмотря на выраженные межсортовые, межвариантные и межрегиональные различия в изменении характеристик биохимического состава плодов голубики на рекультивируемых участках торфяных выработок под действием регуляторов роста, в характере данных изменений были выявлены как позитивные, так и негативные тенденции, что затрудняло выявление наиболее эффективного варианта опыта с максимальным проявлением пер-вых из них.

С этой целью нами был использован собственный запатентованный методический прием [15], основанный на сопоставлении у модельных сортов голубики в вариантах с обработками относительных размеров, амплитуд и соотношений статистически достоверных положительных и отрицательных отклонений от контроля 14 характеристик биохимического состава плодов. По величине суммарной амплитуды выявленных отклонений, независимо от их знака, можно было судить о выразительности различий каждого тестируемого варианта опыта с контролем по совокупности анализируемых признаков, что позволяло провести их ранжирование в порядке снижения степени данных различий. Соотношение же относительных размеров совокупностей положительных и отрицательных различий с контролем являлось критерием наличия либо отсутствия преимуществ, по сравнению с ним, каждого тестируемого варианта опыта по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов голубики. Соответственно значения данного соотношения, превышавшие 1, свидетельствовали о наличии указанных преимуществ, тогда как значения, уступавшие 1, напротив, позволяли сделать вывод об их отсутствии.

Представленные в табл. 7 данные, характеризующие направленность и степень выразительности сдвигов в биохимическом составе плодов модельных сортов голубики в вариантах с применением обработок, относительно контроля, показали наличие заметных межвариантных различий в направленности и величине вышеуказанных сдвигов, свидетельствующих о различиях ответной реакции растений на некорневые обработки испытывавшимися препаратами. Нетрудно убедиться, что независимо от географического положения района исследований, применение всех испытывавшихся препаратов на растениях сорта *Northland* обусловило в 1,2–5 раз большее количество статистически достоверных позитивных изменений в комплексе анализируемых признаков, нежели отрицательных, что свидетельствовало о преобладании положительного их влияния на биохимический состав плодов данного сорта. При этом у сорта *North-*

blue подобная, но менее выразительная картина, наблюдалась лишь в варианте с обработкой препаратом «Комплемет-Со», а в северном районе исследований также на фоне применения «Элегум-комплекса». Во всех же остальных случаях доминировали различия с контролем отрицательной направленности, что указывало на преобладание негативного влияния регуляторов роста на биохимический состав плодов данного сорта голубики.

Таблица 7. Количества, относительные размеры, амплитуды и соотношения разноориентированных различий с контролем биохимических характеристик плодов таксонов рода *Vaccinium* в вариантах опыта с некорневыми обработками рострегулирующими препаратами в годы исследований

| Вариант опыта | Колич-во различий, шт. | | | Относительные размеры различий, % | | | |
|------------------------------------|------------------------|--------|---------------|-----------------------------------|--------|----------------|---------------|
| | полож. | отриц. | полож/ отр | полож. | отриц. | ампли- туда | полож/ отр |
| Журавлевское месторождение | | | | | | | |
| <i>Northblue</i> | | | | | | | |
| Волат-24 | 1 | 4 | 0,3 | 9,1 | 47,7 | 56,8 | 0,2 |
| КомплеМет-Со | 6 | 5 | 1,2 | 58,2 | 78,6 | 136,8 | 0,7 |
| Элегум-компл. | 5 | 4 | 1,3 | 158,1 | 112,3 | 270,4 | 1,4 |
| <i>Northland</i> | | | | | | | |
| Волат-24 | 9 | 2 | 4,5 | 263,0 | 27,4 | 290,4 | 9,6 |
| КомплеМет-Со | 10 | 2 | 5,0 | 402,5 | 27,6 | 430,1 | 14,6 |
| Элегум-компл. | 6 | 2 | 3,0 | 195,8 | 51,0 | 246,8 | 3,8 |
| Зеленоборское месторождение | | | | | | | |
| <i>Northblue</i> | | | | | | | |
| Волат-24 | 5 | 8 | 0,6 | 240,1 | 192,5 | 432,6 | 1,2 |
| КомплеМет-Со | 7 | 4 | 1,8 | 392,3 | 135,5 | 527,8 | 2,9 |
| Элегум-компл. | 5 | 6 | 0,8 | 354,1 | 179,7 | 533,8 | 2,0 |
| Волат-6 | 3 | 8 | 0,4 | 374,6 | 235,5 | 610,1 | 1,6 |
| <i>Northland</i> | | | | | | | |
| Волат-24 | 10 | 3 | 3,3 | 328,9 | 47,6 | 376,5 | 6,9 |
| КомплеМет-Со | 10 | 3 | 3,3 | 571,9 | 46,8 | 618,7 | 12,2 |
| Элегум-компл. | 6 | 5 | 1,2 | 292,4 | 72,8 | 365,2 | 4,0 |
| Волат-6 | 8 | 5 | 1,6 | 319,1 | 40,1 | 359,2 | 8,0 |

Амплитуда различий тестируемых вариантов опыта с контролем по совокупности анализируемых признаков, независимо от их знака, характеризующая степень воздействия препаратов на комплекс исследуемых показателей, варьировалась в рамках полевого опыта в северном районе исследований в диапазонах: у сорта *Northblue*–56,8–270,4%, у сорта *Northland*–246,8–430,1%, что позволяло расположить препараты в порядке снижения восприимчивости к ним данных сортов соответственно:

Элегум-комплекс > КомплеМет Со > Волат-24 и
КомплеМет Со > Волат-24 > Элегум-комплекс

В центральном районе исследований у обоих модельных сортов голубики амплитуда разноориентированных сдвигов в биохимическом составе плодов оказалась намного шире, что указывало на большую степень воздействия препаратов на генеративную сферу растений и составляла у сорта *Northblue* 432,6–610,1%, у сорта *Northland*–359,2–618,7%. Тем не менее последовательность общих с северным районом препаратов в порядке снижения их влияния на нее оказалась практически идентичной:

Волат-6 > Элегум-комплекс = КомплеМет Со > Волат-24 и
КомплеМет Со > Волат-24 = Элегум-комплекс > Волат-6

Заметим, что впервые испытывавшийся в центральном районе исследований препарат Волат-6 по степени позитивного влияния на биохимический состав плодов голубики–максимальному у сорта *Northblue* и минимальному у сорта *Northland* показал диаметрально противоположные результаты, при 5-кратном размере генотипических различий их ответной реакции на его применение.

Данные табл. 7 в интегральном виде подтвердили показанные выше генотипические и межрегиональные различия ответной реакции растений на воздействие препаратов при возрастании чувствительности к ним при продвижении с севера на юг. Вместе с тем у сорта *Northblue* соотношение относительных величин сумм положительных и отрицательных различий с контролем совокупности анализируемых признаков в тестируемых вариантах опыта, являющееся критерием преимуществ в биохимическом составе плодов, лишь в центральном районе исследований превышало 1,0 во всех вариантах с обработками, варьируясь в интервале 1,2–2,9. Это свидетельствовало о преобладании позитивных изменений, по сравнению с контролем, интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов этого сорта под действием регуляторов роста и давало основание для заключения о положительном эффекте от их применения, особенно препарата «Комплемет-Со». Заметим, что в наших более ранних исследованиях [13] данный препарат показал высокую эффективность также на культуре яблони.

В северном же районе исследований только на фоне обработок растений препаратом «Элегум-комплекс» наблюдалось улучшение качества плодов сорта *Northblue*, по сравнению с контролем, тогда как обработки двумя другими препаратами, особенно «Волатом-24», способствовали существенному его ухудшению, что подтверждалось снижением рассматриваемого соотношения до 0,2 и 0,7.

Вместе с тем, независимо от географического положения района исследований, все испытывавшиеся препараты оказали выраженное, причем сходное по размерам позитивное влияние на биохимический состав плодов сорта *Northland*, на что указывал превышавший 1,0 размер соотношения суммарных величин разноориентированных различий с контролем анализируемых признаков, варьировавшийся в рамках эксперимента в диапазоне от 3,8 до 14,6 в северном и от 4,0 до 12,2 в центральном районе исследований. Это свидетельствует о возможности использования всех испытывавшихся препаратов при промышленном возделывании данного сорта голубики на рекультивируемых площадях торфяных выработок. В порядке снижения эффективности позитивного влияния на интегральный уровень питательной и витаминной ценности плодов сорта *Northland* в северной и центральной частях региона препараты были расположены в соответствующей, причем практически идентичной последовательности:

КомплеМет Со > Волат-24 > Элегум-комплекс
КомплеМет Со > Волат-6 > Волат-24 > Элегум-комплекс

Представление же о степени различий в результативности препаратов можно составить на основе сравнения рассматриваемого соотношения в отдельных вариантах опыта. Оказалось, что при наибольшей результативности препарата «КомплеМет-Со» в обоих районах исследований, остальные регуляторы роста по своей эффективности уступали ему в 1,5–3,8 раза. Напомним, что и у сорта *Northblue* в центральной части республики данный препарат оказался наиболее успешным в плане улучшения качественных характеристик плодов, превосходя по своей эффективности остальные стимуляторы в 1,5–2,4 раза. В наших аналогичных исследованиях в Припятском Полесье на примере *V. angustifolium* [12] также была обоснована целесообразность преимущественного использования препарата «КомплеМет-Со» для стимуляции развития ее вегетативных и генеративных органов.

Как было показано выше, влияние регуляторов роста на биохимический состав плодов голубики, особенно сорта *Northblue*, в центральном районе исследований проявилось значительно сильнее, чем в северном. При этом количественную оценку степени межрегиональных различий в этом плане можно дать на основе сопоставления в районах исследований соотношения относительных величин разноориентированных сдвигов в содержании действующих веществ в плодах каждого модельного сорта голубики. Оказалось, что с продвижением с севера на юг происходило

усиление позитивного влияния препаратов «Элегум-комплекс», «КомплеМет-Со» и «Волат-24» на биохимический состав плодов сорта *Northblue* соответственно в 1,4, 4,1 и 6,0 раз. При этом для сорта *Northland*, напротив, было показано ослабление интегрального позитивного действия в этом плане препаратов «КомплеМет-Со» и «Волат-24» соответственно в 1,2 1,4 раза, на фоне незначительного (в 1,1 раза) его усиления при использовании «Элегум-комплекса».

Заключение. В результате исследования влияния на биохимический состав плодов модельных сортов голубики *Northblue* и *Northland* некорневых обработок регуляторами роста «КомплеМет-Со», «ЭлеГум-Комплекс» и «Волат-24» в северной и центральной частях республики на остаточном слое донного торфа со сходным ботаническим составом и агрохимическими характеристиками установлены выраженные генотипические и межрегиональные различия в изменении содержания в них действующих веществ разной химической природы.

Независимо от географического положения района исследований, установлено доминирование положительного влияния препаратов на интегральный уровень питательной и витаминной ценности плодов у сорта *Northland* и отрицательного (за исключением препарата «Комплемет-Со») у сорта *Northblue*. При наибольшей результативности препарата «КомплеМет-Со» остальные регуляторы роста по своей эффективности уступали ему у сорта *Northland* в 1,5–3,8 раза, у сорта *Northblue* – в 1,5–2,4 раза, что свидетельствует о целесообразности его преимущественно использования при промышленном возделывании голубики на рекультивируемых площадях торфяных выработок. При испытании препарата «Волат-6» в центральной части региона выявлено 5-кратное превышение степени его позитивного влияния на биохимический состав плодов сорта *Northblue*, в сравнении с сортом *Northland*.

С продвижением с севера на юг установлено усиление интегрального позитивного влияния испытывавшихся препаратов на биохимический состав плодов у сорта *Northblue* в 1,4–6,0 раз и ослабление данного эффекта у сорта *Northland* от действия препаратов «КомплеМет-Со» и «Волат-24» в 1,2–1,4 раза на фоне незначительного (в 1,1 раза) его усиления при использовании «Элегум-комплекса».

Литература

1. Бордок И. В. // Сборник научных трудов Института леса НАН Беларуси. Гомель, 2006. Вып. 65. С. 269–277.
2. Бордок И. В. // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы VI Междунар. науч. конф. (Минск, 28–30 окт. 2009 г.) / ИЭБ им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск, 2009. С. 19.
3. Волчков В. Е., Бордок И. В. // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. / Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2009. Вып. 69. С. 743–752.
4. Карабанов И. А. Флавоноиды в мире растений. Минск: Ураджай, 1981. 80 с.
5. Марсов Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники: дисс. ... канд. фармацевт. наук. Пермь, 2006. С. 99–101.

6. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В.Ю. Андреева [и др.]. // Фармация. 2013 г. № 3. С. 19–21.
7. Методы биохимического исследования растений. /А.И. Ермаков [и др.]; под общ. ред. А.И. Ермакова. 3-е изд. М.: ВО Агропромиздат, 1987. 430 с.
8. Методы определения сухих веществ: ГОСТ 8756.2–82. Введен 01.01.1983. М.: Изд-во стандартов, 1982. 5 с.
9. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1985. С. 110–112.
10. Рупасова Ж.А., Яковлев А.П., Решетников В.Н., Лиштван И.И., Василевская Т.И., Криницкая Н.Б., Жданец С.Ф., Гончарова Л.В., Тишковская Е.В. // Бюллетень Главного ботанического сада РАН. 2016. № 1. С. 32–38.
11. Рупасова Ж.А., Лиштван И.И., Титок В.В., Яковлев А.П., Василевская Т.И., Криницкая Н.Б., Бубнова А.М., Гончарова Л.В. // Экологический вестник. 2016. № 1 (35). С. 40–45.
12. 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: Белорус. наука, 2016 в. 242 с.
13. Рябцева Т.В., Рупасова Ж.А. // Плодоводство: Сб. науч. тр. / РУП Ин-т плодоводства. Самохваловичи, 2012. С 36–52.
14. Скорикова Ю.Г., Шафтан Э.А. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю.Г. Скорикова, Э.А. Шафтан // Тр. 3-го Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. Свердловск, 1968. С. 451–461.
15. Способ ранжирования таксонов растения: пат.17648 Респ. Беларусь, МПК А 01 Н 1/04, А 01 G 1/00 / Ж.А. Рупасова, В.Н. Решетников, А.П. Яковлев; заявитель ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»–№ а 20101502, заявл. 20.01.2010, опубл. 08.07.2013// Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2013. № 5. С. 61–62.
16. Swain T., Hillis W. // Journal Sci. Food Agric. 1959. Vol. 10, № 1. P. 63.

Ж. А. РУПАСОВА, А. П. ЯКОВЛЕВ, В. Н. РЕШЕТНИКОВ, И. И. ЛИШТВАН,
П. Н. БЕЛЫЙ, Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ, Н. Б. КРИНИЦКАЯ, Е. В. ТИШКОВСКАЯ

**ВЛИЯНИЕ РОСТРЕГУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ
НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ГОЛУБИКИ
(VACCINIUM ULIGINOSUM L.) НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ УЧАСТКАХ
ТОРФЯНЫХ ВЫРАБОТОК В СЕВЕРНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ
ЧАСТЯХ БЕЛАРУСИ**

Резюме

Показано влияние некорневых обработок регуляторами роста «КомплеМет-Со», «ЭлеГум-Комплекс» и «Волат-24» в северной и центральной частях республики на остаточном слое донного торфа со сходным ботаническим составом и агрохимическими характеристиками на биохимический состав плодов модельных сортов голубики *Northblue* и *Northland*. Независимо от географического положения района исследований, установлено доминирование положительного влияния препаратов на интегральный уровень питательной и вита-

минной ценности плодов у сорта *Northland* и отрицательного (за исключением препарата «КомплеМет-Со») у сорта *Northblue*. Выявлена наибольшая результативность препарата «КомплеМет-Со», при отставании от него остальных регуляторов роста по данному показателю у сорта *Northland* в 1,5–3,8 раза, у сорта *Northblue* – в 1,5–2,4 раза. С продвижением с севера на юг установлено усиление интегрального позитивного влияния испытывавшихся препаратов на биохимический состав плодов у сорта *Northblue* в 1,4–6,0 раз, и ослабление данного эффекта у сорта *Northland* от действия препаратов «КомплеМет-Со» и «Волат-24» в 1,2–1,4 раза, на фоне незначительного (в 1,1 раза) его усиления при использовании «Эле-гум-комплекса».

ZH. A. RUPASOVA, A. P. YAKOVLEV, V. N. RESHETNIKOV, I. I. LISHTVAN,
P. N. BELIY, T. I. VASILEVSKAYA, N. B. KRINITSKAYA, E. V. TISHKOVSKAYA
**INFLUENCE OF DRUGS GROWTH-REGULATORY BIOCHEMICAL
COMPOSITION OF FRUITS BLUEBERRY (*VACCINIUM ULIGINOSUM* L.)
IN THE AREA RECLAMATION PEAT DEPOSITS IN THE NORTH
AND CENTRAL PART OF BELARUS**

Summary

The effect of foliar treatments growth-regulatory «KompleMet-Co», «EleGum-Complex» and «Volat-24» in the north and central part of the residual layer of bottom peat with a similar botanical composition and agrochemical characteristics on the biochemical composition of fruits species of blueberry *Northblue* and *Northland*. Regardless of the geographical location of the study area, established the dominance of the positive impact of drugs on the integral level of nutritional and vitamin value of fruit cultivars *Northland* and negative (with the exception of the preparation «Komplemet-Co») in *Northblue* cultivars. It revealed the greatest effectiveness of the drug «KompleMet-Co», lagging the rest of his growth regulators on this indicator in the *Northland* cultivars in 1,5–3,8 times in *Northblue* cultivars – in 1,5–2,4 times. With the advancement from the north to the south of the integral gain is set to experience the positive impact of drugs on the biochemical composition of fruits *Northblue* in 1.4–6.0 times, and the weakening of this effect in *Northland* of activities drugs «KompleMet-Co» and «Volat-24» in 1.2–1.4 times, against the background of a slight (in 1.1 times) its gain when using «Elegum-Complex».

Поступила в редакцию 22.09.2016

Д. П. САФОНОВ, В. П. ШУКАНОВ
**ВЛИЯНИЕ ФУЗИКОКЦИНОВОГО ПРЕПАРАТА
НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН И НАЧАЛЬНЫЙ РОСТ
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)**

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

Введение. Одной из острых проблем растениеводства в мире является повышение устойчивости зерновых культур к неблагоприятным условиям окружающей среды. Большие массивы зерновых в мире сосредоточены в зонах резко континентального климата, где нередки весенние заморозки, сильная засуха или суховеи в период интенсивной вегетации посевов, а также наступление ранних холодов в период созревания колосовых культур. Очевидно, что повышение устойчивости культурных растений к неблагоприятным условиям произрастания является существенным резервом увеличения урожайности при уже достигнутом уровне интенсификации их производства.

Важная роль в решении этой задачи принадлежит применению в качестве регуляторов роста веществ, синтезируемых растениями и микроорганизмами в ходе вторичного обмена. Вторичные вещества (гликозиды, терпеноиды, стероиды, фенолы, алкалоиды и др.) являются неотъемлемой частью регуляторных систем растительного организма и способны в очень малых количествах оказывать стимулирующее воздействие на многие процессы жизнедеятельности. В результате значительно повышается неспецифическая устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды, а при создании оптимальных условий агротехническими приемами происходит усиление эффективности их положительного воздействия на растение [1].

В связи с этим возникает необходимость создания универсального биорегулятора, который бы с одной стороны, обладал способностью повышать устойчивость растений к действию абиогенных стрессовых факторов, и с другой стороны, обладал способностью повышать продуктивность растений.

Цель работы – разработать биотехнологию получения и применения препарата на основе фузикокина из высших растений и изучить его влияние на начальный рост растений.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования служил фузикокиновый препарат, полученный из зеленых крылаток вяза мелколистного (*Ulmus parvifolia* L.). Материалом для исследования служили растения мягкой озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта «Стекловидная-24» (районирован в Республике Казахстан), «Ода» (районирован в Республике Беларусь).

Результаты и их обсуждение. В литературе имеются сведения о наличии фузикокина в высших растениях [2]. Мы подвергли анализу на содержание фузикокина растения, распространённые и/или культивируе-

мые на территории Республики Казахстан – вяз мелколистный и злаковые культуры. Согласно методике [3] с использованием метода гидрофобной хроматографии был выделен фузикоциновый препарат из 2-х дневных проростков яровой мягкой пшеницы сортов «Казахстанская-4», «Казахстанская-10», озимой твердой пшеницы сорта Стекловидная-24, а также из семян ячменя сорта Арна.

Эксперименты показали, что выход препарата со всех изученных объектов был очень низок и не имел высокой активности. Был выделен фузикоциновый фитостимулятор из прорастающих семян пшеницы на наноструктурированном сорбенте из абрикосовых косточек [4]. Также фузикоциновый препарат был выделен из различных частей колоса: чешуек и созревающих семян пшеницы. В колосковых чешуйках содержание препарата было больше, чем в зерне.

Так, в результате большой поисковой работы нами было установлено, что максимальное количество фузикоцинового препарата содержится в зеленых крылатках вяза мелколистного [5], тогда как в зеленых крылатках вяза широколистного (*Ulmus latifolia* L.) ФП практически не обнаруживался.

Таким образом, был разработан метод выделения ФП из зеленых крылаток Вяза мелколистного с использованием гидрофобной хроматографии.

Препаративные количества ФП получали следующим образом: 60 г зеленых крылаток Вяза мелколистного гомогенизировали с 240 мл 80% этанола на ножевом гомогенизаторе типа MPW-302 (Польша). Гомогенат центрифугировали при 10000 x g в течение 10 мин. Полученный спиртовой экстракт очищали на колонке с октилсефарозой CL-4В. Размер колонки 3,5x20 см. Колонку уравнивали 10% этанолом. Отмывку от не связавшихся веществ проводили 10% этанолом. ФП элюировали 50% этанолом, после чего колонку промывали 96% этанолом для полной промывки от адсорбированных на ней веществ [6–7]. Результаты хроматографического разделения представлены на рисунке 1.

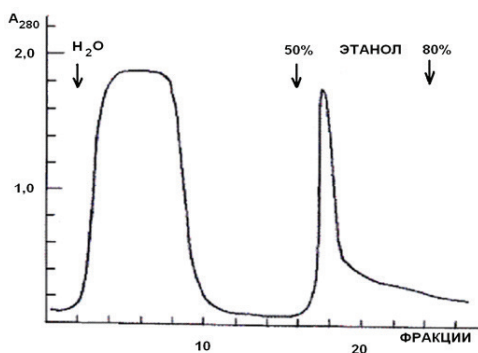


Рис. 1. Гидрофобная хроматография спиртового экстракта из зеленых крылаток *Ulmus parvifolia* на колонке с октилсефарозой CL-4В.

В соответствии с рисунком 1, ФП выходил вторым четким симметричным пиком, который элюировался 50% этанолом.

Таким образом, нами разработан простой, недорогой и эффективный метод получения фузикококцинового препарата из зеленых крылаток вяза мелколиственного.

Исследования новых природных соединений обычно начинают с изучения их влияния на начальные процессы ростовой активности, т.е. прорастание семян. Известно, что в большинстве случаев стимулируют рост фитогормоны, а ингибиторы задерживают прорастание семян. Исходя из вышесказанного, свои исследования мы начали с изучения влияния фузикококцинового препарата на прорастание семян, т.к. на данном этапе онтогенеза растения наиболее отзывчивы на воздействие регуляторов роста [8].

К началу наших исследований имелись некоторые сведения о влиянии фузикококцина на начальный рост растений [9–11]. Нами были проведены лабораторные исследования не только по изучению активности препарата, но и была подобрана оптимальная концентрации ФП. Для подбора оптимальной концентрации для предпосевной обработки использовали семена пшеницы сорта Стеколовиданая 24 5-летней давности, полностью потерявшие всхожесть. Семена замачивали в течение 12 часов в растворах ФП в концентрации 6 мкг/л, 60 мкг/л, 600 мкг/л, контроль – в воде, на следующий день их просушивали при комнатной температуре +24 °С, после чего раскладывали на увлажненную фильтровальную бумагу в чашки Петри. Семена проращивали при температуре 20 °С в термостате в течение 3 суток. В течение первых трех суток подсчитывали количество проросших семян и измеряли длину проростков. Опыты проводили в 5-кратной повторности. В каждом варианте проанализировано по 250 семян. Результаты представляют собой усредненные данные из трех опытов.

Как видно из таблицы 1 и рисунка 2, наибольшее число проросших семян (74%) приходится на концентрацию ФП, равную 60 мкг/л. В других вариантах количество проросших семян составило не более 40%, а в контрольном варианте семена совсем не проросли. Одновременно оценивали количественные параметры прорастания семян пшеницы, потерявших всхожесть. Наибольшая длина проростков также отмечена у семян, которые были замочены в ФП в концентрации 60 мкг/л.

Таким образом, увеличение прорастания семян под действием ФП свидетельствует о том, что его можно применять для стимуляции прорастания семян, которые долго хранились или потеряли свою всхожесть.

Далее мы исследовали влияние фузикококцинового препарата на семена озимой пшеницы сорта Ода с частичной потерей всхожести (31%) и свежие семена (всхожесть 92%) согласно ГОСТу [12].

Таблица 1. Количественные параметры прорастания семян пшеницы сорта Стекловидная 24, потерявших всхожесть

| № п/п | Концентрация | Количество проросших семян, шт. | | | Наибольшая длина проростков, см | | |
|-------|-----------------|---------------------------------|--------|--------|---------------------------------|----------|----------|
| | | 1 день | 2 день | 3 день | 1 день | 2 день | 3 день |
| 1. | Контроль (вода) | 0 | 0 | 0 | – | 0 | 0 |
| 2. | 600 мкг/л | 65±2 | 76±2 | 90±3 | – | 0,2±0,01 | 0,9±0,04 |
| 3. | 6 мкг/л | 70±2 | 81±2 | 107±4 | – | 0,5±0,01 | 1,2±0,1 |
| 4. | 60 мкг/л | 92±3 | 163±6 | 185±6 | – | 0,8±0,02 | 1,7±0,1 |

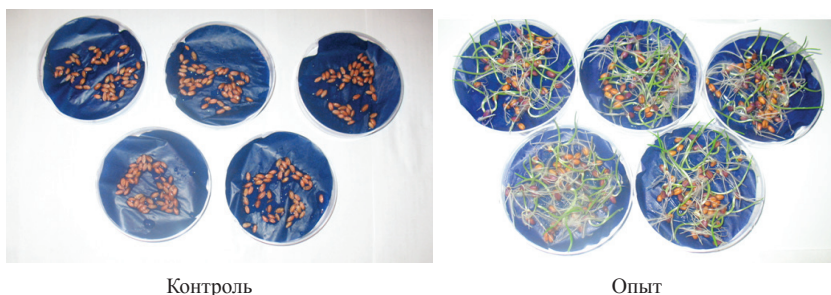


Рис. 2. Действие ФП в концентрации 60 мкг/л на прорастание семян пшеницы, потерявших всхожесть.

Действие ФП на всхожесть семян сорта Ода характеризующегося низкой лабораторной всхожестью было выражено достаточно хорошо. ФП оказывал достоверное влияние на энергию прорастания семян (рис. 3), Максимальное повышение энергии прорастания отмечено при воздействии на семена ФП в концентрации 1/1000 на 67%. Несколько меньший эффект отмечен у ФП в концентрации 1/500–17%. Все исследуемые концентрации ФП повышали всхожесть семян пшеницы на 4–50%. Что касается семян с высокой лабораторной всхожестью, то и здесь отмечено небольшое увеличение всхожести семян во всех исследуемых концентрациях (рис. 4).

В дальнейших исследованиях мы изучали воздействие ФП на рост первичных органов (см. рис. 3 и 4). В опытах использовали корешки и coleoptили проростков пшеницы. После подсчета всхожести семян (7-е сутки) растения выставляли на свет и на 10-е сутки измеряли длину coleoptилей и корешков.

Первичные органы пшеницы оказались чувствительными к воздействию ФП независимо от всхожести семян и концентрации вещества (рис. 4). Исследуемый препарат стимулировал рост гипокотилей пшени-

цы на 2–8% во всех использованных концентрациях. Действие ФП на корешки пшеницы сорта Ода независимо от ее всхожести во всех концентрациях вызывало небольшое ингибирование их роста.

Таким образом, фузикоциновый препарат оказывает избирательное действие на рост первичных органов пшеницы сорта Ода, семена которого отзывчивы на обработку данным препаратом. Более отзывчивыми к действию ФП оказались coleoptile. Возможно, это связано с разным эндогенным содержанием фузикоцина в первичных органах.

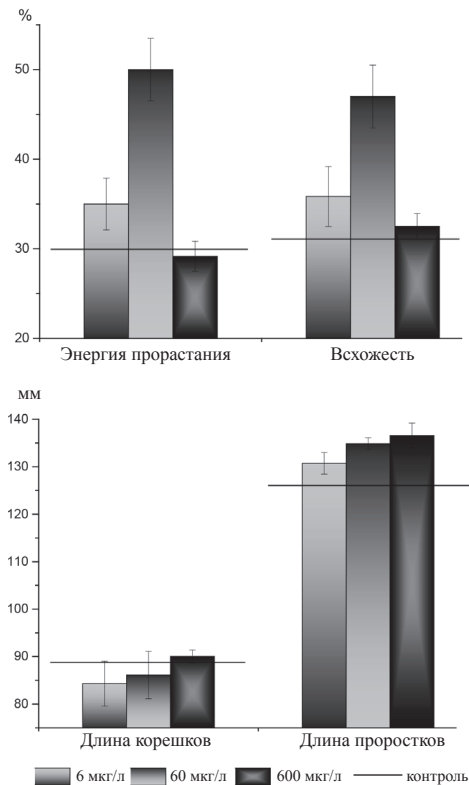


Рис. 3. Влияние фузикоцинового препарата на прорастание семян и рост проростков пшеницы сорта Ода со сниженной всхожестью.

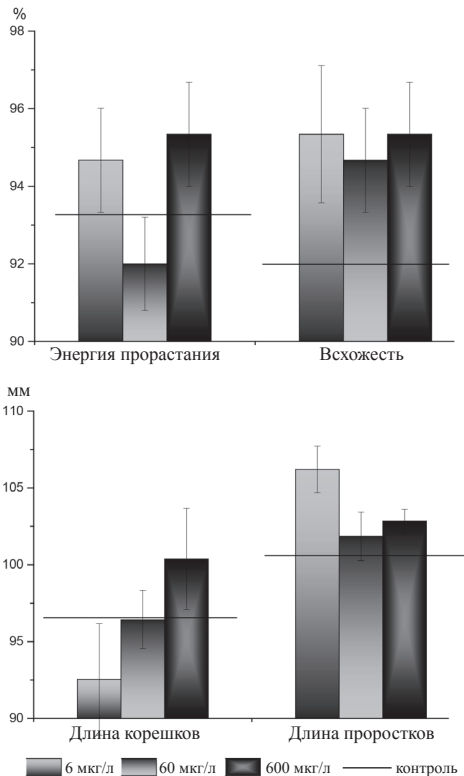


Рис. 4. Влияние фузикоцинового препарата на начальный рост проростков яровой пшеницы сорта Ода с высокой всхожестью.

Заключение. Результаты исследований, полученные нами, открывают перспективу применения ФП для увеличения всхожести семян зерновых культур, что может иметь народнохозяйственное значение. Все полученные результаты говорят о необычайно высокой физиолого-биохимической активности ФП. Концентрация 60 мг/л является оптимальной для стимуляции прорастания семян пшеницы, полностью потерявших всхожесть. Для прорастания семян с высокой или несколько сниженной всхожестью можно использовать и меньшие концентрации препарата.

Литература

1. Зайцева Н.В. Влияние регуляторов роста природного происхождения на рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных растений в неблагоприятных условиях возделывания / Автореферат на соиск. степени канд. с-х. наук 06.01.09 растениеводство. Благовещенск 2000. 19 с.
2. Муромцев Г.С. // Вестник с.-х. науки. 1986. № 7. С. 70–77.
3. Korthout, HAAJ, de Boer A. H. // Plant Cell. 1994. Vol. 6. P. 1681–1692.
4. Kamal, A.H., Komatsu S. // Journal Proteomics. 2016. Vol. 133. P. 33–47
5. Kudiyarova Zh.S. at all. // Nitrogen 2007. An international symposium on the nitrogen nutrition of plants. 2007. P. 56.
6. Гильманов М.К., Ибрагимова С.А., Кульбаева Г.А., Филимонова О.В., Гукенгеймер Е.Ю., Сафонов Д.П. // Инновационный патент РК. 2013. № 27267.
7. Murat Gilmanov, Adil Yrezhepov, Nurzhan Dosbaev, Sanyam Ibragimova, Adlet Esmambetov. // Advanced materials research. 2013. V. 650. P. 156–161.
8. Шуканов В.П. Гормональная активность стероидных гликозидов растений / В.П. Шуканов, А.П. Вольнец, С.Н. Полянская. Минск: Беларус. навука, 2012. 244 с.
9. Муромцев, Г.С. Основы химической регуляции роста и продуктивности растений / Г.С. Муромцев, Д.И. Чкаников, О.Н. Кулаева, К.З. Гамбург. М.: ВО Агропромиздат, 1987. 133 с.
10. Cocucci, M., Negrini N. // Physiologia Plantarum. 1991. Vol. 82, № 2. P. 143–149.
11. Lioi L. Petruzzelli L., Morgutti S., Cocucci S.M. // Plant Physiol. 1984. Vol. 76, № 3. P. 819–822.
12. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: ГОСТ 12038–84. Госкомитет СССР по стандартам. М.: Изд-во стандартов, 1985.

Д. П. САФОНОВ, В. П. ШУКАНОВ
**ВЛИЯНИЕ ФУЗИКОКЦИНОВОГО ПРЕПАРАТА НА ПРОРАСТАНИЕ
СЕМЯН И НАЧАЛЬНЫЙ РОСТ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
(*TRITICUM AESTIVUM* L.)**

Резюме

Разработан простой и эффективный метод получения фузикокинового препарата из семян вяза мелколистного (*Ulmus parvifolia*) и проведены исследования по изучению его влияния на прорастание и начальный рост растений озимой пшеницы. Показано, что фузикокиновый препарат может применяться для увеличения всхожести семян зерновых культур, которые полностью или частично потеряли всхожесть. Данный препарат оказывает также положительное влияние на рост проростков озимой пшеницы.

D. P. SAFONOV, V. P. SHUKANOV
**EFFECT OF THE FUSICOCCIN DRUG ON SEED GERMINATION
AND INITIAL GROWTH OF WINTER WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.)**

Summary

The simple and effective method of reception fusicoccin preparation from seed of Chinese elm (*Ulmus parvifolia*) is developed. The researches of influence of fusicoccin on germination and initial growth of wheat plants are carried out. It is shown that fusicoccin preparation can be used to increase the germination of crops seeds which have in full or in part lost their ability to germinate. This preparation has a positive effect on the growth of wheat seedlings.

Поступила в редакцию 29.11.2016 г.

Т. Г. ЯНЧЕВСКАЯ¹, А. Н. ГРИЦ¹, Т. Б. МАКАРОВА¹,
Е. Н. ОЛЕШУК¹, Т. В. РОМАНОВСКАЯ²
**ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА *АНТИВАЙРУС* НА СОДЕРЖАНИЕ
X-, Y-ВИРУСОВ В РАСТЕНИЯХ *IN VITRO* КАРТОФЕЛЯ
БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ**

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

² *Институт микробиологии НАН Беларуси, г. Минск*

Введение. Наряду с болезнями грибной и бактериальной этиологии большую опасность в картофелеводстве представляют инфекции, вызываемые вирусами. Признаки вирусных заболеваний разнообразны – скручивание листьев, их пожелтение (часто пятнами), измельчание листьев, общее угнетение растения. Симптомы могут сильно изменяться в зависимости от сорта картофеля, вида (или смеси) вирусов и условий выращивания. Во всех случаях с вирусными заболеваниями у растений резко снижается активность фотосинтеза, затрудняется отток ассимилянтов, из-за чего недобор урожая может составлять 45–60% и более [1]. Поэтому выращивание семенного картофеля, свободного от вирусных инфекций, – одно из главных условий повышения урожайности, сохранения продуктивного сорта.

Для решения этой задачи в семеноводстве картофеля развитых стран внедряются прогрессивные методы биотехнологии – клональное микро-размножение, основанное на культивировании меристемных растений на питательных средах *in vitro*. Важным моментом в защите семенного материала картофеля представляется внедрение способов и приемов иммунизации растений на наиболее ранних стадиях онтогенеза, которое затем пролонгировано обеспечивало бы защиту на протяжении всего цикла развития растения. К таким контр- агентам принадлежат элиситорные соединения непатогенных интродуцентов бактерий рода *Bacillus*. К настоящему времени показан широкий спектр антипатогенного действия метаболитов данных микроорганизмов на большой класс патогенов, включая патогенные грибы, бактерии, вирусы [2, 3]. Важным моментом является также способ обработки растений *in vitro*. Обычно под обработкой растений понимается традиционный полив или опрыскивание растений, когда растение имеет ограниченный временной промежуток контакта с препаратом. В нашем случае при добавлении препарата и фракций его разделения непосредственно в среду выращивания происходит постоянное воздействие препарата на физиолого-биохимический статус растения, перестройка метаболизма с точки зрения индукции устойчивости.

В связи с этим, задачей настоящей статьи было исследование действия фракций препарата *Антивайрус* на культуру картофеля *in vitro* сортов белорусской селекции *Уладар* и *Зорачка* как иммуномодулятора, защищающего от Y-вирусной инфекции.

Материалы (объекты) и методы исследования. Эксперименты проводились на культуре картофеля *in vitro*. Растения, сформировавшие в стерильных условиях, 5–6 листочков, извлекали из пробирок и разрезали на части (отрезок стебля с листом и пазушной почкой). Черенки высаживали на глубину междоузлия в питательные среды *in vitro*. В эксперименте использовались две среды: 1 – контроль – это среда Мурасиге-Скуга (МС) [4] без добавления культуральной жидкости (КЖ) бактерий, представляющей основу препарата *Антивайрус*; 2 – опыт (среда МС с добавлением одной из пяти хроматографических фракций препарата *Антивайрус* – 10 мл в 1 л среды МС на 300 растений) (рис. 2).

Черенки *in vitro* культивировали при температуре 22–24°C, освещенности 5–6 килолюкс и продолжительности фотопериода 14 ч.

На втором этапе эксперимента часть растений оставляли безвирусными (контроль), а другую часть инфицировали X- и Y-вирусами. Инфицирование проводили соком листьев инфицированных растений табака (полученным из Всероссийского института картофельного хозяйства, п. Коренево, Московская обл., РФ). О биологической эффективности препаратов судили по снижению содержания X-, Y-вирусов в листьях растений картофеля сортов *Уладар* и *Зорачка* под действием фракции препарата *Антивайрус*.

Определение фитовирусов картофеля проводили с помощью метода иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием антител и конъюгатов производства ВНИИ картофельного хозяйства пос. Коренево, Московской обл., РФ, по стандартной методике [5]. Оценка результатов ИФА проводили с помощью иммуноферментного анализатора АФИМ/430 «Витязь 430» при длине волны $\lambda=492$ нм с автоматической записью на принтер. Источники искусственного света использовались из числа стандартного оборудования: люминесцентные лампы Fluora ($\lambda_{\text{max}} = 450\text{--}500$ нм, 550–600 нм, 600–650 нм).

Хроматографическое разделение культуральной жидкости суспензионной культуры препарата *Антивайрус* проводили на хроматографе низкого давления BioLogic LP, Bio-Rad. Используемые колонки (1,5X80) TSK-Frac-togel-HW65 уравнивались буфером в составе 50 mM Tris-HCl, pH=7,5; 1mM EDTA; 2 mM DTT в течении суток при скорости потока 0,5мл/мин. Культуральную жидкость объемом 10 мл центрифугировали при 12000 гpm в течение 10 мин, после чего наносили на колонку диаметром 1,5x80 см и промывали тремя объемами буфера, состоящего из 50 mM ТРИС-HCl, 2 mM MgCl₂, 1 mM ДДТ и 2 mM ПМСФ (ингибитор протеиназ). Фракции собирали по 10 мл, анализировали в ПААГ, определяя гликопротеины, углеводы.

Каждый вариант эксперимента закладывали в 3-х кратной повторности. Результаты обрабатывали статистически с помощью компьютерной программы Statistica.

Результаты и их обсуждение. В качестве иммуномодулирующего средства был использован разработанный нами препарат *Антивайрус*. Для определения действующего начала препарата, изучались отдельные его фракции, полученные хроматографическим разделением культуральной жидкости суспензионной культуры. Использовался штамм грамположи-

тельных бактерий *Bacillus subtilis* 96, на основе которых в лаборатории средств биологического контроля Института микробиологии НАН Беларуси разработаны биологические средства защиты растений от болезней. Разработанный нами препарат, созданный в лаборатории оптимизации минерального питания ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им.В.Ф. Купревича НАН Беларуси» – *Антивайрус*, кроме бактериальной составляющей, содержит 10^{-7} М α -токоферола и 10^{-5} М салициловой кислоты.

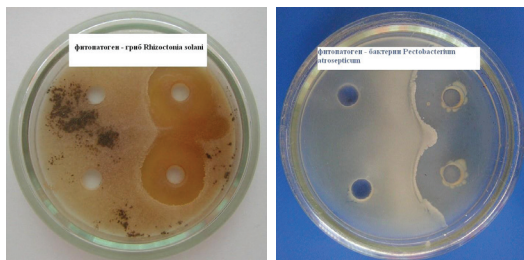


Рис. 1. Антимикробная активность бактерий-антагонистов *B. Subtilis*, входящих в состав препарата *Антивайрус*.

Спектр антагонистического действия бактерий *B. subtilis* включает широкий круг возбудителей болезней различной этиологии. Диаметры зон задержки роста различных фитопатогенов находятся в диапазоне 23–31 мм.

Препарат на основе спорообразующих бактерий *B. subtilis* – *Антивайрус*, отличался высокой стабильностью практически во всех вариантах опыта (табл. 1–3).

Проведенные исследования (табл. 2, 3) показали, что максимальная антимикробная активность препарата *Антивайрус* отмечена, преимущественно, в культуральной жидкости (КЖ) и в бесклеточной фракции (супернатант после центрифугирования и осаждения бактериальных клеток).

По химическому составу КЖ и бесклеточная фракция неоднородны и представляют собой многокомпонентную смесь различных соединений: белки, пептиды, углеводы, нуклеотиды, фитогормоны и др. соединения.

Таблица 1. Спектр антимикробной активности перспективных штаммов бактерий-антагонистов

| Штамм | Диаметр зоны задержки роста тест-культуры, мм | | | | |
|-----------------------|-----------------------------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| | <i>Fusarium oxysporum</i> | <i>Fusarium solani</i> | <i>Rhizoctonia solani</i> | <i>Colletotrichum coccodes</i> | <i>Pectobacterium atrosepticum</i> |
| <i>B. subtilis</i> 96 | 27,0 | 28,0 | 31,0 | 26,0 | 25,0 |
| <i>B. subtilis</i> 47 | 27,5 | 28,5 | 26,5 | 25,0 | 23,0 |
| Антиварус | 28,5 | 31,0 | 28,0 | 26,0 | 24,0 |

Таблица 2. Определение локализации антибактериальных метаболитов

| Штамм | Диаметр зоны задержки роста <i>Pectobacterium atrosepticum</i> , мм | | | |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|----------------------|
| | КЖ | клеточная фракция | гомогенизированные клетки | бесклеточная фракция |
| <i>B. subtilis</i> 96 | 27 | 23 | 22 | 24 |
| Антивайрус | 25 | 10 | 10 | 24 |

Таблица 3. Определение локализации антифунгальных метаболитов

| Штамм | Диаметр зоны задержки роста <i>Fusarium oxysporum</i> , мм | | | |
|-----------------------|------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|----------------------|
| | КЖ | клеточная фракция | гомогенизированные клетки | бесклеточная фракция |
| <i>B. subtilis</i> 96 | 25 | 23 | 24 | 24 |
| Антивайрус | 26 | 11 | 11 | 23 |

Важным моментом представляется предварительная идентификация и определение активного действующего начала – элиситорной природы модулирующей индуцированную устойчивость к X- и Y-вирусам картофеля при использовании их в качестве добавки к компонентам среды выращивания пробирочных растений картофеля.

На рисунке 2 представлен спектр хроматографического разделения препарата *Антивайрус*. Как видно из рисунка 2, в процессе хроматографического разделения культуральной жидкости препарата *Антивайрус*, наблюдаются 5 основных фракций, которые различаются по молекулярной массе компонентов их составляющих: 1 – фракция высокомолекулярных полимерных углеводных компонентов клеточных стенок; 2 – высокомолекулярных белковых компонентов 200 кД – 2000 кД; 3 – белковые компоненты 10 кД – 100 кД; 4 – малые белки и пептиды; 5 – нуклеотиды и другие низкомолекулярные соединения. В экспериментах после изучения, нами использовались, в основном, фракции 3, 4, 5, проявляющие максимальную активность в подавлении вирусной инфекции при добавлении в среду выращивания пробирочных растений. Фракции 1, 2 использовались лишь в иммуноферментном анализе на определение эффективности в подавлении вирусной инфекции X-, Y-вирусов.

На инфицированных растениях проведено изучение действия отдельных фракций препарата *Антивайрус* на вирусную инфекцию.

Результаты ИФА представлены на рис. 3, их численные значения – в таблице 4.

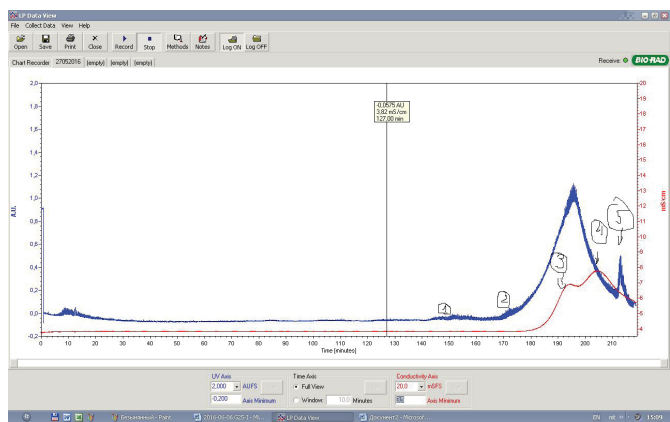
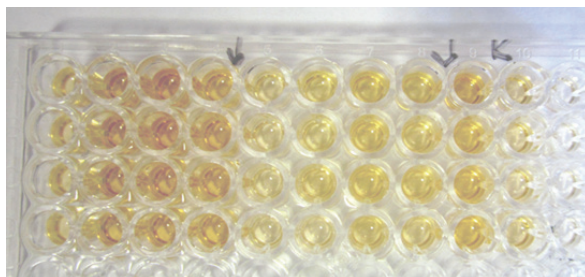


Рис. 2. Номера фракций–1–5, в соответствии с фроматографическим спектром, используемые для добавления в среду выращивания пробирочных растений картофеля.

Таблица 4. ИФА анализ влияния фракций метаболитов препарата *Антивайрус* на растения картофеля сорта *Уладар*

| № п/п | Варианты опыта | | | | | | | | | |
|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1 * | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 0,331 | 0,927 | 1,106 | 0,717 | 0,262 | 0,348 | 0,468 | 0,428 | 0,906 | 0,381 |
| 2 | 0,33 | 1,010 | 1,147 | 0,859 | 0,221 | 0,279 | 0,428 | 0,365 | 0,760 | 0,352 |
| 3 | 0,331 | 0,929 | 0,932 | 0,818 | 0,209 | 0,331 | 0,456 | 0,399 | 0,783 | 0,293 |
| 4 | 0,359 | 0,786 | 0,774 | 0,824 | 0,242 | 0,233 | 0,371 | 0,327 | 0,801 | 0,422 |
| среднее | 0,338 | 0,913 | 0,990 | 0,805 | 0,234 | 0,298 | 0,431 | 0,380 | 0,813 | 0,362 |
| станд. откл. | 0,014 | 0,093 | 0,171 | 0,061 | 0,023 | 0,052 | 0,043 | 0,043 | 0,065 | 0,054 |
| довер. откл. | 0,014 | 0,091 | 0,168 | 0,059 | 0,023 | 0,051 | 0,042 | 0,042 | 0,063 | 0,053 |

Примечание: * 1 – не инфицированные растения; 2 – инфицированные не обработанные растения; 3 – инфицированные растения + фракция № 2; 4 – инфицированные растения + фракция № 3; 5 – инфицированные растения + фракция № 4; 6 – инфицированные растения + фракция № 5; 7–10 – контроль.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ось ординат – варианты опыта

Ось абсцисс – повторности

Рис. 3. Иммуноферментный анализ пробирочных растений сорта Уладар, инфицированных Y-вирусом и выращиваемых с добавлением в среду фракций хроматографического разделения № 2–5 препарата Антивайрус.

Изменение содержания X-, Y-вирусов в пробирочных растениях картофеля сорта *Уладар* под влиянием внесения в среду выращивания фракций после хроматографического разделения культуральной среды препарата *Антивайрус* представлено на рисунке 4.

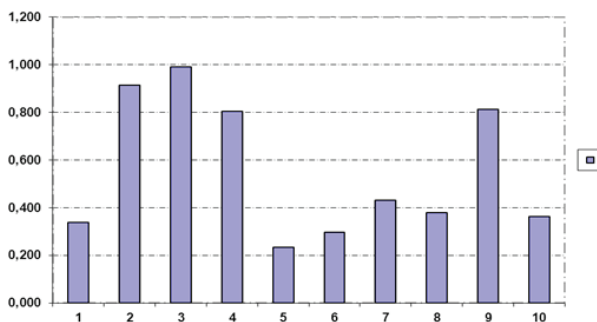


Рис. 4. Изменение содержания X-, Y-вирусов сорта *Уладар* под влиянием внесения в среду выращивания фракций после хроматографического разделения препарата Антивайрус:

- 1 – контрольные растения сорта Уладар; 2 – контрольные, инфицированные растения;
- 3 – инфицированные + фракция № 2 (высокомолекулярные белковые и углеводные компоненты); 4 – инфицированные + фракция № 3 (белковые компоненты с 10–10000 Д); 5 – инфицированные + фракция № 4 (низкомолекулярные белки и пептиды);
- 6 – инфицированные + фракция № 5 (нуклеотиды, фенолы и другие соединения);
- 7,8 – контрольные растения; 9–10 – повтор треков № 4, № 8.

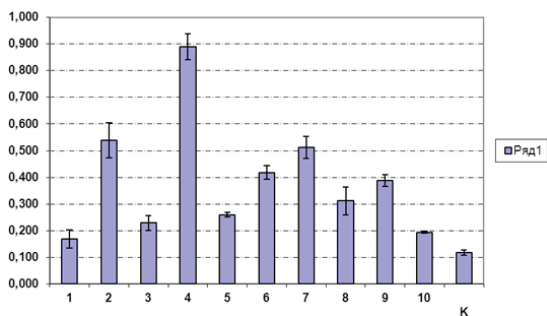


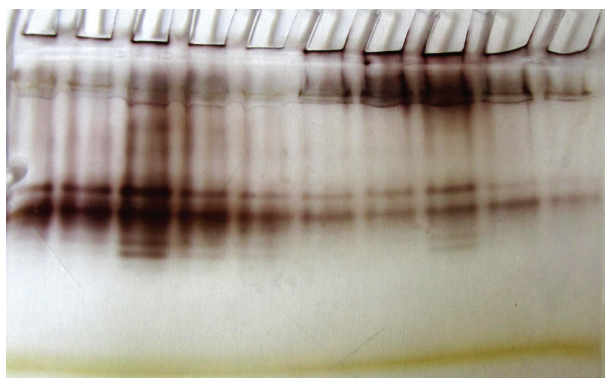
Рис. 5. Изменение содержания X-, Y-вирусов в пробирочных растениях картофеля сорта *Зорачка* под влиянием фракций препарата *Антивайрус*, добавленных в среду:
 1,3—контрольные растения; 2,4—инфицированные растения сорта *Зорачка*;
 5,8—инфицированные + фракция № 3 (белковые компоненты с 10–1000Д);
 6,9—инфицированные + фракция № 4 (низкомолекулярные белки и пептиды);
 7,10—инфицированные + фракция № 5 (нуклеотиды, фенолы и другие соединения);
 К—холостая проба, контроль поглощения.

Как видно из рисунков 4–5, как на сорте *Уладар*, так и на сорте *Зорачка* наблюдаются уменьшение вирусного заражения под действием всех фракций препарата *Антивайрус*.

При добавлении в среду выращивания пробирочных растений картофеля компонентов фракций хроматографического разделения препарата *Антивайрус* происходят различные физиолого-биохимические изменения. С целью выявления этих изменений нами использовался анализ пероксидазной системы, как наиболее чувствительного сенсора на внешние воздействия на растения. Электрофореграмма изоферментов пероксидазы представлена на рисунке 6.

Проведенные эксперименты по выяснению влияния фракций № 3,4,5, экзогенно внесенных в среду выращивания пробирочных растений сорта *Зорачка* и *Уладар*, показали выраженные изменения активности пероксидаз. В отличие от сорта *Уладар*, где наибольший эффект на пероксидазный комплекс оказывают фракции № 4 и № 5, у сорта *Зорачка* наибольший эффект наблюдается при действии фракции № 3 (белковые, протеиновые компоненты); добавление в среду выращивания компонентов фракций № 4 и № 5 не влияло существенно на активность пероксидазы.

Все изученные фракции обладают различным влиянием на активность пероксидазного комплекса: в частности, само инфицирование приводит к активации пероксидазы и ее изоферментов. Добавление различных фракций приводит как к уменьшению пероксидазной активности (рис. 6, трек 4,5), так и к ее значительному увеличению (рис. 6, трек № 3). Это может свидетельствовать о различной природе элиситорных молекул, задействованных в стимуляции иммунного ответа растения.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

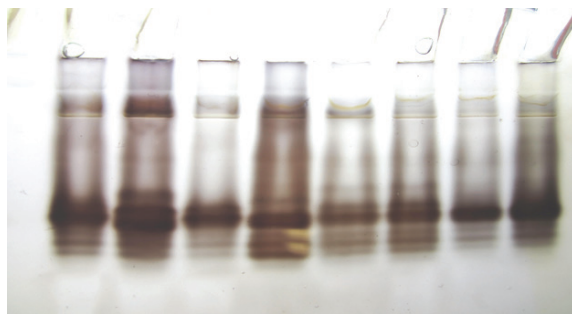
Рис. 6. Влияние фракций препарата *Антивайрус* на изоферментный спектр пероксидаз пробирочных растений сорта *Зорачка*, инфицированных X-, Y-вирусами: 1 – контроль, не инфицированные и не обработанные растения; 2 – инфицированные X-, Y-вирусами, не обработанные растения; 3 – добавление в среду фракции № 3; 4 – добавление в среду фракции № 4; 5 – добавление в среду фракции № 5; 6–10 – осадок мембран после центрифугирования 15 000 об./мин. в течение 10 мин.

В частности можно предположить, что в случае с добавлением в среду фракции № 4 действуют элиситорные молекулы на основе небольших белков и пептидов, приводящих к понижению активности пероксидазы и уменьшающих содержание X-, Y-вирусов в растениях сорта *Уладар*. Во втором случае (рис. 6, трек 5) добавление в среду фракции № 5, где эффективными элиситорами являются вещества нуклеотидной природы, витамины и др., которые действуют по другому механизму, связанному с повышением пероксидазной активности и также уменьшающему содержание X-, Y-вирусов в растениях картофеля сорта *Уладар*.

Учитывая сортовые особенности действия фракций препарата *Антивайрус* как иммуномодулятора, снижающего в той или иной степени вирусное инфицирование, нами проведены эксперименты по изучению действия суммарных фракций в составе препарата *Антивайрус* на активность пероксидазной системы. На рисунке 7 показано влияние препарата *Антивайрус* на инфицированные X-, Y-вирусами пробирочные растения картофеля сортов *Уладар* и *Зорачка*, предварительно обработанные препаратом *Антивайрус*.

Как видно из представленных данных, обработка препаратом *Антивайрус* приводит в первые 7 суток к перестройке активности пероксидазного комплекса (рис. 7, треки 2 и 4), что является свидетельством иммуномодулирующего эффекта разработанного препарата. Данный эффект наблюдается в начале процесса иммуномодуляции, который затем сопровождается некоторым снижением активности. Это может объясняться

тем фактом, что растение не может находиться длительное время в искусственно вызванном стрессовом состоянии, сопровождающем процесс иммуномодуляции. Дальнейшее инфицирование вирусами не приводит к заметному увеличению активности пероксидаз (рис. 7 треки 5–6; 7–8) по сравнению с контролем (рис. 7, треки 1, 3).



1 2 3 4 5 6 7 8
Обозначения: 1 – контрольные растения сорта *Уладар*; 2 – обработка *Антивайрус*;
3 – контрольные растения сорта *Зорачка*; 4 – обработка *Антивайрус*;

5–6 – инфицированные X-, Y-вирусом растения сорта *Уладар* после обработки *Антивайрус*;
7–8 – инфицированные X-, Y-вирусом растения сорта *Зорачка* после обработки *Антивайрус*

Рис. 7. Активность изоферментов пероксидазы в листьях растений картофеля сортов *Уладар* и *Зорачка*, обработанных препаратом *Антивайрус* и инфицированных X-, Y-вирусом.

Таким образом, все фракции в составе препарата *Антивайрус* оказывают влияние на перераспределение активных изоформ пероксидаз в сортах картофеля *Уладар* и *Зорачка*, тем самым подготавливая растение к отражению атак патогенов и различных стрессовых воздействий.

Препарат *Антивайрус* с успехом используется в качестве средства защиты картофеля от реинфекции и внедрен в ряде хозяйств республики.

Литература

1. Тютюрев С. Л. Научные основы индуцированной болезнеустойчивости растений. Москва. 2002. С. 243–271.

2. Гриц А. Н., Янчевская, Т. Г., Романовская Т. В., Коломиец Э. И. // Ботаника (исследования): Сборник науч. трудов / Институт эксперим. ботаники им. В. Ф. Куревича НАН Беларуси. Минск: Право и экономика, 2010. Вып. 39. С. 281–294.

3. Янчевская Т. Г., Гриц А. Н. Изменение растворимых и мембранных белков листьев и клубней картофеля под влиянием вирусного инфицирования // Ботаника (исследования): Сборник науч. трудов / Институт эксперим. ботаники им. В. Ф. Куревича НАН Беларуси. Минск: Право и экономика. Вып. 34. 2006. С. 167–177.

4. Янчевская Т.Г. Оптимизация минерального питания растений. Минск: Белорусская наука. 2014. 458 с.

5. Инструкция по использованию иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля. М.: Коренево, 2011. 8 с.

Т. Г. ЯНЧЕВСКАЯ, А. Н. ГРИЦ, Т. Б. МАКАРОВА,
Е. Н. ОЛЕШУК, Т. В. РОМАНОВСКАЯ
**ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА *АНТИВАЙРУС*
НА СОДЕРЖАНИЕ X-, Y-ВИРУСОВ В РАСТЕНИЯХ *IN VITRO*
КАРТОФЕЛЯ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ**

Резюме

Установлено, что фракции препарата *Антивайрус* обладают различным влиянием на активность пероксидазного комплекса. Инфицирование приводит к активации пероксидазы и ее изоферментов ($R_f=0.56$). Добавление различных фракций препарата *Антивайрус* может приводить как к уменьшению пероксидазной активности под действием фракции, содержащей элиситорные молекулы на основе небольших белков и пептидов, так и к ее значительному увеличению под действием эффективных элиситоров, являющихся веществами нуклеотидной природы, витаминами и др. Это может свидетельствовать о различной природе элиситорных молекул, задействованных в стимуляции иммунного ответа растения. Вместе с тем действие самого препарата *Антивайрус* приводит к перераспределению активных изоформ пероксидазы в сортах картофеля *Зорачка* и *Уладар*, увеличению их активности и, как следствие, формированию индуцированной устойчивости к X-, Y- вирусам.

T. G. YNCHEVSKAYA, A. N. GRITS, T. B. MAKAROVA,
E. N. OLESHUK, T. V. ROMANOVSKAYA
**THE INFLUENCE OF THE DRUG ANTIVAJRUS
ON CONTENT X-, Y-VIRUSES IN POTATO PLANTS *IN VITRO*
OF BELARUSIAN BREEDING**

Summary

It has been established that all factions of the drug *Antivirus* have different effects on the activity of peroxidase complex. Infection leads to activation of peroxidase and its isoenzymes ($R_f = 0.56$). Adding various fractions of the drug *Antivirus* may lead to both reduce the peroxidase activity under the influence of fraction, containing elicitors molecules on the basis of small proteins and peptides, and significantly increased under the influence of effective elicitors, are substances nucleotide nature, vitamins, etc. This may indicate a different nature elicitors molecules involved in the stimulation of the immune response. However, the effect of the drug *Antivirus* leads to the redistribution of active isoforms of peroxidase in potato varieties *Zorachka* and *Uladar*, increase their activity and, as a consequence, the formation of induced resistance to the X-, Y-viruses.

Поступила в редакцию 05.12.2016 г.

Т. Г. ЯНЧЕВСКАЯ, А. Л. ОЛЬШАНИКОВА, А. Н. ГРИЦ,
Е. Н. ОЛЕШУК, Е. Н. КАРАСЕВА, Т. Б. МАКАРОВА
**КОРНЕОБИТАЕМЫЕ СРЕДЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ
ДЛЯ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ**

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

Введение. Способность ионообменных смол обмениваться на ионы окружающего их раствора использована авторами [1] при получении первых образцов ионообменных субстратов, а в последующем, при их усовершенствовании.

При создании искусственных субстратов используются ионообменные материалы – синтетические (иониты, представляющие собой органические смолы) и природные (цеолит), подготовленные определенным образом, и насыщенные раствором, состав которого многокомпонентен. Так были разработаны новые субстраты – Триона и Трионит [9].

Концентрация компонентов в ионите сильно зависит от свойств ионита, пористости его структуры, степени сродства определенного иона к иониту.

В связи с прекращением выпуска ряда ионитов (КУ-2, ЭДЭ-10П, АН-2Ф), используемых в качестве компонентов ионообменных субстратов, нами предпринята попытка замены катионитов и анионитов старого образца на новые виды ионитов, выпускаемых промышленностью ряда стран. Сложность задачи заключается в том, что ионообменные смолы нового образца сильно различаются как по своей структуре (гелевая, макропористая), химическим свойствам, так и по способности поглощать ионы или обмениваться ими с раствором.

Поскольку катиониты подразделяются на сильно- и слабокислотные, а аниониты на слабо- и сильноосновные, промежуточной и смешанной активности, основная задача для нас заключалась в определении оптимального состава питательной среды для новых катионо- и анионообменников с учетом потребностей конкретных растительных объектов, в частности картофеля, в элементах питания.

Материалы (объекты) и методы исследования. В состав нового многокомпонентного субстрата, разработанного нами для укоренения и роста растений картофеля, входят клиноптилолит, катионит, анионит и перлит в соотношении 14:1:5:20 соответственно, в соответствии с их ионообменными свойствами.

Клиноптилолит – природный катионообменник с высокой обменной емкостью (1,06–2,0 мг-экв/г). Сорбционная емкость цеолита позволяет активно регулировать динамику подвижных форм элементов минерального питания. Активно сорбирует ионы K^+ и NH_4^+ , отдавая их в почвенный раствор постепенно. Благодаря развитой удельной поверхности обладает влагоемкостью и влагопроводностью [2]. Оптимальный гранулометрический состав позволяет улучшить физико-химические свойства

ионитных субстратов, снизить риск грибных заболеваний, повысить урожайность овощных культур.

Синтетические ионообменные материалы, используемые в работе, имеют следующие свойства и характеристики.

Катионит Purolite C-100 – сильнокислотная полистирольная смола, считая дивинилбензолом с размером частиц 0,5 мм. Обладает гелевой структурой с коэффициентом однородности 1,70. Влажность смолы в H^+ форме – 55%, с процентом набухания – 5% максимально. Выдерживает температуру 150°C в Na^+ форме и 120°C – в H^+ форме [3].

Tulsion A2XМП – макропористый слабоосновной анионит. Создан на основе сополимера стирола и дивинилбензола, содержит третичный амин в качестве функциональной группы. Обладает высокой обменной емкостью (1,5 мг-экв/мл). Рабочий диапазон pH 0–9; массовая доля влаги – 47%; размер гранул – 0,3–1,2 мм с коэффициентом однородности не более 1,7. Максимальная рабочая температура – 80°C. Следовательно, используемые в данном эксперименте катионит и анионит (композиция-1), из-за устойчивых свойств полимеров, можно подвергать обработке для обеззараживания УФР, горячей водой (до 80°C), различными окислителями [4].

Катионит Dowex monosphere 545C – гелевая стирол-дивинилбензолная сильнокислотная катионообменная смола. Обладает высокой обменной емкостью, механической прочностью, термоустойчивостью и стойкостью к окислению. Характеризуется однородным гранулометрическим составом. Иониты Dowex*, используемые для конденсаточистки – это высококачественные ионообменные смолы с высокой обменной емкостью, прекрасной механической прочностью, термоустойчивостью и стойкостью к окислению. Характеризуются однородным гранулометрическим составом и предназначены специально для фильтров смешанного действия [5].

Амберлайт IRA 402cl мелкая фракция – сильноосновная анионообменная смола типа I высшего качества с четкой гелевой структурой, основанной на поперечносшитом полистироле и обладает очень высокой целостностью гранул, хорошей эффективностью регенерации и превосходным качеством отмывки. Её основное применение – обессоливание воды. Основа – сополимер стиролдивинилбензола. Функциональные группы – $N+(CH_3)_3$. Рекомендуемые условия эксплуатации: максимальная рабочая температура – 60 °C [6].

Перлит [7] – нейтральный компонент с высокой влагоудерживающей способностью (капиллярная емкость – 155–158%, водоудерживающая способность – до 300% к сухой массе), воздухоемкостью и низкой электропроводностью ($EC=0,1$).

Поскольку ионообменные смолы в качестве субстратных компонентов перед насыщением должны быть в H^+ и OH^- форме, нами проводилась их подготовка [1]. Перевод анионитов A2X-МП и Амберлайт IRA-402 в OH^- форму осуществлен путем 3-х кратной обработки КОН и отмывкой до pH 7–9, а затем просушкой до сыпучего состояния. Катионит Dowex monosphere был переведен в H^+ -форму 3-х кратной обработкой 1N раствором

HCl. Катионит С-100 приобретен нами в H^+ -форме и не требовал перевода. При насыщении ионообменников, как и ранее, нами использовалась система многоионных равновесий, известная как треугольник Гиббса [8, 9].

Варьирование по трем точкам катионов (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) при постоянстве концентраций анионов по системе Гиббса и трем точкам анионов (NO_3^- , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$) при постоянстве концентраций катионов, включающие общую концентрации элементов 20 мг-экв/л при насыщении субстратов, в составе которых катионит С-100 и анионит А2Х–МП (композиция-1), и катионит Dowex monosphere и анионит IRA-402 (композиция-2) [9] (рис. 1, 2).

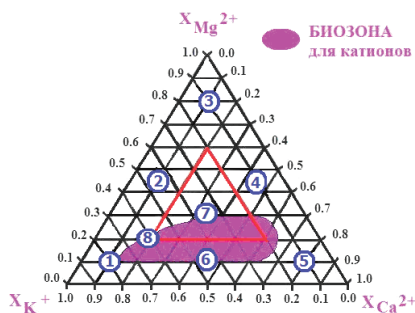


Рис.1. Треугольник Гиббса для катионов.

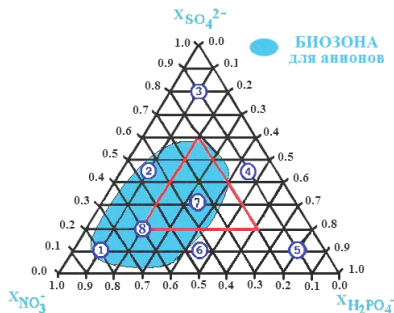


Рис.2. Треугольник Гиббса для анионов.

Система Гиббса позволяет рассчитать соотношение долей катионов или анионов в заданной точке для растворов, которые используются для насыщения этих субстратных композиций. На рисунках 1 и 2 представлены биозоны катионов и анионов с выделенными локализованными областями, в которые входят составы новых питательных растворов, оптимальных для роста и развития растительного объекта.

Контролем служили варианты, субстрат в которых насыщен макроэлементами для среды MS и Лебедевой, а также субстрат Триона, насыщенный по оптимуму для растений картофеля по стандартной методике [9]. В растворе насыщения присутствовали 6 необходимых растительному организму макроэлементов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NO_3^- , $H_2PO_4^{2-}$, SO_4^{2-}), рассчитанные в соответствии с экспериментальными точками на треугольнике Гиббса с учетом соотношения долей катионов или анионов в заданной точке для растворов, насыщающих эти субстратные композиции (рис. 1, 2). Микроэлементы (Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , B^{3+} , Mo^o) вносились в соответствии с соотношениями по прописи среды MS.

Результаты исследований и их обсуждение. Новые субстратные композиции насыщались солями по 8 экспериментальным точкам в соотношениях, приведенных в таблице 1. Общая концентрация катионов и анионов составляла 20 мг-экв/л.

Таблица 1. Расчетная концентрация элементов в насыщающем растворе по катионам

| Соединения | Варианты, мг-экв/л | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------|-----|------|-----|------|-----|-----|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| KNO ₃ | 808 | 808 | – | 404 | – | 404 | 505 | 101 |
| K ₂ SO ₄ | 348 | – | 348 | – | – | 348 | 174 | 348 |
| KH ₂ PO ₄ | – | – | – | – | 544 | – | – | 544 |
| MgSO ₄ *7H ₂ O | – | 492 | – | 492 | 492 | – | 246 | – |
| Mg(NO ₃) ₂ *6H ₂ O | – | – | 1024 | – | – | – | – | 256 |
| Ca(NO ₃) ₂ *4H ₂ O | 472 | 472 | 472 | 944 | 1416 | 944 | 826 | 1062 |
| Mg(H ₂ PO ₄) ₂ *4H ₂ O | 580 | 580 | 580 | 580 | – | 580 | 580 | – |

Таблица 2. Расчетная концентрация элементов в насыщающем растворе по анионам

| Соединения | Варианты, мг-экв/л | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| KNO ₃ | 808 | 404 | – | – | – | 404 | 303 | 505 |
| K ₂ SO ₄ | 348 | 348 | 696 | 696 | – | 348 | 174 | 174 |
| KH ₂ PO ₄ | – | 544 | 544 | 544 | 1632 | 544 | 952 | 680 |
| MgSO ₄ *7H ₂ O | – | 984 | 984 | – | 984 | – | 984 | – |
| Mg(NO ₃) ₂ *6H ₂ O | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Ca(NO ₃) ₂ *4H ₂ O | 472 | 472 | 472 | 472 | 472 | 472 | 472 | 472 |
| Mg(H ₂ PO ₄) ₂ *4H ₂ O | 580 | – | – | 580 | – | 580 | – | 580 |

Полная обменная емкость новых катионо- и анионообменников, рН ионитов, полученных при переводе их из солевой в Н⁺ и ОН⁻ формы, сведены в таблицу 3. Поглощение питательных веществ из ионитной почвы корнем растения осуществляется посредством обмена продуктов клеточного метаболизма на минеральные элементы, посаженные на пористую структуру субстратных компонентов. К основному строительному материалу (углерод, водород и кислород) растительному организму необходимы минеральные вещества, извлекаемые из корнеобитаемой среды. При изучении свойств новых анионообменников (А2ХМП, IRA-402, АВ-17–

8) мы подвергли их как насыщениям стандартными питательными растворами [9, 10, 11, 12], содержащими ионы B^{3+} , Mo^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-} , так и избирательно только ионами азота или фосфора для оценки их избирательности поглощения элементов питания, необходимых растениям в первую очередь для роста и развития (табл. 4).

Таблица 3. Экспериментальные характеристики ионообменников

| Наименование | Обменная емкость, мг-экв/л | Полная рабочая обменная емкость, мг-экв/л | pH ионита в H^+ или OH^- форме |
|----------------------|----------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|
| Катионит | | | |
| C-100 | 1,9 – H^+ форма | 3,04 | 2,50 |
| Dowex monosphere 545 | 2,0 – H^+ форма | 3,78 | 3,01 |
| Анионит | | | |
| A2X–МП | 1,15 | 3,57 | 7,80 |
| Amberlite IRA-402 | 1,3 – Cl^- форма | 3,55 | 8,40 |
| AB-17–8 | 1,2 ммоль/м ³ | 3,86 | 7,50 |

Таблица 4. Поглощение азота и фосфора анионитами при разных способах насыщения, мг/г

| Ионит | Только ионами азота | Стандартным полным питательным раствором (N) | Только ионами фосфора | Стандартным полным питательным раствором (P) |
|---------|---------------------|----------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|
| A2XМП | 8,55±0,14 | 6,99±0,15 | 1,29±0,03 | 1,03±0,06 |
| IRA-402 | 8,51±0,36 | 6,27±0,13 | 1,35±0,02 | 0,19±0,04 |
| AB-17–8 | 14,98±0,76 | 7,34±0,16 | 1,17±0,01 | 0,28±0,08 |

Согласно данным таблицы 1, полная рабочая обменная емкость анионитов A2XМП и IRA-402 одинаковые, поэтому можно было предположить идентичность их свойств. Однако согласно результатам, представленным в таблице 4, полученным при изучении их свойств, данные иониты сильно различались по избирательности поглощения ионов солей из растворов насыщения.

Поглощение анионитами A2XМП и IRA-402 ионов азота и фосфора при насыщении их только этими элементами, примерно одинаково (8,5 мг/г). Если условно принять эти значения за 100%, то можно считать, что из полного питательного раствора азота поглотилось 81,75 и 73,68% соответственно, фосфора – 79,84% структурами анионита A2XМП.

Анионит IRA-402 связал только 14,07% фосфора из полного питательного раствора, что оказалось недостаточно для активного прохождения всех фаз развития растений картофеля. Поглощение азота из раствора, содержащего только ионы NO_3^- анионитом АВ-17-8 на 57% выше связывания анионитами А2ХМП и IRA-402 и на 5 и 17% из полного питательного раствора соответственно (табл. 5). Связывание фосфора анионитом АВ-17-8, по сравнению с А2ХМП и IRA-402, ниже, как из раствора, содержащего только ионы фосфора, так и из полного питательного раствора.

Таблица 5. Содержание азота в субстратных композициях-1 и 2, мг/г субстрата

| Вариант | Композиция-1 (С-100 + А2ХМП) | | Композиция-2 (Dowex monosphere + IRA-402) | |
|-------------------|---------------------------------|------------|----------------------------------------------|------------|
| | по катионам | по анионам | по катионам | по анионам |
| 1 | 6,32±0,10 | 13,55±0,04 | 8,09±0,16 | 6,27±0,06 |
| 2 | 7,34±0,06 | 11,29±0,14 | 6,04±0,10 | 5,82±0,09 |
| 3 | 6,15±0,10 | 11,14±0,22 | 5,31±0,10 | 6,68±0,12 |
| 4 | 13,63±0,35 | 10,07±0,15 | 13,5±0,08 | 7,02±0,14 |
| 5 | 13,62±0,18 | 14,7±0,47 | 9,30±0,11 | 5,92±0,07 |
| 6 | 13,15±0,10 | 11,2±0,12 | 9,19±0,16 | 6,95±0,07 |
| 7 | 14,48±0,29 | 14,01±0,30 | 14,5±0,27 | 13,94±0,21 |
| 8 | 12,64±0,42 | 12,39±0,08 | 13,07±0,32 | 10,19±0,10 |
| Раствор Лебедевой | 14,03±0,25 | | 9,70±0,21 | |
| MS | 11,99±0,62 | | 10,22±0,12 | |
| Триона | 14,20±0,18 | | | |

В двух экспериментальных субстратных композициях (1 и 2), созданных нами, в качестве исследуемого материала в сочетании с цеолитом (клиноптилолитом Сакирницкого происхождения) и перлитом, в композиции-1 использованы катионит Purolite С-100 и анионит А2ХМП, в композиции-2 – катионит Dowex monosphere 545С и анионит Амберлайт IRA-402. Соотношение компонентов (цеолит/катионит/анионит/перлит) было прежним – 14:1:5:20 соответственно. При насыщении композиции-1 питательными растворами, рассчитанными по катионам в системе Гиббса, обнаружено, что содержание азота было ниже в экспериментальных точках 1, 2, 3 (рис. 2), чем в вариантах, рассчитанных по анионам (табл. 5). Для композиции-2, наоборот, содержание азота в вариантах по катионам выше, чем в вариантах по анионам. Исключение составил вариант 3, в котором накопление азота на 20% ниже аналогичного варианта по анионам. Выявлено, что при насыщении раствором MS поглощательная способность в обеих композициях одинаковая. В вариантах насыще-

ния раствором Лебедевой превалирует композиция-1. В композиции-2 содержание азота на 30% ниже композиции-1. Содержание азота в субстрате Триона совпадает с вариантом насыщения раствором Лебедевой (композиция-1) и вариантом 7 для обеих композиций.

Существует разница в поглощении фосфора изучаемыми субстратными композициями. Как видно из таблицы 6, для вариантов 2, 3 композиции-1 нет особых различий в накоплении фосфора анионитом А2ХМП при варьировании по трем точкам катионов (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) или анионов. В вариантах 4, 5 и 7 накопление фосфора примерно в 2 раза выше при насыщении по трем точкам анионов (NO_3^- , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$) при фиксированной концентрации катионов. Содержание ионов фосфора в вариантах 6 и 8 при насыщении по анионам в 4,5 и 8,0 раз соответственно выше вариантов насыщения по катионам при фиксированной концентрации анионов.

Таблица 6. Содержание фосфора в субстратных композициях –1 и 2, мг/г субстрата

| Вариант | Композиция-1 (C-100 + А2ХМП) | | Композиция-2 (Dowex monosphere +IRA-402) | |
|-------------------|---------------------------------|-------------|---------------------------------------------|-------------|
| | По катионам | По анионам | По катионам | По анионам |
| 1 | 0,115+0,035 | 0,273+0,002 | 0,075+0,002 | 0,137+0,005 |
| 2 | 0,132+0,026 | 0,140+0,001 | 0,098+0,001 | 0,112+0,001 |
| 3 | 0,129+0,017 | 0,146+0,006 | 0,104+0,003 | 0,128+0,003 |
| 4 | 0,113+0,004 | 0,405+0,006 | 0,092+0,001 | 0,238+0,002 |
| 5 | 0,173+0,005 | 0,335+0,008 | 0,097+0,003 | 0,343+0,005 |
| 6 | 0,241+0,003 | 1,099+0,010 | 0,092+0,002 | 0,159+0,002 |
| 7 | 0,217+0,006 | 0,565+0,009 | 0,099+0,002 | 0,173+0,005 |
| 8 | 0,185+0,007 | 1,479+0,016 | 0,111+0,004 | 0,263+0,002 |
| Раствор Лебедевой | 0,329+0,021 | | 0,201+0,002 | |
| MS | 0,119+0,003 | | 0,061+0,001 | |
| Триона | 0,189+0,017 | | | |

При насыщении композиции-2 наблюдается характерное снижение поглощения фосфора при насыщении по трем точкам катионов по всем вариантам опыта относительно насыщения по трем точкам анионов. В вариантах MS и Лебедевой композиции-1 относительно композиции-2 содержание фосфора в 1,9 и 1,6 раза выше соответственно.

Поглощение фосфора анионитом IRA-402 в композиции-2 ниже вариантов насыщения, чем в композиции-1, в которой использовался анионит А2ХМП (табл. 6).

При варьировании насыщения по трем точкам катионов (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) при фиксированной концентрации анионов особых отличий по ва-

риантам нет. При насыщении по трем точкам анионов (NO_3^- , SO_4^{2-} , H_2PO_4^-), максимальное содержание ионов фосфора (композиция-2) в варианте 5 соответствует аналогичному варианту в композиции-1. Однако в композиции-1 максимальное поглощение и удержание фосфора в структурах анионита А2ХМП в вариантах 6 и 7 соответственно в 3,3 и 4,4 раза выше, чем его содержание в варианте 5.

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы. Во-первых, из трех изучаемых анионитов (А2ХМП, IRA-402 и АВ-17–8) выявлен наиболее приемлемый анионит А2ХМП, проявляющий высокое сродство связывания и удержания ионов NO_3^- и H_2PO_4^- структурами ионита. Во-вторых, поглощение, удержание фосфора химическими связями в анионите А2ХМП зависит в полной мере от присутствия ионов SO_4^{2-} в растворе насыщения, поскольку ионы B^{3+} и Mo^0 находились в растворе в микроколичествах, они не оказали существенного влияния на заполнение пор. Чем выше концентрация последнего в насыщаемом растворе, тем ниже накопление фосфора анионитом в связи с конкуренцией на заполнение пор ионами серы.

Литература

1. Солдатов В. С., Перышкина Н. Г., Хорошко Р. П. Ионитные почвы. Минск: Наука и техника, 1978. 272 с.
2. Цхакая Н. Ш., Квашали Н. Ф. Японский опыт по использованию природных цеолитов. Тбилиси: Мецниереба. 1985. 128 с.
3. <http://htaqua.ru/catalog/72/>, [<http://www.ecosoft.ua/general/press-center/articles/1/>]
4. <http://www.gosthelp.ru/text/RD343752694Metodicheskieu.html>
5. <http://lib.znate.ru/docs/index-186327.html?page=9>
6. http://aqua-therm.ru/netcat_files/File/aquatherm/oznakom/Aqua-Magazi-ne.pdf; http://www.znaytovar.ru/gost/2/RD_343752694_Metodicheskie_uka.html
7. Гродзинский А. М., Головкин Э. А., Горобец С. А., Кострома Е. Ю., Крупа Л. И., Прутенская Н. И., Середюк Л. С., Юрчак Л. Д., Шроль Т. С. Экспериментальная аллелопатия. Киев: Наукова думка. 1987. 236 с.
8. Перышкина Н. Г., Александрова Ю. В., Хорошко Р. П., Дементьева М. А., Чугунова Л. Ф. // Сообщение VI. Субстраты непрерывной структуры // Агрохимия. 1975. № 9. С. 128–133.
9. Янчевская Т. Г. Оптимизация минерального питания растений. Минск: Беларуская навука, 2014. 486 с.
10. Казначеев А. В. Взаимное влияние ионов при многокомпонентном ионном обмене в системах, содержащих ароматические и гетероциклические аминокислоты // Дис. ... канд. хим. наук, спец. 02.00.04. / Научная библиотека дисс. и автореф. disserCat <http://www.dissercat.com/content/vzaimnoe-vliyanie-ionov-pri-mnogokomponentnom-ionnom-obmene-v-sistemakh-soderzhashchikh-aron#ixzz3rG33XA49>.
11. Перышкина Н. Г., Солдатов В. С. Способ получения ионообменных субстратов для выращивания растений. Авторское свидетельство № 211935. Заявлено 16.10.1965. Опубликовано 10.02.1968. Бюллетень № 8.

12. Перышкина Н. Г., Солдатов В. С., Хорошко Р. П. // Агрохимия. 1971. № 11. С. 103–113.

Т. Г. ЯНЧЕВСКАЯ, А. Л. ОЛЬШАНИКОВА, А. Н. ГРИЦ, Е. Н. ОЛЕШУК,
Е. Н. КАРАСЕВА, Т. Б. МАКАРОВА
**КОРНЕОБИТАЕМЫЕ СРЕДЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ
ДЛЯ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ**

Резюме

Изучены полная обменная емкость новых катионо- и анионообменников: сильнокислотные катиониты Purolite C-100 и Dowex monosphere 545C, слабо основной анионит Tulsion A2ХМП и сильноосновные аниониты Амберлайт IRA 402С1 и АВ-17–8, а также рН ионитов, полученных при переводе их из солевой в H^+ и OH^- формы.

Установлено, что из трех изучаемых анионитов (A2ХМП, IRA-402 и АВ-17–8) анионит A2ХМП наиболее приемлемый для создания субстратов, проявляющий высокое сродство связывания и удержания ионов NO_3^- и $H_2PO_4^-$ структурами ионита. Поглощение, удержание фосфора химическими связями в анионите A2ХМП зависит от присутствия ионов SO_4^{2-} в растворе насыщения. Чем выше концентрация последнего в насыщенном растворе, тем ниже накопление фосфора анионитом в связи с конкуренцией на заполнение пор ионами серы.

T. G. YANCHEVSKAYA, A. L. OLSHANIKOVA, A. N. GRITS,
E. N. OLESHUK, E. N. KARASEVA, T. V. MAKAROVA
**A NEW GENERATION ENVIRONMENT FOR ROOTS OF PLANTS
ON THE BASIS OF ION EXCHANGE RESINS**

Summary

The total exchange capacity of new cation and anion exchanger: strong cation Purolite P-100 and Dowex monosphere 545C, weakly alkaline A2HMP and strong alkaline Tulsion anionite anion exchanger Amberlait IRA 402C1 and AB-17–8, as well as pH treatment received when translated from salt in H^+ and OH^- forms was studied. Found that, of the three studied anion (A2HMP, IRA-402 and AB-17–8) anion exchanger A2HMP most acceptable to create substrates having high affinity binding and retention of ions NO_3^- and $H_2RO_4^-$ by ions structures. Absorption, retention of phosphorus chemical bonds in anionite A2HMP depends on the presence of SO_4^{2-} ions in solution are saturated. It was shown, that higher the concentration of the latter in working solution, the lower the phosphorus accumulation anion exchanger in connection with the competition to fill the pores of sulphur ions.

Поступила в редакцию 05.12.2016 г.

Флористические находки

УДК 582. 282 (476)

Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА¹, Т. Г. ШАБАШОВА¹, В. Б. ЗВЯГИНЦЕВ²
**НОВЫЙ ДЛЯ БЕЛАРУСИ РОД МИКРОМИЦЕТОВ
CYCLANEUSMA DICOSMO, PEREDO & MINTER**

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

²Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

Введение. Микромицеты являются неотъемлемой частью лесных биогеоценозов и представляют собой самую богатую по видовому составу и разнообразную по экологическим функциям группу грибов. Их видовое многообразие, специфические функциональные свойства позволяют им занимать самые различные экологические ниши. Одним из важнейших факторов, определяющих состояние древесных насаждений, являются фитопатогенные грибы, вызывающие заболевания листового аппарата. Наше исследование посвящено видовому разнообразию микромицетов, вызывающих заболевания хвои. Развиваясь в тканях хвои и вызывая дефолиацию, грибы в процессе своей жизнедеятельности становятся неотъемлемой частью эпифитных микробных сообществ филлосферы и входят в консорцию, формирующуюся вокруг дерева-инконсорта.

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектом исследования являлась микобиота филлосферы хвойных пород в условиях городских зеленых насаждений г. Минска. При документировании и обработке гербарных образцов использовались общепринятые методы [2, 9]. Идентификация микромицетов проводилась в соответствии с анатомо-морфологическими признаками по определителям R.W.G. Dennis, O. E. Eriksson, Д. К. Зерова [3, 6, 8]. При определении таксономического положения возбудителей использовалась система, опубликованная в Словаре грибов Айнсворта и Бисби [9].

Результаты и их обсуждение. При изучении микромицетов, развивающихся на хвое *Pinus sylvestris* и *P. mugo*, нами был выявлен дисккомицет, идентифицированный как *Cyclaneusma minus*. Это первая находка данного рода на территории Беларуси. Ниже приводится его описание.

Cyclaneusma minus (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter, Eur. J. For. Path. 13(4): 208 (1983). Basionym: *Naemacyclus minor* Butin, Eur. J. For. Path. 3(3): 160 (1973).

Position in classification: Marthamycetaceae, Helotiales, Leotiomycetidae, Leotiomycetes, Pezizomycotina, Ascomycota, Fungi.

Аскомата апотециального типа, субэпидермальная, эллиптической формы (рис. 1). Цвет апотециев изменяется с возрастом: незрелые формирующиеся плодовые тела коричневатые, с возрастом теряют окраску и становятся неотличимы от окружающих тканей хвои растения-хозяина. Апотеции очень мелкие, 0,1–0,7 (обычно 0,3–0,4) мм длиной и 0,2–0,25 мм шириной. При созревании апотеций раскрывается продольной щелью. Ча-

сто в месте развития апотеция отслаиваются лоскутами ткани хвой (кутикула и эпидермис), что особенно заметно при высокой влажности. Гимениальный слой желтоватый. Сумки унитарные, субцилиндрические, 90–120×8–12 мкм, 8-споровые, собраны в пучок. Аскоспоры нитевидные, без перегородок или с 1–2 перегородками, 65–95×2–3 мкм, бесцветные, гладкие, часто слегка изогнутые (рис. 2). Парафизы нитевидные, разветвленные на конце, без перегородок, прямые, бесцветные, гладкие.

Анаморфная стадия с пикнидиальными конидиомами, глубоко погруженными, округлыми, мелкими 0,1–0,2 мм диаметром, стенки пикнид образованы бесцветными псевдопаренхиматическими клетками. Конидии одноклеточные, 6–10 x 1 мкм, бесцветные, гладкие.

На сосне обыкновенной симптомы поражения встречаются на хвое разного возраста. Первые признаки проявляются в виде очень малых, слабо заметных зеленоватых пятен, которые сливаются, затем хвоя приобретает желтоватый оттенок, затем на ней проявляются коричневатые полосы. Постепенно хвоя становится ровного коричневатого оттенка. Пораженная хвоя опадает в течение нескольких месяцев после появления первых признаков.

Чаще всего, плодовые тела гриба формируются уже на опавшей хвое, но в некоторых случаях и на живой.



Рис. 1. Аскомы *Cyclaneusma minus* на хвое.

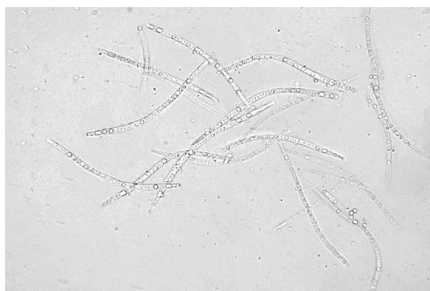


Рис. 2. Аскоспоры *Cyclaneusma minus*.

По литературным данным [1, 4, 5, 7, 10] *Cyclaneusma minus* является опасным патогеном хвойных пород, встречается в Европе (включая Польшу, Украину и страны Прибалтики), Северной Америке, в Сибири, а в южном полушарии – в Новой Зеландии. Вызывает болезнь типа шютте.

На плантациях *Pinus sylvestris* в Висконсине, США, ущерб от дефолиации, вызванной поражением *Cyclaneusma*, уменьшил ценность урожая на 26% [10]. В Новой Зеландии на плантациях сосны эпифитотия *C. minus* в течение 6 лет привела 50%-й потере в приращении диаметра ствола у *Pinus radiata* [5].

В тоже время, выявленные нами случаи развития *C. minus* не оказывали существенного влияния на состояние растения-хозяина, развитие плодовых тел происходило на опавшей и старовозрастной хвое, дефолиации не наблюдалось.

В связи с этим можно предположить, что данный вид встречается на территории Беларуси в своем естественном ареале, однако до настоящего времени не привлекал внимания исследователей, т. к. является в условиях страны минорным патогеном, развивающимся преимущественно на старовозрастной хвое и не наносящим значительного ущерба сосне.

Заключение. Аскомицет *C. minus* был обнаружен на живой и опавшей хвое сосны обыкновенной и сосны горной в зеленых насаждениях г. Минска. Идентификация данного гриба представляет безусловный интерес для изучения биоразнообразия микобиоты Беларуси. Значительного влияния на состояние растения-хозяина развитие *C. minus* не оказывало.

Литература

1. Беломесяцева Д. Б., Гапиенко О. С., Звягинцев В. Б., Жданович С. А. // Ботаника (исследования): Сборник науч. трудов / Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купчевича НАН Беларуси. Минск: Институт радиологии, 2013. Вып. 42. С. 87–98.
2. Билай В. И. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наук. думка, 1982. 551 с.
3. Визначник грибів України: В 5-и т. / С. Ф. Морочковский, З. Г. Лавіцька, М. Я. Зерова, М. Ф. Сміцька и др.; Под ред. Д. К. Зерова. Київ: Наук. думка, 1969. Т. 2: Аскомицеты. 516 с.
4. Гродницкая И. Д., Кузнецова Г. В. // Хвойные boreальной зоны. 2012. Т. 30, № 1–2. С. 55–60.
5. Bulman L. S. Incidence and severity of *Cyclaneusma* needle-cast in fifteen *Pinus radiata* plantations in New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 1988. № 18(1). P. 92–100.
6. Dennis R. W. G. *British Ascomycetes*. Vaduz: Cramer, 1978. 603 p.
7. Giordano L., Gonthier P. An outbreak of *Cyclaneusma minus* needle cast on Swiss mountain pine (*Pinus uncinata*) in Italy. *Journal of Plant Pathology*, 2011. № 93. S. 74 [<http://sipav.org/main/jpp/index.php/jpp/issue/view/118>].
8. Eriksson O. E., Hawksworth D. L. // *Syst. Ascomycetum*. Lund, 1993. Vol. 12. P. 51–277.
9. Kirk P. M., Cannon P. F., Minter D. W., Stalpers J. A. et al. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. CAB International, 2008. 771 p.

10. Ostry M. E., Nicholls T. H., Carlson J. C., Adams G. C. *Cyclaneusma* needle-cast in Scots pine Christmas tree plantations in the Lake States // Recent Research on Foliage Diseases, Conference Proceedings. Carlisle, Pennsylvania, Washington: U. S. Dept. of Agriculture, Forest Service, 1990. P. 19–21.

Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА, Т. Г. ШАБАШОВА, В. Б. ЗВЯГИНЦЕВ
НОВЫЙ ДЛЯ БЕЛАРУСИ РОД МИКРОМИЦЕТОВ
***CYCLANEUSMA DICOSMO*, PEREDO & MINTER**

Резюме

При изучении микромицетов, развивающихся на хвое *Pinus sylvestris* и *P. mugo*, нами был выявлен дискомицет, идентифицированный как *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter. Это первая находка данного рода на территории Беларуси и представляет безусловный интерес для изучения биоразнообразия микобиоты. Установлено, что значительного влияния на состояние растения-хозяина развитие *C. minus* не оказывало.

D. B. BELOMESYATSEVA, T. G. SHABASHOVA, V. B. ZVYAGINTSEV
THE GENUS OF MICROMYCETES *CYCLANEUSMA DICOSMO*,
PEREDO & MINTER, NEW FOR BELARUS

Summary

A discomycete identified as *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter was revealed when investigating of the micromycetes developing on needles of *Pinus sylvestris* and *P. mugo* were conducted. It is the first find of *Cyclaneusma* genus in the territory of Belarus and the species is of some interest for studying of the biodiversity of mycobiota. It was established that development of *C. minus* did not exert the considerable impact on pine trees.

Поступила в редакцию 24.11.2016 г.

Д. К. ГАРБАРУК, А. В. УГЛЯНЕЦ
НАХОДКИ *ASPLENIUM TRICHOMANES* L. И *POLYPODIUM VULGARE* L. В ПОЛЕССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение
«Полесский государственный радиационно-экологический заповедник»,
пос. Бабчин Хойникского р-на, Гомельской области, Беларусь

Введение. В Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике (далее заповедник), созданном в белорусском секторе зоны отчуждения Чернобыльской АЭС, благодаря минимальному антропогенному воздействию на природные комплексы происходит восстановление естественного растительного покрова, в составе которого появляются и выявляются новые виды флоры, в том числе редкие и охраняемые. Так, в 2016 году были выявлены местонахождения двух видов папоротников – *Asplenium trichomanes* L. (костенец волосовидный) и *Polypodium vulgare* L. (многоножка обыкновенная).

Asplenium trichomanes L. – многолетний папоротник 5–12 (17) см высотой. Растет в трещинах скал, на старых полуразрушенных каменных строениях. Кальциефил. Распространен в умеренном климате по всему земному шару – в Евразии, Африке, Северной и Южной Америке, Австралии. В европейской части России встречается в Карело-Мурманском, Ладожско-Ильменском, Верхне-Днепровском флористических районах, в Крыму, на Северном Кавказе, на Алтае [1, 2]. В Беларуси известны два местонахождения этого вида – г. Брест и д. Убортская Рудня Лельчицкого района Гомельской области [2].

Asplenium trichomanes L. был внесен в список видов профилактической охраны 3-го и 4-го изданий Красной книги Республики Беларусь. В Списке видов профилактической охраны 4-го издания он имеет статус очень редкого «пограничного» скального, недостаточно изученного вида (DD) [3]. *Asplenium trichomanes* L. охраняется в Латвии и Литве [3], в штате Миннесота (США) находится под угрозой исчезновения, в штате Нью-Йорк является уязвимым видом [1].

Polypodium vulgare L. – многолетний папоротник высотой 20–40 (46) см. Распространен в Европе, на Урале, Кавказе, в Средней, Западной и Центральной Азии, Западной Сибири, Северной Америке. Растет по верхнему краю склонов, в долинах рек и котловинах озер, на песчаных и супесчаных грунтовых обнажениях, в смешанных, сосново-еловых и широколиственных лесах, где поселяется на пнях, поваленных стволах деревьев, замшелых валунах. В Беларуси довольно часто встречается на западе Гродненской, реже – Брестской областей. На остальной территории страны он редок [2].

Polypodium vulgare L. включен в Красную книгу Республики Беларусь. Имеет IV категорию национальной природоохранной значимости,

соответствующей категории NT (потенциально уязвимый вид) МСОП. Внесен в Красные книги Польши, Житомирской области Украины, Псковской области России [3]. Во флоре заповедника этот вид впервые был зарегистрирован в 2012 году, где выявлено четыре его местонахождения.

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектами изучения явились ценопопуляции двух видов папоротников (*Polypodium vulgare* L. и *Asplenium trichomanes* L.), включенных в Красную книгу Республики Беларусь и в ее приложение, найденные на территории заповедника маршрутно-поисковым методом.

Места обнаружения этих видов фиксировались при помощи GPS приемников и отмечались на картографических материалах лесоустройства. При детальном обследовании ценопопуляций папоротников производилось описание условий их произрастания (местоположение, рельеф, почва, или грунт, экспозиция, уклон, растительный покров по ярусам). Определялось распространение растений каждого из этих видов на участке, размеры и площадь ценопопуляций, их количественные характеристики. Глазомерно оценивалось состояние папоротников, выявлялись влияющие на них факторы окружающей среды.

Номенклатура таксонов принята по [2].

Результаты и их обсуждение. Микропопуляция *Asplenium trichomanes* L. была обнаружена авторами 21.06.2016 г., обследована 14.07.2016 г. Это первая находка данного вида в заповеднике и третья в Беларуси [2].

Местонахождение микропопуляции *Asplenium trichomanes* L. – откос полотна дороги с асфальтобетонным покрытием в лесном массиве Воротецкого лесничества в квартале 29, выделе 9 (Хойникский район). Данная внутрихозяйственная дорога юго-восточного направления была построена в 70-е годы прошлого века для обеспечения функционирования свиноводческого комплекса, расположенного в 3 км южнее д. Бабчин.

Местоположение участка несколько повышенное. Рельеф волнистый, осложненный невысокими дюнами и частыми мелкими буграми олового происхождения, образованными, предположительно, в 20-е годы прошлого столетия, когда использовавшиеся в сельскохозяйственном производстве земли из-за низкого плодородия были заброшены и подвергались ветровой эрозии. Затем они постепенно заросли сосной. Современная характеристика насаждения: сосняк вересковый, состав древостоя – 10С+Б, возраст – 87 лет, средняя высота – 22,4 м, средний диаметр – 30,9 см, полнота – 0,9, бонитет – II, стволовый запас – 327 м³/га, густота стояния деревьев – 453 шт./га.

Высота дорожного полотна на участке произрастания *Asplenium trichomanes* L. – 1–1,2 м, протяженность откоса – 1,7–2,0 м, уклон откоса – около 60%. Экспозиция откоса северо-западная. После аварии на Чернобыльской АЭС дорога в течение 30 лет не обслуживается. Движение по ней практически отсутствует.

Микропопуляция *Asplenium trichomanes* L. локализована в верхней метровой части откоса дорожного полотна на протяжении 10 м. В месте ее локализации уклон откоса составляет 67–71%. Грунт рыхлопесчаный.

Откос подвергается водной эрозии (плоскостной смыв), особенно в местах перемещения по нему диких копытных животных.

Обочина дороги и верхняя часть откоса дорожного полотна покрыты сосной высотой 10–16 м в возрасте до 30 лет. Изредка встречается осина высотой до 8 м. В пределах микропопуляции *Asplenium trichomanes* L. произрастает мелкий (средняя высота 63,3 см) угнетенный подрост осины густотой 11 тыс. шт./га, в подлеске – мелкая крушина ломкая (22,8 см, 5 тыс. шт./га) и угнетенный в результате поедания животными ракитник русский – (45,0 см, 16 тыс. шт./га). В составе живого напочвенного покрова изредка встречаются золотарник обыкновенный, ястребинки нитевиднолистная и зонтичная, злаки, дикранум многоножковый, мох Шребера. Проективное покрытие травами не превышает 10%, мхом Шребера – 20–25%, дикранумом многоножковым – менее 1%.

Площадь микропопуляции *Asplenium trichomanes* L. составляет 10 м², численность – 35 экземпляров, плотность – 3,5 растения на 1 м². Минимальная высота растений – 4 см, максимальная – 20 см, средняя – 11,0±0,66 см. Точность определения средней высоты – 6,0%, среднеквадратическое отклонение – 3,92. Коэффициент вариации – 35,6%. Более крупные экземпляры спороносят. С северо-запада к ней примыкает описанный выше сосняк вересковый. Экспозиция откоса и древесная растительность обеспечивают затенение растений *Asplenium trichomanes* L. Конкуренция со стороны травяно-мохового покрова отсутствует. По визуальной оценке повреждений черешков и листовых пластинок *Asplenium trichomanes* L. не установлено, растения являются вполне жизнеспособными. При этом отмечено негативное влияние на них атмосферной и почвенной засух. Из-за дефицита почвенной влаги наблюдается ухудшение их состояния. По состоянию на 14.07.2016 года у более мелких растений *Asplenium trichomanes* L. наблюдалось засыхание листьев.

Первая микропопуляция *Polypodium vulgare* L. выявлена 21.06.2016 г. (Гарбарук Д. К.) на том же откосе плотна автодороги в 10 м юго-восточнее микропопуляции *Asplenium trichomanes* L. Обследована 14.07.2016 г.

Откос полотна автодороги в месте произрастания *Polypodium vulgare* L. достаточно крутой (уклон составляет 62–81%) и подвержен плоскостному смыву. Грунт обнажен как водной эрозией, так и животными.

На обочине дороги характеристика древостоя такая же, как и в месте произрастания *Asplenium trichomanes* L. В пределах микропопуляции *Polypodium vulgare* L. встречается одна угнетенная осина диаметром 7 см и высотой 11 м, в подросте – мелкая осина (3 шт.) средней высотой 21,5 см, в подлеске – ракитник русский высотой 15,0 см (1 шт.). Живой напочвенный покров представлен редкими растениями зверобой продырявленного и ястребинки зонтичной. Проективное покрытие мхом Шребера составляет 15–20%, дикранумом многоножковым – менее 1%.

Размеры микропопуляции *Polypodium vulgare* L. – 7х1 м, площадь – 7 м². Количество растений – 7 шт., плотность – 1 растение на 1 м², средняя высота – 10 см, минимальная – 4 см, максимальная – 28 см. У мелких эк-

земляков *Polypodium vulgare* L. по состоянию на 14.07.2016 г. наблюдалось засыхание листьев.

Вторая микропопуляция *Polypodium vulgare* L. обнаружена 30.06.2016 г. (Гарбарук Д. К.) в 100 м западнее указанной дороги в выделе 9 квартала 29 Воротецкого лесничества заповедника в сосняке вересковым, описанном выше. Обследована 14.07.2016 г. Почва песчаная дерново-подзолистая, слабоподзоленная слабогумусированная. Мощность гумусового горизонта – 3 см. Тип условия местопроизрастания – А₁₋₂. Подрост и подлесок отсутствуют. Проективное покрытие мхами составляет 100 %.

Микропопуляция *Polypodium vulgare* L. располагается у поваленного разлагающегося ствола сосны обыкновенной. Размер микропопуляции 2,0х1,7 м, площадь – 3,4 м². Максимальная высота растений – 26 см. В центре микропопуляции мхи вытесняются этим папоротником. Ближе к периметру с менее плотным расположением особей *Polypodium vulgare* L. мох Шребера и дикранум многожковый встречаются в соотношении 9:1, за ее пределами – 3:2. Там же единично встречается марьяник лесной.

Микропопуляция *Polypodium vulgare* L. молодая, расширяющаяся. Состояние ее хорошее. Признаков повреждений, болезней, усыхания не отмечено.

Заключение. Для территории заповедника выявлен новый вид папоротника *Asplenium trichomanes* L. и два новых местонахождения включенного в Красную книгу Республики Беларусь папоротника *Polypodium vulgare* L. Полагаем, что в заповеднике в дальнейшем могут быть выявлены новые ценопопуляции *Polypodium vulgare* L. в соответствующих условиях произрастания. *Asplenium trichomanes* L. может быть найден в схожих с описанным местах произрастания, а также на разрушающихся заброшенных каменных строениях. Полученные результаты исследований важны для расширения списка редкой и охраняемой флоры данной природной территории и уточняют общий ареал распространения указанных видов в Полесском регионе и Беларуси в целом.

Литература

1. Костенец волосовидный – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. – Дата доступа – 19.07.2016.

2. Флора Беларуси. Сосудистые растения. В 6 т. Т. 1. Lycopodiophyta. Equisetophyta. Polypodiophyta. Ginkgophyta. Pinophyta. Gnetophyta / Р. Ю. Блажевич [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперимент. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск: Беларус. навука, 2009. 199 с., [32] л. цв. ил.

3. 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. Энцикл. імя П. Броўкі, 2015. 448 с.: ил.

Д. К. ГАРБАРУК, А. В. УГЛЯНЕЦ
**НАХОДКИ *ASPLENIUM TRICHOMANES* L.
И *POLYPODIUM VULGARE* L. В ПОЛЕССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ**

Резюме

На территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника впервые выявлены редкий для Беларуси папоротник *Asplenium trichomanes* L., а также два местонахождения папоротника *Polypodium vulgare* L., включенного в Красную книгу Республики Беларусь.

D. K. GARBARUK, A. V. UHLIANETS
**FINDINGS OF *ASPLENIUM TRICHOMANES* L.
AND *POLYPODIUM VULGARE* L. IN POLESYE STATE
RADIATION-ECOLOGICAL RESERVE**

Summary

A new fern species *Asplenium trichomanes* L., rare for the territory of Belarus, has been first discovered on the territory of Polesye State Radiation-Ecological Reserve, along with two growing sites of the fern *Polypodium vulgare* L., listed in the Red Book of the Republic of Belarus.

Поступила в редакцию 26.09.2016 г.

Д. В. ДУБОВИК, С. С. САВЧУК, А. Н. СКУРАТОВИЧ, В. Н. ЛЕБЕДЬКО
**НАХОДКИ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ
АБОРИГЕННЫХ И АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ
СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В БЕЛАРУСИ**

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

Введение. В данной публикации мы продолжаем обобщать результаты полевых флористических исследований авторов за последние годы. Также нами приведены результаты критического изучения коллекций Гербария Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK). Отмечены местонахождения некоторых редких и охраняемых видов растений в пределах республики и представлены данные о новых для Беларуси таксонах, относящихся к аборигенным, культивируемым и заносным растениям. Такие публикации необходимы для подготовки многотомного издания «Флора Беларуси», а информация актуальна для широкого круга ботаников, анализирующих распространение видов растений в республике и за ее пределами. Некоторые новые местонахождения видов приведены для относительно слабо изученных во флористическом отношении административных районов республики, на что авторы в последние годы обращают особое внимание.

Материалы (объекты) и методы исследования. Исследования проводились традиционным маршрутным флористическим методом. Перечень видов дается в соответствии с Определителем [1]. Названия таксонов приняты согласно постоянно обновляемым базам данных по номенклатуре растений «Tropicos» [2] и «The Plant List» [3]. Все гербарные сборы приведенных в статье видов хранятся в Гербарии ИЭБ им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (MSK); за редким исключением небольшое количество видов приведено на основании личных наблюдений авторов в природе и культуре.

Результаты и их обсуждение. Ниже приводятся конкретные местонахождения редких в республике видов с краткой аннотацией и критическими замечаниями к ним, если это необходимо.

Huperzia selago (L.) Bernh. ex Schrank et Mart.—Стародорожский р-н, окр. д. Застаричье, 1–1,4 км к СЗ и СВ, елово-широколиственные сырые леса, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 14.06.2016. Совместно с данным видам отмечены: *Phyteuma spicatum* L., *Circaea lutetiana* L., *Neottia nidus-avis* (L.) L.C.M. Richard. Лепельский р-н, окр. д. Заньки, 2 км к В, ельник мшисто-кисличный, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 26.08.2016.

Equisetum variegatum Schleich. ex F. Web. et Mohr—Поставский р-н, окр. д. Даневцы, 0, 5 км к З, песчано-гравийный карьер, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Крученок, 12.09.2016. Совместно с данным видом отмечены: *Epilobium tetragonum* L., *Cyperus fuscus* L., *Limosella aquatica* L., *Eragrostis albensis* H. Scholz, *Corispermum pallasii* Stev.

Polypodium vulgare L. – Ушачский р-н, окр. д. Матырино, 0,8 км к СЗ, у Ю окраины оз. Матырино, в сосняке мшистом по высокому коренному берегу р. Альзеница, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 23.08.2016; Полоцкий р-н, окр. д. Вороницы, 1,7 км к С, ельник кисличный, у лесной дороги, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Скуратович, 26.08.2016.

Botrychium multifidum (S.G. Gmel.) Rupr. – Докшицкий р-н, окр. д. Зальховье, 2,4 км к СВ, в субори черничной у лесной дороги, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, С. Савчук, 21.06.2016. Совместно с этим видом собраны *Thesium ebracteatum* Hayne, *Pulsatilla patens*.

Ginkgo biloba L. – Волковысский р-н, д. Верейки, в декоративных посадках у костела, Д. Дубовик, А. Скуратович, 09.09.2016. У костела также отмечены другие редкие интродуцированные виды: *Gleditsia triacanthos* L., *Larix kaempferi* (Lamb.) Carr. cv. *Diana*, *Catalpa ovata* G. Don, *Acer pseudoplatanus* L. cv. *Nizetii*, *Hibiscus syriacus* L., *Magnolia* x *loebneri* Kache, *Clematis heracleifolia* DC., *Acer japonicum* Thunb., *A. tataricum* L., *A. tegmentosum* (Maxim.) Maxim., *A. campestre* L., *Tsuga canadensis* (L.) Carr., *Cotinus coggygia* Scop., *Paeonia suffruticosa* Andrews, *Crataegus monogyna* Jacq. cv. *Variiegata*, *Pinus mugo* Turra, *Betula pendula* Roth cv. *Yungii*, *Weigela* x *hybrida* Jaeg., *Prunus serrulata* var. *lannesiana* (Carrière) Makino cv. *Royal Burgundy*, *Abies koreana* Wils., *Liliodendron tulipifera* L., *Metasequoia glyptostroboides* H. H. Hu et W. C. Cheng., *Lavandula angustifolia* Mill.

Asarum splendens (F. Maek.) C. Y. Cheng et C. S. Yang – Минский р-н, окр. д. Петришки, выращивается на дачных участках, Д. Дубовик, 2016. Как декоративное растение отмечен в г. Гомеле (2012 г.).

Berberis thunbergii DC. – Лидский р-н, д. Горни, в старом парке, дичает, дает обильный самосев, Д. Дубовик, 24.05.2016. В парке также отмечены: *Juglans mandshurica* Maxim. (высота сеянцев до 3 м), *Padus serotina* (Ehrh.) Borkh., *P. virginiana* (L.) Mill., *Ligustrum vulgare* L., *Swida alba*, *Celastrus orbiculatus* Thunb.

Anemone sylvestris L. – Поставский р-н, окр. д. Жигуны, 1,4 км к ЗЮЗ, на опушке сосняка мшистого с березой, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Крученок, 12.09.2016.

Pulsatilla x *juzepczukii* Tzvel. – Дятловский р-н, окр. д. Сверплевицы, 2,6 км к ЗСЗ, по доне на опушке сосняка мшистого с можжевельником у шоссе, нередко, Д. Дубовик, В. Лебедько, С. Савчук, 15.04.2016. Весьма активный гибридный таксон, который по нашим наблюдениям в последние десятилетия вытесняет родительские виды в результате возвратных скрещиваний в смешанных популяциях, иногда он абсолютно доминирует.

Pulsatilla patens (L.) Mill. – Березовский р-н, окр. д. Соколово, 1 км к С, на опушке сосняка мшистого у шоссе, редко, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 03.05.2016. Совместно с данным видом найден *Thesium ebracteatum* Hayne. Как одичавшие отмечены: *Sorbaronia* x *mitschurinii* (A. Skvorts. et Maitul.) Sennikov, *Ligustrum vulgare* L. В Брестской области прострел раскрытый встречается очень редко. Это первое достоверное местонахождение вида в районе. Брестский р-н, окр. д. М. Зво-

ды, 1 км к З, сосняк мшистый с примесью дуба, на возвышениях, В. Лебедько, С. Савчук, 15.07.2015. Слуцкий р-н, окр. д. Поликарповка, у В окраины, опушка сосняка мшистого, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 14.06.2016. Совместно отмечены: *Lupinaster pentaphyllus* Moench, *Astragalus danicus* Retz., *A. arenarius* L., *Arnica montana* L., *Anthericum ramosum* L., *Koeleria mollis* W. Mann ex Opiz, *Veronica paczoskiana* Klok., *Pulmonaria angustifolia* L., *Rosa sherardii* Davies, *Thesium ebracteatum* Наупе. Ушачский р-н, окр. д. Заозерье, 1,5 км к ЮВ, в сосняке мшистом у дороги, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 23.06.2016; Ушачский р-н, окр. д. Заозерье, 1,8 км к СВ, у З берега оз. Тартак, сосняк мшистый, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 23.06.2016; Ушачский р-н, окр. д. Гута, 0,8 км к ЮВ, у З берега оз. Должина, сосняк мшистый, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 24.06.2016; Ушачский р-н, окр. д. Ровбы, 1,3 км к ЮЗ, сосняк мшистый (растет совместно с *Pyrola chlorantha* Sw., *Koeleria mollis* W. Mann ex Opiz), Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, В. Лебедько, 23.08.2016.

Ranunculus reptans L. – Полоцкий р-н, окр. д. Навлица, 1,4 км к В, по мелководью оз. Навлицкое, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 24.08.2016. В мелиоративном канале, впадающем в озеро, здесь же найдена также *Zizania palustris* L.

Corydalis cheilanthisifolia Hemsl. – Гомельский р-н, г. Гомель, выращивается в качестве декоративного растения у жилья, Д. Дубовик, 2012 (наблюдение). В г. Гомеле с 2012 г. отмечены в культуре также у цветоводов-любителей *C. curviflora* Maxim. ex Hemsl., *C. flexuosa* Franch., *C. temulifolia* Franch., *C. lutea* (L.) DC. Последний вид также встречается в г. Гродно, а *C. flexuosa* и в окр. г. Минск, г. Барановичи. С учетом того, что семена хохлаток легко разносятся муравьями, можно ожидать в ближайшем будущем их появление вблизи мест культивации. Также ожидается и расширение культигенного ареала этих видов.

Ulmus x hollandica Mill. – Гомельский р-н, г. Гомель, выращивается как декоративное растение, Д. Дубовик, 2015 (наблюдение). Данный гибрид пока еще редок в культуре. В г. Гомеле культивируют и другие редкие виды: *Quercus suber* L., *Lewisia cotyledon* (S. Wats.) B. L. Rob., *Arenaria tetraquetra* L., *Viscaria alpina* (L.) Don, *Bistorta amplexicaulis* (D. Don) Greene, *Persicaria filiformis* (Thunb.) Nakai, *P. microcephala* (D. Don) H. Gross, *P. virginiana* (L.) Gaertner, *Fothergilla gardenii* L., *Hypericum x hydrotense* Hill. ex Geerinck, *Enkianthus campanulatus* (Miq.) G. Nicholson, *Pieris japonica* (Thunb.) D. Don ex G. Don, *Dodecateon meadia* L., *Lysimachia cletroides* Duby, *Euphorbia amygdaloides* L., *Euphorbia x martinii* Rouy, *Hydrangea sargentiana* Rehd., *Crassula setulosa* Harv., *Astilbe simplicifolia* Makino, *Potentilla tridentata* Sol., *Eryngium giganteum* M. Bieb., *Symphoricarpos x doerenbosii* Krüssm., *Viburnum plicatum* Thunb., *Amsonia tabernaemontana* Walter, *Gentiana septemfida* Pall., *Houstonia serpyllifolia* Michx., *Symphytum x hidrotense* P. D. Sell, *Salvia argentea* L., *Campanula takesimana* Nakai.

Dicentra peregrina (Rudolph) Makino x *D. eximia* (Ker Gawl.) Torr. – Столинский р-н, п. Речица, в культуре, редко, 2013 (наблюдение). Этот

гибрид, полученный в культуре, появился в последние годы. Выращивается преимущественно культивар 'Burning Hearts'.

Papaver bracteatum Lindl. – Горецкий р-н, г. Горки, выращивается как декоративное растение, Д. Дубовик, 2008. Указывается впервые для флоры Беларуси. Из секции *Macrantha* Elkan. в республике нередко выращивается и дичает *P. pseudoorientale* (Fedde) Medw., а также редко *P. orientale* L. (преимущественно его махровая форма). Встречаются также гибриды – *P. pseudoorientale* x *P. orientale*.

Castanea sativa Mill. – Краснопольский р-н, д. Брылевка, дендросад «Иванов хутор», выращивается как декоративное растение, несколько экземпляров высоты около 2 м, Д. Дубовик, 28.09.2016.

Совместно с данным видом отмечены: *Microbiota decussata* Kom., *Aesculus* x *carnea* Hayne, *Aralia mandschurica* Rupr. et Maxim. (дает самосев).

Agrostemma githago L. – Лепельский р-н, д. Забоенье, выращивается как декоративное растение, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 21.06.2016. Данный сорный вид практически исчез из состава флоры Беларуси, хотя был ещё обычен на полях в первой половине XX-го века. В последние годы он регистрировался лишь в Брестском р-не (MSK). Сейчас вид редко выращивается как декоративное растение.

Arenaria tetraquetra L. – Гомельский р-н, г. Гомель, выращивается как декоративное растение, Д. Дубовик, 2012 (наблюдение).

Gypsophila paniculata L. – Свислочский р-н, д. Стасютичи, пустоши на опушках сосняков, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 09.07.2016.

Saponaria x olivana Wocke – Смолевичский р-н, п. Сокол, выращивается как декоративное растение, Д. Дубовик, 2015 (наблюдение).

Здесь же в качестве других декоративных растений отмечены и другие очень редкие пока в Беларуси виды: *Petrorhagia saxifraga* (L.) Link, *Paronychia serpyllifolia* (Chaix) DC., *Arenaria grandiflora* L., *Lewisia nevadensis* (A. Gray) B. L. Rob., *Lewisia pygmaea* (A. Gray) B. L. Rob., *Glaucidium palmatum* Siebold et Zucc., *Thalictrum delavayi* Franch., *Trollius chinensis* Bunge, *T. laxus* Salisb., *Papaver alpinum* L., *Sanguinaria canadensis* L., *Silene pusilla* Waldst. et Kit., *Aethionema rotundifolium* (C. A. Mey.) Boiss., *Arabis* x *suendermannii* Kellerer ex Sünd., *Draba bryoides* DC., *Draba* x *suendermannii* hort., *Thlaspi stylosum* (Ten.) Mutel., *Salix arbuscula* L., *S. helvetica* Vill., *Erica tetralix* L., *Androsace darvasica* Ovcz., *Androsace vitaliana* (L.) Lapeyr., *Primula bulleyana* Forrest, *P. marginata* Curtis, *Orostachys spinosa* (L.) C. A. Mey., *Saxifraga cotyledon* L., *S. crustata* Vest, *Oxalis adenophylla* Gillies ex Hook. et Arn., *Geranium cinereum* Cav., *Pentstemon davidsonii* Greene, *P. hirsutus* (L.) Wild., *Edraianthus horvatii* Lakušić, *Phyteuma scheuchzeri* All., *Achillea umbellata* Sm., *Tanacetum haradjanii* (Rech.f.) Grierson, *Carex grayi* J. Carey, *Cyrtomium falcatum* (L. f.) C. Presl, *Polystichum setiferum* (Forssk.) Moore ex Woyn., *Adiantum pedatum* L.

Reynoutria sachalinensis (Fr. Schmidt. ex Maxim.) Nakai – Дятловский р-н, д. Накрышки, дичает в старом парке, часто, Д. Дубовик, С. Савчук,

В. Лебедько, 15.04.2016. Это инвазионное растение здесь было высажено в начале XX-го века и очень хорошо натурализовался. В парке также дичает *Scilla siberica* Haw. Нами отмечены розовоцветковая и белоцветковая формы *Viola odorata* L.

Hypericum humifusum L. – Свислочский р-н, окр. д. Горкавшина, 0,2 км к ЮВ, сырые почвенные обнажения у грунтовой дороги, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 07.07.2016.

Blitum virgatum L. – Стародорожский р-н, д. Языль, выращивается у жилья, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 15.06.2016. Совместно с этим видом собрана *Commelina tuberosa* L.

Viola hirta L. – Чаусский р-н, окр. д. Дубасник, 0, 3 км к В, по склону оврага в дубраве ландышевой, нередко, Д. Дубовик, В. Лебедько, С. Савчук, А. Скуратович. Совместно с этим видом отмечены: *Trifolium alpestre* L., *Laserpitium prutenicum* L., *Vicia cassubica* L., *Lathyrus niger* (L.) Bernh., *Digitalis grandiflora* Mill.

Cardamine hirsuta L. – Минский р-н, окр. д. Петришки, 1,7 км к В, сорное на дачных участках, редко, Д. Дубовик, 21.08.2016. Распространяется в последние годы с посадочным материалом.

Lunaria rediviva L. – Ушачский р-н, окр. д. Заозерье, 1,8 км к СВ, у 3 берега оз. Тартак, ельник кисличный с ключевинами по склону котловины озера, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 23.06.2016.

Совместно с этим видом найдены: *Huperzia selago*, *Phyteuma spicatum*, *Listera ovata* (L.) R. Вг.

Sedum album L. – Кобринский р-н, д. Дивин, по пустошам у лесничества, дичает, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 05.05.2016.

Crataegus flabellata (Bosc ex Spach) K. Koch – Полоцкий р-н, окр. д. Вороницы, 1 км к С, ельник кисличный, дичает из дачных участков, один небольшой куст, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 26.08.2016.

Poterium sanguisorba L. – Мядельский р-н, окр. д. Теляки, 0, 5 км к С, низкотравная луговина у грунтовой дороги, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Крученко, 12.09.2016.

Rosa rugosa Thunb. – Слуцкий р-н, окр. д. Адамово, 0,8 км к СЗ, по вырубке, на площади около 40 га почти монодоминантные заросли, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 14.06.2016. Вид был высажен в 2005 г. и в настоящее время успешно натурализовался, местами образует сплошные монодоминантные заросли и обладает ярко выраженным инвазионным потенциалом, разносится на сопредельные территории.

Rubus hirtus Waldst. et Kit. – Дзержинский р-н, окр. д. Скородное, 2,5 км к СЗ, в сосняке мшистом у придорожного кафе, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, 22.09.2016.

Rubus illecebrosus Focke – Лепельский р-н, окр. д. Новоселки, 1,6 км к СЗ, у В берега оз. Сверхно, в обсадке клумбы у базы отдыха, часто, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 21.06.2016; Полоцкий р-н, д. Косари, на дачных участках, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович,

С. Савчук, 26.08.2016. Данный вид стал особенно популярен в культуре в последние годы, активно разводится дачниками, реализуется на рынках.

Rubus plicatus – Свислочский р-н, д. Боровики, на опушке сосняка мшистого, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 10.07.2016; Каменецкий р-н, окр. д. Зановины, 0,5 км к З, пустошь с сосной, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 11.08.2016; Каменецкий р-н, д. Волкоставец, пустошь с сосной, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 11.08.2016 (наблюдение).

Lathyrus laevigatus (Waldst. et Kit.) Gren. – Ушачский р-н, окр. д. Волчо, у В окраины, елово-широколиственный лес по склону коренного берега р. Крошенка, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 22.06.2016; Полоцкий р-н, окр. д. Вороницы, 1 км к С, ельник кисличный, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 26.08.2016.

Trifolium alpestre L. – Полоцкий р-н, окр. д. Двор Солоневичи, 0,4 км к З, у оз. Белонок, опушка сосняка с березой мшисто-орлякового, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 24.08.2016. В Витебской области встречается крайне редко и произрастает здесь на северной границе ареала. Совместно с ним здесь же были обнаружены и другие редкие виды: *Pulmonaria angustifolia* L., *Primula veris* L., *Viola collina* Bess., *Carex montana* L.

Trifolium dubium Sibth. – Поставский р-н, окр. д. Лапуны, у Ю окраины, сыроватая проселочная дорога, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Крученок, 12.09.2016.

Trifolium fragiferum L. – Лепельский р-н, окр. г. Лепель, у В окраины, сырые места с обнаженной почвой у места складирования песчано-соляной смеси, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 23.08.2016.

Acer ginnala (Maxim.) Maxim. – Осиповичский р-н, окр. д. Слопище, 1, 3 км к ВЮВ, левобережье р. Птичь, у дороги в сосняке мшисто-орляковым у лесной дороги, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 16.06.2016. Интересен факт находки вида вдалеке от жилья и его посадок. Также здесь найдены у дороги *Caragana arborescens* Lam. и *Spiraea salicifolia* L. s. l.

Xanthoxalis repens (Thunb.) Moldenke – Ганцевичский р-н, г. Ганцевичи, на клумбе у гостиницы, редко, Д. Дубовик, 29.06.2016.

Geranium phaeum L. – Дятловский р-н, д. Жуковщина, дичает в старом парке, часто, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 15.04.2016. Данный вид долгое время считался аборигенным для флоры Беларуси, однако большинство его местонахождений (даже в Беловежской пуще) синантропно-го происхождения. Он очень популярен в ботанических садах и парках Польши откуда, вероятно, попал и в парки Беларуси, а затем натурализовался на прилегающих территориях.

Swida alba (L.) Oriz – Несвижский р-н, окр. д. Красногорки, 0,4 км к ЗЮЗ, пойма р. Уша, у моста через реку, обильна по открытым участкам и среди кустарников, высота растений до 2,2 м, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 13.04.2016; Барановичский р-н, окр. д. Нижн. Черни-

хово, у С окраины, пойма ручья, у моста через реку, часто по открытым участкам и среди кустарников, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 13.04.2016; Барановичский р-н: окр. г. Барановичи, 4 км к С, по осушенному торфянику, очень часто, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 03.05.2016; Барановичский р-н, окр. д. Нов. Мышь, у С окраины, закустаренный луг у мелиоративного канала, часто, Д. Дубовик, А. Скуратович, 08.09.2016. Данный вид стал активно распространяться в пойменных фитоценозах относительно недавно (на протяжении последних 10–15 лет), но очень стремительно за последние годы. Так же очень обилён по осушенным торфяникам и краям вторично обводненных участков у С окраины г. Барановичи (между дд. Нов. Мышь и Столовичи). Вероятно, его плоды активно поедаются птицами и таким образом растения расселяются на большие расстояния. Найденные растения относятся к var. *alba* (ветви темно-красные). Так же в Беларуси часто культивируется var. *sibirica* (Lodd. ex Loudon) P.D. Sell (ветви яркие, розовато-красные) и var. *flaviramea* Späth ex Koehne (ветви желтовато-зеленые). Обе последние разновидности дичают реже. Следует ожидать в дальнейшем стремительной экспансии этого таксона в Беларуси. Ранее свидина широко использовалась для создания придорожных защитных полос вдоль автотрассы Минск-Брест, откуда затем успешно «перекочевала» в подходящие пойменные экотопы и на осушенные торфяники. Стремительное распространение *Swida alba* позволяет отнести её к группе инвазионных видов.

Berula erecta (Huds.) Cov.–Кореличский р-н, окр. д. Бол. Жуховичи, 0,7 км к В, на мелководье р. Уша, часто, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 19.05.2016; Несвижский р-н, окр. д. Столпище, 0,7 км к ЮЮВ, в р. Уша, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 20.05.2016; Свислочский р-н, окр. д. Качки, 0,2 км к С и в окр. д. Якушовка, в р. Колонна, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 07.07.2016; Свислочский р-н, окр. д. Доброволя, у С окраины, берег пруда, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 07.07.2016; Свислочский р-н, окр. д. Бровск, 0,6 км к С, в р. Нарев, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 07.07.2016; Свислочский р-н, окр. д. Немержа, к В, в р. Нарев, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 07.07.2016; Свислочский р-н, окр. д. Гринки 3-е, р. Колонна, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 08.07.2016; Свислочский р-н, окр. дд. Мал. Михалки и Нарковичи, в р. Колонна, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 09.07.2016; Каменецкий р-н, окр. д. Пашуки, 0,6 км к В, в р. Лесная Правая, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 10.08.2016; Каменецкий р-н, окр. д. Чемери 1-е, в р. Лесная Левая, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 10.08.2016; Ушачский р-н, окр. д. Матырино, у Ю окраины оз. Матырино, ручей Альзеница, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, С. Савчук, А. Скуратович, 23.08.2016; Полоцкий р-н, д. Вороничи, в р. Ушача, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, С. Савчук, А. Скуратович, 26.08.2016 (наблюдение).

Cervaria rivinii Gaertn. – Речицкий р-н, окр. д. Дворец, 1,6 км к В, левобережье реки Днепр, по гриве в пойме с дубом и сосной, В. Лебедько, С. Савчук, 21.08.2016.

Symphoricarpos rivularis Suksdorf – Кобринский р-н, окр. д. Дивин, 4,5 км к СЗ, в дубраве кисличной у ЛЭП, дичает, 5 x 5 м, Д. Дубовик, А. Скурагович, С. Савчук, В. Лебедько, 06.05.2016; Кореличский р-н, окр. д. Бол. Жуховичи, 2,5 км к В, в сосняке кисличном у шоссе, часто, Д. Дубовик, А. Скурагович, С. Савчук, В. Лебедько, 19.05.2016. В западной части Беларуси (особенно в Брестской области) этот вид в последние годы стал регистрироваться вдали от жилья и парков (отмечен даже в заповедной зоне Беловежской пушчи вдали от жилья), где он местами дичает и также образует заросли. Наблюдения за видом в последние годы позволяет отнести его к инвазионным растениям.

Gentiana cruciata L. – Полоцкий р-н, окр. д. Шлюбовщина, 0,6 км к Ю, у оз. Белое, луговой склон холма, часто, Д. Дубовик, В. Лебедько, С. Савчук, А. Скурагович, 24.08.2016. Совместно с данным видом собраны: *Veronica teucrium* L., *Cuscuta epithymum* (L.) L. Полоцкий р-н, окр. п. Ветрино, 2,1 км к Ю, луговой склон котловины оз. Шилово, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, С. Савчук, А. Скурагович, 24.08.2016. Полоцкий р-н, д. Вороницы, луговой склон холма, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, С. Савчук, А. Скурагович, 26.08.2016. Совместно с данным видом собраны: *Veronica teucrium*, *Thalictrum simplex* L., *Primula veris* L., *Veronica paczoskiana* Klok.

Brunnera sibirica Steven – Гродненский р-н, окр. д. Жиличи, 0,8–1,4 км к ЮЮВ, свалки мусора в смешанном лесу у дачных участков, дичает, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 14.04.2016; Дрогичинский р-н, д. Закозель, старый парк, дичает, Д. Дубовик, А. Скурагович, С. Савчук, В. Лебедько, 03.05.2016. Совместно с данным видом у дачных участков в окр. г. Гродно по сорным местам в качестве одичавших растений собраны или отмечены: *Aquilegia vulgaris* L., *Tulipa x gesneriana* L., *Muscari botryoides* (L.) Mill., *Ornithogalum umbellatum* L., *Scilla sibirica* Haw. (очень часто), *Dianthus barbatus* L., *Narcissus poeticus* L., *Rheum x rhabarbarum* L., *Hemerocallis fulva* (L.) L., *Symphytum caucasicum* Bieb., *Lilium candidum* L., *Prunus ceracifera* Ehrh., *Lonicera caprifolium* L., *Galanthus nivalis* L., *Vinca minor* L., *Primula x pruhonicensis* Zemmann ex Bergm., *Colchicum autumnale* L., *Solidago gigantea* Ait., *Lunaria annua* L., *Hippophaë rhamnoides* L., *Cerasus tomentosa* (Thunb.) Wall. ex T. T. Yü et C. L. Li, *Allium fistulosum* L., *Rubus occidentalis* L., *Galeobdolon argentatum* Smejkal. Мы привели этот список видов, чтобы наглядно продемонстрировать, какую роль играют садовые товарищества в обогащении адвентивной флоры в окрестностях одного из крупных городов Беларуси. Подобная ситуация типична и для окрестностей других садовых товариществ, где многие декоративные растения в виде корневищ, луковиц, прошлогодних остатков и других частей растений бесконтрольно выбрасываются за пределы дачных участков и затем дичают. Часть видов спонтанно распространяется семенами, птицами и иными способами.

Omphalodes verna Moench—Дятловский р-н, д. Мировщина, дичает в старом парке (приусадебный парк Стравинских) под пологом деревьев, нередко, группами, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 13.04.2016. Дичание вида отмечено впервые для республики. До этого он был известен лишь в культуре как декоративное растение в гг. Мозырь и Гродно, где выращивается относительно недавно (около 10 лет). В Мировщину вид мог попасть с посадочным материалом из Польши (? Варшавы) или был высажен как декоративное растение (по крайней мере в начале XX-го века). Здесь же в парке обильно дичает и *Ornithogalum boucheanum* (Kunth) Asch. Следует отметить, что в парки Беларуси с посадочным материалом в XIX–XX вв. (иногда и ранее) могли попасть многие адвентивные растения, которые часто растут у основания стволов старых деревьев (*Ornithogalum boucheanum*, *Gagea pratensis* (Pers.) Dumort., *Veronica sublobata* M. Fisch. и др.). Эти сорные виды весьма обычны в старых питомниках и ботанических садах Польши (например, Варшавы), откуда часто поступали саженцы с комом земли и где могли успешно сохраняться диаспоры растений. Вероятно, с посадочным материалом в Гомельский парк так же попали *Allium scorodoprasum* L. и *Corydalis intermedia* (L.) Merat, однако последний вид известен в республике и как компонент естественной флоры.

Digitalis lutea L.—Барановичский р-н, д. Тартаки, выращивается у жилья, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 20.05.2016 (взяты живые растения). Данный вид указывается впервые для флоры Беларуси. С 2015 г. он разводится цветоводами-любителями и в г. Гродно. В окр. г. Минска (с 2002 г.) и в г. Гродно (с 2015 г.) отмечена *D. parviflora* Jacq.

Veronica sublobata M. Fisch.—Дрогичинский р-н, д. Закозель, старый парк, по сорным местам, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 03.05.2016. В парке и его окрестностях также отмечены одичавшими—*Petrosedum erectum* (‘t Hart) Grulich, *Sedum pallidum* Bieb.

Ajuga pyramidalis L.—Мядельский р-н, окр. д. Стаховцы, 0, 5 км к ЮЮВ, у тропы к болоту по сыроватой закустаренной луговине, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, А. Крученко, 11.09.2016.

Dracosephalum ruyschiana L.—Узденский р-н, окр. д. Валерьяны, 4,6 км к ЮЮЗ, сосняк мшисто-орляковый у шоссе, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Скуратович, 14.06.2016. Совместно с данным видом отмечен комплекс других редких растений: *Vicia tenuifolia* Roth, *Lathyrus niger* (L.) Bernh., *Brachypodium pinnatum* (L.) P. Beauv., *Lupinus pentaphyllus* Moench, *Thalictrum minus* L., *Pulmonaria angustifolia* L., *Laserpitium prutenicum* L., *Carex montana* L., *Astragalus danicus* Retz., *Thesium ebracteatum* Hayne, *Pulsatilla patens*, *Origanum vulgare* L., *Anthericum ramosum* L., *Arnica montana* L., *Koeleria mollis* W. Mann ex Opiz, *Rubus plicatus* Weihe et Nees., *Platanthera bifolia* (L.) Rich.

Phyteuma spicatum L.—Докшицкий р-н, окр. д. Веретеи, 6 км к В, в ельнике с осинной кисличной у шоссе, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, С. Савчук, 21.06.2016; Лепельский р-н, окр. д. Новоселки, 1,6 км к СЗ, у В берега оз. Сверзно, елово-широколиственный лес по склону котло-

вины озера, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 21.06.2016; Ушачский р-н, окр. д. Волчо, у В окраины, елово-широколиственный лес по склону коренного берега р. Крошенка, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 22.06.2016; Полоцкий р-н, окр. д. Вороници, 1 км к С, ельник кисличный, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 26.08.2016.

Cyclachaena xanthiifolia (Nutt.) Fresen.—Речицкий р-н, окр. д. Белое Болото, 1 км к В, откос гравийной дороги, очень часто С. Савчук, В. Лебедько, 19.08.2016.

Crepis biennis L.—Ушачский р-н, окр. д. Лаги, 0,2 км к ЮВ, низкотравные луговины у оз. Лаги, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 23.06.2016; Ушачский р-н, окр. д. Веркуды, 1,2 км к З, у С берега оз. Веркудское, сосняк мшистый, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 23.06.2016.

Erechtites hieracifolia (L.) Raf. ex DC.—Речицкий р-н, окр. д. Дворец, 1,5 км к В, левобережье реки Днепр, закустаренная луговина в пойме, С. Савчук, В. Лебедько, 21.08.2016.

Galatella rossica Novopokr.—Речицкий р-н, окр. д. Дворец, 1,6 км к В, левобережье реки Днепр, по гриве в пойме с дубом и сосной, С. Савчук, В. Лебедько, 21.08.2016.

Hieracium silvestre Tausch—Ушачский р-н, окр. д. Заозерье, 3,6 км к ЮВ, у З берега оз. Сверзно, сосняк с елью кисличный, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 24.06.2016; Полоцкий р-н, окр. д. Бодиново, 2 км к ЮЗ, ельник с ольхой серой кислично-снытевый, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 24.08.2016; Полоцкий р-н, окр. д. Ухвище, 1,5 км к СВ, ельник черничный, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 25.08.2016; Полоцкий р-н, окр. д. Вороници, 1 км к С, ельник кисличный, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 26.08.2016.

Phalacrolooma strigosum (Muhl. ex Willd.) Tzvel.—Климовичский р-н, окр. д. Ходунь, 1 км к С, луга вдоль р. Остер, И. Вершицкая, 10.06.2015; Мстиславский р-н, окр. д. Мал. Лешенка, у СВ окраины, пойма Вихры, Д. Дубовик, В. Лебедько, С. Савчук, 20.06.2015. Вид указывается впервые для флоры Беларуси. Он отличается узкими листьями и коротко прижатом-опушенным стеблем. Экспансия этого адвентивного вида начинается с восточных районов республики.

Avenella flexuosa (L.) Drejer—Осиповичский р-н, окр. д. Слопище, 1,3 км к ВЮВ и 0,5 км к В, у дорог в сосняках мшистых, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 16.06.2016; Глусский р-н, окр. д. Симоновичи, 0,5 км к С, в сосняке мшистом, Д. Дубовик, А. С. Савчук, В. Лебедько, 17.06.2016.

Catabrosa aquatica (L.) P. Beauv.—Свислочский р-н, окр. д. Стасютичи, у р. Крапивница, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 09.07.2016.

Drymochloa sylvatica (Poll.) Holub—Стародорожский р-н, окр. д. Осередок, 1 км к СВ, смешанный кисличный лес, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 15.06.2016.

Совместно с данным видом собрана *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb.

Leersia oryzoides (L.) Sw.—Ушачский р-н, окр. д. Мал. Дольцы, у Ю окраины, в пойме ручья, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 23.06.2016; Ушачский р-н, окр. д. Заозерье, 3,6 км к ЮВ, у З берега оз. Свэрзно, на мелководье озера, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 24.06.2016; Полоцкий р-н, окр. д. Воробьи 2-е, 2,3 км к ЮВ, берег оз. Нежлево, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 24.08.2016; Полоцкий р-н, окр. д. Сушино, 1,5 км к З, берег оз. Сушино, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 25.08.2016; Полоцкий р-н, окр. д. Шенделы, 1,4 км к В, берег оз. Расно, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 25.08.2016; Постаковский р-н, окр. д. Лопути, 0,7 км к З, по берегу оз. Лодоси, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, 12.09.2016.

Najas major All.—Ушачский р-н, окр. д. Матырино, у Ю окраины оз. Матырино, на мелководье озера, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 23.08.2016.

Potamogeton x fluitans Roth—Каменецкий р-н, окр. д. Пашуки, 0,6 км к В, в р. Лесная Правая, на перекате у моста, часто, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 10.08.2016 (наблюдение).

Potamogeton trichoides Cham. et Schlechtend. fil.—Лепельский р-н, у С окр. г. Лепель, оз. Лепельское, на мелководье озера, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 21.06.2016.

Lemna gibba L.—Свислочский р-н, окр. д. Доброволя, у С окраины, берег пруда, изредка, совместно с *Lemna turionifera* Landolt, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 07.07.2016; Пружанский р-н, д. Приколесье, в пруду, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 12.07.2016. Совместно с этим видом собраны: *Juncus capitatus* Weig., *Centunculus minimus* L., *Hypericum humifusum* L., *Anagallis arvensis* L.

Eriopactis atrorubens (Hoffm. ex Bernh.) Schult.—Ушачский р-н, окр. д. Заозерье, 2,1 км к ЮВ, опушка сосняка мшистого у гравийной дороги, часто, Д. Дубовик, В. Лебедько, С. Савчук, 24.06.2016.

Hammarbya paludosa (L.) O. Kuntze—Полоцкий р-н, окр. д. Навлица, 1 км к С, сплавина по берегу небольшого озера, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, А. Скуратович, С. Савчук, 24.08.2016. Совместно с данным видом собраны: *Pedicularis palustris* L., *Carex limosa* L., *C. dioica* L., *C. chondrorrhiza* Ehrh., *Trichophorum alpinum* (L.) Pers., *Rhynchospora alba* (L.) Vahl, *Betula humilis* Schrank., *Scheuchzeria palustris* L.

Liparis loeselii (L.) L. C.M. Richard—Полоцкий р-н, окр. д. Углы, 0,3 км к В, сплавина по берегу небольшого озера, изредка, Д. Дубовик, В. Лебедько, С. Савчук, А. Скуратович, 25.08.2016. В мочажинах здесь же найдены: *Utricularia intermedia* Hayne, *U. minor* L.

Eriophorum gracile W. D. J. Koch ex Roth—Ушачский р-н, окр. д. Заозерье, 1,2 км к ЮВ, сплавины у озера Костенок, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 23.06.2016. Совместно с этим видом отмечен комплекс редких и охраняемых видов растений: *Carex limosa* L., *C. dioica* L.,

Trichophorum alpinum (L.) Pers., *Listera ovata* (L.) R. Br., *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Dactylorhiza cruenta* (O. F. Müll.) Soó, *D. russowii* (Klinge) Holub, *Drosera anglica* Huds., *D. x obovata* Mert. et W. D. J. Koch, *Eriophorum latifolium* Hoppe, *Utricularia intermedia* Hayne, *Salix lapponum* L.

Isolepis setacea (L.) R. Вг.–Свислочский р-н, д. Собольки, сырые выемки у дороги, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, М. Шабета, 10.07.2016.

Заключение. Проведенные исследования позволили выявить ряд новых для Беларуси местонахождений аборигенных и адвентивных, в том числе редких и подлежащих охране, видов растений.

Литература

1. Определитель высших растений Беларуси / Т. А. Сауткина [и др.]; под ред. В. И. Парфенова. Минск: Дизайн ПРО, 1999. 472 с.

2. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. [Electronic resource]. 20 September 2016. Mode of access: <http://www.tropicos.org>.

3. The Plant List. Royal Botanic Gardens, Kew and the Missouri Botanical Garden [Electronic resource]. 25 September 2016. Mode of access: <http://www.theplantlist.org>.

Д. В. ДУБОВИК, С. С. САВЧУК, А. Н. СКУРАТОВИЧ, В. Н. ЛЕБЕДЬКО НАХОДКИ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ АБОРИГЕННЫХ И АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В БЕЛАРУСИ

Резюме

Приведены оригинальные данные о новых местонахождениях адвентивных и аборигенных, в том числе редких и подлежащих охране, видах растений.

D. V. DUBOVIK, S. S. SAVCZUK, A. N. SKURATOVICH, V. N. LEBEDKO NEW DATE TO DISTRIBUTION OF SOME RARE NATIVE AND ADVENTIVE SPECIES OF VASCULAR PLANTS OF FLORA OF BELARUS

Summary

Data about new to flora of Belarus the adventitious and native species of plants are provided, new locations of some protected and rare species are specified.

Поступила в редакцию 25.11.2016 г.

В. Н. ЛЕБЕДЬКО
**НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ
РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ
ДЛЯ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ**

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

Введение. В данной публикации приводятся сведения о местонахождениях ряда редких и охраняемых на различном уровне видов сосудистых растений, выявленных автором в Кормянской районе Гомельской области (северо-восточная ее часть). Большинство находок в районе приурочено к левобережью реки Сож, где расположен цельный лесной массив, в наименьшей степени подверженный антропопрессингу. Не случайно на данной территории в 1978 г. был создан ботанический заказник дикорастущих лекарственных растений республиканского значения «Струменский», который затем был упразднен в 2007 г., а в 2012 г. восстановлен уже в качестве одноименного биологического заказника местного значения площадью 8683,67 тыс. га.

Материалы (объекты) и методы исследования. Объектом изучения являются преимущественно редкие и охраняемые виды сосудистых растений. Метод флористических исследований – маршрутно-поисковый.

Перечень видов приводится согласно определителю [1]. Некоторые таксоны даны по Н. Н. Цвелеву [2], согласно современному данным по систематике и таксономии. Собранный гербарный материал хранится в Гербарии института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK).

Результаты и их обсуждение. Ниже указываются местонахождения видов в районе с краткой аннотацией к ним.

Botrychium simplex E. Hitchc. (сем. Botrychiaceae Nakai) – исключительно редкий, атлантическо-европейский луговой вид. Характерный позднеледниковый реликт. Подлежит охране согласно Приложениям III и IVb к Директиве Европейского Союза по местам обитания и Приложению I к Бернской конвенции. Охраняемый в Беларуси.

Окр. д. Кляпин, осушенный болотный массив. Низкотравный разнотравно-злаковый луг с редким подростом сосны. Предпочитает разреженные и суходольные участки. Произрастает небольшими плотными группами, по 2–6, и одиночными экземплярами. Отмечено более 100 разновозрастных экземпляров. Жизненность популяции оценивается как «хорошая». 15.05.2014, В. Лебедько.

Очень редкий в Европе вид, с прерывистым ареалом. Для Гомельской области указывается впервые. До настоящего времени достоверно известно было лишь два местонахождения в Минской области, одно из которых уничтожено в результате застройки территории [3]. По мнению Н. Н. Цвелева, данный вид произошел в результате гибридизации *B. lunaria* × *B. multifidum*, но с явным доминированием генов второго из этих

видов [4]. Мы также считаем, что это вполне оправдано, так как *B. simplex* имеет некоторые общие морфологические признаки с предполагаемыми инициальными видами и к тому же часто произрастает с ними в одном и том же экотопе, что мы и наблюдали. Выявленная популяция, по всей вероятности, является самой крупной в Европе, что повышает ее значимость для изучения и сохранения вида.

В данном экотопе также были отмечены: *Ophioglossum vulgatum* L., *Botrychium matricariifolium* A. Br. ex Koch, *B. multifidum* (S. G. Gmel.) Rupr., *B. lunaria* (L.) Sw., *Gentianella amarella* (L.) Boern., *Gentiana pneumonanthe* L., *Anacamptis coriophora* (L.) R. M. Bateman, A. M. Pridgeon, M. W. Chase, *Listera ovata* (L.) R. Br., *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Nevski, *D. incarnata* (L.) Soó.

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn (сем. Нуполеpidaceae Pich. Serm.) – западно- и центральноевропейский вид. Окр. отселенной д. Труд, 2 км к В, дубрава с елью, осиною кислично-снытевая (зарастающая вырубка), популяция 5×3 м; 02.09.2012, В. Лебедько.

Род *Pteridium* Gled. ex Scop. ранее рассматривался как монотипный, хотя многие исследователи допускали его полиморфизм. Согласно современным данным [5], для флоры Беларуси (как и для флоры Восточной Европы) приводятся 2 вида этого рода, причем указанный выше вид является довольно редким в республике.

Thalictrum simplex L. (сем. Ranunculaceae Juss.) – евро-азиатский вид. 1. Окр. бывшей д. Струмень, 2 км к ЮВ, долина р. Сож, дубрава разнотравно-злаковая с осинной, липой; 11.08.2012, В. Лебедько. 2. Окр. д. Казимирово, 2 км к СВ, пойменная разреженная дубрава разнотравно-злаковая с сохой (у старого русла р. Сож), популяция 7×5 м; 29.06.2014, В. Лебедько.

Eremogone saxatilis (L.) Ikonn. (сем. Caryophyllaceae Juss.) – евро-сибирский лесостепной вид. 1. Окр. д. Вольницы, 3,5 км к СЗ, долина р. Сож, сосняк мшистый с дубом, рябиной, небольшими группами, изредка; 13.05.2014, В. Лебедько. 2. Окр. бывшей д. Струмень, 1,5 км к Ю, долина р. Сож, старовозрастной сосняк мшистый с возвышенными элементами рельефа, группами, изредка; 09.05.2016, В. Лебедько.

Moehringia lateriflora (L.) Fenzl (сем. Caryophyllaceae Juss.) – голарктический вид. Подлежит охране согласно Приложениям IIb и IVb к Директиве Европейского Союза по местам обитания. Охраняемый в Беларуси.

M. lateriflora в районе выявлена между дд. Струмень и Казимирово (общая протяженность около 15 км), преимущественно в коренных сосняках долины р. Сож, где произрастает рассеянно, местами формируя довольно большие по площади группы; 10.05.2015, В. Лебедько.

Данная популяция является самой крупной в республике.

Viola hirta L. (сем. Violaceae Vatsch) – евро-сибирский вид. 1. Окр. д. Вольницы, 3 км к СЗ, высокий коренной берег р. Сож. Сосняк с дубом, рябиной, крушиной, мшисто-черничный, мшистая популяция; 10.05.2014, В. Лебедько. 2. Окр. бывшей д. Струмень, 2 км к Ю, сосняк с дубом, лещиной, крушиной переходящий в пойменный луг р. Сож; 10.06.2016, В. Лебедько.

Viola persicifolia Schreb. (сем. Violaceae Batsch)—бореальный евросибирский вид. Окр. д. Волинцы, 4 км к СЗ, пойма р. Сож, на сыром застаревшем склоне у небольшого канала; 04.06.2014, В. Лебедько.

Parnassia palustris L. (сем. Parnassiaceae S.F. Gray)—голарктический бореальный болотный вид. 1. Окр. отселенной д. Колюды, 0,5 км к С, осушенный болотный массив «Газоловка», застаревший разнотравно-злаковый луг, популяция 2×1 м; 05.06.2014, В. Лебедько. 2. Окр. д. Волинцы, 2,5 км к З, бывшая торфоразработка «Смоловица», осоково-гипновое болото, довольно часто; 06.07.2014, В. Лебедько.

Potentilla arenaria Borkh. (сем. Rosaceae Juss.)—европейско-кавказский боровой и лесостепной вид. Окр. д. Волинцы, 3 км к СЗ, долина р. Сож, сосняк мшистый с дубом, рябиной, изредка; 13.05.2014, В. Лебедько.

В Беларуси распространена главным образом в западной ее части, на остальной территории встречается очень редко.

Veronica teucrium L. (сем. Scrophulariaceae Juss.)—европейский лесостепной вид. 1. Окр. д. Казимирово, 2 км к СВ, пойменная разреженная дубрава разнотравно-злаковая с сосной, довольно часто; 29.06.2014, В. Лебедько. 2. Окр. д. Корсунь, 3 км к З, долина р. Сож, дубрава разнотравно-злаковая с березой, осиной, рядом с комплексом старичных озер, изредка; 28.05.2016, В. Лебедько.

Там же были отмечены *Moehringia lateriflora* (L.) Fenzl, *Iris sibirica* L., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz.

Utricularia minor L. (сем. Lentibulariaceae Rich.)—североамериканско-евразийский таежный вид. 1. Окр. д. Кляпин, СЗ окраина, переходное болото, в обводненных мочажинах, нередко; 18.05.2012, В. Лебедько. 2. Окр. д. Волинцы, 2,5 км к З, бывшая торфоразработка «Смоловица», осоково-гипновое болото, в небольших каналах, изредка; 08.08.2014, В. Лебедько.

Utricularia australis R. Br. (сем. Lentibulariaceae Rich.)—европейско-среднеземноморский вид. 1. Окр. д. Кляпин, СЗ окраина, на переходном болоте, небольшая популяция; 20.06.2012, В. Лебедько. 2. Окр. д. Волинцы, 2,5 км к З, бывшая торфоразработка «Смоловица», осоково-гипновое болото, в небольшой копани глубиной до 1,5 м, а так же в мелиоративном канале, довольно редко; 06.08.2016, В. Лебедько.

Довольно сложно идентифицируемый и в Беларуси мало изученный таксон. Предполагается, что *U. australis* стерильна, из-за своего гибридного происхождения.

Campanula cervicaria L. (сем. Campanulaceae Juss.)—евросибирский подтаежный вид. Окр. отселенной д. Труд, 0,5 км к З, разнотравно-злаковая обочина лесной дороги (колея) среди сосняка с дубом, лециной ландышевого, 1 генеративный экземпляр; 25.06.2013, В. Лебедько; там же, 1 км к ЗСЗ, на ЛЭП, разнотравно-злаковый ценоз с редким кустарником, 3 генеративных экземпляра; 25.06.2013, В. Лебедько.

Lilium martagon L. (сем. Liliaceae Juss.)—реликтовый понтийско-сарматский вид. Охраняемый в Беларуси. Окр. д. Казимирово, 2 км к СВ,

пойменная разреженная дубрава разнотравно-злаковая с сосной, около 70 разновозрастных экземпляров; 29.06.2014, В. Лебедько.

Здесь же были отмечены: *Primula veris* L., *Polemonium caeruleum* L., *Iris sibirica* L.

Juncus bulbosus L. (сем. Juncaceae Juss.)—центральноевропейский вид. Окр. д. Кляпин, 4 км к ЮЮЗ, сырое локальное понижение на ЛЭП, в центральной части на почвенном обнажении, небольшая популяция, совместно с *Lycopodiella inundata* (L.) Holub.; 28.07.2016, В. Лебедько.

Carex hartmanii Cajand. (сем. Cyperaceae Juss.)—европейско-западно-сибирско-казахстанский вид. Окр. д. Корсунь, 3 км к З, долина р. Сож, разнотравно-злаковый луг, рядом со старичным озером, единично; 04.07.2015, В. Лебедько.

Cerex disticha Huds. (сем. Cyperaceae Juss.)—евразийский луговой вид. Окр. д. Волынцы, 2,5 км к З, бывшая торфоразработка «Смоловица», заросли по краю осоково-гипнового болота; 08.08.2014, В. Лебедько.

Trichophorum alpinum (L.) Pers. (сем. Cyperaceae Juss.)—аркто-бореальный вид. Охраняемый в Беларуси. Окр. д. Волынцы, 2,5 км к З, бывшая торфоразработка «Смоловица», осоково-гипновое болото, довольно часто; 04.06.2015, В. Лебедько.

Для Гомельской области указывается впервые. Этот вид приурочен в основном к северной и северо-западной частям Беларуси [3]. На территории Кормянского района представлен в виде изолированного «островка».

Drymochloa sylvatica (Pollich) Holub (сем. Poaceae Barnhart)—европейско-западноазиатский лесной вид. Охраняемый в Беларуси. 1. Окр. отселенной д. Труд, 2,5 км к ВЮВ, дубрава с елью, осинной кислично-снытевая при переходе в ельник кисличный; популяция 5×6 м, обильно; 02.09.2012, В. Лебедько; 2. Окр. отселенной д. Труд, 0,5 км к ВСВ, ельник с осинной, кленом, лещиной кисличный при переходе в черноольшаник крапивный с ручьем, популяция 20×25 м; 27.07.2013, В. Лебедько.

Заключение. В этой публикации приводятся сведения о местонахождении 19 как регионально редких, так и редких в республике видов сосудистых растений, относящихся к 16 родам и 14 семействам. Из них 5 видов включены в Красную книгу Республики Беларусь (*Botrychium simplex* и *Moehringia lateriflora* подлежат охране на европейском уровне; *Botrychium simplex* и *Trichophorum alpinum*—приводятся впервые для Гомельской области), 6—в Список видов, нуждающихся в профилактической охране (Приложение к Красной книге).

Для данной ограниченной территории такая представленность редких видов привлекает особый интерес в эколого-географическом и зоологическом отношениях.

Таким образом, материалы исследований дополняют сведения по флоре, а также будут использованы для написания последующих томов фундаментального издания «Флора Беларуси. Сосудистые растения», очередного издания Красной книги Республики Беларусь и атласа Флоры Европы.

Литература

1. Определитель высших растений Беларуси / Т. А. Сауткина [и др.]; под ред. В. И. Парфенова. Минск: Дизайн ПРО, 1999. 472 с.
2. Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб: Издательство СПХ-ФА., 2000. 781 с.
3. 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. Энцикл. імя П. Броўкі, 2015. 488 с.
4. Цвелев Н. Н. // Новости систематики высших растений. 2004. Т. 36. С. 7–21.
5. Флора Беларуси. Сосудистые растения. В 6 т. Т. 1. Lycoperdiphyta, Equisetophyta, Polypodiophyta, Ginkgophyta, Pinophyta, Gnetophyta / Р. Ю. Блажевич [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова. Минск: Беларус. навука, 2009. 199 с.

В. Н. ЛЕБЕДЬКО

НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

Резюме

В публикации приведены сведения о 19 редких и новых видов растений для флоры юго-востока Беларуси. Из них новыми для юго-востока республики являются 2 таксона – *Botrychium simplex* и *Trichophorum alpinum*, остальные 17 – новые для Кормянского района Гомельской области.

V. N. LEBEDKO

THE NEW LOCATION OF RARE AND PROTECTED SPECIES OF HIGHER PLANTS FOR SOUTH-EAST OF BELARUS

Summary

In the article the new information about 19 rare and new species of higher plants to flora in south-east region of Belarus are presented. Two taxons – *Botrychium simplex* and *Trichophorum alpinum* are new for south-east of Belarus and the other 17 – for Kormianskij region of Homel area.

Поступила в редакцию 25.11.2016 г.

Юбиляры

НИКОЛАЙ АФАНАСЬЕВИЧ ЛАМАН (к 75-летию со дня рождения)



1 января 2016 года исполнилось 75 лет известному ученому в области физиологии растений, академику НАН Беларуси, доктору биологических наук, профессору, заведующему лабораторией роста и развития растений Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси Николаю Афанасьевичу Ламану.

Н. А. Ламан родился в дер. Загорье Кореличского района Гродненской области в семье крестьян. После окончания средней школы поступил на агрономический факультет Гродненского сельскохозяйственного института, который с отличием окончил в 1963 году. В 1968–1970 гг. – аспирант, 1971–1974 гг. – научный сотрудник Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича АН БССР.

В марте 1974 года решением Президиума АН БССР Н. А. Ламан назначается на должность ученого секретаря Отделения биологических наук АН БССР, где проявил себя как сотрудник, способный умело вести научно-организационную работу. Одновременно он продолжает научно-исследовательскую работу в Институте в качестве ответственного исполнителя раздела темы.

В 1978 году Н. А. Ламан возвращается на работу в Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича и в мае 1979 года избирается заведующим лабораторией, где сосредотачивает свое внимание на решении проблем физиологии продуктивности и устойчивости растений, в частности на изучении взаимосвязи процессов

роста, азотного обмена и явлений морфогенеза в онтогенезе хлебных злаков. В комплексных многолетних исследованиях, проведенных совместно с Белорусским НИИ земледелия и селекции (в настоящее время – ННЦ НАН Беларуси по земледелию) (С. И. Гриб и сотрудники) и Институтом фотобиологии (в настоящее время Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси) (М. Т. Чайка и сотрудники), у набора генотипов ярового ячменя, отражающего этапы селекции и сортосмены в республике по этой культуре за более чем 30-летний период, проанализированы изменения показателей роста и развития, мезоструктурной организации фотосинтетического аппарата и азотного обмена растений и показано, в чем состоит преимущество сортов интенсивного типа.

Выполненные в этот период фундаментальные исследования позволили выявить закономерности структурно-функциональной организации растений хлебных злаков, сформулировать экологические принципы формирования их высокопродуктивных агроценозов, обосновать направления селекции и основные параметры морфофизиологических моделей сортов зерновых с высокой потенциальной продуктивностью, способы оценки исходного материала в селекции. Результаты этих исследований обобщены в монографиях: «Биологический потенциал ячменя: устойчивость к полеганию и продуктивность» (1984), «Формирование высокопродуктивных посевов зерновых культур» (1985), «Потенциал продуктивности хлебных злаков: технологические аспекты реализации» (1987), в разделах коллективных монографий: «Теоретические основы селекции зерновых культур на продуктивность» (1987) и «Фотосинтетический аппарат и селекция тритикале» (1991), а также в докторской диссертации «Морфофизиологические особенности структурно-функциональной организации растений хлебных злаков в связи с потенциалом их продуктивности» (1992).

Н. А. Ламан – один из ученых, которые плодотворно сочетают фундаментальные исследования с внедрением полученных результатов в практику сельского хозяйства. В комплексных исследованиях совместно с НПО «Белсельхозмеханизация» (ныне ННЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства) (Б. Н. Янушкевич и сотрудники) и Белорусским НИИ земледелия и селекции (К. И. Хмурец и сотрудники) была обоснована оригинальная конструкция сошника каткового типа, позволяющая наиболее полно реализовать потенциал продуктивности сортов зерновых культур на начальных этапах онтогенеза растений. На основе разработанной конструкторской документации на Кировоградском заводе «Красная звезда» было организовано серийное производство сеялок с катковыми рабочими органами.

Н. А. Ламан был одним из инициаторов создания и научным консультантом «Клуба-100 центнеров», объединившим в 1980-е годы специалистов Гомельской области, которые поставили цель получения высоких и рекордных урожаев зерновых культур. Им совместно с сотрудниками лаборатории были организованы регулярные занятия по биологическим основам интенсивных технологий и их освоению в производстве, изданы многочисленные методические и практические руководства и рекомендации для этих целей: «Производство и современные технологии возделывания зерновых за рубежом» (1988), «Биологические основы интенсивных технологий возделывания зерновых культур» (1991), «Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов» (1996) и др.

Исследования Н. А. Ламана отличаются интегральным общебиологическим подходом к сложной проблеме физиологии продукционного процесса растений. Это позволило ему сформулировать концепцию биологического потенциала продуктивности как новый методологический прием анализа закономерностей взаимосвязи и интеграции отдельных функциональных систем растения в продукционном процессе с учетом важнейших фундаментальных принципов организации и эволюционного развития организмов – принципа максимальной энергетической мощности и принципа оптимальности.

Н. А. Ламаном обоснована и успешно развивается оригинальная гипотеза о световых кризисах в истории биоты планеты Земля. За работу «Периодические изменения

режима солнечной радиации у поверхности планеты Земля как фактор прерывистости в эволюции ее биоты» Н. А. Ламан удостоен лауреата премии «Золотой диплом 98» в номинации «Экология биосферы, мониторинг и охрана окружающей среды» Международного форума по проблемам науки, техники и образования, проходившего в г. Москве в 1998 году.

В декабре 1997 года Н. А. Ламан назначается заместителем директора по научной работе, а в ноябре 2000 года Общим собранием отделения биологических наук НАН Беларуси избран директором Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси, которым успешно руководил до мая 2010 года.

Значительное внимание Н. А. Ламаном уделялось развитию комплексных исследований по созданию научных основ современного устойчивого и экологически безопасного растениеводства, выявлению закономерностей конструирования и механизмов функционирования смешанных агрофитоценозов. Развитие этого направления позволяет успешно вести поиск приемов, соединяющих экологическую направленность экстенсивного сельского хозяйства и преимущества наукоемкого интенсивного производства продовольствия, предлагать новые способы стимуляции продукционного процесса в агроэкосистемах. Часть результатов этих исследований совместно с учениками и коллегами обобщена в монографии «Физиолого-экологические основы оптимизации продукционного процесса агрофитоценозов (поликультура в растениеводстве)» (2005). Активно развиваются исследования по оценке эффективности предпосевной обработки семян физическими воздействиями и физиологически активными веществами для приобретения растениями системной устойчивости к действию неблагоприятных факторов с начальных этапов онтогенеза, по проблеме физиологического качества семян сельскохозяйственных культур.

В настоящее время под руководством Н. А. Ламана осуществляются работы по практической реализации адаптивного потенциала растений при их выращивании в условиях закрытого грунта, что привело к созданию линейки стандартизированных субстратов и биогрунтов, способствующих сокращению сроков получения и увеличению количества единиц здорового посадочного материала при массовом производстве хозяйственно-ценных видов растений, полученных путем вегетативного, в том числе и микроклонального размножения. Разработаны новые экологически безопасные подходы по ограничению распространения и численности злостного инвазивного вида – борщевика Сосновского. Для эффективного контроля за развитием популяций борщевика Сосновского предложено использование экологически безопасного регулятора роста гидразида малеиновой кислоты, применение которого позволяет максимально сохранить растительный покров, избежать появления новых инвазивных видов, а также последствий водной эрозии на оголенных участках.

Н. А. Ламан автор более 390 научных работ, в том числе 5 монографий, 5 книг, 26 патентов и авторских свидетельств, 14 рекомендаций, отраслевых регламентов и технических условий, является научным редактором ежегодника «Ботаника (исследования)» и входит в состав редколлегии журналов «Вестник Фонда фундаментальных исследований» и «Известия НАН Беларуси. Серия биологических наук». Под его научным руководством выполнены и успешно защищены 1 докторская и 9 кандидатских диссертаций. С 2012 года академик Н. А. Ламан является Председателем ГЭК по приему экзаменов и защите дипломных работ и магистерских диссертаций у студентов биологического факультета Белорусского государственного университета.

В 1997 году Николай Афанасьевич избран членом-корреспондентом НАН Беларуси по специальности «экспериментальная ботаника», в 2000 году ему присвоено ученое звание профессора, в 2003 году он избран академиком НАН Беларуси, а в 2008 году Почетным доктором Учреждения образования «Гродненский государственный аграрный университет» (Doctor Honoris Causa).

Академик Н. А. Ламан на протяжении 18 лет (с 1997 года) является организатором и Председателем оргкомитета уже 8-ми состоявшихся Международных научных конференций «Регуляция роста, развития и продуктивности растений».

На протяжении всего периода работы Николай Афанасьевич успешно сочетает научную работу с научно-организационной и общественной деятельностью. Он возглавлял экспертный совет ВАК по биологическим наукам, был членом Государственного экспертного совета по производству и переработке сельскохозяйственной продукции Комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, членом экспертного совета Секции биологических наук Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Бюро Отделения биологических наук НАН Беларуси, избирался председателем местного комитета аппарата Президиума АН БССР, дважды секретарем партбюро Института. В настоящее время Николай Афанасьевич член научно-технического совета ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», Ученого совета Института и Совета по защите диссертаций Д 01.38.01 при Институте экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси. Он входит в состав научно-технического совета по ГП «Химические средства защиты растений на 2008–2015 гг.», координационного совета по приоритетному направлению научно-технической деятельности «Агропромышленные технологии и производство» при ГКНТ Республики Беларусь, группы экспертов по оценке биологической эффективности препаратов, феромонов, регуляторов роста и удобрений ГУ «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений» Министерства сельского хозяйства Республики Беларусь, Межведомственного экспертного совета по направлениям «Микробные биотехнологии», созданного НАН Беларуси и ГКНТ РБ и Комиссии НАН Беларуси по премиям (секция по биологии, медицине, химии и науках о Земле). С 2015 года Н. А. Ламан является председателем Государственного экспертного совета № 10 «Природопользование и экология» при ГКНТ Республики Беларусь, возглавляет Белорусское общественное объединение физиологов растений.

Наряду с активной научной и научно-организационной деятельностью Николай Афанасьевич с большой увлеченностью собирает материалы по истории своей малой родины. В 2007 году вышла его книга «Родники разумного, доброго, вечного: к 145-летию школы селения Турец Кореличского района», в которой на 185 страницах изложил историю родной школы, рассказал об учителях и ставших известными выпускниках за период со времени открытия в местечке Турец в 1862 году начального народного училища Министерства народного просвещения тогдашней Российской империи.

За научные достижения и общественную деятельность Н. А. Ламан неоднократно награждался почетными грамотами Института, Национальной академии наук Беларуси, Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь, в 2014 году он награжден Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь, а в 2016 году – медалью Франциска Скарны (Указ Президента Республики Беларусь № 187 от 02.06.2016 г.).

Николая Афанасьевича Ламана отличают огромное трудолюбие, научная и моральная принципиальность, доброжелательность и оптимизм, что снискало ему заслуженное уважение среди ученых, специалистов и учеников.

***Коллектив Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича
НАН Беларуси и Редколлегия сборника научных трудов
«Ботаника (исследования)» от всей души поздравляют дорогого юбиляра
с замечательной датой и желают многих лет плодотворной научной,
педагогической и общественной деятельности
на благо отечественной науки и родной Беларуси!***

ГЕННАДИЙ ФЕОДОСЬЕВИЧ РЫКОВСКИЙ (к 80-летию со дня рождения)



23 сентября 2016 года исполнилось 80 лет со дня рождения видного учёного-ботаника, доктора биологических Геннадия Феодосьевича Рыковского. Родился Геннадий Феодосьевич в 1936 году в г. Кувшиново Калининской области РСФСР в семье инженера. В 1945 году вместе с семьей он переехал в Беларусь, которую по сегодняшний день искренне считает своей второй родиной. После окончания средней школы он поступил на биологический факультет Белорусского государственного университета и в 1961 году с отличием окончил обучение. При распределении выпускников Геннадий Феодосьевич был направлен в Институт биологии АН БССР (ныне Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси).

В стенах данного учреждения он прошел должностной путь от младшего до главного научного сотрудника. Здесь им были подготовлены и защищены кандидатская и докторская диссертации, а также выполнено большое количество научных заданий и проектов, написано около 160 научных работ, в том числе более 20 монографий и книги.

В сферу научных интересов Геннадия Феодосьевича входят ботаника, бриология, эволюция и филогения растений, биологическое разнообразие растительного мира и вопросы его охраны, растительные ресурсы, рациональное природопользование. Геннадий Феодосьевич принимал активное участие в исследованиях по выявлению закономерностей изменения флоры и растительности Беларуси под влиянием антропогенных факторов, что отражено в монографии «Антропогенные изменения флоры и растительности Белоруссии» (1985).

Геннадий Феодосьевич внес весомый вклад в разработку научных основ сохранения природного биоразнообразия страны. Результатом работ в этом направлении явился новый оригинальный принцип «природно-миграционных русел» при подходе к формированию единой системы охраняемых природных территорий. С его участием подготовлен ряд других монографических работ: «Лекарственные растения и их применение (1967), «Антропогенная динамика флоры и растительности Беларуси» (1985) «Красная книга СССР» (1997), «Красная книга Республики Беларусь» (1993, 2005, 2015),

«Национальная стратегия и план действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Беларусь» (1997), аналитический обзор «Состояние и использование биологического разнообразия Республики Беларусь» (1998), «Первый Национальный доклад по выполнению Конвенции биологическом разнообразии в Беларуси» (1998), «Национальный атлас Республики Беларусь» (2002) и др.

Геннадий Феодосьевич является основоположником отечественной бриологической школы, создателем уникальной концептуальной модели эволюционного развития высших растений, известным и уважаемым в мировых научных кругах ученым, автором первого издания Флоры мохообразных Беларуси, а также целого ряда других бриофлористических работ. Под его руководством защищены 2 кандидатские и 1 магистерская диссертации. В настоящее время готовится к защите еще одна кандидат-

ская диссертация. За цикл работ в области бриологии Геннадий Феодосьевич отмечен премией и присвоением звания лауреата премии НАН Беларуси.

Особого внимания заслуживают многолетние исследования Геннадия Феодосьевича в области эволюционной теории. На основе глубокого анализа и обобщения научной информации, касающейся эколого-биологических особенностей мохообразных и их организации на разных уровнях (от молекулярного до органного), а также восстановления причинно-следственных связей в их эволюционных преобразованиях им была воссоздана уникальная концептуальная модель происхождения и эволюции мохообразных, не имеющая аналогов в мировой литературе. Самые современные представления об этом отражены в монографиях «Происхождение эволюция мохообразных» (2011) и «Концептуальная модель происхождения и эволюции мохообразных» (2014). Им также выдвинуты и обобщены представления об эволюции сосудистых растений.

Значительный вклад внес Геннадий Феодосьевич в развитие гербарного дела, являясь куратором гербария мохообразных ИЭБ НАН Беларуси, насчитывающего на данный момент около 45 тысяч образцов. Им разработаны методические подходы по сбору и хранению бриологического гербария, определению гербарных образцов до видового уровня на основе микроскопического анализа морфологического и анатомического строения различных органов бриофитов.

Геннадий Феодосьевич проводит большую педагогическую и просветительскую работу: читает лекции в ВУЗах страны, дает многочисленные научные консультации, оказывает постоянную помощь в идентификации мохообразных, дает интервью СМИ. Он является членом Ученого совета Института, Ученого совета по защите докторских диссертаций при ИЭБ НАН Беларуси, Белорусского ботанического общества, редколлегии ежегодного издания сборника научных трудов «Ботаника», а также членом различных аттестационных комиссий и рецензентом научных работ.

Геннадий Феодосьевич – высококвалифицированный специалист и большой труженик. Ему присущи любовь и беззаветная преданность своему делу, внимательность, наблюдательность, ответственность, склонность к глубокому анализу и обобщению, широкий кругозор, эрудированность, творческий подход и стремление к самосовершенствованию. К тому же юбиляр – приятный собеседник, интеллигентный, внимательный, добрый, отзывчивый и скромный.

Важной чертой личности Геннадия Феодосьевича является его поэтический дар. Им уже опубликовано 7 сборников стихов и подготовлено к печати еще 4. Его стихи прекрасны, благозвучны и певучи. Они посвящены родным, близким, просто знакомым и даже малознакомым, но симпатичным ему людям. Большинство из них о любви – к матери, женщине, природе. Многие из них уже положены профессионалами на музыку и исполняются как песни.

Дорогой Геннадий Феодосьевич, наш добрый друг и коллега! Мы желаем Вам долгих лет жизни, крепкого здоровья, успехов в научной и общественной деятельности и вдохновения.

В. И. Парфенов, С. А. Дмитриева, М. С. Шабета

ВЛАДИМИР ПЕТРОВИЧ ШУКАНОВ (к 70-летию со дня рождения)



14 октября исполнилось 70 лет со дня рождения заведующего лабораторией физиологии патогенеза и болезнестойчивости растений кандидату биологических наук Владимиру Петровичу Шуканову.

В. П. Шуканов родился в полесской глубинке в окружении лесов и болот в тихой деревне Чемерное Лельчицкого района Гомельской области в семье бухгалтера райсобеса. Учился он сначала в Чемернянской начальной школе, а затем в Лельчицкой средней школе № 1, которую закончил в 1964 г. После окончания средней школы в течение года работал учителем химии и биологии Приболовичской 8-летней школы, откуда был призван в Советскую Армию в 1965 г.

Сначала служил в радиолокационной школе г. Минска, а затем проходил службу в поселке Отар Джамбульской области Казахстана. После демобилизации в 1968 г. поступил на биофак Белгосуниверситета. В качестве командира студенческого строительного отряда участвовал в строительстве Волжского автозавода (г. Тольятти).

С окончанием БГУ в 1973 г. начинается научная работа В. П. Шуканова в лаборатории белковых веществ и азотистого обмена Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси в должности старшего лаборанта, а затем младшего научного сотрудника по специальности «Биохимия растений». Одновременно он занимается в заочной аспирантуре под руководством доктора биологических наук, профессора Мироненко Виктора Алексеевича. В 1982 г. успешно защищает кандидатскую диссертацию по теме «Влияние ретардантов и диалена на рост и продуктивность и азотистый обмен пшеницы и тритикале». По результатам диссертационных исследований разработаны рекомендации по совместному применению диалена и хлорохлинхлорида в посевах пшеницы для повышения ее продуктивности и улучшения качества зерна, принятые Минсельхозом для внедрения в сельскохозяйственное производство Республики.

В 1982 г. он переводится в лабораторию физиологии большого растения и занимается проблемами фитопатогенеза и болезнестойчивости культурных злаков. В. П. Шуканов назначается ответственным исполнителем нового важного раздела тематики лаборатории «Изучение роли стероидных гликозидов в жизнедеятельности культурных злаков», где основными вопросами были проблемы роста, развития, физиолого-биохимического действия, формирования продуктивности и болезнестойчивости злаков под влиянием обработки растений стероидными гликозидами. В результате многолетних исследований была выполнена большая и новая работа «Функциональная роль стероидных гликозидов в фитопатосистемах культурных растений – фитопатогенные грибы», удостоенная диплома и первой премии Президентов НАН Украины, АН Беларуси и АН Молдовы (1996 г.). Основное достижение выполненных исследований – открытие новой группы эндогенных регуляторов роста растений гормоноподобного типа и физиолого-биохимическая характеристика этой группы веществ. Результаты

исследований обобщены в двух монографиях «Стероидные гликозиды – новые фиторегуляторы гормонального типа» (2003 г.) и «Гормональная активность стероидных гликозидов растений» (2012 г.).

В 1990 г. начинается новый этап в научной и научно-организационной работе Владимира Петровича. Он выдвигается и утверждается в должности ученого секретаря Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича АН БССР, в которой проработал 12 долгих и плодотворных лет.

В 2006 г. В. П. Шуканов избирается заведующим лабораторией, которая отныне называется лабораторией физиологии патогенеза и болезнеустойчивости растений. Расширяется тематика лаборатории, вводятся новые экспериментальные объекты. Вместе со злаковыми растениями используются лен-долгунец и сеянцы хвойных пород (ели и сосны). Главное внимание отводится разработке комплексных мероприятий по уходу за культурами льна-долгунца и сеянцами сосны и ели, в которых предусматривается повышение устойчивости льна-долгунца к полеганию, защите от болезней и повышение выхода длинного волокна и его качества, а также получение здорового и высококачественного посадочного материала хвойных пород на основе использования защитно-стимулирующих композиций нового поколения регуляторов роста синергического и взаимодополняющего действия. Лаборатория является одним из разработчиков системы мероприятий по защите льна-долгунца от вредителей болезней и сорняков, принятая Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь для широкого использования. Результаты последних исследований представлены в монографии «Физиология патогенеза и болезнеустойчивости растений» (2016 г.).

Владимир Петрович – автор и соавтор трех монографий, более 150 научных статей, трех патентов на изобретения, подготовил одного кандидата биологических наук.

Вместе с научной работой Шуканов В. П. всегда придавал большое значение общественной деятельности. В разное время он был членом месткома, руководителем занятий по ГО, зам. начальника добровольной пожарной дружины Института, членом идеологической комиссии Парткома АН БССР.

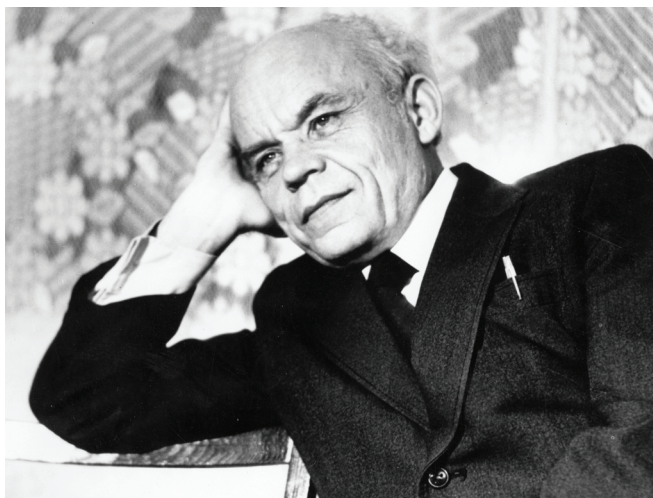
Владимир Петрович Шуканов отличается принципиальностью, скромностью, отзывчивостью, исполнительностью, коммуникабельностью и дружеским отношением к сотрудникам Лаборатории и Института.

Пожелаем ему здоровья, семейного благополучия, успехов и удачи во всех делах.

*А. П. Вольнец,
сотрудники лаборатории физиологии патогенеза
и болезнеустойчивости растений*

Юбилейные даты

К 90-летию со дня рождения ВИКТОРА СТЕПАНОВИЧА ГЕЛЬТМАНА (1926–2016)



9 октября 2016 года исполнилось бы 90 лет известному белорусскому ученому, крупному специалисту в области лесоведения, геоботаники и картографии лесной и луговой растительности, лауреату Государственной премии БССР, вице-президенту Белорусского ботанического общества, доктору биологических наук Виктору Степановичу Гельтману.

Виктор Степанович родился в г. Минске в семье известного государственного деятеля, наркома земледелия, председателя Госплана и заместителя Председателя Совнаркома БССР – Стефана Леоновича Гельтмана. Мать, Ядвига Владиславовна Мошинская-Гельтман, занималась литературной деятельностью, владела несколькими европейскими языками, преподавала польский язык в военной академии.

В начале 30-х годов семья переехала жить в Москву, где отец работал в Совете Министров СССР. В 1937 году отец и мать были репрессированы. В возрасте 11 лет Виктор лишился родителей. Вместе с сестрой воспитывался в детском доме. В шестнадцать лет закончил фабрично-заводское училище (ФЗУ) и до 1947 года работал машинистом на пароходах эксплуатационного участка «Волготанкер».

В 1948 году В. С. Гельтман возвращается в Минск, работает слесарем и одновременно учится в школе рабочей молодежи, которую окончил в 1949 году с золотой медалью. Одаренный от природы юноша пишет рассказы и стихи, пробует себя в журналистике, но, видимо из политических соображений, поступает не на журфак, а на лесохозяйственный факультет Белорусского технологического института имени С. М. Кирова. Здесь он слушает лекции известных белорусских ученых-лесоведов и лесоводов: академиков П. П. Рогового, В. П. Перехода, Н. Н. Короткова, профессоров

В. К. Захарова, Б. Д. Жилкина, К. Ф. Мирона. Они заложили в сознании будущего учено-геоботаника профессиональный интерес к проблемам леса и лесного хозяйства.

Огромную роль в судьбе и научном творчестве В. М. Гельтмана сыграл и известный геоботаник, академик И. Д. Юркевич. Начиная с аспирантуры и до последних лет жизни, учитель и ученик шли рука об руку. Научные работы И. Д. Юркевича и В. С. Гельтмана открыли новый биогеоценотический период в развитии лесной типологии в Беларуси.

Огромное трудолюбие, целеустремленность и необычайную любовь к белорусской природе оказалась весьма результативны. В. С. Гельтманом в соавторстве с другими сотрудниками лаборатории геоботаники обобщены в следующих монографиях: «Сероольховые леса и их хозяйственное использование» (И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман, В. И. Парфенов, 1963), «География, типология и районирование лесной растительности Белоруссии» (И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман, 1965), «Типы и ассоциации чернооольховых лесов» (И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман, Н. Ф. Ловчий, 1968), «Растительный покров Белоруссии (коллектив авторов, 1969), «Леса Белорусского Полесья» (И. Д. Юркевич, Н. Ф. Ловчий, В. С. Гельтман, 1977).

В 1972 году В. С. Гельтману, в числе других сотрудников лаборатории геоботаники присуждена Государственная премия БССР.

Виктор Степанович являлся соавтором многотомного труда «Леса СССР». Все научные работы – итог глубоких теоретических изысканий – получили широкую оценку среди ученых и практиков лесного хозяйства. В. С. Гельтман принимал активное участие в разработке научно-технических прогнозов влияния осушительной мелиорации на состояние и изменение растительного покрова Белорусского Полесья, комплексно-перспективного использования растительности этого региона.

В подготовленной и успешно защищенной в 1974 году докторской диссертации «Эколого-географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии» В. С. Гельтманом дан глубокий анализ исследований по географии, типологии и районированию лесной растительности Беларуси.

Докторская диссертация легла в основу его монографии, опубликованной в 1982 году «Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии». Прошло более тридцати лет после ее публикации, но она и сегодня не утратила свою актуальности и является настольной книгой лесоустроителей, ученых лесоведов и лесоводов, лесных типологов, студентов и аспирантов.

Творческое научное наследие Виктора Степановича заключается в том, что он является одним из основных авторов теоретических принципов геоботанического районирования и классификации лесной растительности. В своей монографической работе им дан анализ географического размещения лесных формаций на территории республики, установлены зональные особенности растительности, уточнены ареалы произрастания некоторых видов древесных пород в пределах Беларуси, выявлены закономерности формирования фитоценозов важнейших лесных формаций и соотношения отдельных таксономических единиц.

Виктор Степанович всегда поддерживал тесную творческую связь с лесоустроителями, участвуя в весенних тренировочных лесоустроительных мероприятиях и обучая начинающих молодых специалистов премудрости их профессии. Не понаслышке зная работу таксатора, он учил весторонне смотреть на лес. На основании собственных исследований и анализа многочисленных литературных данных, Виктор Степанович предложил климатогенно-ривалитатную теорию фитоценохронологии, обосновал понятия о фитоценотической устойчивости видов-эдификаторов, выдвинул и обосновал положение о лесотипологическом территориальном комплексе как основной единице лесорастительного районирования.

В. С. Гельтманом опубликовано около 150 научных работ, в том числе 6 монографий. Несмотря на многомесячные научные экспедиции, напряженный труд по обработке и осмысливанию собранных материалов, подготовку и редактированию статей и монографий, Виктор Степанович вел большую общественную работу. С 1958 по

1972 г. он являлся ученым секретарем совета Белорусского республиканского ботанического общества, а также его вице-президентом. От являлся членом секции лесной типологии Научного совета по проблемам леса АН ССР, входил в состав нескольких ученых советов по защите кандидатских и докторских диссертаций, в советы по Проблемам биосферы и Проблемам Полесья АН БССР, научного совета «Рациональное использование, преобразование и охрана растительного мира» АН БССР, научно-технических советов Министерства лесного хозяйства. Особую роль Виктор Степанович играл в становлении научных исследований в белорусских заповедниках. Он твердо считал, что понятие «заповедник» не должно связываться с понятием «хозяйственная деятельность». Заповедники – это, в первую очередь, научная лаборатория в естественных условиях, где должны быть организованы и вестись постоянные мониторинговые исследования за составляющими биосферы. Являясь членом Научных советов Беловежской пуши, Березинского и Припятского заповедников, он всегда отстаивал свою точку зрения по вопросам организации мониторинговых исследований.

Виктор Степанович являлся и активным пропагандистом идей охраны природы и ботанических знаний. Он постоянно выступал с научными докладами на международных, всесоюзных съездах, симпозиумах и семинарах, конференциях и совещаниях. В течении многих лет он был ведущим телепрограммы «Природа и мы», «Тайна растений». Здесь он ярко проявил свой талант увлекательно и доступно излагать телезрителям довольно сложные научные проблемы.

Весьма скромный, доступный, обаятельный и кристально честный человек, Виктор Степанович обладал глубокими всесторонними знаниями, огромной эрудицией, высокими нравственными качествами, что позволяло ему быть в центре внимания среди ученых ботаников на просторах бывшего Советского Союза.

20–21 октября 2016 года в Институте экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича был проведен Международный научный семинар «Лесная типология: современные методы выделения типов леса, классификация и районирование лесной растительности», посвященный 90-летию со дня рождения Виктора Степановича Гельтмана.

Участники семинара из России, Литвы, Латвии, Украины и Беларуси в своих выступлениях подчеркивали важность продолжения научных исследований в области геоботаники и картирования растительности, основу которых заложило старшее поколение.

М. В. Кудин, А. В. Пучило

Памяти ученых

БОРИС ИВАНОВИЧ ЯКУШЕВ (1932–2016)



11 ноября 2016 года ушел из жизни известный белорусский ученый, ботаник и эколог растений, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член-корреспондент НАН Беларуси доктор биологических наук, профессор Борис Иванович Якушев.

Б.И. Якушев родился 2 февраля 1932 года в г. Минске в семье военнослужащего. После окончания в 1951 году биолого-почвенного факультета Белорусского государственного университета Борис Иванович продолжил учебу в аспирантуре под руководством выдающегося белорусского ученого-почвовед-академика И.С. Лупиновича, где на долгие годы определил для себя основной научный интерес – разработку теоретических, методологических и практических вопросов межвидовых и внутривидовых взаимоотношений растений в фитоценозах во взаимодействии с почвенной средой обитания.

Глубокие знания фундаментальных вопросов агрохимии, почвоведения, геоботаники и физиологии растений, незаурядные способности аналитика и организатора лабораторных и натурных экспериментов с широким кругом растительных объектов позволили Б.И. Якушеву внести весомый вклад в раскрытие механизмов ценотических отношений древесных и травянистых растений в природных и искусственно создаваемых сообществах. Результаты этих исследований обобщены им в успешно защищенной в 1979 г. докторской диссертации «Эколого-физиологические основы межвидовых взаимоотношений древесных и травянистых растений». Впервые с эколого-физиологических позиций было всесторонне изучено влияние травянистой и кустарничковой растительности на рост и развитие древесных растений в сообществах; определена роль живого напочвенного покрова в лесных насаждениях; прослежено аллелопатическое взаимодействие древесной и травянистой растительности; обоснованы параметры конкурентного потенциала растений в поликомпонентных сообществах; разработаны принципы создания и рационального использования экологически устойчивых искусственных лесных фитоценозов. В 1978 году Б.И. Якушев возглавил лабораторию экологии растений.

Научную деятельность Б.И. Якушев успешно сочетал с изобретательской работой. Разработанные им методы и приборы для проведения эколого-физиологических исследований в полевых условиях (электрохимический гигрометр для определения интенсивности транспирации растений, ауроскоп для регистрации электрических полей, генерируемых растениями, прибор для измерения массы корней древесных растений *in situ* на электрометрическом принципе, прибор для определения солевого режима почв) до настоящего времени находят широкое применение в научно-исследовательской работе и учебном процессе в Беларуси и в странах СНГ. За изобретательскую деятельность Б.И. Якушев награжден серебряной и бронзовой медалями ВДНХ СССР и знаком «Изобретатель СССР».

Трудно переоценить вклад и заслуги Бориса Ивановича Якушева в решении многих радиоэкологических проблем, вставших перед учеными разных специальностей в связи с радиоактивным загрязнением природно-растительных комплексов Беларуси в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Б. И. Якушев один из первых лично возглавил работы по оценке последствий этой аварии для природно-растительных комплексов республики. Уже в первый месяц послеаварийного периода под руководством и при непосредственном участии Бориса Ивановича была заложена охватывавшая практически все пострадавшие регионы республики сеть пунктов постоянного радиоэкологического мониторинга и начаты продолжавшиеся более 25 лет ширококомасштабные радиоэкологические исследования динамики и основных закономерностей поглощения, накопления и воздействия радионуклидов на древесные и травянистые растения в зависимости от их видовой принадлежности, условий местопроизрастания и уровня радиоактивного загрязнения. Полученные результаты позволили не только реально охарактеризовать постчернобыльскую ситуацию, но и обосновать прогнозы состояния лесных и луговых экосистем, разработать принципы и методы реализации защитных мер и способы лесовосстановления, лесопользования, ведения лугопастбищного хозяйства на загрязненных радионуклидами территориях. Полученный уникальный научный материал обобщен в вышедшей из печати в 1995 году коллективной монографии «Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС)» под редакцией В. И. Парфенова и Б. И. Якушева, в многочисленных статьях и материалах международных научных симпозиумов и конференций. Признанием значимости выполненных радиоэкологических работ является награждение его в 2001 году Почетной Грамотой Комитета по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете министров Республики Беларусь.

Б. И. Якушев – автор более 280 научных работ, в т. ч. 8-ми коллективных монографий по проблемам биогеоценологии, экофизиологии и радиоэкологии растений, научный руководитель 5 кандидатских диссертаций и более 10 дипломных работ. В 2001 году ему присвоено звание профессора.

Научная и педагогическая деятельность Б. И. Якушева получила высокое признание научной общественности. В 1994 году он избран членом-корреспондентом НАН Беларуси по специальности «экология», а в 2002 году удостоен звания «Заслуженный деятель науки Республики Беларусь». За заслуги в развитии биологической науки, внедрение результатов исследований в народное хозяйство, подготовку кадров высшей квалификации, активную общественную и административную деятельность Б. И. Якушев награжден юбилейной медалью «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина», Почетными Грамотами Совета Министров Республики Беларусь, Президиума НАН Беларуси, ВАК Республики Беларусь, Министерств и ведомств республики, нагрудным знаком «Юбилейная медаль у гонар 80-годдзя Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі».

Коллеги и научные сотрудники, на разных уровнях соприкасавшиеся или работавшие с Борисом Ивановичем Якушевым, неизменно отмечали его высокую принципиальность, четко выраженную позицию и открыто высказываемое мнение как при обсуждении результатов научных работ, программ и отчетов на ученых советах Института, вопросов организации научного процесса и принятия ответственных решений на совещаниях академического уровня, так и при обсуждении проблем повседневной жизни и деятельности Института на профсоюзных собраниях.

Преданность науке, целеустремленность и трудолюбие, гражданская смелость и высокая ответственность, доброжелательность и принципиальность – вот те качества, которые останутся в памяти у всех знавших Бориса Ивановича Якушева – ученого и гражданина.

*В. И. Парфенов, Н. А. Ламан, А. В. Пугачевский,
Ж. М. Анисова, Т. А. Будкевич, М. М. Сак*

ВЕРА ПАВЛОВНА ДЕЕВА
(1926–2016)



10 августа исполнилось 90 лет со дня рождения Веры Павловны Деевой – известного белорусского ученого в области физиологии растений, главного научного сотрудника Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси, доктора биологических наук, профессора.

Вера Павловна Деева родилась в д. Горки Сонковского района Калининской (ныне Тверской) области России в семье служащих. Ее детство и юность прошли в тяжелые предвоенные и военные годы. Отец был призван в действующую Армию, а мать зимой 1942 г. во время эвакуации пыталась перевести ее с сестрой из Калинина к родственникам; в дороге девочки заболели тифом, но чудом выжили.

Несмотря на трудности послевоенной жизни, благодаря своей целенаправленности и трудолюбию, Вера Павловна окончила техникум социалистического сельского хозяйства в г. Калинин, а затем в 1944 г. поступила и в 1949 г. окончила Московскую сельскохозяйственную академию им. К. Л. Тимирязева. После получения высшего образования работала заведующей

агрохимической лабораторией МТС г. Льгова Курской обл., затем начальником сектора обобщения и внедрения достижений науки и передового опыта в производство. Уже тогда Вера Павловна хотела работать по специальности и добилась перевода на Курскую областную опытную станцию на должность зав. отделом агрохимии, где и работала до реорганизации этой станции до ноября 1951 г. В январе 1952 г. Вера Павловна поступила в аспирантуру Всесоюзного Института агрохимии и почвоведения ВАСХНИЛ (Ленинградское отделение). После окончания аспирантуры и защиты кандидатской диссертации в 1955 г. на тему «Эффективность различных приемов использования бора и марганца при выращивании столовых корнеплодов на дерново-подзолистой почве» получила степень кандидата с.-х. наук и с мая 1955 г. была направлена на работу в Белорусский научно-исследовательский институт земледелия в г. Жодино.

В 1961 г. В. П. Деева прошла по конкурсу на должность старшего научного сотрудника в Институт биологии, впоследствии (с 1963 г.) Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича в лабораторию, возглавляемую доктором биологических наук С. М. Маштаковым. Это был самый продуктивный период в жизни и научной деятельности Веры Павловны. Здесь она сложилась как высококвалифицированный, инициативный, уникальный специалист и нашла свое основное научное направление – регуляция роста и развития растений путем воздействия на них биологически активными соединениями. В те годы это направление сформировалось в своеобразную научную школу химической регуляции роста и развития растений, широко рекламирующей новейшие достижения в крупных публикациях, монографиях, докладах на престижных международных симпозиумах и конференциях.

За время работы в Институте В. П. Деева стала крупным специалистом в области физиологии и биохимии растений. Под ее руководством и непосредственном участии разработано новое направление современной биологии в Беларуси – регуляция роста и раз-

вития растений с помощью физиологически активных соединений. Она сумела получить оригинальные данные по механизмам действия на сельскохозяйственные растения гербицидов, ретардантов, которые легли в основу её докторской диссертации «Физиологические основы сортовой устойчивости растений к действию химических регуляторов роста», защищенной в 1973 г.

Вера Павловна явилась основоположником работ по изучению окислительного фосфорилирования и связанных с ним звеньев обмена веществ у сортов растений под воздействием химических регуляторов роста, механизмов действия гербицидов в растениях, путях взаимодействия микроэлементов и гербицидов, механизмов устойчивости и адаптации различных генетических форм растений к химическим регуляторам роста.

Новизна исследованных и предложенных ею способов использования регуляторов роста в растениеводстве защищена 14 авторскими свидетельствами и 7 патентами. За большой вклад в изобретательство В.П. Деева награждена нагрудным знаком «Изобретатель СССР».

Проведенная Верой Павловной Деевой огромная работа по внедрению технологий и способов использования биологически активных регуляторов роста в сельскохозяйственное производство была осуществлена на большом разнообразии культур не только в Беларуси, но и в России и на Украине. Это был по-настоящему подвижнический труд совместно с сотрудниками НПЦ НАН Беларуси по земледелию (г. Жодино), Институтом защиты растений НАН Беларуси.

Результаты исследований В.П. Деевой, её экспериментальной и теоретической работы изложены в более чем 300 публикациях, в т.ч. в 8 монографиях.

На протяжении многих лет В.П. Деева выполняла большую научно-исследовательскую и общественную работу. Она не только являлась руководителем разрабатывавшихся в Институте плановых тем, но и в 1976–1980 гг. была куратором комплексной научно-технической программы, выполнявшейся по заданию Совета Министров БССР, в 1980–1985 г.г. – куратором Республиканской программы «Продуктивность 2», в 1986–1990 гг. – куратором Межведомственной программы развития фундаментальных исследований в БССР по проблемам сельского хозяйства.

Много лет Вера Павловна была председателем Регионального научного совета по проблемам физиологии и биохимии растений Белоруссии и Прибалтики, председателем Совета общественного объединения физиологов растений Беларуси, членом специализированного совета по защите кандидатских и докторских диссертаций, состояла членом редколлегии журнала «Весці АН БССР. Серыя сельскагаспадарчых навук».

В.П. Деева уделяла большое внимание подготовке научных кадров. Под ее руководством подготовлено 17 кандидатов наук и одна докторская диссертация. В 1990 г. Вере Павловне Деевой присвоено ученое звание профессора по специальности «Биология». Она постоянно поддерживала связь с Белорусским государственным университетом, являясь руководителем курсовых и дипломных работ студентов; в 1980–1982 гг. читала спецкурс по регуляции роста и развития растений на биологическом факультете. В 1981 г. была председателем ГЭК в БГУ, а в 1985 г. – в БГПУ имени М. Танка.

За многолетнюю научную и научно-организационную работу Вера Павловна неоднократно награждалась Почетными грамотами Академии наук и Института, премиями и благодарностями, медалью «Ветеран труда». По итогам 9-й пятилетки была награждена медалью «За трудовую доблесть».

Заслуги В.П. Деевой по праву были оценены Американским Биографическим Институтом: она была удостоена диплома и провозглашена Женщиной мира 2004 г. на основании ее «выдающихся достижений и доблестного примера, который она установила для равных себе по положению и обществу в целом».

Для Веры Павловны Деевой были характерны качества талантливого, настойчивого и целеустремленного исследователя, организатора, вдумчивого экспериментатора, энергично внедряющего свои результаты в практику сельскохозяйственного производства.

Она обладала высочайшим интеллектом ученого и подлинной нравственностью, душевной щедростью, теплотой искренних взаимоотношений, всегда выступала заботливым старшим товарищем по отношению к своим сотрудникам и близким знакомым, была внимательным и доброжелательным собеседником.

Ушла Вера Павловна Деева из жизни 19 января 2016 г., погребена на Кальварийском кладбище. Её светлый образ останется в благодарной памяти коллег, учеников, товарищей, близких, знакомых.

В. И. Парфенов, А. В. Пугачевский, А. Ф. Судник, Т. Г. Янчевская

АНАТОЛИЙ ПЕТРОВИЧ КУДРЯШОВ
(1951–2016)



27 мая 2016 года, накануне своего 65-летнего юбилея скорпостижно ушел из жизни Анатолий Петрович Кудряшов – доцент кафедры клеточной биологии и биоинженерии растений биологического факультета Белорусского государственного университета, признанный специалист в области электрофизиологии растительных клеток, кандидат биологических наук. За период своей научной и научно-педагогической деятельности, разделенной во времени поровну между Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси и Белорусским государственным университетом, А. П. Кудряшов оставил значимый след в работе и достижениях этих известных в республике научных учреждений.

Анатолий Петрович Кудряшов родился 28 июля 1951 года в пос. Штер ГРЭС Ивановского района Ворошиловградской области в семье военнослужащего. Среднее образование получил в школе г. Курахово Донецкой области. Окончив школу с серебряной медалью, в 1968 году поступил на физический факультет Белорусского государственного университета. После окончания университета в 1973 году с дипломом физика (специализацией «биофизика») проработав 1,5 года в должности старшего инженера в лаборатории регуляции обмена веществ Минского государственного медицинского института, в декабре 1974 года был зачислен на должность старшего лаборанта в Институт экспериментальной ботаники АН БССР в лабораторию фотосинтеза, возглавляемую авторитетным физиологом растений членом-корреспондентом АН БССР М. Н. Гончариком. Вхождение в научный коллектив лаборатории стало для Анатолия Петровича продолжением работы по призванию, поскольку именно здесь в периоды курсовой и дипломной практик (1971–1973) определился научный предмет исследования – механизмы регуляции функций плазматических мембран растительной клетки, которому он остался верен на протяжении всего своего пути исследователя-биофизика. После обучения без отрыва от производства в заочной аспирантуре под руководством М. Н. Гончарика и защиты в 1985 году кандидатской диссертации «Транспорт аминов в клетках *Nitella flexilis*» Анатолий Петрович уже в должности младшего научного сотрудника лаборатории белка и регуляции обмена веществ, руководимой доктором биологических наук В. М. Юриным, активно участвует как ответственный исполнитель в разработке новаторской, с позиции теории и практики того периода времени, темы: «Основные закономерности взаимодействия физиологически активных веществ с плазмалеммой». Разрабатываемые в лаборатории при непосредственном участии Анатолия Петровича технологии и лабораторные комплексы для прижизненного контроля транспорта ионов в растительные клетки с помощью регистрации электрических параметров мембран существенно расширили возможности исследований, что позволило перейти к выполнению важной для решения экологических проблем в республике тематики «Тестирование мембранотропной активности химических соединений и образцов природных вод».

В 1988 году Анатолий Петрович аттестуется на должность научного сотрудника, имея в своей научной библиографии уже 26 публикаций, среди которых статьи в таких авторитетных Всесоюзных и белорусских научных изданиях как «Физиология растений» (1977); «Биофизика» (1987), «Доклады АН БССР» (1976; 1979; 1980). Приоритетное место в этих работах, написанных в соавторстве с М. Н. Гончариком и В. М. Юриным,

занимают вопросы функционирования транспортной системы аммония на плазмалемме клеток *Nitella* и влияния на активность этого процесса внутриклеточных факторов—pH среды, концентрации эндогенных аминов, Ca²⁺, одновалентных и двухвалентных катионов. В 1991 году результаты многолетнего исследования механизмов транспорта аммония—одного из основных источников азотного питания растений, в растительную клетку были обобщены Анатолием Петровичем в главе «Транспортная система аммония плазмалеммы клеток растений» в коллективной монографии «Регуляция ионного транспорта через мембраны растительных клеток», которая в дальнейшем послужила основой для использования полученных данных при разработке теоретических вопросов регуляции функций плазматических мембран и практического их применения в процедурах скрининга физиологически активных соединений и экологического мониторинга, в частности, при биотестировании загрязнения водных сред тяжелыми металлами (в т.ч. их радиоактивными изотопами), продуктами и отходами химических производств, удобрениями. Такая установка контроля была впоследствии смонтирована и внедрена А. П. Кудряшовым в университете в Шаньдунской провинции КНР.

В полной мере опыт специалиста-электрофизиолога растений был использован А. П. Кудряшовым и при выполнении радиоэкологических исследований, к которым он активно подключился в составе сотрудников лаборатории радиоэкологии растений, выполнявших ответственные государственные задания по оценке радиоактивного загрязнения почв и растительности республики в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Помимо радиометрического контроля, возглавляемой А. П. Кудряшовым группой электрофизиологов с помощью сконструированной ими радиоизмерительной аппаратуры был получен ряд фундаментальных научных результатов по механизмам транспорта радионуклидов в системе среда-растение, специфике их метаболизации в компартаментах растительной клетки и регулирующей роли в ней внешних и эндогенных факторов.

Работы по этой тематике были продолжены на кафедре физиологии и биохимии растений (с 2013 года—кафедра клеточной биологии и биоинженерии растений) биологического факультета БГУ, куда в 1996 году Анатолий Петрович был приглашен на преподавательскую работу. За время работы на кафедре им были разработаны и читались курсы «Ксенофитофизиология», «Биосенсорные системы», «Информационные технологии в биологических исследованиях», проводилась активная работа по созданию учебно-методических комплексов для студентов. Список более 60-ти научных публикаций А. П. Кудряшова пополнили 12 разработанных им учебных и учебно-методических пособий. Студенческие работы, выполняемые под его руководством, отвечали самым современным задачам физиологии растений—разработке новых биотехнологий с использованием клеточных культур, биологически активных веществ растительного происхождения и др. Ученики Анатолия Петровича неоднократно побеждали в республиканских конкурсах научных студенческих работ, многие результаты которых внедрены в учебный и производственный процесс. В 2010 году А. П. Кудряшову была присуждена первая премия в конкурсе научных руководителей и организаторов научно-исследовательской работы студентов и аспирантов БГУ.

Тяжело и несправедливо говорить в прошедшем времени об Анатолии Петровиче Кудряшове—талантливом ученом и педагоге, невероятно трудолюбивом, удивительно скромном, но очень принципиальном и ответственном исследователе, удивлявшем соприкасавшихся с ним коллег глубиной профессиональной эрудицией и желанием поделиться знаниями с сотрудниками и учениками, отзывчивом на чужую боль и потери, всегда готовым первым прийти на помощь. Таким он останется на долгие годы в нашей благодарной памяти.

Т. А. Будкевич, Г. Д. Матусов, Ж. М. Анисова;

*коллектив преподавателей, сотрудников и студентов
биологического факультета БГУ*

ТАТЬЯНА ИВАНОВНА ФОМЕНКО
(1951–2016)



Татьяна Ивановна Фоменко, выпускница биологического факультета Белорусского государственного университета 1973 года. После окончания университета она была направлена на работу в Институт экспериментальной ботаники АН БССР. Трудовой путь начинался в лаборатории регуляции роста и развития растений, которую возглавляла д.б.н. В.П. Деева, а затем, с 1974 года, вся научная деятельность проходила в лаборатории биохимии растений, которая последовательно реформировалась в лабораторию биохимии и молекулярной биологии растений, а затем в отдел биохимии и биотехнологии растений уже в составе Центрального ботанического сада НАН Беларуси.

Татьяна Ивановна органично волилась в коллектив сотрудников, руководимый академиком Александром Степановичем Вечером.

Он оценил её стремление к работе по зарождающемуся научному направлению – физиология и биохимия клеток, тканей и растений в культуре *in vitro*, и включил ее в 1977 году в состав целевой тематической группы вместе с В.Н. Решетниковым, Г.М. Долбиком, Л.Г. Бердичевец, Л.Н. Быковой. В составе группы Татьяна Ивановна активно присоединилась к исследованиям по культуре клеток и тканей картофеля, включая вопросы получения протоклонов из перспективных сортов и семян этой культуры. Работы такого плана в значительной степени были ориентированы на перспективные запросы Белорусского НИИ картофелеводства и плодОВОШЕВодства и в определенной мере финансировались этим институтом на основе хозяйственных договоров. В работах тематической группы нашли развитие многие биотехнологические приемы, была создана коллекция культур *in vitro*, одна из первых в биологических учреждениях Беларуси. Татьяна Ивановна проявила себя как способный экспериментатор, о чем, например, свидетельствует выполненная в соавторстве с Г.М. Долбиком тема «Биохимические исследования при разработке методов получения соматических гибридов картофеля» (1980 г).

Конечно, развитие такого востребованного направления не могло быть успешным без контактов с учеными, в первую очередь АН СССР. Татьяна Ивановна много стажировалась в лаборатории члена-корреспондента АН СССР Р.Г. Бутенко, консультировалась с ней по вопросам трактовки и обобщения экспериментального материала. Итогом общих работ по подготовке кадров академика АН БССР А.С. Вечера и чл.–корр. АН ССР Р.Г. Бутенко являлась кандидатская диссертация Татьяны Ивановны «Особенность ферментативного получения и функциональная активность протопластов тканей картофеля», защищенная в 1986 году по специальности 03.00.12 – физиология растений.

Рост научной квалификации, активная исследовательская и внедренческая деятельность послужили основой формирования сектора, а затем лаборатории клеточной биотехнологии в ЦБС НАН Беларуси, которую возглавила Татьяна Ивановна. Ее научные исследования были сосредоточены на задачах в области физиологии дифференциации и дедифференциации клеток и тканей растений, технологиях клонального микроразмножения хозяйственно ценных видов растений, создании генетических банков на основе культуры тканей и меристем. Т.И. Фоменко являлась специалистом в области культуры ткани, физиологии каллусо- и морфогенеза различных растений – представителей семейств пасленовых, злаковых и бобовых, создания соматклонов как исходных селекционных образцов с повышенной устойчивостью к внешним условиям.

Т. И. Фоменко всегда свою работу сочетала с активным международным сотрудничеством с учеными учреждений стран СНГ (Главный ботанический сад РАН, Никитский ботанический сад- научный центр РАН, Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, Институт физиологии и генетики НАН Украины и др.), а также с научными учреждениями Вьетнама, Польши, Литвы и др.

Научные разработки Т. И. Фоменко опубликованы в более чем 120 научных статьях и методических пособиях. Следует отметить инициативную работу Татьяны Ивановны с молодым поколением – старшеклассниками минских школ – им Татьяна Ивановна прививала любовь к новым знаниям, научному поиску и приверженности науке.

Талантливый ученый, замечательный человек и товарищ Татьяна Ивановна остается в долгой, благодарной памяти родных, друзей и товарищей.

*В. Н. Решетников, Е. В. Спиридович;
сотрудники лаборатории клеточной биотехнологии
ЦБС НАН Беларуси*

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| ПУТАЧЕВСКИЙ А. В., СОСНОВСКАЯ Т. Ф. ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ: ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ (К 85-ЛЕТИЮ ОБРАЗОВАНИЯ) | 3 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

Флора и систематика

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПАРФЕНОВ В. И., РЫКОВСКИЙ Г. Ф., ДМИТРИЕВА С. А. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ | 26 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ГОЛУБКОВ В. В., БЕЛЫЙ П. Н., ЦУРИКОВ А. Г. ЛИШАЙНИКИ РОДА <i>PARMOTREMA</i> MASSAL. (<i>PARMELIACEAE</i>) В БЕЛАРУСИ | 30 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ДОКШИНА А. Ю., ДЖУС М. А. АСТРАГАЛ ЭСПАРЦЕТНЫЙ (<i>ASTRAGALUS ONOBRYSCHIS</i> L., <i>FABACEAE</i> , <i>GALEGEAE</i>) ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ | 41 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ДУБОВИК Д. В. РОД <i>ШАМАЕСУТИСУС</i> LINK – РАКИТНИК (<i>FABACEAE</i>) ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ | 50 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ДУБОВИК Д. В., ОРЛОВ А. А., ЯКУШЕНКО Д. Н., СКУРАТОВИЧ А. Н. <i>UTRICULARIA</i> x <i>AUSTRALIS</i> R. BR. (<i>LENTIBULARIACEAE</i>) ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ И УКРАИНЫ | 55 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ЛОБАН С. Е. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ РОДА АМАРАНТ (<i>AMARANTUS</i> L.) В КОЛЛЕКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НАН БЕЛАРУСИ | 64 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| МЯЛИК А. Н. ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОГРАНИЧНЫХ ВИДОВ ФЛОРЫ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ | 71 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| РЫКОВСКИЙ Г. Ф., ШАБЕТА М. С. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БРИОКОМПОНЕНТОВ СОСНОВЫХ И ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ БЕЛАРУСИ ЧЕРНИЧНОЙ СЕРИИ | 83 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| САУТКИНА Т. А., ПАЦЕВИЧ А. И. КРИТИКО-СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОМПЛЕКСА <i>DIANTHUS ARENARIUS</i> S. L. ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ И ХОРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЕГО ВИДОВ | 90 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

Фитоценология

ПУГАЧЕВСКИЙ А. В., ЕРМОХИН М. В., БАРСУКОВА Т. Л.,
ВЕРШИЦКАЯ И. Н., САВЕЛЬЕВ В. В.
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСОВ Г. МИНСКА 99

ЛЕВКОВИЧ А. В.
**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ
РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ
НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ** 114

МАСЛОВСКИЙ О. М., ЧУМАКОВ Л. С., ПОДРЕЗ Ю. С., СЫСОЙ И. П.,
ЛЕВКОВИЧ А. В., ШИМАНОВИЧ Р. В.
**ЭКСПАНСИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАИБОЛЕЕ ОПАСНЫХ ВИДОВ ИНВАЗИВНЫХ
РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ** 129

СЫСОЙ И. П.
**ОЦЕНКА МАССЫ СЫРЬЯ ДИКORАСТУЩИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ
РАСТЕНИЙ ПО НЕКОТОРЫМ БИОМЕТРИЧЕСКИМ
И ПРОДУКЦИОННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ** 145

ЦВІРКО Р. В., ПОБИРУШКО В. Ф., ПУЧИЛЮ А. В., РУСЕЦКИЙ С. Г.
**ОСОБЕННОСТИ ТИПОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ
АНТРОПОГЕННО-ПРОИЗВОДНЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ
БЕЛАРУСИ** 160

Микология и фитопатология

ГАПИЕНКО О. С., ШАБАШОВА Т. Г.
**МИКОФЛОРА БЕЛАРУСИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
ИЗУЧЕННОСТИ МИКОБИОТЫ** 171

КОРИНЯК С. И.
**АНАМОРФНЫЕ ГРИБЫ – ВОЗБУДИТЕЛИ БОЛЕЗНЕЙ
СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В ПРИРОДНЫХ СООБЩЕСТВАХ
И АГРОЦЕНОЗАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА
«НАРОЧАНСКИЙ»** 185

ПОЛИКСЕНОВА В. Д.
**МИКОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ НА КАФЕДРЕ БОТАНИКИ
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА** 195

ШАБАШОВА Т. Г., БЕЛОМЕСЯЦЕВА Д. Б., КОРИНЯК С. И.
**ОСОБЕННОСТИ МЕТОДА ОТБОРА ОБРАЗЦОВ
ПРИ МИКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ ПОМЕЩЕНИЙ** 202

Экологическая физиология растений

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ЛАМАН Н. А., КОПЫЛОВА Н. А. ПРИРОДНЫЕ ФУРОКУМАРИНЫ КАК ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ | 209 |
| ЛАМАН Н. А., КОПЫЛОВА Н. А., ДОСИНА М. О., ТОКАЛЬЧИК Д. П., КУЛЬЧИЦКИЙ В. А. ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПЛОДОВ ШИПОВНИКА (<i>ROSA RUGOSA</i> THUNB.) НА ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ | 230 |
| ЯКУШЕВ Б. И. , АНИСОВА Ж. М., БУДКЕВИЧ Т. А., САК М. М. ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ (<i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.) И ЕЛИ (<i>PICEA ABIES</i> (L.) KARST.) К ЗАСОЛЕНИЮ ПОЧВЫ ХЛОРИДОМ НАТРИЯ | 240 |
| БОНДАРЬ Ю. В., ЗЕРКАЛЬ С. В., ГЕТКО Н. В., ВОЛОДЬКО И. К. ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛИСТА У <i>RHODODENDRON MOLLE</i> (BL.) G. DON. И <i>RHODODENDRON JAPONICUM</i> (A. GRAY) SURING | 255 |
| БУДКЕВИЧ Т. А., ЗАВАДСКАЯ М. И., АНИСОВА Ж. М. ОСОБЕННОСТИ МОРФОСТРУКТУРЫ И ВОДНО-МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ ЖЕЛТОЙ (<i>MEDICAGO FALCATA</i> L.) КОРНЕВИЩНОГО МОРФОТИПА ПРИ ОБРАБОТКЕ БРАССИНОСТЕРОИДАМИ | 270 |
| ДОМАШ В. И., ИВАНОВ О. А., ШАРПИО Т. П., ЗАБРЕЙКО С. А. БИОХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРЕПАРАТОВ БЕЛКОВЫХ ИНГИБИТОРОВ ПРОТЕИНАЗ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ | 284 |
| ЕРМАКОВИЧ Д. А., КАРПУК В. В. ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ БЕРЕЗЫ (<i>BETULA</i> L.) НА РОСТ ГРИБОВ И БАКТЕРИЙ <i>IN VITRO</i> | 295 |
| ЗУБЕЙ Е. С., РОДИОНОВ П. А., ТЕЛЮК Н. А., РЕУЦКИЙ В. Г. МЕТОДИКА ЭЛЕКТРОННОГО МОНИТОРИНГА ВОДНОГО ОБМЕНА АССИМИЛЯЦИОННОЙ ТКАНИ ЛИСТА | 299 |
| КАБАШНИКОВА Л. Ф., САВЧЕНКО Г. Е., АБРАМЧИК Л. М., МАКАРОВ В. Н., СЕРДЮЧЕНКО Е. В., КОНДРАТЬЕВА В. В. ДЕЙСТВИЕ ИММУНОМОДУЛИРУЮЩЕГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ β-АМИНОМАСЛЯНОЙ КИСЛОТЫ НА СТРУКТУРНО- ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ РАСТЕНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ (<i>HORDEUM VULGARE</i> L.) | 309 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| КАРПУК В. В., АЛЕЙНИК И. М. ФАРМАКОГНОСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЯТЫ ПОЛЕВОЙ (<i>MENTHA ARVENSIS</i> L.) | 324 |
| МАНЖЕЛЕСОВА Н. Е. ПОВЫШЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ 24-ЭПИБРАССИНОЛИДА ПУТЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ В СОСТАВ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ КОМПЛОЗИЦИЙ | 337 |
| РУПАСОВА Ж. А., ЯКОВЛЕВ А. П., РЕШЕТНИКОВ В. Н., ЛИШТВАН И. И., БЕЛЫЙ П. Н., ВАСИЛЕВСКАЯ Т. И., КРИНИЦКАЯ Н. Б., ТИШКОВСКАЯ Е. В. ВЛИЯНИЕ РОСТРЕГУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ГОЛУБИКИ НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ УЧАСТКАХ ТОРФЯНЫХ ВЫРАБОТОК В СЕВЕРНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТЯХ БЕЛАРУСИ | 348 |
| САФОНОВ Д. П., ШУКАНОВ В. П. ВЛИЯНИЕ ФУЗИКОКЦИНОВОГО ПРЕПАРАТА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН И НАЧАЛЬНЫЙ РОСТ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (<i>TRITICUM AESTIVUM</i> L.) | 368 |
| ЯНЧЕВСКАЯ Т. Г., ГРИЦ А. Н., МАКАРОВА Т. Б., ОЛЕШУК Е. Н., РОМАНОВСКАЯ Т. В. ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИЙ ПРЕПАРАТА <i>АНТИВАЙРУС</i> НА СОДЕРЖАНИЕ X-, Y-ВИРУСОВ В РАСТЕНИЯХ <i>IN VITRO</i> КАРТОФЕЛЯ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ | 376 |
| ЯНЧЕВСКАЯ Т. Г., ОЛЬШАНИКОВА А. Л., ГРИЦ А. Н., ОЛЕШУК Е. Н., КАРАСЕВА Е. Н., МАКАРОВА Т. Б. КОРНЕОБИТАЕМЫЕ СРЕДЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ | 386 |
| Флористические находки | |
| БЕЛОМЕСЯЦЕВА Д. Б., ШАБАШОВА Т. Г., ЗВЯГИНЦЕВ В. Б. НОВЫЙ ДЛЯ БЕЛАРУСИ РОД МИКРОМИЦЕТОВ <i>CYCLANEUSMA</i> DICOSMO, PEREDO & MINTER | 395 |
| ГАРБАРУК Д. К., УГЛЯНЕЦ А. В. НАХОДКИ <i>ASPLENUM TRICHOMANES</i> L. И <i>POLYPODIUM</i> <i>VULGARE</i> L. В ПОЛЕССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ | 399 |
| ДУБОВИК Д. В., САВЧУК С. С., СКУРАТОВИЧ А. Н., ЛЕБЕДЬКО В. Н. НАХОДКИ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ АБОРИГЕННЫХ И АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В БЕЛАРУСИ | 404 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ЛЕБЕДЬКО В. Н. НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ | 416 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Юбиляры

| | |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| НИКОЛАЙ АФАНАСЬЕВИЧ ЛАМАН (к 75-летию со дня рождения) | 421 |
| ГЕННАДИЙ ФЕОДОСЬЕВИЧ РЫКОВСКИЙ (к 80-летию со дня рождения) | 425 |
| ВЛАДИМИР ПЕТРОВИЧ ШУКАНОВ (к 70-летию со дня рождения) | 427 |

Юбилейные даты

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| К 90-летию со дня рождения ВИКТОРА СТЕПАНОВИЧА ГЕЛЬТМАНА (1926–2016) | 429 |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|

Памяти ученых

| | |
|--------------------------------------------------------|-----|
| БОРИС ИВАНОВИЧ ЯКУШЕВ (1932–2016) | 432 |
| ВЕРА ПАВЛОВНА ДЕЕВА (1926–2016) | 434 |
| АНАТОЛИЙ ПЕТРОВИЧ КУДРЯШОВ (1951–2016) | 437 |
| ТАТЬЯНА ИВАНОВНА ФОМЕНКО (1951–2016) | 439 |

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

**БОТАНИКА
(ИССЛЕДОВАНИЯ)**

Выпуск 45

*Посвящается 85-летию
Института экспериментальной ботаники
им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси*

Ответственный за выпуск *Е. С. Патей*
Компьютерная верстка *Д. С. Гавинович*

Подписано в печать 30.12.2016. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 26,04.
Уч.-изд. л. 24,72. Тираж 220 экз. Заказ 9970.

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