



ISSN: 0366-502X

БЮЛЛЕТЕНЬ **ГЛАВНОГО** **БОТАНИЧЕСКОГО** **САДА**

4/2020

(Выпуск 206)





БЮЛЛЕТЕНЬ ГЛАВНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

4/2020 (Выпуск 206)

ISSN: 0366-502X

СОДЕРЖАНИЕ

ИНТРОДУКЦИЯ И АККЛИМАТИЗАЦИЯ

Шустов М.В., Швецов А.Н., Коновалова Т.Ю., Воронина О.Е., Джанаева В.В.

Виды экспозиции дикорастущих полезных растений
Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН,
занесенные в Красную книгу России 3

Фирсов Г.А.

Коллекция растений рода *Chamaecyparis* Spach (Cupressaceae)
в ботаническом саду Петра Великого БИН РАН 9

Крещенок И.А.

Представители рода *Clematis* L. (Ranunculaceae)
в коллекции Амурского филиала Ботанического сада-института ДВО РАН 16

ФЛОРИСТИКА И СИСТЕМАТИКА

Золкин С.Ю., Швецов А.Н.

Исследование флористического разнообразия и способности
к активному распространению спонтанно расселяющихся
сосудистых растений из оранжерей ГБС РАН 21

ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

Синичкин Е.А.

Редкие и исчезающие виды лишайников, рекомендуемые
в Красную Книгу Чувашской Республики 34

ФИЗИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

Чижик О.В., Деева А.М., Решетников В.Н.

Биологически активные соединения плодов и листьев
Vaccinium corymbosum L. 45

Молканова О.И., Горбунов Ю.Н., Егорова Д.А.

Применение антиоксидантов и сорбентов при клональном
микроразмножении *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. 52

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Червякова О.Н., Келдыш М.А.

К вопросу о фитосанитарной ситуации в гетерогенной
экосистеме травянистых декоративных многолетников
в ГБС РАН (вирусные и грибные патогены) 60

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исачкин А.В., Крючкова В.А.

Алгоритмы определения достаточных объемов выборок
(на примере садовых растений) 68

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Ткачева Е.В.

Научные труды сотрудников Главного ботанического сада
им. Н.В. Цицина РАН в базе данных Web of Science 79

Учредители:

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Главный ботанический сад
им. Н.В. Цицина РАН
ООО «Научтехлитиздат»;
ООО «Мир журналов».

Издатель:

ООО «Научтехлитиздат»

Журнал зарегистрирован федеральной
службой по надзору в сфере связи
информационных технологий
и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации
СМИ ПИ № ФС77-46435

Подписные индексы
ОАО «Роспечать» 83164
«Пресса России» 11184

Главный редактор:

Уполнник В.П., канд. биологических наук, Россия

Зам. главного редактора:

Горбунов Ю.Н. доктор биол. наук, Россия

Редакционная коллегия:

Бондурова И.А. доктор биол. наук, Россия

Виноградова Ю.К. доктор биол. наук, Россия

Иманбаева А.А. канд. биол. наук, Казахстан

Молканова О.И. канд. с/х наук, Россия

Плотникова Л.С. доктор биол. наук, проф., Россия

Решетников В.Н. доктор биол. наук, проф., Беларусь

Романов М.С. канд. биол. наук, Россия

Семихов В.Ф. доктор биол. наук, проф., Россия

Ткаченко О.Б. доктор биол. наук, Россия

Шатко В.Г. канд. биол. наук (отв. секретарь), Россия

Швецов А.Н. канд. биол. наук, Россия

Huang Hongwen Prof., China

Peter Wyse Jackson Dr., Prof., USA

Дизайн и верстка

ИП Ивашкин Дмитрий Геннадиевич
ОГРНИП 319774600595516

Адрес редакции:

107258, Москва,
Альмов пер., д. 17, корп. 2
«Издательство, редакция журнала
"Бюллетень Главного
ботанического сада"»
Тел.: +7 (499) 168-24-28
+7 (499) 977-91-36
E-mail: bul_mbs@mail.ru
bulletinbotanicalgarden@mail.ru

Подписано в печать 30.11.2020 г.
Формат 60х88 1/8. Бумага офсетная
Печать офсетная. Усл.-печ. л. 12.4.
Уч.-изд. л. 14.5. Заказ № 887
Тираж 300 экз.

Оригинал-макет и электронная
версия подготовлены

ООО «Научтехлитиздат»

Отпечатано в типографии

ООО «Научтехлитиздат»

107258, Москва, Альмов пер., д. 17, стр. 2
www.tgizd.ru



BULLETIN MAIN BOTANICAL GARDEN

4/2020 (Выпуск 206)

ISSN: 0366-502X

CONTENTS

INTRODUCTION AND ACCLIMATIZATION

- Shustov M.V., Shvetsov A.N., Konovalova T.Yu., Voronina O.E., Dzhanayeva V.V.**
Types of exposure of wild useful plants of the Tsitsin Main Botanical Garden RAS, listed in the Red Book of Russia3
- Firsov G.A.**
Collection of the genus *Chamaecyparis* Spach (Cupressaceae) at Peter the Great Botanic Garden of the Komarov Botanical Institute RAS9
- Kreshchenok I.A.**
Species of the *Clematis* L. (Ranunculaceae) genus in the collection of Amur Branch of the Botanical Garden-Institute FEB RAS16

FLORISTICS AND TAXONOMY

- Zolkin S.Yu., Shvetsov A.N.**
The study of floristic diversity and ability to active migration of spontaneously dispersing vascular plants from greenhouses of the Tsitsin Main Botanical Garden, Russian Academy of Sciences21

PROTECTION OF THE FLORA

- Sinichkin E.A.**
Rare and endangered species of lichens, recommended in the Red Book of the Chuvash Republic34

PHYSIOLOGY, BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY

- Chizhik O.V., Deeva A.M., Reshetnikov V.N.**
Biologically active compounds of fruits and leaves *Vaccinium corymbosum* L.45
- Molkanova O.I., Gorbunov Yu.N., Egorova D.A.**
Application of antioxidants and sorbents in clonal micro-propagation of *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.52

PLANT PROTECTION

- Chervyakova O.N., Keldysh M.A.**
To a question of a phytosanitary situation in a heterogeneous ecosystem of ornamental herbaceous perennials in GBS RAS (viral and fungal pathogens)60

RESEARCH METHODOLOGY

- Isachkin A.V., Kryuchkova V.A.**
Algorithms for determining sufficient sample sizes (on the example of garden plants)68

REVIEWS AND BIBLIOGRAPHY

- Tkacheva E.V.**
Scientific works of the staff of the Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin RAS in the Web of Science database79

Founders:

Federal State Budgetary Institution
for Science Main Botanical Gardens
named after N.V. Tsitsin
Russian Academy of Sciences;
Ltd. «Nauchtehlitizdat»;
Ltd. «The World Of Magazines»

Publisher:

Ltd. «Nauchtehlitizdat»

The Journal is Registered
by the Federal Service
for Supervision in the Sphere
of Communications
Information Technologies
and Mass Communications
(Roskomnadzor).

Certifi Cate of Print Media Registration
№ Фс77-46435

Subscription Numbers:

The Public Corporation «Rospechat»
83164
«Press of Russia»
11184

Editor-In-Chief

Upelnik V.P., Cand. Sci. Biol.
Deputy Editor-in-Chief
Gorbunov Yu.N., Dr. Sci. Biol.

Editorial Board:

Bondarina I.A., Dr. Sci. Biol.
Vinogradova Yu.K., Dr. Sci. Biol.
Imanbaeva A.A., Cand. Sci. Biol.
Molkanova O.I., Cand. Sci. Agriculture
Plotnikova L.S., Dr. Sci. Biol., Prof.
Reshetnikov V.N., Dr. Sci. Biol., Prof.
Romanov M.S. Cand. Sci. Biol.
Semikhov V.F., Dr. Sci. Biol., Prof.
Tkachenko O.B., Dr. Sci. Biol.
Shatko V.G., Cand. Sci. Biol.
(Secretary-in-Chief)
Shvetsov A.N., Cand. Sci. Biol.
Huang Hongwen, Prof.
Peter Wyse Jackson, Dr., Prof.

Design, Make-Up

individual entrepreneur Ivashkin Dmitriy
Gennadievich
OGRNIP 319774600595516

Editorial Office Address:

107258, Moscow,
Alymov Pereulok, 17, Bldg 2.
«Ltd. The Publishing House, Editors
"Bulletin Main Botanical Garden"»
Phone: +7 (499) 168-24-28
+7 (499) 977-91-36
E-mail: bul_mbs@mail.ru
bulletinbotanicalgarden@mail.ru

Sent to the Press 30.11.2020

Format: 60×88 1/8
Text Magazine Paper. Offset Printing
12.4 Conventional Printer's Sheets
14.5 Conventional Publisher's Signatures
The Order № 887
Circulation: 300 Copies

The Layout and the Electronic Version
of the Journal are Made by Ltd.
«Nauchtehlitizdat»
Printed in Ltd.
«Nauchtehlitizdat».
107258, Moscow, Alymov pereulok, 17,
bldg. 2
www.tgizd.ru

Интродукция и акклиматизация

М.В. Шустов

д-р биол. наук, проф., зав. лабораторией

E-mail: mishashustov@yandex.ru

А.Н. Швецов

канд. биол. наук, зам. директора

E-mail: floramoscw@mail.ru

Т.Ю. Коновалова

научный сотрудник

E-mail: konovtat@mail.ru

О.Е. Воронина

канд. с.-х. наук, научный сотрудник

E-mail: olgavoron@mail.ru

В.В. Джанаева

инженер-исследователь

E-mail: vidzan@gmail.com

ФГБУН Главный ботанический сад

им. Н.В. Цицина РАН

Виды экспозиции дикорастущих полезных растений Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН, занесенные в Красную книгу России

В апреле 2020 года Главному ботаническому саду им. Н.В. Цицина РАН исполнилось 75 лет. В качестве одного из ведущих научных подразделений ГБС РАН, был создан отдел флоры (в настоящее время лаборатория природной флоры), главной целью которого являлось изучение разнообразия растительного мира Советского Союза, разработка теоретических основ и методов интродукции растений, их охраны и практического использования. Для реализации основной цели работы была начата активная экспедиционная деятельность. С 1946 года экспедиционные работы по сбору материалов для формирования живых коллекций растений производились практически по всей стране, во всех природных зонах, во всех основных типах растительности. Материалы экспедиций существенно пополнили знания о флористическом разнообразии страны в целом и отдельных ее регионов. Была создана коллекция живых растений, которая является основой научной деятельности лаборатории.

Н.В. Цицин сформулировал подробную программу участия ботанических садов в охране растительного мира. В настоящее время из 514 видов сосудистых растений, занесенных в Красную книгу РФ, 330 видов (64 %) выращиваются в ботанических садах страны, в том числе 69 видов (14 %) в коллекции живых растений лаборатории природной флоры ГБС РАН.

Структура экспозиции дикорастущих полезных растений была разработана В.Н. Ворошиловым. В настоящее время она насчитывает 392 вида. В состав коллекции входят 11 видов растений, занесенных в Красную книгу РФ: *Allium paradoxum* (M. Bieb.) G. Don, *Galanthus platyphyllus* Traub & Moldenke, *G. woronowii* Losinsk., *Prangos trifida* (Mill.) Herrnst. & Heyn, *Epimedium colchicum* (Boiss.) Trautvetter, *Dioscorea caucasica* Lipsky, *D. nipponica* Makino, *Erythronium caucasicum* Woronow, *E. sibiricum* (Fisch. & C.A.Mey.) Krylov, *Paeonia lactiflora* Pall., *Anemone blanda* (Schott & Kotschy) Holub.

Ключевые слова: интродукция растений, природная флора, редкие и исчезающие виды растений, Красная книга России, Москва, Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН.

M.V. Shustov

Dr. Sc. Biol., Professor, Head of Laboratory

E-mail: mishashustov@yandex.ru

A.N. Shvetsov

Cand. Sc. Biol., Deputy Director

E-mail: floramoscw@mail.ru

T.Yu. Konovalova

Scientific researcher

E-mail: konovtat@mail.ru

O.E. Voronina

Cand. Sc. Agricul., scientific researcher

E-mail: olgavoron@mail.ru

V.V. Dzhanaeva

Research engineer

E-mail: vidzan@gmail.com

Federal State Budgetary Institution for Sciens

Tsitsin Main Botanical Garden RAS

Types of exposure of wild useful plants of the Tsitsin Main Botanical Garden RAS, listed in the Red Book of Russia

In April 2020, the Main Botanical Garden named after N. V. Tsitsin RAS is 75 years old. As one of the leading scientific divisions of the GBS RAS, the Department of Flora (currently the laboratory of natural flora) was created, the main goal of which was to study the diversity of the plant world of the Soviet Union, to develop the theoretical foundations and methods of plant introduction, their protection and practical research use. To achieve the main goal of the work, an active expeditionary activity was started. Since 1946, expeditionary work to collect materials for the formation of living collections of plants was carried out practically throughout the country, in all natural zones, in all major types of vegetation. The materials of the expeditions have significantly increased the knowledge of the floristic diversity of the country as a whole and its individual regions. A collection of living plants was created, which is the basis of the laboratory's scientific activities.

N. V. Tsitsin formulated a detailed program for the participation of botanical gardens in the protection of the flora. At present, out of 514 species of vascular plants listed in the Red Book of the Russian Federation, 330 species (64%) are grown in the country's botanical gardens, including 69 species (14%) in the collection of living plants of the laboratory of natural flora of the GBS RAS.

The structure of the exposition of wild-growing useful plants was developed by V. N. Voroshilov. It currently numbers 392 species. Currently, the collection includes 11 plant species listed in the Red Book of the Russian Federation: *Allium paradoxum* (M. Bieb.) G. Don, *Galanthus platyphyllus* Traub & Moldenke, *G. woronowii* Losinsk., *Prangos trifida* (Mill.) Herrnst. & Heyn, *Epimedium colchicum* (Boiss.) Trautvetter, *Dioscorea caucasica* Lipsky, *D. nipponica* Makino, *Erythronium caucasicum* Woronow, *E. sibiricum* (Fisch. & C. A. Mey.) Krylov, *Paeonia lactiflora* Pall., *Anemone blanda* (Schott & Kotschy) Holub.

Keywords: plant introduction, natural flora, rare and endangered plants, Red Data Book of Russia, Moscow, Main Botanical garden named after N. V. Tsitsin RAS.

DOI: 10.25791/BBGRAN.04.2020.1066

В апреле 2020 года Главному ботаническому саду им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН) исполнилось 75 лет. С момента создания сада, в качестве одного из ведущих научных подразделений ГБС РАН, был создан отдел флоры (в настоящее время лаборатория природной флоры), главной целью которого являлось изучение разнообразия растительного мира Советского Союза, разработка теоретических основ и методов интродукции растений, их охраны и практического использования. Для реализации основной цели работы была начата активная экспедиционная деятельность. С 1946 года экспедиционные работы по сбору материалов для формирования живых коллекций растений производились практически по всей стране, во всех природных зонах, во всех основных типах растительности. Материалы экспедиций существенно дополнили знания о флористическом разнообразии страны в целом и отдельных ее регионов. Была создана коллекция живых растений, которая является основой научной деятельности лаборатории. [1, 2, 3]. За 75 лет работы отдела опытом интродукции было охвачено 5725 видов растений [4].

Особое внимание сотрудники лаборатории уделяли проблемам сохранения редких и исчезающих видов растений природной флоры страны. В 1972-75 гг. Н.В. Цицин сформулировал подробную программу участия ботанических садов в охране растительного мира, основные положения которой были поддержаны и приняты к исполнению подавляющим большинством ботанических садов страны [5]. В настоящее время из 514 видов сосудистых растений, занесенных в Красную книгу РФ, 330 видов (64 %) выращиваются в ботанических садах страны, в том числе 69 видов (14 %) в коллекции живых растений лаборатории природной флоры ГБС РАН [6, 7]. Абсолютное большинство образцов получено из природных местообитаний видов, что определяет научную ценность коллекции.

Структура экспозиции дикорастущих полезных растений была разработана В.Н. Ворошиловым [8]. В ней, в

отличие от остальных экспозиций живых растений природной флоры, представлены виды практически ценные, независимо от их географического происхождения: лекарственные, эфирномасличные, дубильные, пищевые, и т.п., которые сгруппированы по принципу их использования.

Экспозиция дикорастущих полезных растений ГБС РАН насчитывает 392 вида (404 образца), относящихся к 252 родам и 81 семейству, из которых 16 видов деревьев, 34 вида кустарников и 342 вида травянистых растений. В настоящее время в состав коллекции входят 11 видов растений, занесенных в Красную книгу РФ: *Allium paradoxum* (M. Bieb.) G. Don, *Galanthus platyphyllus* Traub & Moldenke, *G. woronowii* Losinsk., *Prangos trifida* (Mill.) Herrnst. & Heyn, *Epimedium colchicum* (Boiss.) Trautvetter, *Dioscorea caucasica* Lipsky, *D. nipponica* Makino, *Erythronium caucasicum* Woronow, *E. sibiricum* (Fisch. & C. A. Mey.) Krylov, *Paeonia lactiflora* Pall., *Anemone blanda* (Schott & Kotschy) Holub [9].

Ниже приведен аннотированный список дикорастущих полезных растений, занесенных в Красную книгу России, прошедших интродукционные испытания в лаборатории природной флоры ГБС РАН. Указан статус вида. Латинские названия растений даны в соответствии с IPNI [10]. Учетной единицей коллекционных фондов является образец. Для каждого образца указаны характер исходного материала, место и время сбора (получения), пункт, местообитание или растительное сообщество, приведены сведения об особенностях сезонного ритма развития, длительности выращивания, данные о способах размножения. Жизненные формы растений даны в соответствии с предложенной Н.В. Трулевич схемой [11]. Интегрированный показатель интродукционной устойчивости вида указан в соответствии со шкалой устойчивости, разработанной Н.В. Трулевич [11].

Galanthus woronowii Losinsk. (сем. *Amaryllidaceae* J. St.-Hil.) – Подснежник Воронова. Луковичный многолетник, эфемероид. В 1959 году живые растения были

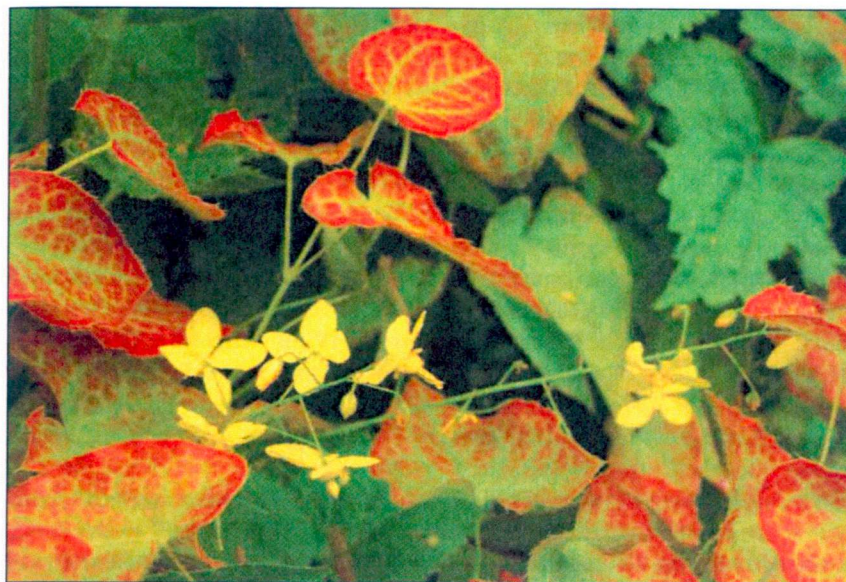


Рис. 1. *Epimedium colchicum* (Boiss.) Trautvetter

привезены из Кабардино-Балкарии (окрестности Нальчика). В 1961, 1976 и 1991 годах – из Абхазии (окрестности Сухуми, поселок Мариули; поселок Холодная речка; Рацинское шоссе, берег реки Юпшары). В 1976 и в 1983 годах – из Грузии (поселок Намонастреви, верховья реки Мериси; Кинтришский заповедник, буковый лес). Выращивается в ГБС РАН под пологом широколиственных пород 36 лет. Vegetация IV-VI. Цветение IV (зацветает на 5-7-й год). Семена V-VI, не регулярно. Размножение семенами и вегетативно. Устойчив. Растение лекарственное и декоративное. Вид занесен в Красную книгу РФ, статус: категория 2 – сокращающиеся в численности и/или распространении.

***Prangos trifida* (Mill.) Herrnst. & Heyn** (сем. *Apiaceae* Lindl.) – Прангос трехраздельный. Стержнекорневой многолетник. В 1980 году семена были привезены из Крыма (склоны Енишарских гор, близ Коктебеля). Выращивается в ГБС РАН 39 лет на горке и открытом участке. Vegetация IV-IX. Цветение VI. Семена IX. Размножение семенами. Устойчив. Вид занесен в Красную книгу РФ, статус: категория 0 – вероятно исчезнувшие.

***Epimedium colchicum* (Boiss.) Trautvetter** (сем. *Berberidaceae* Juss.) – Горянка колхидская (рис. 1). Зимнезеленый длиннокорневищный многолетник. Живые растения привезены из Абхазии (1957 год – окрестности Сухуми, 1992 год – окрестности Гагр, село Чигрипши, дубрава), в 1992 году из Краснодарского края (окрестности Сочи, устье реки Агура), получены из Грузии (Батуми, ботанический сад). Выращивается в ГБС РАН под пологом лиственных деревьев 27 лет. Высота растения 30 см. Весеннее отрастание IV. Цветение V. Семена в VI. Размножение семенное и вегетативное. Устойчив.

Растение декоративное. Вид занесен в Красную книгу РФ, статус: категория 3 – редкие.

***Dioscorea caucasica* Lipsky** (сем. *Dioscoreaceae* R.Br.) – Диоскорея кавказская (рис. 2). Многолетняя травянистая лиана. Живые растения и семена собраны в 1960 году в Краснодарском крае (поселок Красная Поляна, лес), живые растения привезены в 1957 и 1976 годах из Абхазии (поселок Новый Афон, Афон-гора; Гагаринский район, поселок Холодная Речка), в 1959 году растения были получены из Ботанического сада ВИЛАР. Выращивается в ГБС РАН под пологом лиственных деревьев 60 лет. Vegetация IV-X. Цветение VII-VIII. Семена IX. Размножение естественное вегетативное. Устойчив. Растение лекарственное и декоративное.

Вид занесен в Красную книгу РФ, статус: категория 1 – находящиеся под угрозой исчезновения.



Рис. 2. *Dioscorea caucasica* Lipsky

Интродукция и акклиматизация

Dioscorea nipponica Makino (сем. Dioscoreaceae R. Br.) – Диоскорея nipponica (рис. 3). Многолетняя травянистая лиана. Живые растения привезены из Приморского края (1952 год – Владивосток, станция Океанская, широколиственный лес; 1964, 1973 годы – Уссурийский район, гора Хуалаза, смешанный лес). Выращивается в ГБС РАН на притененном участке 68 лет. Vegetация V-X. Цветение в конце VII – начале VIII. Плодоносит только 1-й сбор. Семена в IX. Размножение искусственное семенное. Устойчив. Растение лекарственное, декоративное. Вид занесен в Красную книгу РФ, статус: категория 2 – сокращающиеся в численности и/или распространении.

Erythronium caucasicum Woronow (сем. Liliaceae Juss.) – Кандык кавказский (рис. 4). Луковичный многолетник, эфемероид. Живые растения были привезены из Краснодарского края (1956, 1960 годы – поселок Красная Поляна, хребет Ачишхо, альпийский луг, высота над уровнем моря 2000 м; 1992 год – окрестности Сочи, ущелье реки Агура, буковый лес; долина реки Мзымта, окрестности села Голицино), в 1960, 1982 годах – из Абхазии (Бзыбский хребет), в 1961 году получены из Украины (Киев, Центральный ботанический сад). Выращивается в ГБС РАН под пологом лиственных деревьев 44 года. Vegetация IV-VI. Цветение V. Семена VI. Размножение естественное семенное. Устойчив. Растение декоративное,

ранневесенний медонос, пищевое. Вид занесен в Красную книгу РФ. Статус: категория 3 – редкие.

Erythronium sibiricum (Fisch. & C.A. Mey.) Krylov (сем. Liliaceae Juss.) – Кандык сибирский. Луковичный многолетник, эфемероид. Живые растения были собраны на Алтае в 1949 и 1951 гг. (на Ивановском белке близ Лениногорска, на высоте 1400 м над уровнем моря, у снежника и в березовых колках). В 1972 году 3 образца были собраны на Северном Алтае, близ Чемала, в сосняке; в Центральном Алтае, на Семинском перевале, в кедраче и на субальпийском лугу; на Теректинском хребте в лесном поясе. Vegetирует с конца IV по V. Цветет с IV по V. Размножение семенами, созревание с V-VI. В культуре устойчив. Растение декоративное, ранневесенний медонос, пищевое. Вид занесен в Красную книгу РФ. Статус: категория 3 – редкие.

Paeonia lactiflora Pall. (сем. Paeoniaceae Raf.) – Пион молочноцветковый. Короткокорневищный многолетник. В 1951 году были собраны семена близ станции Океанская, Приморского края. Живые растения были собраны и привезены в 1953 году из Приморского края (Черниговский район, село Черниговка); в 1956 году – со станции Рузкино Дальневосточной железной дороги. В 2008 году были получены семена из Ботанического сада Екатеринбургa. Выращивается в ГБС РАН на открытом участке 69



Рис. 3. *Dioscorea nipponica* Makino



Рис. 4. *Erythronium caucasicum* Woronow

лет. Вегетирует с IV по конец X. Цветет в VI более двух недель. Семена в VIII. Размножение естественное семенное и искусственное вегетативное. Устойчив. Растение лекарственное и декоративное. Вид занесен в Красную книгу РФ. Статус: категория 2 – сокращающиеся в численности и/или распространении.

Следует отметить, что 3 вида дикорастущих полезных растений, занесенных в Красную книгу России, выращиваются в питомнике лаборатории природной флоры ГБС РАН.

Allium paradoxum (M. Bieb.) G. Don (сем. Amaryllidaceae J. St.-Hil.) – Лук странный. Луковичный многолетник. В 1946 и 1971 годах луковицы растений были привезены из Азербайджана (Талышские горы, поселок Лерик, лес, высота над уровнем моря 1300 м), в 1950 году – из Туркмении (город Ашхабад, Центральный Ботанический сад), в 1967 году – из Дагестана (окрестности города Махачкала). Выращивается в ГБС РАН под пологом лиственных деревьев 70 лет. Вегетация IV-VI. Цветение V. Семена VI. Размножение естественное семенное и вегетативное. Устойчив. Вид занесен в Красную книгу РФ, статус: категория 3 д – таксоны, имеющие ограниченный ареал, часть которого находится на территории России.

Galanthus platyphyllus Traub & Moldenke (сем. Amaryllidaceae J. St.-Hil.) – Подснежник плосколистный. Луковичный многолетник, эфемероид. В 1958 и 1966 годах живые растения были привезены из Кабардино-Балкарии (Крестовый перевал), в 1963 году растения были получены из Ставропольского края (город Ставрополь, Ботанический сад). В 1961 и 1963 годах растения были привезены из Грузии (город Бакуриани, Ботанический сад). В 1976 году – из Северной Осетии (Мамиссонский перевал), в 1988 году – из Южной Осетии (Горно-луговой стационар, альпийская зона). Выращивается в ГБС РАН на открытом участке 42 года. Вегетация IV-VI. Цветение IV. Семена VI. Размножение естественное вегетативное. Устойчив. Растение лекарственное и декоративное. Вид занесен в Красную книгу РФ, статус: категория 3 – редкие.

Anemone blanda Schott & Kotschy (сем. Ranunculaceae Juss.) – Ветреница нежная. Короткокорневищный многолетник. Первые семена были получены в 1965 году с экспозиции «Теневой сад» ГБС. В 1976 году были привезены живые растения из Краснодарского края (Новороссийский район, окрестности села Кабардинка, дубовый лес). Выращивается в ГБС РАН под пологом лиственных деревьев и на открытом участке 32 года. Вегетация IV-VI. Цветение IV-V. Семена V-VI. Размножение естественное вегетативное и семенное. Устойчив. Растение декоративное. Вид занесен в Красную книгу РФ. Статус: категория 3 – редкие.

Таким образом, за 75 лет работы сотрудникам лаборатории природной флоры ГБС РАН удалось создать устойчивые коллекции живых растений флоры России и сопредельных государств, достаточно полно представляющие флору территории бывшего СССР. Особо следует отметить, что многие виды, десятилетиями выращивавшиеся на экспозициях лаборатории природной флоры, в настоящее время в регионах, где они были собраны,

оказались в числе редких и исчезающих и занесены теперь в Красные книги субъектов федерации и РФ. В их числе 69 видов Красной книги РФ, произрастающих в коллекциях лаборатории, из которых 11 видов много лет сохраняются на экспозиции дикорастущих полезных растений.

Список литературы

1. Шустов М.В., Швецов А.Н. Растения природной флоры России в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина РАН: изучение, сохранение, экспонирование // Бюл. Гл. ботан. сада. 2019. Вып. 205, № 4. С. 3-6. DOI: 10.25791/BBGRAN.04.2019.1030.
2. Швецов А.Н., Шустов М.В. Лаборатория природной флоры Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН – итоги научной деятельности // История науки и техники. 2018. № 11. С. 27-43. DOI: 10.25791/intstg.11.2018.278.
3. Швецов А.Н., Шустов М.В. 70-летний опыт интродукции растений природной флоры в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина РАН // Бюл. Гл. ботан. сада. 2015. Вып. 201, № 2. С. 8-14.
4. Растения природной флоры Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук: 65 лет интродукции. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. 657 с.
5. Цицин Н.В. Задачи ботанических садов в области охраны растений // Бюл. Гл. ботан. сада. 1975. Вып. 95. С. 11-16.
6. Горбунов Ю.Н., Швецов А.Н., Шатко В.Г. Роль ботанических садов России в сохранении генофонда редких и исчезающих растений // Бюл. Гл. ботан. сада. 2015. Вып. 201, № 2. С. 94-103.
7. Упелниек В.П., Швецов А.Н., Потапова С.А., Шустов М.В. Роль ботанических садов в сохранении биологического разнообразия России // Инновации и традиции в современной ботанике: Тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 150-летию со дня рождения В.Л. Комарова. Санкт-Петербург, 21-25 октября 2019 г. СПб: Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 2019. С. 110.
8. Ворошилов В.Н. О принципах устройства экспозиции полезных растений природной флоры // Бюлл. Гл. ботан. сада. 1951. Вып. 10. С. 36-42.
9. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
10. IPNI (2020). International Plant Names Index. Published on the Internet <http://www.ipni.org>, The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens. [Retrieved 07 August 2020].
11. Трулевич Н.В. Эколого-фитоценоотические основы интродукции растений. М.: Наука, 1991. 216 с.

References

1. Shustov M.V., Shvecov A.N. Rasteniya prirodnoy flory Rossii v Glavnom botanicheskom sadu im. N.V. Tsitsina RAN: izuchenie, sohranenie, eksponirovanie [Russian flora in the Tsitsin Main Botanical garden RAS: study, preservation, exposure] // Byul. Gl. botan. sada. [Bulletin of Main Botanical Garden]. 2019. Iss. 205. № 4. P. 3–6. DOI: 10.25791/BBGRAN.04.2019.1030.
2. Shvecov A.N., Shustov M.V. Laboratoriya prirodnoy flory Glavnogo botanicheskogo sada im. N.V. Tsitsina RAN – itogi nauchnoy deyatel'nosti [Laboratory of Native Flora of the Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin RAS – results of scientific activity] // Istoriya nauki i tekhniki. [History of Science and Technology]. 2018. № 11. P. 27–43. DOI: 10.25791/mtstg.11.2018.2.
3. Shvecov A.N., Shustov M.V. 70-letnij opyt introdukcii rastenij prirodnoy flory v Glavnom botanicheskom sadu im. N.V. Tsitsina RAN [70 years of experience in introducing plants of native flora in the Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin RAS] // Byul. Gl. botan. sada. [Bulletin of Main Botanical Garden]. 2015. Iss. 201. № 2. P. 8–14.
4. Rasteniya prirodnoy flory Glavnogo botanicheskogo sada im. N.V. Tsitsina Rossijskoj akademii nauk: 65 let introdukcii [Plants of Native Flora of the Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of the Russian Academy of Sciences: 65 years of introduction]. Moscow: Tovarishestvo nauchnyh izdaniy KMK [Moscow: «KMK Scientific Press Ltd.»] 2013. 657 p.
5. Tsitsin N.V. Zadachi botanicheskikh sadov v oblasti ohrany rastenij [The objectives of botanical gardens in the field of plant protection] // Byul. Gl. botan. sada. [Bulletin of Main Botanical Garden]. 1975. Iss. 95. P. 11–16.
6. Gorbunov Yu.N., Shvetsov A.N., Shatko V.G. Rol botanicheskikh sadov Rossii v sokhranении genofonda redkikh i ischezayushchikh rastenij [The role of Russian botanical gardens in preserving the gene pool of rare and endangered plants] // Byul. Gl. botan. sada. [Bulletin of Main Botanical Garden]. 2015. Iss. 201. № 2. P. 94–103.
7. Upelnik V.P., Shvecov A.N., Potapova S.A., Shustov M.V. Rol' botanicheskikh sadov v sokhranении biologicheskogo raznoobraziya Rossii [The role of Botanical gardens in preserving the biological diversity of Russia] // Innovacii i tradicii v sovremennoj botanike: Tezisy dokladov Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 150-letiyu so dnya rozhdeniya V.L. Komarova. Sankt-Peterburg, 21-25 oktyabrya 2019 g. [Innovations and traditions in modern botany: Abstracts of the all-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 150th anniversary of the birth of V. L. Komarov. Saint Petersburg, 21-25 October 2019]. SPb: Botanicheskij institut im. V.L. Komarova RAN [St. Petersburg: Komarov Botanical Institute of RAS], 2019. p. 110.
8. Voroshilov V.N. O principah ustrojstva ehkspozicii poleznykh rastenij prirodnoy flory [On the principles of the construction of the wild useful plants exposition] // Byul. Gl. botan. sada. [Bulletin of Main Botanical Garden]. 1951. Iss. 10. P. 36–42.
9. Krasnaya kniga Rossijskoj Federacii (rasteniya i griby) [Red book of the Russian Federation (plants and fungi)]. Moscow: Tovarishestvo nauchnyh izdaniy KMK [Moscow: «KMK Scientific Press Ltd.»] 2008. 885 p.
10. IPNI (2020). International Plant Names Index. Published on the Internet <http://www.ipni.org>, The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens. [Retrieved 07 August 2020].
11. Trulevich N.V. Ekologo-fitocenoticheskie osnovy introdukcii rastenij [Ecological and phytocenotic foundations of plant introduction]. M.: Nauka [Moscow: Publishing house «Science»], 1991. 216 p.

Информация об авторах

Шустов Михаил Викторович, д-р биол. наук, проф., зав. лабораторией

E-mail: mishashustov@yandex.ru

Швецов Александр Николаевич, канд. биол. наук, зам. директора

E-mail: floramoscw@mail.ru

Коновалова Татьяна Юрьевна, н. с.

E-mail: konovtat@mail.ru

Воронина Ольга Евгеньевна, канд. с.-х. наук, н. с.

E-mail: olgavoron@mail.ru

Джанаева Вианна Викторовна, инженер-исследователь

E-mail: vidzan@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН
127276, Российская Федерация, Москва, Ботаническая ул., д. 4

Information about the authors

Shustov Mikhail Viktorovich, Dr. Sc. Biol., Professor, Head of Laboratory

E-mail: mishashustov@yandex.ru

Shvetsov Alexander Nikolaevich, Cand. Sc. Biol., Deputy Director

E-mail: floramoscw@mail.ru

Konovalova Tatyana Yurievna, scientific researcher

E-mail: konovtat@mail.ru

Voronina Olga Evgenievna, Cand. Sc. Agricul., scientific researcher

E-mail: olgavoron@mail.ru

Dzhanaeva Vianna Viktorovna, research engineer

E-mail: vidzan@gmail.com

Federal State Budgetary Institution for Sciens Tsitsin Main Botanical Garden RAS, Moscow
127276, Russian Federation, Moscow, Botanicheskaya street, 4

Г.А. Фирсов

канд. биол. наук, ст. н. с.

E-mail: gennady_firsov@mail.ru

Ботанический сад Петра Великого, ФГБУН

Ботанический институт им. В.Л. Комарова

РАН

Коллекция растений рода *Chamaecyparis* Spach (Cupressaceae) в ботаническом саду Петра Великого БИН РАН

Представители рода *Chamaecyparis* Spach известны в Ботаническом саду Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН в Санкт-Петербурге с 1870 г. В современной коллекции Ботанического сада выращивается 17 видов и форм. Все они представляют собой деревья в возрасте от 10 до 67 лет. Наиболее крупные особи достигают высоты 19,5 м и диаметра ствола 38 см. Сравнение с литературными и архивными данными показывает, что за последние годы и десятилетия на фоне потепления климата произошло значительное увеличение размеров растений. Все три вида (*C. lawsoniana*, *C. obtusa*, *C. pisifera*) образуют шишки с нормально развитыми семенами, а *C. pisifera* стал давать самосев – в последние годы в сравнительно большом количестве и далеко за пределами кроны маточных растений. Растения высажены на разных участках парка-дендрария, как группами, так и отдельными экземплярами, преимущественно в пейзажной части парка, нашли они достойное применение и в Японском саду. На дендропитомнике имеются молодые особи *C. thyoides* (L.) Britton, Sterns & Poggenb. и некоторые культивары (св. *Squarrosa Dumosa*), в ближайшие годы они могут пополнить коллекцию парка. В городском озеленении *C. lawsoniana* и *C. pisifera* представлены единично. Учитывая продолжающееся потепление климата и более благоприятные условия перезимовки, кипарисовики в перспективе могут быть шире представлены в ассортименте садов и парков Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: кипарисовик, *Chamaecyparis*, интродукция растений, ботанические сады, Санкт-Петербург.

G.A. Firsov

E-mail: gennady_firsov@mail.ru

Cand. Sci. Biol., Senior Research Associate

Peter the Great Botanic Garden of the Komarov

Botanical Institute of the Russian Academy of

Science

Collection of the genus *Chamaecyparis* Spach (Cupressaceae) at Peter the Great Botanic Garden of the Komarov Botanical Institute RAS

The representatives of the genus *Chamaecyparis* Spach have been known at Peter the Great Botanic Garden of the Komarov Botanical Institute (Saint-Petersburg, Russia) since 1870. There are 17 taxa in modern collection. All of them are trees, from 10 to 67 years old. The largest specimens are 19,5 m high and 38 cm in trunk diameter. The comparison with literature and archive data has shown that in recent years there is a considerable enlargement of tree's sizes. All three species (*C. lawsoniana*, *C. obtusa*, *C. pisifera*) produce cones with well-developed seeds. And *C. pisifera* produces self-sowing – more profusely and far away apart from mother trees in recent years. They have been planted in different parts of Arboretum, by groups and single specimens, mostly in landscape part of it. They decorate the Japanese Garden as well. There are young plants of *C. thyoides* (L.) Britton, Sterns et Poggenb. and of certain cultivars (such as cv. *Squarrosa Dumosa*) at arboreal nursery, which may replenish the collection of Arboretum in the nearest future. Two species, *C. lawsoniana* and *C. pisifera*, are represented in city planting, both singularly. Taking in mind the continuous warming of the climate and more favourable conditions of wintering, the False Cypress have good prospects to widen its presence in the assortment of parks and gardens of Saint-Petersburg.

Keywords: False Cypress, *Chamaecyparis*, arboriculture, botanic gardens, Saint-Petersburg.

DOI: 10.25791/BBGRAN.04.2020.1067

Кипарисовики – однодомные вечнозеленые деревья с конусовидной плотной кроной и ароматической смолистой хвоей. К роду *Chamaecyparis* Spach относится 5-7 видов. В природе они растут в Восточной Азии (Китай, Япония, о-в Тайвань) и Северной Америке [1-3]. Ствол покрыт чешуйчатой или глубоко трещиноватой коричнево-бурой корой. Игольчатые листья имеются только на сеянцах, у взрослых растений листья чешуевидные, перекрестнопарные, заостренные, прижатые, на спинке обычно с заметной железкой. Зрелые шишки диаметром до 12 мм, деревянистые, со щитовидными, тесно прилегающими друг к

другу чешуями. Семена с двумя боковыми крыльями, созревают в первый год. Это долгоживущие растения, продолжительность жизни до 600 и более лет. Растут в прохладных хвойных и хвойно-широколиственных лесах умеренного пояса северного полушария, поднимаясь от уровня моря высоко в горы. Растения декоративны, пригодны для озеленения в местах с подходящим климатом, их используют в одиночных, групповых и аллейных посадках. Кипарисовики дают ценную, легкую, мелковолоконистую, ароматическую, твердую и очень прочную древесину. Они отличаются сортовым богатством – всего 4

вида дали свыше 1500 культиваров [4]. В культуре известно много сортов японской селекции, хорошо зарекомендовавших себя и в других странах. В большинстве случаев кипарисовики пригодны для районов с морским климатом, мягкими зимами и высокой влажностью воздуха. В северных широтах они заменяют настоящий кипарис, от которого, однако, отличаются более мелкими шишками и морфологией хвоинок. В последние годы на Северо-Западе России и в Санкт-Петербурге эта группа хвойных завоевывает все большую популярность среди садоводов-любителей, но не все виды и культивары здесь достаточно зимостойки. Возможности их культуры расширяются на фоне потепления климата [5]. В отличие от многих других хвойных, кипарисовики хорошо переносят пересадку даже в более зрелом возрасте. Они выдерживают городские условия, их можно выращивать в контейнерной культуре, как оранжерейно-комнатные растения и использовать для зимних садов.

В культуре в Санкт-Петербурге кипарисовики известны со второй половины XIX века. Всего в Ботаническом саду Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (БИН) было испытано 5 видов этого рода и около 30 разновидностей и форм. *Chamaecyparis obtusa* (Siebold & Zucc.) Endl. и *C. pisifera* (Siebold & Zucc.) Endl. стали известны здесь с 1870 г., *C. lawsoniana* (Murr.) Parl. – с 1874 г. [6].

Первые сведения о зимостойкости кипарисовиков в Санкт-Петербурге содержатся в работе садовника Императорского Лесного института Э.Л. Вольфа [7]. Он начал свою деятельность в 1886 г. и через три десятилетия опубликовал монографию по «морозостойкости древесных растений», в которую вошло около 3350 древесных пород (видов и форм). Именно на данных Э.Л. Вольфа до недавнего времени основывались представления о зимостойкости древесных растений на Северо-Западе России. Он испытал наибольшее число видов и форм древесных растений в истории интродукции в Санкт-Петербурге, а многие из них не были испытаны никем, кроме Вольфа [8, 9]. Климат Санкт-Петербурга во времена Вольфа был холоднее, чем сейчас [10]. Кипарисовики Лавсона и туполистный Э.Л. Вольф оценил, как незимостойкие и вымерзающие (баллы IV-V по предложенной им пятибалльной шкале). Кипарисовик горохоплодный оказался заметно более устойчивым, был отнесен к группе II сравнительно зимостойких древесных пород (но на открытых местах – III).

Когда началось восстановление коллекций Ботанического сада БИН после Великой Отечественной войны и блокады Ленинграда, у Б.Н. Замятнина [11] на конец 1950-х гг. *C. lawsoniana* f. *glauca* (Jaeg.) Beissn. был представлен в парке небольшим деревцем на участке 99, позже выпал. *C. pisifera* в то время рос на участке 25 обмерзавшим кустом высотой до 1,5 м. В коллекции присутствовал и небольшой экземпляр его перистой формы (f. *plumosa* (Carr.) Beissn.).

По состоянию на конец 1970-х гг. у А.Г. Головача [12] в парке БИНа был представлен только *Chamaecyparis*

pisifera и его перистая форма (f. *plumosa*), в числе 7 экземпляров. Растения семенного происхождения, в парк высажены в 1958-1973 гг., все особи в вегетативном состоянии. Самые крупные из них достигали высоты 3,7 м при диаметре ствола 3-6 см, к настоящему времени они сохранились.

В списке путеводителя по парку В.Н. Комаровой с соавторами имеется уже 8 наименований видов и форм этого рода [13]. К тому времени были высажены на постоянное место в парк-дендрарий *C. lawsoniana* 'Fraseri' и культивары кипарисовика горохоплодного *C. pisifera* 'Filifera Aurea' и *Squarrosa* 'Sulphurea'. На участке «Сад непрерывного цветения» появился *C. pisifera* 'Plumosa Aurea'.

Таким образом, в современной коллекции Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова БИН РАН к наиболее старым представителям этого рода относится кипарисовик горохоплодный (*C. pisifera*). Он же наиболее зимостойкий, образует здесь самосев. По сведениям О.А. Связовой наиболее устойчивым в петербургском климате оказался *C. pisifera*: его экземпляры растут в Саду с 1950 г. (в парке на участке 25 с 1958 г.) [6, с. 48]. По данным А.Г. Головача на участках 25 и 127 всходы растений появились в 1953 году [12].

В настоящей статье сделан обзор коллекции этого рода. Приводится число экземпляров, номера участков Парка, происхождение, возраст (год появления всходов или год привоза, получения живых растений), год посадки на постоянное место, некоторая дополнительная информация. Указывается репродуктивное состояние, образование семян и наличие самосева. В условиях современного потепления климата большинство древесных растений не обмерзают. Отмечены лишь виды и формы, наиболее сильно повреждаемые морозами. При этом использованы собственные данные наблюдений с начала 1980-х гг., оценка обмерзания проводилась по шкале П.И. Лапина: 1 – отсутствие повреждений, 2 – подмерзание хвои и концов однолетних побегов, 7 – гибель растения от морозов [14]. Для видов и форм приводится дата введения в культуру, год интродукции в европейские сады и парки. Дата привоза растений из экспедиций, первого упоминания в каталогах или год возникновения и появления в культуре отмечаются, когда это известно. Отмечены годы культивирования данного таксона в коллекции Сада, основной источник по этому вопросу – работа О.А. Связовой [6]. Указаны новые, ранее не испытанные виды и формы. Измерения размеров сделаны по состоянию на осень 2018 г.

Обсуждение результатов

В коллекции Ботанического сада Петра Великого БИН РАН на Аптекарском острове в Санкт-Петербурге представлены следующие виды и формы кипарисовика.

Chamaecyparis lawsoniana 'Alumigold' – Кипарисовик Лавсона 'Алумиголд'. Небольшое дерево. Компактная колонновидная форма с восходящими побегами, хвоя желтоватая, имеется 2 экземпляра (участок 96). Черенки из

Германии от Г.А. Фирсова и В.М. Рейнвальда, Гамбургский ботанический сад, в 1993 г., посадка 2013 г. Семеносит. В Саду ранее не испытывалась. Выведена в Нидерландах в 1955 г. [4].

Кипарисовик Лавсона в природе – дерево высотой до 60-70 м. В странах с подходящим приморским климатом – одно из наиболее декоративных и лучших хвойных растений, хуже выдерживает сухой воздух. Происходит с Запада США, в горах северной Калифорнии и юго-запада штата Орегон растет на ограниченной территории в прибрежных районах, поднимаясь в горы до высоты 1950 м. Растение океанического климата, может противостоять сильным ветрам, но страдает при продвижении вглубь континента. В природе многие деревья сейчас вымирают от *Phytophthora lateralis* [4]. Первая интродукция в Европу отмечена в 1854 г., когда семена из питомника Lawson's nursery (США) были посланы в Эдинбург [15]. В Санкт-Петербурге менее морозостоек, чем кипарисовик горохоплодный, но может выращиваться в открытом грунте, достигает размеров небольшого дерева, образует шишки и всхожие семена. В Ботаническом саду БИН вид представлен несколькими культиварами. Изредка высаживается у кафе, ресторанов и жилых домов [16]. Передан из питомника БИН в Ленинградский областной кардиологический центр (Полюстровский проспект).

***Chamaecyparis lawsoniana* 'Aurea'** – Кипарисовик Лавсона 'Ауреа'. Небольшое дерево с конической кроной, молодые побеги желтоватые, единственный экземпляр растет на участке 96. Черенки получены в 1995 г. из ботанического сада Киевского университета (Украина), посадка 2009 г. Плодоносит. В Саду ранее эта форма не испытывалась. Выведена в Англии до 1862 г. [4].

***Chamaecyparis lawsoniana* 'Blue Surprise'** – Кипарисовик Лавсона 'Блю Сюрприз'. Единственный экземпляр на участке 100. Медленно растущая узкоконусовидная форма голландского происхождения с густой серебристо-голубоватой ювенильной хвоей. Прямостоячее одноствольное дерево, черенки получены из Венгрии (Будапешт) в 2009 г., эта форма интродуцирована впервые. Посадка 2018 г. Обмерзают побеги старше одного года, но жизненная форма дерева и декоративность сохраняются. Культивар известен с 1976 г. [4].

***Chamaecyparis lawsoniana* 'Columnaris'** (=Columnaris Glausa) – Кипарисовик Лавсона 'Колумнарис'. Имеется три экземпляра на участках 96 и 139 (2 шт.). Черенки из Германии (Гамбург, ботанический сад), 1993 г. Участок 139: черенки 1993 г., посадка 2009 г. Участок 96: вегетативное потомство от первого образца, черенки 1995 г., посадка 2010 г. Семеносит. В Саду ранее форма не испытывалась. Культивар получен около 1940 г. в питомнике Jan Spek, Boskoop, Нидерланды [17]. Узкоконическая форма с голубовато-серой хвоей, очень популярна в странах Западной Европы [4].

***Chamaecyparis lawsoniana* 'Fraseri'** – Кипарисовик Лавсона 'Фразери'. На участках 56 и 128 культивируется 4 экземпляра. Участок 128 (3 шт.): черенки из Латвии (Рига,

ботанический сад университета), 1984 г., посадка 1997 г. Участок 56: вегетативное потомство получено в БИНе, черенки 1987 г. от этого образца, посадка 2001 г. Семеносит, образует шишки со всхожими семенами. В Саду ранее эта форма не испытывалась. Старый культивар, известен ранее 1887 г. [4]. Наиболее зимостойкая из испытанных форм. На участке 128 у одного экземпляра отмечена заросшая морозобойна, что для этого вида нехарактерно. В последние годы размеры растений заметно увеличились.

***Chamaecyparis lawsoniana* 'Kelleriis Gold'** – Кипарисовик Лавсона 'Келлерис Голд'. Три экземпляра на участке 17. Черенки из Германии (Гамбург, ботанический сад), 1996 г., один экземпляр. Посадка 2015 г. Форма ранее не испытывалась. На этом же участке два экземпляра – вегетативное потомство, полученное в БИНе, черенки 2001 г., посадка 2016 г. Семеносит. В отдельные годы обмерзает, но восстанавливается, сохраняет жизненную форму дерева и декоративность при хорошем уходе. Получен D.T. Poulsen Nursery, Kelleriis, Дания, в 1938 г. [4].

***Chamaecyparis lawsoniana* 'Parsons'** – Кипарисовик Лавсона 'Парсонс'. Единственный экземпляр растет на участке 94. Черенки из Гамбургского ботанического сада (Германия), 2002 г., ранее здесь не испытывался. Посадка 2018 г. В вегетативном состоянии. Небольшое дерево с густой компактной куполообразной кроной. Хвоя зеленая, повисающая на верхушках побегов плоским веером. Применение ограничивает недостаточная зимостойкость, часто обмерзают хвоя и побеги старше одного года. Культивар ввел в коммерческое питомниководство H. Hillier в Англии в 1964 г. [17].

Chamaecyparis obtusa – Кипарисовик туполистный. На участке 100 представлен одним экземпляром. Дерево из Японии с широкой конусовидной кроной, с возрастом может достичь крупных размеров. Выращивается из черенков, привезенных из Будапешта (Венгрия), в марте 2009 г. Обмерзают побеги и хвоя, иногда в холодные зимы повреждается камбий ствола. Образует неправильную крону, штамб высотой 20 см. В возрасте 10 лет – дерево высотой 1,54 м. Посадка 2018 г. Семеносит с 2018 г. Интродуцирован в Европу в 1861 г. Philipp von Siebold и J.G. Veitch [15]. В Санкт-Петербурге отмечен с 1870 г. Считается медленнорастущим деревом, не любит известь в почве и сухой климат [18].

Chamaecyparis pisifera – Кипарисовик горохоплодный. Культивируются 6 экземпляров, из них на участке 17 – три, участке 25 – два, участке 82 – один экземпляр. Участок 25: всходы 1953 г., посадил Б.Н. Замятин 28.05.1958 [12]. Участок 17 (№ 61): невысокое дерево около 65 лет, неизвестного происхождения. Участок 17 (№ 124 и 125): семенное потомство, полученное в БИНе, второе поколение. Всходы 2007 г., два экземпляра, посадка в мае 2017 г. Участок 82: одно дерево оставлено постоянно в дендропитомнике: черенки из Латвии (Рига, ботанический сад университета), 1954 г. Семеносит, выращивается из местных семян, дает самосев. Шишки образуются в большом количестве (участок 82), весной в них остаются семена.

В Саду: 1870-1879, 1937-1941, с 1950 по настоящее время [6]. Интродуцирован в Европу из Японии Ф. Зибольдом в 1860 г. [17]. В садах и парках Санкт-Петербурга встречается редко: Московский парк Победы, парк Дубки [16].

Chamaecyparis pisifera 'Boulevard' – Кипарисовик горохоплодный **‘Булевард’**. Ювенильная форма с мягкой шиловидной серебристо-голубой хвоей, имеется 4 экземпляра (участки 71, 96). Участок 96: вегетативное потомство, полученное в БИНе, черенки 1995 г., посадка 2009 г. Участок 71 (три экземпляра): то же, черенки 1993 г., посадка 2011 г. В вегетативном состоянии. Сильно обмерзает в холодные зимы. Более декоративен в молодом возрасте, позже декоративность снижается. В Саду ранее не испытывался. Культивар получен в Boulevard Nurseries, США в 1934 г. [17].

Chamaecyparis pisifera Filifera' – Кипарисовик горохоплодный **‘Филифера’**. Единственный экземпляр на участке 100. Культивар пересажен на это место с участка В.М. Рейнвальда 20.11.2018, получен черенками из Латвии (Национальный ботанический сад, Саласпилс). В возрасте 20 лет дерево высотой 2,87 м, диаметром 6 см. Семеносит. Зимостойкость 1. Для формы характерны распростертые и удлиненные повислые нитчатые побеги, дерево небольших размеров (обычно высотой до 5 м). Хорошо известная форма, происходит из Японии, откуда была прислана в Англию до 1861 г. [4].

Chamaecyparis pisifera Filifera Aurea' – Кипарисовик горохоплодный **‘Филифера Ауреа’**. Два экземпляра на участках 99 и 132. Участок 99: укорененные черенки из оранжереи № 8 БИНа, 1977 г., посадка 1986 г. Долгое время растение находилось в кустовидной форме, сейчас дерево. Участок 132: вегетативное потомство, полученное в БИНе от этого образца, черенки 1986 г., посадка 2001 г. Из кустовидной формы экземпляр превратился в дерево высотой до 2 м, ширина больше высоты (крона 2,5 x 2,5 м). Семеносит. В Саду культивар ранее не испытывался. Форма известна в культуре с 1889 г. [4].

Chamaecyparis pisifera Plumosa' – Кипарисовик горохоплодный **‘Плюмоза’**. Отличается зеленой, курчавой, полуювенильной хвоей, которая зимой становится более тусклой и коричневатой. Имеется 4 экземпляра (участки 25, 127 и 128). Участки 25 и 127: всходы 1953 г., очевидно, один и тот же образец. Участок 25: посадка 7.05.1973 г. Участок 127 (два экземпляра): посадка 31.08.1960 г. [12]. Более молодой образец на участке 128: черенок от Ю.Б. Марковского (Ленинградская обл.), 1993 г., посадка 2007 г. Семеносит. До 1953 г. форма не испытывалась. Интродуцирован в Англию из Японии J.G. Veitch в 1861 г. [17]. Высоко ценится за свою изящную хвою, широко распространен в культуре, в настоящее время к этой группе относится ряд культиваров.

Chamaecyparis pisifera Plumosa Aurea' – Кипарисовик горохоплодный **‘Плюмоза Ауреа’**. Невысокое дерево, похоже на св. *Plumosa*, но хвоя отличается заметным желтым оттенком, особенно на молодом приросте. В коллекции три экземпляра (участки 128, 139, 143) одного образца. Черенки в 1995 г. от П.И. Милостивого из ботанического

сада Киевского университета (Украина). Участки 128 и 143: посадка 2007 г. Участок 139: посадка 2009 г. Семеносит. В Саду известна с 1956 г. [6]. Здесь невысокое дерево с широко-овальной кроной. Форма интродуцирована Р. Форчуном из Японии в Англию, Royal Nursery, в 1861 г. [4].

Chamaecyparis pisifera Plumosa Flavescens' – Кипарисовик горохоплодный **‘Плюмоза Флавесценс’**. Дерево небольших размеров с яркой сернисто-желтой хвоей. Два экземпляра (участки 71, 96). Черенки получены в 1995 г. от П.И. Милостивого из ботанического сада Киевского университета (Украина). Участок 96: посадка 2009 г. Участок 71: посадка 2011 г. В вегетативном состоянии. В Саду культивар ранее не испытывался. Интродуцирован Ф. Зибольдом из Японии в Нидерланды (Лейден), в 1866 г. [4].

Chamaecyparis pisifera Squarrosa' – Кипарисовик горохоплодный **‘Скварроза’**. Всего 6 экземпляров. Участок 91 (три экземпляра): вегетативное потомство, полученное в БИНе, черенки 1997 г., посадка 2008 г. Участок 71 (три экземпляра): черенки 1993 г., от В.М. Рейнвальда, посадка 2012 г. В вегетативном состоянии. В Саду форма известна с 1984 г., до этого не испытывалась. Интродуцирована Зибольдом из Японии в Бельгию в 1843 г. [4]. Небольшое дерево с ширококонической кроной и серебристо-серой мягкой неколючей игловидной ювенильной хвоей, сильно отстоящей от побега.

Chamaecyparis pisifera Squarrosa Sulphurea' – Кипарисовик горохоплодный **‘Скварроза Сульфуреа’**. Имеется 4 экземпляра, участки 51, 128. Черенки из ботанического сада Киевского университета, 1984 г. Участок 51 (три экземпляра): посадка 1997 г. Участок 128: посадка 2007 г. В вегетативном состоянии. В Саду ранее форма не испытывалась. Мутация от св. *Squarrosa*, отличается бледно-желтой окраской хвои, получена в Koster Brothers Nursery, Boskoop, Нидерланды, до 1900 г. [4]. Достигает меньших размеров, по зимостойкости мало отличается от предыдущей формы. Подмерзает, но сохраняет высокие декоративные качества при посадке на светлых защищенных местах.

Заключение

Представители рода *Chamaecyparis* известны в Ботаническом саду Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН в Санкт-Петербурге с 1870 г. В современной коллекции выращивается 17 видов и форм рода кипарисовик. Они представлены деревьями в возрасте от 10 до 67 лет. Самый старый представитель рода – кипарисовик горохоплодный (*C. pisifera*), известный с 1953 г. Этот образец самый зимостойкий, образует самосев. Наиболее крупные особи достигают высоты 19,5 м при диаметре ствола 38 см. Сравнение с литературными и архивными данными показывает, что за последние десятилетия на фоне потепления климата произошло значительное увеличение размеров растений, стали реже случаи обмерзания. В парке кипарисовики высажены на разных участках, преимущественно в пейзажной его части, группами

Интродукция и акклиматизация

Таблица. Возраст и размеры коллекционных растений *Chamaecyparis* в Ботаническом саду Петра Великого БИН РАН, осень 2018 г.

Название растений	Участок	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр ствола, см	Размеры кроны, м
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (Murr.) Parl. 'Alumigold'	96/53	26	2,4	3	1,3 x 1,6
	96/54	26	2,6	2	1,4 x 1,5
<i>C. lawsoniana</i> (Murr.) Parl. 'Aurea'	96/71	24	7,5	10	2,6 x 2,8
<i>C. lawsoniana</i> (Murr.) Parl. 'Blue Surprise'	100/26	10	1,6	1	0,3 x 0,3
<i>C. lawsoniana</i> (Murr.) Parl. 'Columnaris'	96/50	24	3,7	4	0,9 x 0,9
	139/57a	26	5,5	7	1,5 x 1,5
	139/576	26	5,4	8	1,5 x 1,7
<i>C. lawsoniana</i> (Murr.) Parl. 'Fraseri'	56/20	32	6,0	16	3,7 x 3,0
	128/55a	35	10,0	20	3,3 x 3,2
	128/ 556	35	10,5	20	2,8 x 3,3
	128/ 55в	35	9,5	21	2,9 x 2,5
<i>C. lawsoniana</i> (Murr.) Parl. 'Kelleriis Gold'	17/ 115	18	2,9	3	1,8 x 1,6
	17/120	18	2,8	3	1,7 x 1,5
	17/121	23	3,0	3	1,7 x 1,5
<i>C. lawsoniana</i> (Murr.) Parl. 'Parsons'	94/ 233	17	1,6	1	1,5 x 1,8
<i>C. obtusa</i> (Siebold et Zucc.) Endl.	100/ 21	10	1,5	1	1,6 x 1,1
<i>C. pisifera</i> (Siebold et Zucc.) Endl.	17/ 61	~62	9,0	23	6,7 x 6,4
	17/124	12	3,5	3	2,2 x 2,0
	17/125	12	3,1	3	1,8 x 1,6
	25/1a	~67	19,5	38; 17	7,7 x 6,8
	25/16	~67	17,0	28; 21	5,5 x 6,4
	82/ A-1	65	13,0	34	8,5 x 7,7
<i>C. pisifera</i> (Siebold et Zucc.) Endl. 'Boulevard'	71/37a	26	3,0	6	1,6 x 1,3
	71/376	26	3,0	7	1,9 x 1,4
	71/37в	26	2,6	5	1,8 x 1,5
	96/43	24	4,1	6	1,6 x 1,3
<i>C. pisifera</i> (Siebold et Zucc.) Endl. 'Filifera'	100/ 22	20	2,9	6	1,5 x 1,8
<i>C. pisifera</i> (Siebold et Zucc.) Endl. 'Filifera Aurea'	99/1	42	2,0	2	2,7 x 2,4
	132/ 121	33	2,0	2	2,5 x 2,5
<i>C. pisifera</i> (Siebold et Zucc.) Endl. 'Plumosa'	25/1в	~67	12,5	17; 14	5,0 x 5,1
	127/36a	65	14,0	30	5,9 x 4,8
	127/366	65	15,5	21	4,0 x 3,3
	128/63	26	6,5	12	3,6 x 4,5
<i>C. pisifera</i> (Siebold et Zucc.) Endl. 'Plumosa Aurea'	128/64	24	5,8	13	3,6 x 4,0
	139/56	24	6,0	12	3,4 x 4,5
	143/42	24	3,1	7	3,0 x 2,2
<i>C. pisifera</i> (Siebold et Zucc.) Endl. 'Plumosa Flavescens'	71/38	24	2,3	3	2,1 x 2,4
	96/47	24	3,8	6	1,9 x 1,6
<i>C. pisifera</i> (Siebold et Zucc.) Endl. 'Squarrosa'	71/39	26	5,2	10	2,9 x 2,5
	71/40	26	4,7	10	3,6 x 3,8
	71/41	26	4,7	12	3,0 x 3,9
	91/49a	22	6,7	12	3,6 x 3,7
	91/496	22	7,2	15	3,4 x 5,1
	91/49в	22	7,2	14	4,1 x 4,6

Интродукция и акклиматизация

<i>C. pisifera</i> (Siebold et Zucc.) Endl. <i>Squarrosa</i> <i>Sulphurea</i>	51/25а	35	6,0	16	4,8 x 6,0
	51/25б	35	3,9	6	3,7 x 3,4
	51/25в	35	5,0	11	3,8 x 3,5
	128/61	35	5,2	12	3,1 x 3,6

и отдельными экземплярами, а также в Японском саду. Все три вида (*C. lawsoniana*, *C. obtusa*, *C. pisifera*) образуют шишки с нормально развитыми семенами, а *C. pisifera* стал давать самосев – в последние годы в сравнительно большом количестве и далеко за пределами кроны маточных растений.

В саду продолжают работы по интродукции новых видов (*C. thyoides* (L.) Britton, Sterns et Poggenb.) и сортов (*C. pisifera* 'Squarrosa Dumosa') кипарисовика, которые в ближайшие годы могут пополнить коллекцию парка. В городском озеленении *C. lawsoniana* и *C. pisifera* представлены единичными экземплярами.

Учитывая продолжающееся потепление климата и более благоприятные условия перезимовки, кипарисовики в перспективе могут быть шире представлены в ассортименте садов и парков Санкт-Петербурга.

Работа выполнена в рамках государственного задания по плановой теме «Коллекции живых растений Ботанического института им. В.Л. Комарова (история, современное состояние, перспективы использования)», номер АААА-А18-118032890141 – 4.

Список литературы

1. Grimshaw J., Bayton R. New Trees: Recent Introductions to Cultivation. Kew Publishing, Royal Botanic Gardens, Kew, 2009. 976 p.
2. Элайс Т.С. Североамериканские деревья. Определитель. Новосибирск: Гео, 2014. 959 с.
3. Фирсов Г.А., Орлова Л.В. Хвойные в Санкт-Петербурге. Издание второе. СПб.: Дом садовой литературы, 2019. 492 с.
4. Auders A.G., Spicer D.P. Royal Horticultural Society Encyclopedia of Conifers: A Comprehensive Guide to Cultivars and Species. Vol. I. *Abies* to *Picea*. Vol. II. *Pilgerodendron* to *Xanthocyparis*. Kingsblue Publishing Limited in association with the Royal Horticultural Society. 2012. 1506 p.
5. Фирсов Г.А. Древесные растения ботанического сада Петра Великого (XVIII–XXI вв.) и климат Санкт-Петербурга // Ботаника: история, теория, практика (к 300-летию основания Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук). Труды международной научной конференции. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. С. 208–215.
6. Связева О.А. Деревья, кустарники и лианы парка Ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова (К истории введения в культуру). СПб.: Росток, 2005. 384 с.

7. Вольф Э.Л. Наблюдения над морозостойкостью деревянистых растений // Тр. бюро по прикл. ботан. 1917. Т. 10. № 1. С. 1–146.

8. Булыгин Н.Е., Фирсов Г.А. Выдающийся дендролого-интродукционный эксперимент в Санкт-Петербурге // Рукопись представлена Ленингр. лесотехн. акад. Деп. в ВИНТИ 11.07.1994 а. № 1749 – В 94. 142 с.

9. Булыгин Н.Е., Фирсов Г.А. Современная интерпретация материалов Э.Л. Вольфа по интродуцированной дендрофлоре Санкт-Петербурга // Рукопись представлена Ленингр. лесотехн. акад. Деп. в ВИНТИ 11.07.1994 б. № 1750 – В 94. 57 с.

10. Фирсов Г.А., Волчанская А.В. Изменение уровней адаптированности редких видов дендрофлоры России, интродуцированных в Санкт-Петербурге за прошедшие 100 лет // Растительный мир Азиатской России. 2012. № 2 (10). С. 150–153

11. Замятнин Б.Н. Путеводитель по парку Ботанического института. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1961. 128 с.

12. Головач А. Г. Деревья, кустарники и лианы Ботанического сада БИН АН СССР. Л.: Наука, 1980. 188 с.

13. Комарова В.Н., Связева О.А., Фирсов Г.А., Холопова А.В. Путеводитель по парку Ботанического института им. В.Л. Комарова. СПб.: Росток, 2001. 256 с.

14. Лапин П.И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции // Бюлл. ГБС АН СССР. 1967. Вып. 65. С. 13–18.

15. Hillier J., Coombes A. (Consultant Editors). The Hillier Manual of Trees and Shrubs. David and Charles, 2003. 512 p.

16. Хмаряк А.Г., Бялт В.В., Орлова Л.В., Фирсов Г.А. Современный ассортимент хвойных в садах и парках Санкт-Петербурга // Бюлл. Гл. ботан. сада. 2018. Вып. 204. № 4. С. 3–16.

17. Krussmann G. Manual of Cultivated Conifers. Portland, Oregon: Timber Press, 1995. 361 p.

18. Rehder A. Manual of Cultivated Trees and Shrubs Hardy in North America. New York: The MacMillan Company. Second Edition, 1949. 1996 p.

References

1. Grimshaw J., Bayton R. New Trees: Recent Introductions to Cultivation. Kew Publishing, Royal Botanic Gardens, Kew, 2009. 976 p.
2. Elias T.S. Severoamerikanskije derevja. Opredelitel [Trees of North America. Field Guide]. Novosibirsk: Geo [Novosibirsk: Academic Publishing house «Geo»], 2014. 959 p.

3. Firsov G.A., Orlova L.V. Khvoynye v Sankt-Peterburge. [Conifers in St. Petersburg.]. Izd-vo Dom sadovoy literatury [Publishing house «Dom sadovoy literatury»], 2019. 492 p.

4. Auders A.G., Spicer D.P. Royal Horticultural Society Encyclopedia of Conifers. A Comprehensive Guide to Cultivars and Species. Vol. I. *Abies* to *Picea*. Vol. II. *Pilgerodendron* to *Xanthocyparis*. Kingsblue Publishing Limited in association with the Royal Horticultural Society, 2012. 1506 p.

5. Firsov G.A. Drevesnye rasteniya botanicheskogo sada Petra Velikogo (XVIII-XXI vv.) i klimat Sankt-Peterburga [Woody plants of the Peter the Great Botanical Garden (XVIII-XXI centuries) and the climate of St. Petersburg] // Botanika: istoriya, teoriya, praktika (k 300-letiyu osnovaniya Botanicheskogo instituta im. V.L. Komarova Rossiyskoy akademii nauk). Trudy mezhd. nauch. konf. [Botany: history, theory, practice (on the 300th anniversary of the founding of the V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences). Proceedings of an international scientific conference] SPb.: Izd-vo SPbGETU «LETI» [SPb: Publishing house SPbGETU «LETI»]. 2014. P. 208–215.

6. Svjazeva O.A. Derevja, kustarniki i liani parka Botanicheskogo sada Botanicheskogo instituta im. V.L. Komarova (K istorii vvedeniya v kulturu) [Trees, shrubs and lianas in the park of the Botanical Garden of the V. L. Komarov Botanical Institute (On the history of introduction to culture)]. SPb.: Rostok [SPb: Publishing house «Rostok»], 2005. 384 p.

7. Wolf E.L. Nablyudeniya nad morozostoykost'yu derevyanistyx rasteniy [Observations on frost resistance of woody plants] // Tr. Byuro po prikladnoy botanike. [Proceedings of the Bureau of Applied Botany] Petrograd. 1917. Vol. 10. N 1. 146 p.

8. Bulygin N.Ye., Firsov G.A. Vydayushchiysya dendrologo-introduktsionnyy eksperiment v Sankt-Peterburge. [An outstanding dendrological introduction experiment in St. Petersburg.] // Rukopis predstavlena Leningradskoy lesotekhnicheskoy akademiiy. Deponirovana v VINITI [The manuscript is presented by the Leningrad Forestry Academy. Deposited at VINITI] SPb.: LTA. 1994 a. , № 1779-V 94 Dep. 142 p.

9. Bulygin N.Ye., Firsov G.A. Sovremennaya interpretatsiya materialov E.L. Volfa po introdutsirovannoy dendrofloře Sankt-Peterburga. [Modern interpretation of materials by E.L. Wolf on the introduced dendroflora of St. Petersburg.] //

Rukopis predstavlena Leningradskoy lesotekhnicheskoy akademiiy. Deponirovana v VINITI [The manuscript is presented by the Leningrad Forestry Academy. Deposited at VINITI] SPb.: LTA. 1994 b. , № 1750-V 94 Dep 57 p.

10. Firsov G.A., Volchanskaya A.V. Izmeneniye urovney adaptirovannosti redkikh vidov dendroflori Rossii, introdutsirovannikh v Sankt-Peterburge za proshedsheye 100 let [Changes in the levels of adaptation of rare species of Russian dendroflora introduced in St. Petersburg over the past 100 years] // Rastitelnyy mir Aziatskoy Rossii [Plant world of Asian Russia]. 2012. N 2 (10). P. 150–153

11. Zamjatnin B.N. Putevoditel po parku Botanicheskogo instituta [Botanical Institute park guide]. M., L. Izd. AN SSSR. [Moscow, Leningrad: Publishing house of the USSR Academy of Sciences], 1961. 128 p.

12. Golovach A.G. Derevya, kustarniki i liany Botanicheskogo sada BIN AN SSSR [Trees, shrubs and lianas of the Botanical Garden of the BIN of the USSR Academy of Sciences]. L.: Nauka [Leningrad: Publishing house «Nauka»], 1980. 188 p.

13. Komarova V.N., Svjazeva O.A., Firsov G.A., Holopova A.V. Putevoditel po parku Botanicheskogo instituta im. V.L. Komarova [A guide book to the park of V.L. Komarov Botanical Institute]. SPb.: Rostok [St. Petersburg: Publishing house «Rostok»], 2001. 256 p.

14. Lapin P.I. Sezonnyy ritm razvitiya drevesnykh rasteniy i yego znachenie dlya introduktsii [Seasonal rhythm of development of woody plants and its importance for introduction] // Byul. Gl. Botan. Sada [Bull. Main Botan. Garden]. 1967. Is. 65. Pp. 13–18

15. Hillier J., Coombes A. (Consultant Editors). The Hillier Manual of Trees and Shrubs. David and Charles, 2003. 512 p.

16. Khmarik A.G., Byalt V.V., Orlova L.V., Firsov G.A. Sovremennyy assortiment khvoynikh v sadakh i parkakh Sankt-Peterburga [Modern assortment of conifers in parks and gardens of Saint-Petersburg] // Byul. Gl. Botan. Sada [Bull. Main Botan. Garden]. 2018. Is. 204. №4. P. 3–16.

17. Krussmann G. Manual of Cultivated Conifers. Portland, Oregon: Timber Press, 1995. 361 p.

18. Rehder, A. Manual of Cultivated Trees and Shrubs Hardy in North America. New York: The MacMillan Company. Second Edition, 1949. 1996 p.

Информация об авторе

Фирсов Геннадий Афанасьевич, канд. биол. наук, ст. н. с.

E-mail: gennady_firsov@mail.ru

Ботанический сад Петра Великого; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук

197376, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, д. 2

Information about the author

Firsov Gennadiy Afanasievich, Cand. Sci. Biology, Senior Researcher

E-mail: gennady_firsov@mail.ru

Peter the Great Botanic Garden of the Federal State Budgetary Institution for Science Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Science

197376, Russian Federation, Saint-Petersburg, Prof. Popov Str., 2

И.А. Крещенок

канд. биол. наук, н. с.

E-mail: ikreshhenok@yandex.ru

Амурский филиал ФГБУН Ботанического
сада-института ДВО РАН

Представители рода *Clematis* L. (Ranunculaceae) в коллекции Амур- ского филиала Ботанического сада- института ДВО РАН

Обобщены результаты интродукционных испытаний в открытом грунте представителей рода *Clematis*, культивируемых в Амурском филиале Ботанического сада-института ДВО РАН. Представлены краткая морфологическая и фенологическая характеристика наиболее устойчивых культиваров в условиях юга Амурской области, краткие сведения о географии видов, их декоративных качествах и особенностях размножения.

Ключевые слова: *Clematis*, клематис, ломонос, коллекция, культивирование, ботанический сад, фенология.

I.A. Kreshchenok

Cand. Sci. Biol., Researcher

E-mail: ikreshhenok@yandex.ru

Amur Branch of the Botanical Garden-Institute
FEB RAS

Species of the *Clematis* L. (Ranunculaceae) genus in the collection of Amur Branch of the Botanical Garden-Institute FEB RAS

The results of introduction tests in the open ground of *Clematis* species cultivated in the Amur branch of the Botanical Garden-Institute of FEB RAS are summarized. A brief morphological and phenological characteristics of the most stable cultivars in the South of the Amur region, brief information about the geography of species, their decorative qualities and features of reproduction are presented.

Keywords: *Clematis*, cultivation, collection, botanical garden, phenology.

DOI: 10.25791/BBGRAN.04.2020.1068

Род *Clematis* L. (клематис, ломонос) – один из наиболее распространенных родов семейства Ranunculaceae Juss, включающий в себя около 300 видов. Представители рода встречаются практически на всех континентах земного шара, произрастают в 34 флористических областях планеты. Наибольшее видовое разнообразие рода сосредоточено в Евразии – 150 видов [1], причем большая их часть распространена в Восточной Азии [2]. Жизненные формы клематисов разнообразны – кустарники и многолетние травы, в основном лианы, реже они имеют короткие прямостоячие или ползучие побеги. Значительная часть видов являются декоративнолиственными и красивоцветущими растениями, которые можно использовать в качестве бордюрных, почвопокровных элементов, а также для вертикального озеленения различных архитектурных форм.

К сожалению, для территории Приамурья обобщающие работы об опыте культивирования дикорастущих представителей рода *Clematis* в открытом грунте в литературе отсутствуют. Имеется упоминание о выращивании в условиях Ботанического сада-института ДВО РАН (г. Владивосток) природных видов в работе Н.Н. Денисова [3] и данные об интродуцированных сортах и гибридах в работе И.П. Петуховой [4].

Целью нашей работы является обобщение результатов многолетних интродукционных испытаний природных видов рода *Clematis* в условиях юга Амурской области и

составление краткой характеристики наиболее устойчивых образцов.

Материал и методы

Интродукционные испытания представителей рода *Clematis* в Амурском филиале Ботанического сада-института ДВО РАН (АФ БСИ) проводятся с 2005 г. Основой для создания коллекции послужили семена растений, полученные из отечественных и зарубежных садов по обмену (Index Seminum), а также живые образцы (черенки, живые растения), собранные во время экспедиций в местах их естественного произрастания и привезенные из других ботанических учреждений. За растениями проводили фенологические наблюдения с указанием дат наступления основных фенофаз: начала вегетации, бутонизации, цветения, плодоношения, окончания вегетации. Методической основой для проведения фенологических наблюдений послужила работа И.Н. Бейдеман [5].

Латинские названия видов приведены согласно международной базе данных The Plant List.

Результаты и обсуждение

Климат в южной зоне Амурской области резко континентальный с муссонной циркуляцией воздушных масс. Продолжительность морозного и безморозного периодов

составляют около 170 дней каждый. Среднегодовая температура воздуха -0°C. Зима и лето продолжительные, а переходные сезоны короткие, с резкими и быстрыми изменениями метеорологических показателей. Средняя продолжительность периода активной вегетации 134 дня. Амурская область относится к зоне неустойчивого увлажнения. Среднегодовое количество атмосферных осадков – 575 мм, из которых на холодный период (с ноября по март) приходится 8% годовой нормы, на теплый (с апреля по октябрь) – 92% [6, 7].

С 2005 по 2019 гг. интродукционные испытания прошли 59 образцов рода *Clematis*, принадлежащие к 28 видам, 44 внутривидовым таксонам и сортам. Более половины образцов не прошли многолетние интродукционные испытания и выпали из эксперимента на 1-3-й годы жизни по причине низкой адаптации к местным условиям (плохая приживаемость растений после пикировки, низкая зимостойкость, повреждение надземной части при поздних весенних и ранних осенних заморозках, подверженность воздействию насекомых-вредителей и грибных заболеваний). Несоответствие условий произрастания их экологическим требованиям, происхождение посадочного материала из южных или северных регионов, резко отличающихся по климату, мешали адаптации видов. Планируется повторить их испытания, используя другие образцы посадочного материала и высаживая его в разные условия местобитания.

В настоящий момент коллекция насчитывает 25 образцов, принадлежащих к 13 видам, 21 таксону и сорту с разной степенью успешности интродукции. Все образцы рода *Clematis*, прошедшие интродукционные испытания в АФ БСИ ДВО РАН, относятся к мелкоцветковым видам. Ниже приводим краткое описание и фенологическую характеристику 13 таксонов, которые прошли многолетние интродукционные испытания на опытных участках АФ БСИ, а также проявляют признаки интродукционной устойчивости – регулярно цветут и плодоносят.

***Clematis alpina* (L.) Mill. (*Atragene alpina* L.)** – клематис альпийский (княжик альпийский, атрагена альпийская) – деревянистая лиана длиной до 3 м с одиночными пониклыми колокольчатыми голубыми цветами. Распространен в горных районах и субальпийской зоне Центральной и Южной Европы [1]. В условиях АФ БСИ ДВО РАН вегетация начинается во II декаде апреля. Бутонизация отмечена во II декаде мая, цветет на побегах прошлого года в I декаде июня в течение 10-14 дней. Плодоношение начинается в III декаде июня и заканчивается в августе. Окончание вегетации в конце августа – начале сентября. Растения декоративны в течение всего вегетационного сезона за счет оригинальных ажурных листьев, но особенно в период цветения. При выращивании из семян цветение отмечалось на второй год. Зимует без обрезки.

***Clematis alpina* subsp. *sibirica* (L.) Kuntze (*Atragene sibirica* L.)** – клематис сибирский (княжик сибирский, атрагена сибирская) – деревянистая лиана длиной до 3-4 м. В естественных условиях произрастает в европейской части России, в Западной и Восточной Сибири, на

Дальнем Востоке России, в Средней Азии, Монголии и Китае [2]. Вегетация в условиях юга Амурской области начинается в I-II декаде апреля. Бутонизация начинается в начале мая, цветение – в I декаде июня, длится 12-15 дней. Плодоношение наступает в III декаде июня и продолжается до августа. Вегетация заканчивается в последних числах августа. Растения декоративны в течение всего вегетационного периода, пик декоративности отмечается в период цветения. Зимует без обрезки.

***Clematis alpina* subsp. *ochotensis* (Pall.) Kuntze (*Atragene ochotensis* Pall.)** – клематис охотский (княжик охотский, атрагена охотская) – деревянистая лиана длиной до 3 м. Произрастает в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке России, в Монголии, Китае и Северной Корее [2]. Вегетация начинается во II декаде апреля, бутонизация – в I декаде мая, цветение наступает в III декаде мая и длится около 15 дней. Плодоношение наступает в июне и длится до августа. Окончание вегетации происходит в III декаде августа. Растения декоративны в течение всего вегетационного сезона за счет изящной листвы, красивых цветов и, после цветения, пушистых соцветий.

***Clematis brevicaudata* DC.** – клематис короткохвостый (ломонос короткохвостый) – деревянистая лиана длиной до 6 м. В естественных условиях встречается на юге Дальнего Востока России, а также в Монголии, Китае, на полуострове Корея [2]. Вегетация начинается во II декаде мая. Бутонизация отмечается в I-II декадах июля. Цветение наступает в августе и длится до наступления заморозков. Плодоношение начинается в конце августа. Плоды созревают в сентябре-октябре. Вегетация заканчивается с наступлением отрицательных ночных температур. Выносит первые легкие заморозки. Растения декоративны с начала вегетации до ее окончания, особенно – в период цветения и плодоношения.

***Clematis fusca* Turcz.** – клематис бурый (ломонос бурый) – травянистая лиана, достигающая в длину 4 м. Произрастает на юге Восточной Сибири, Дальнем Востоке России, в Монголии, Китае, Японии, Корее [2].

Вегетация начинается в III декаде мая – I декаде июня. Фаза бутонизации наступает в III декаде июня – I декаде июля. Цветение начинается в II декаде июня и длится до начала августа, около 20-25 дней. Плодоношение начинается во II-III декаде июля. Плоды созревают в августе. Вегетация заканчивается в конце августа – начале сентября. Растения декоративны в период цветения.

***Clematis glauca* Willd.** – клематис сизый (ломонос сизый) – деревянистая кустарниковая лиана, достигающая в длину до 5 м. Вид распространен на юге Западной и Восточной Сибири, юго-востоке Средней Азии, в западной Монголии, Китае [8]. Вегетация начинается во II-III декаде мая. Цветет на открытых солнечных участках с II-III декады июля до III декады августа. Плодоношение начинается с III декады июля. Плоды созревают в конце августа. На затененных участках не цветет. Вегетация заканчивается в I-II декаде сентября. Растения особенно декоративны в период цветения и плодоношения.

Clematis integrifolia L. – клематис цельнолистный (ломонос цельнолистный) – травянистый многолетник, с прямостоячими побегами до 0,6 м (рис. 1, см. обложку). Распространен почти во всей Европейской части бывшего СССР (включая Крым), в Предкавказье, Дагестане, Северном Казахстане, на юго-востоке Западной Сибири и юго-западе Восточной Сибири; в Западной Европе, на Балканах, в Малой Азии, Западном Китае [8]. Vegetация начинается в III декаде мая, бутонизация – во II декаде июня. Цветение наступает в конце июня – начале июля и длится 14-20 дней. Иногда отмечается повторное цветение во II-III декаде августа. Плодоношение начинается в I декаде июля, семена созревают в I-II декаде августа. Vegetация заканчивается I-II декаде сентября. Растения декоративны в период цветения.

Clematis macropetala Ledeb. (*Atragene macropetala* (Ledeb.) Ledeb.) – клематис крупнолепестковый (ломонос крупнолепестковый, княжик крупнолепестковый, атрагена крупнолепестковая) – деревянистая лиана длиной до 3-3,5 м (рис. 2, см. обложку). Естественный ареал вида охватывает Восточную Сибирь (Забайкалье), Дальний Восток России, Монголию, Китай, Корею [2]. Vegetация начинается в I декаде апреля, бутонизация – в I-II декаде мая. Цветение наступает в III декаде мая и длится около 20 дней. Плодоношение отмечается с I декады июня, семена созревают в конце июля – начале августа. Vegetация заканчивается в III декаде августа. Растения особенно декоративны в периоды цветения и плодоношения.

Clematis mandschurica Rupr. – клематис маньчжурский (ломонос маньчжурский) – травянистая многолетняя лиана с побегами, достигающими длины 1,5-3 м. Ареал вида охватывает юг Дальнего Востока России, Забайкалье, Монголию, Северо-Восточный Китай, Корею [2]. Vegetация начинается в III декаде мая. Бутонизация отмечается со II декады июня, цветение – с I декады июля. Цветение длится по I декаду августа. Плодоношение начинается с I-II декады июля. Семена созревают в августе. Vegetация заканчивается в III декаде августа-I декаде сентября. Растения наиболее декоративны в период цветения. Наблюдается самосев.

Clematis orientalis J.F. Gmel. – клематис восточный (ломонос восточный) – деревянистая лиана длиной до 4-6 м. В естественных условиях произрастает на Кавказе, в Поволжье, Малой Азии, Средней Азии, Иране, Пакистане, Афганистане, Тибете, Монголии, Китае на Балканах [9]. Vegetация начинается во II декаде мая. Бутонизация отмечалась во II-III декадах июня, цветение начинается в I-II декадах июля и длится 3-4 недели. Начало плодоношения отмечалось во II декаде июля. Плоды созревают в августе. Vegetация заканчивается во II-III декадах сентября. Декоративен в течение всей вегетации, особенно в период цветения и плодоношения.

Clematis recta L. – клематис прямой (ломонос прямой) – травянистое многолетнее растение, с прямостоячими побегами до 1-1,5 м. Родиной вида являются материковая часть Европы и Кавказ [8]. Vegetация начинается во II декаде мая, бутонизация – в I декаде июня. Цветение

наступает во II декаде июня и длится около 14 дней. Начало плодоношения отмечается с III декады июня. Семена созревают в III декаде июля – I декаде августа. Vegetация заканчивается в III декаде августа – I декаде сентября. Наблюдается самосев. Растение особенно декоративно в период цветения. *Clematis recta* f. *purpurea* декоративен в период вегетации своими винно-красными побегами и листьями, а в период цветения – розоватыми цветками.

Clematis serratifolia Rehd. – клематис пильчатоллиственный (ломонос пильчатоллиственный) – деревянистая лиана, достигающая в длину 6 м (рис. 3, см. обложку). Естественный ареал вида охватывает юг Дальнего Востока России, северо-восточный Китай, Северную Корею [10]. Vegetация начинается в I-II декаде мая. Начало бутонизации отмечается в разные сроки, зависящие от температуры среды. В условиях жаркого июня бутонизация отмечается во II декаде месяца, а цветение начинается в I декаде июля, и, единично, в конце июня. В условиях относительно холодного июня бутонизация начинается только во второй половине июля, а начало цветения в I-II декаде августа. Цветение длится до наступления заморозков. Окончание вегетации наступает при отрицательных ночных температурах. Выносит первые легкие заморозки. Практически всегда растения не успевают сбросить листву, которая окрашивается в красный цвет. При раннем цветении семена поспевают в августе-сентябре, при позднем цветении большая часть семян не вызревает. В то же время отмечается обильный самосев. Растение декоративно в течение всего сезона, особенно в период массового цветения и плодоношения.

Clematis tangutica (Maxim.) Korsh. – клематис тангутский (ломонос тангутский) – деревянистая лиана длиной до 4 м (рис. 4, см. обложку). В природных условиях произрастает на юго-востоке Средней Азии, в Западном Китае и Монголии [8]. Vegetация начинается в I-II декаде мая. Наступление фазы бутонизации зависит от температуры окружающей среды и может отмечаться со II декады июня по I декаду августа. Соответственно, начало цветения приходится на период с I декады июля по II декаду августа, а начало плодоношения – со II декады июля по III декаду августа. Цветение продолжается до наступления холодов и не прекращается с первыми заморозками. При раннем цветении семена созревают в августе, при позднем – практически полностью остаются незрелыми. Растения вегетируют до наступления холодов. Декоративен в течение всего вегетационного периода, особенно в фазе цветения и плодоношения.

Следует отметить, что изученные представители рода *Clematis* способны переносить засуху и высокие температуры воздуха в летний период, не теряя своей декоративности. При выращивании клематисов необходимо проводить обрезку отмершей надземной части у травянистых видов и удаление весной сухих цветоносов и отмерших и слабых побегов у деревянистых лиан. Испытанные виды практически не поражаются болезнями и вредителями, за

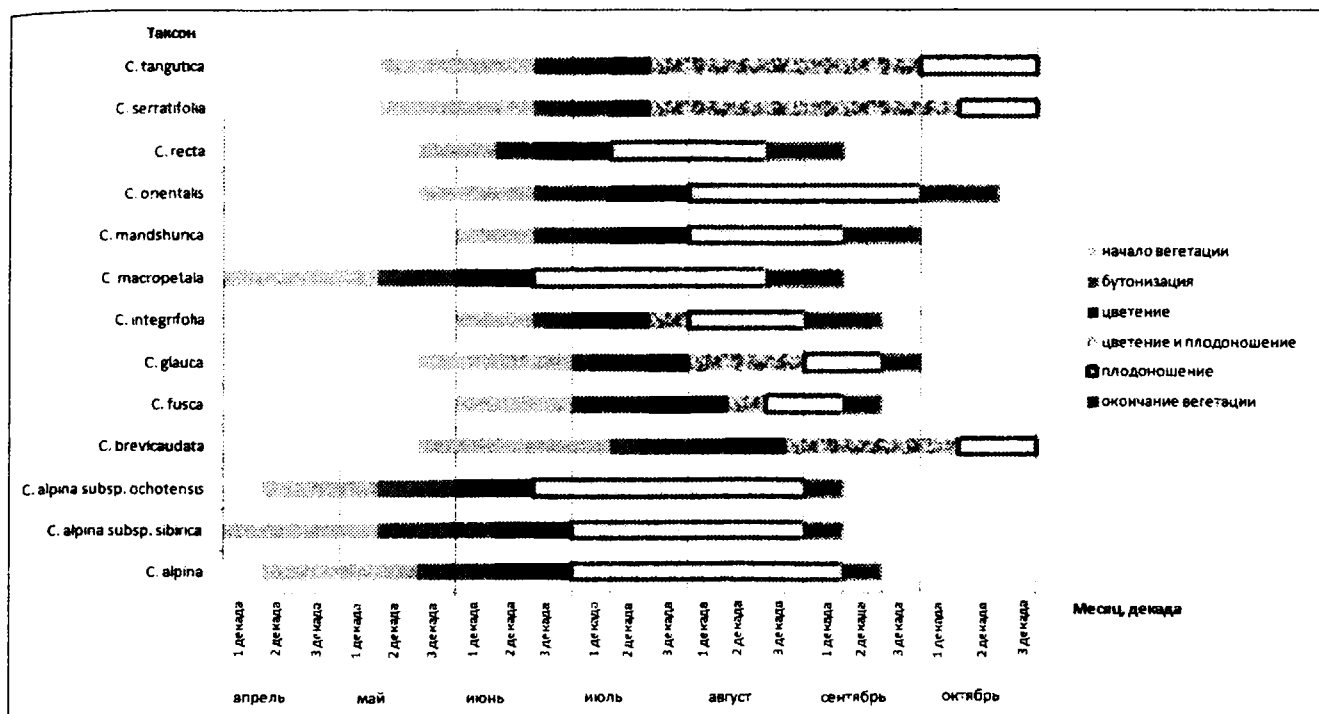


Рис. 5. Фенологические спектры представителей рода *Clematis* в коллекции АФ БСИ

Прим.: Для видов, цветущих в течение 30 и более дней выделена условная фаза «цветение и плодоношение», так как нет четкого разграничения между фазами цветения и плодоношения

исключением *Clematis orientalis* и *C. integrifolia*, листья которых повреждаются фитофагами.

Анализ фенологических данных позволяет разделить изученные таксоны по срокам цветения на группы (рис. 5). К весеннецветущим клематисам относятся представители секции *Atragene* – *Clematis alpina*, *C. alpina* subsp. *sibirica*, *C. alpina* subsp. *ochotensis*, *C. macropetala*, зацветающие в конце мая – первой половине июня на побегах прошлого года. Травянистые виды *C. recta*, *C. mandshurica*, *C. integrifolia*, цветущие с конца июня до середины июля, отнесены нами к летнецветущим видам. В середине июля обычно цветут *C. fusca*, *C. serratifolia*, *C. tangutica*, *C. orientalis*. Однако сроки цветения этих видов в значительной мере зависят от погодных условий: чем ниже температура воздуха и почвы в июне и июле, тем позднее наступает их цветение. К позднелетнецветущим видам относится *C. brevicaudata*.

Наиболее длительное цветение отмечено у *C. serratifolia*, *C. tangutica* и *C. brevicaudata*. Раньше всех заканчивают вегетацию виды секции *Atragene* – в конце августа, позже всего, с наступлением заморозков, – *C. serratifolia*, *C. tangutica*, *C. brevicaudata*.

По срокам вегетации культивары можно подразделить на группы: рано начинают и рано заканчивают вегетацию *C. alpina*, *C. alpina* subsp. *sibirica*, *C. alpina* subsp. *ochotensis*, *C. macropetala*; поздно начинают и рано заканчивают вегетацию *C. integrifolia*, *C. fusca*, *C. mandshurica*, *C. recta*, поздно начинают и поздно заканчивают вегетацию *C. serratifolia*, *C. tangutica*, *C. brevicaudata*.

Заключение

В условиях юга Амурской области перспективны для культивирования в открытом грунте мелкоцветковые виды рода *Clematis*, в том числе 5 аборигенных таксонов и 8 интродуцентов. Адаптационный потенциал интродуцированных видов не уступает аборигенным таксонам, что подтверждается их регулярным цветением и плодоношением. Успешность их интродукции, вероятно, обусловлена географическим положением региона в междуречье рек Амур и Зея. Для культивирования данных видов имеются достаточные климатические факторы: количество осадков в летний и зимний период, солнечная инсоляция, сумма активных температур, относительная влажность воздуха, продолжительность светового дня. Возможность выращивания описанных выше травянистых и деревянистых видов клематисов позволит более широко использовать представителей этого рода в ландшафтном проектировании городского и приусадебного пространства для солитерных и групповых посадок, озеленения различных вертикальных конструкций и в качестве почвопокровных растений.

Благодарности

Выражаем благодарность Г.Ф. Дарман, научному сотруднику лаб. ботаники АФ БСИ ДВО РАН, за предоставленный фотоматериал.

Список литературы

1. Риекстиня В.Э., Риекстиньш И.Р. Клематисы. Л.: Агропромиздат, Ленинградское отд-е, 1990. 287 с.
2. Луферов А.Н. *Clematis*. // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Т.7. СПб.: Наука, 1995. 395 с.
3. Денисов Н.И. Деревянистые лианы российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2003. 348 с.
4. Петухова И.П. Крупноцветковые клематисы на юге российского Дальнего Востока. Владивосток: ДВО РАН, БСИ, 2007. 110 с.
5. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука, Сибирское отд., 1974. 154 с.
6. Коротаев Г.В. Благовещенск: Природа и экология. Благовещенск: БГПИ, 1994. 135 с.
7. Дарман Г.Ф. Ступникова Т.В. Интродукция редких видов травянистых растений на юге Амурской области (Дальний Восток России) // Растительный мир Азиатской России. 2017. № 2 (26). С. 92–98. DOI:10.21782/RMAR1995-2449-2017-2(92-98)
8. Бескаравайная М.А. Клематисы. М.: Росагропромиздат, 1991. 189 с.
9. Смолянский М.С. Семенная продуктивность ломоноса восточного (*Clematis orientalis* L., Ranunculaceae) на западном пределе его распространения // Вест. Волгоградского гос. университета. Сер. 11, Естеств. науки. 2012. № 2 (4) С. 31–33.
10. Аистова Е.В., Крешенок И.А. Расширение ареала *Clematis serratifolia* на Дальнем Востоке России // Изв. Иркутского гос. университета. Серия Биология. Экология. 2018. Т. 23. С. 23–31. DOI: 10.26516/2073-3372.2018.23.23

References

1. Riekstinya V.E., Riekstinsh I.R. Clematisy [*Clematis*. L.]: Agropromizdat, Leningradskoe otd-e [Leningrad: Publishing House «Agropromizdat», Leningrad branch], 1990. 287 p.
2. Luferov A.N. Clematis [*Clematis*]. V kn.: Sosudistyie rasteniya sovetskogo Dalnego Vostoka T.7 [In the book:

Vascular Plants of the Soviet Far East. Vol.7]. SPb.: Nauka [Saint Petersburg: Publishing House «Science»], 1995. 395 p.

3. Denisov N.I. Derevyanistye liany rossijskogo Dalnego Vostoka [Woody lianas of the Russian Far East]. Vladivostok: Dalnauka [Vladivostok: Publishing House «Dalnauka»], 2003. 348 p.

4. Petukhova I.P. Krupnotsvetkovye klematisy na yuge rossijskogo Dalnego Vostoka [Large-flowered clematis in the south of the Russian Far East]. – Vladivostok: DVO RAN, BSI [Vladivostok: FEB RAS, BGI], 2007. 110 p.

5. Bejdeman I.N. Metodika izucheniya fenologii rastenij i rastitelnykh soobshchestv [Methods for studying the phenology of plants and plant communities]. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otd-e [Novosibirsk: Publishing House «Science», Siberian department], 1974. 154 p.

6. Korotaev G.V. Blagoveshchensk: Priroda i ekologiya [Blagoveshchensk: Nature and Ecology]. Blagoveshchensk: BGPI [Blagoveshchensk: State Pedagogical Institute of Blagoveshchensk], 1994. 135 p.

7. Darman G.F. Stupnikova T.V. Introduktsiya redkikh vidov travyanistyx rastenij na yuge Amurskoj oblasti (Dalnij Vostok Rossii) [Introduction of rare species of herbaceous plants in the south of the Amur region (Far East of Russia)] // Rastitelnyj mir Aziatskoj Rossii [Plant world of Asian Russia]. 2017. № 2 (26). P. 92–98. DOI:10.21782/RMAR1995-2449-2017-2(92-98).

8. Beskaravajnaya M.A. Klematisy [*Clematis*]. M.: Rosagropromizdat [Moscow: Publishing House «Rosagropromizdat»], 1991. 189 p.

9. Smolyanskij M.S. Semennaya produktivnost lomonoza vostochnogo (*Clematis orientalis* L., Ranunculaceae) na zapadnom predele ego rasprostraneniya [Seed productivity of eastern clematis (*Clematis orientalis* L., Ranunculaceae) at the western limit of its distribution] // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Volgograd State University]. Ser. 11, Estestv. Nauki [Ser. 11, Natural science]. 2012. № 2 (4) P. 31–33.

10. Aistova E.V., Kreshchenok I.A. Rasshirenie areala *Clematis serratifolia* na Dalnem Vostoke Rossii [Expansion of the range of *Clematis serratifolia* in the Far East of Russia] // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Biologiya. Ekologiya [Bulletin of the Irkutsk State University. Ser. Biology. Ecology]. 2018. Vol. 23. P. 23–31. DOI: 10.26516/2073-3372.2018.23.23.

Информация об авторе

Крешенок Ирина Анатольевна, канд. биол. наук, н. с.
E-mail: ikreshhenok@yandex.ru
Амурский филиал ФГБУН Ботанического сада-института ДВО РАН
675000, г. Благовещенск 2-й км Игнатьевского шоссе

Information about the author

Kreshchenok Irina Anatolyevna, Cand. Sci. Biol.,
Researcher
E-mail: ikreshhenok@yandex.ru
Amur Branch of the Botanical Garden-Institute FEB RAS
675000, Russia, Amurskaya oblast', Blagoveshchensk, 2nd
km of Ignatievskoe Road

С.Ю. Золкин

канд. биол. наук, ст.н.с.

E-mail: szolkin@mail.ru

А.Н. Швецов

канд. биол. наук, зам. директора

E-mail: floramoscw@mail.ru

ФГБУН Главный ботанический сад

им. Н.В. Цицина РАН

Исследование флористического разнообразия и способности к активному распространению спонтанно расселяющихся сосудистых растений из оранжерей ГБС РАН

Проведены исследования флористического разнообразия и экологических особенностей спонтанно расселяющихся сосудистых растений в отделениях Фондовой оранжереи и Фитотрона Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук (г. Москва). Было выявлено 84 вида и подвида таких растений, из которых 24 таксона попали из открытого грунта, а 60 таксонов встречаются только в защищенном грунте. Спонтанно расселяющиеся растения защищенного грунта классифицированы в три группы в зависимости от частоты их встречаемости, адаптации к различным температурно-влажностным условиям культивирования, индифферентности к субстрату, способности образовывать устойчивые популяции. Различаются способы и характер распространения диаспор спонтанно расселяющихся растений, их влияние на другие культивируемые растения. Предварительные данные свидетельствуют об определенном флористическом сходстве некоторых спонтанно расселяющихся таксонов в оранжереях ГБС РАН с группой оранжерейных «беглецов», отмеченных в некоторых европейских странах. Выявленные нами виды имеют потенциальные возможности для выхода в открытый грунт. По итогам исследования непосредственный переход из защищенного грунта в открытый выявлен нами пока только для одного вида – *Cymbalaria muralis*. По результатам исследования не было обнаружено, что спонтанно расселяющиеся растения являются первоисточниками разрушения конструкций оранжерей.

Ключевые слова: спонтанно расселяющиеся растения, размножение, распространение, чужеродные растения, инвазия, оранжерея, защищенный грунт, ботанический сад, Москва.

S.Yu. Zolkin

Cand. Sci. Biol., Senior Researcher

E-mail: szolkin@mail.ru

A.N. Shvetsov

Cand. Sci. Biol., Deputy Director

E-mail: floramoscw@mail.ru

FSBIS Tsitsin Main Botanical Garden RAS

The study of floristic diversity and ability to active migration of spontaneously dispersing vascular plants from greenhouses of the Tsitsin Main Botanical Garden, Russian Academy of Sciences

Floristic diversity and ecological characteristics spontaneously dispersing vascular plants were studied in the separate departments of the greenhouses and phytotron of the Main botanical garden, Russian Academy of Sciences (Moscow). A total of 84 species and subspecies of such plants were identified, of which 24 taxa were origin from open ground, and 60 taxa were recorded only indoors. Spontaneously dispersing plants of protected ground were classified into three groups depending on their frequency of occurrence, adaptation to different temperature and humidity cultivation conditions, indifference to the substrate, and ability to form stable populations. The types and aspects of the dispersions of spontaneous flora diaspores and their influence on other cultivated plants were distinguished. Preliminary data were indicated a certain floristic similarity of some spontaneously dispersing taxa in the greenhouses and phytotron of the Main botanical garden with the group of greenhouse-escapes observed in some European countries. The study was showed the potential tendency for some greenhouse weeds to migrate outside. Although according to the results of the study, a case of migration of greenhouse plants to open ground was identified for one species – *Cymbalaria muralis*. It was not found that spontaneously dispersing plants are the primary sources for destruction of greenhouse artificial structures.

Keywords: spontaneously dispersing plants, propagation, migration, adventive plants, invasion, greenhouse, protected ground, botanical garden, Moscow.

DOI: 10.25791/BBGRAN.04.2020.1069

Введение

Как это не покажется удивительным, но к настоящему времени работ, касающихся состава спонтанно

распространяющихся в оранжереях растений, возможности их «выхода» в открытый грунт, опубликовано довольно мало. В статье, посвященной сорной и чужеродной флоре Московского ботанического сада (сейчас

– ботанический сад МГУ «Аптекарский огород»), А.В. Кожевников сообщает об экспансии из оранжерей в открытый грунт сада *Oxalis corniculata* [1], вида, который в настоящее время в Москве распространен довольно широко [2]. На недостаточную изученность этой группы видов обращают внимание и зарубежные авторы [3]. Целенаправленное исследование спонтанно расселяющихся растений закрытого грунта было предпринято в оранжерейном комплексе ботанического сада г. Лодзь (Польша). В семи отделениях-оранжереях авторами было обнаружено 72 вида сорных сосудистых растений, относящихся к 24 семействам [4]. Среди них растения как защищенного, так и открытого грунта. Из растений, которые попадали внутрь теплиц извне, преобладали травянистые многолетние и однолетние растения, семена которых легко переносились воздушными потоками через открытые фрамуги и двери. Среди таких сорных растений больше всего было представителей семейства Asteraceae. Более обстоятельное исследование сорных растений было предпринято в теплицах Ботанического сада – Центра по сохранению биологического разнообразия Польской академии наук в Повсине (пригород Варшавы) [5]. Здесь, в крупном оранжерейном комплексе, включающем 12 отделений, авторами исследования было найдено 260 таксонов растений, отнесенных ими к сорным. Из них 243 таксона – сосудистые растения, 17 видов – мохообразные. Все сосудистые сорные растения авторы сгруппировали в 6 групп – апофиты (89 таксонов, 36%), метафиты (48 таксонов, 20%), «убегающие» растения из близлежащих к теплицам садов (10 таксонов, 4%), внутриоранжерейные «перебежчики» (87 таксонов, 36%), оранжерейные виды, попавшие внутрь случайно с грунтом или с растительным материалом (2 таксона, 1%), другие (7 видов, 3%). Таким образом, не принимая во внимание неопределенные данные по последней группе – «другие», выходит, что в оранжереях ботанического сада Повсина было найдено больше сорных растений из открытого грунта (в сумме по трем первым группам – 147 видов), чем видов защищенного грунта (число видов в четвертой и пятой группах – 89). Авторы делают вывод, что это связано с примыканием к теплицам многочисленных коллекций растений открытого грунта, в то время как вокруг оранжерей Лодзи были разбиты только клумбы с декоративными и овощными культурами. Кроме того, в оранжереях целенаправленно размножали многие растения открытого грунта, а некоторые теплолюбивые растения помещали на зимний сезон, что также стало причиной повышенного числа видов сорных растений извне.

Также был изучен таксономический состав и условия произрастания мохообразных растений в оранжереях. В теплицах Повсина было обнаружено 17 видов мохообразных, из которых 14 видов занесены случайно и 3 вида были использованы как субстрат для эпифитов. Из них 16 видов собственно мхи и один вид печеночника – *Marchantia polymorpha* L. Все мохообразные были найдены во влажных местах, чаще всего встречались в горшках с землей, основном грунте и щелях бетонного пола [5]. Отдельное исследование видового состава и особенностей

произрастания мхов проведено в Фондовой оранжерее Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН в Москве [6]. Было выявлено 25 видов, большинство из которых являются общими с видами Московской области и очевидно, проникают в оранжерею в виде спор при проветривании или с грунтом. Такие местные виды более приурочены к субтропическим, чем к тропическим отделениям оранжерей. Были идентифицированы 4 вида из тропических областей — *Taxiphyllum barbieri* Z. Iwats и *Vesicularia dubyana* (Müll.Hal.) Broth. из водных биотопов (прудов, рек, и т.д.), и два наземных: *Barbula consanguinea* (Thwaites & Mitt.) A. Jaeger найден в горшке, а неотропический *Fissidens dissitifolius* Sullivant широко расселился на поверхности почвы под высокими деревьями и на цементном полу.

В другой работе одной из задач исследования была идентификация доминирующего состава заносного компонента оранжерейных сообществ [7]. Авторы выделяют три группы сорных сосудистых оранжерейных растений по способам возобновления и освоения пространства – способные к семенному воспроизводству (в основном, апомикты), длиннокорневишные травянистые многолетники и растения, вегетативно размножающиеся с помощью листовых выводковых почек.

Следует отметить, что тенденция спонтанного перехода или намеренного перенесения (перемещения) видов из защищенного грунта в открытый имеет устойчивый характер. В конце XIX в. книги по садоводству характеризовали *Duchesnea indica* (Andrews) Focke как комнатное растение, а в настоящее время этот вид широко распространен в цветниках открытого грунта [8]. Одно из распространенных комнатных растений в 1960-е гг. – *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser, сейчас также часто встречается в садах и цветниках. Причем, этот процесс происходит главным образом за счет преднамеренного перемещения растений, а не случайного, спонтанного заноса. Вероятно, процессу перехода благоприятствуют внешние факторы – изменение климата, а также адаптационный потенциал самих видов.

Существует определенная сложность в терминах для описания спонтанно расселяющихся растений защищенного грунта. Например, в ряде публикаций к «местным растениям» отнесены виды защищенного грунта, а растения открытого грунта рассматриваются как «непреднамеренно занесенный компонент» [9]. В данном исследовании мы используем следующие определения и термины. Растения открытого грунта – это аборигенные и адвентивные виды местной, региональной флоры. Растения защищенного грунта – виды, культивируемые в оранжереях и теплицах, а также виды, непреднамеренно занесенные с их посадочным материалом из других оранжерей или из региона произрастания культивируемых видов (это либо оранжерейные сорняки, либо случайно попавшие с посадочным материалом растения). К этой же группе относим и комнатные растения. Основное внимание мы уделяли именно оранжерейным растениям, спонтанно расселяющимся внутри оранжерей и возможности некоторых из

них выйти в открытый грунт. То есть, оценивали их как источник пополнения местной флоры. По существу, это адвентивные (заносные, чужеродные растения), первые из них (специально культивируемые) могут быть отнесены к эргазиофитам, вторые, к ксенофитам (непреднамеренно занесенным). Примерно такого же подхода придерживаются английские исследователи, относящие оранжевые растения, проникающие в открытый грунт к фракции адвентивных растений, а по вектору заноса к оранжевым беглецам – *greenhouse escape* [10]. Спонтанно расселяющимися растениями мы называем виды, самопроизвольно расселяющиеся в закрытом грунте вегетативным или генеративным способами.

Цели исследования:

- выявить в оранжереях спонтанно распространяющиеся виды растений и произвести их инвентаризацию;
- определить особенности распространения и способы размножения спонтанно расселяющихся видов растений в закрытом грунте, сравнить полученные данные с аналогичными данными в местах их естественного произрастания;
- выяснить зависимость состава расселяющихся видов растений от типа оранжерей (тропические, субтропические и др.) и возможность формирования ими устойчивых популяций, определить места произрастания видов (основной грунт или горшки, стеллажи, конструкции оранжерей и др.);
- выявить адаптационный потенциал спонтанно расселяющихся оранжерейных растений, возможность их проникновения в открытый грунт;
- изучить их воздействие на конструкции оранжерей и теплиц – металлические элементы, деревянные и пластиковые покрытия, стеллажи.

В перспективе, при накоплении данных по другим ботаническим садам, хотелось бы получить сведения о закономерностях (или случайном характере) формирования состава и поведения видов, спонтанно расселяющихся растений закрытого грунта.

Материалы и методы

Исследования проводили в течение 2019-2020 гг. в ГБС РАН – в 19-ти отделениях Старой Фондовой оранжереи (площадь всех отделений с растениями составляет 4502,5 м²), пяти отделениях Новой Фондовой оранжереи (5000 м²) и в четырех отделениях Фитотрона (920 м²). В каждом коллекционном отделении исследовали на наличие спонтанно расселяющихся растений горшки, стеллажное и подстеллажное пространство, основания откосов окон и подоконное пространство, стены и щели в бетонном полу, а также основной насыпной грунт, в котором были посажены растения.

Найденные спонтанно расселяющиеся растения были сфотографированы, инвентаризированы по отделениям, название таксона уточнено в соответствии с

международными электронными базами данных [11,12]. Природные ареалы таксонов и их экология были уточнены по электронному источнику [13]. Инвазионный статус таксона проверен по электронной обновляемой базе [14]. Определенную сложность представлял вопрос о самопроизвольности произрастания или культивировании в прошлом ряда разросшихся в настоящее время видов растений. Информацию уточняли по спискам видов отделений, планам посадок в экспозиционных отделениях, а также в ходе опроса кураторов коллекций.

Результаты

По результатам исследований Фондовой оранжереи и Фитотрона ГБС РАН было обнаружено 84 вида активно разрастающихся и распространяющихся растений, относящихся к 66 родам из 40 семейств. Из них 24 вида растения открытого грунта, относящиеся к 21 роду из 15 семейств. В их числе самые обычные рудеральные виды. Анемофильные по способу переноса семян виды попадают в оранжерею преимущественно через фрамуги и открытые наружные двери. Среди них, как древесные растения (*Betula pendula* и *Populus tremula*), так и травянистые (виды рода *Sonchus*, *Taraxacum officinale* и *Tussilago farfara*). Диаспоры этих растений проникают регулярно во многие отделения оранжерей, но выживают обычно в отделениях с субтропическими условиями климата. В зимнее время древесные растения перезимовывают без листьев или с небольшим числом листьев. Поселяются они в швах кирпичной кладки, в различных щелях (в основаниях стен, между плитами пола и т.п. местах). Основным путем попадания внутрь видов открытого грунта, по нашему мнению, является занос с почвой и другими субстратами. В первую очередь этим способом в оранжерею проникают однолетники (*Chenopodium album*, *Juncus bufonius*, *Poa annua*, *Stellaria media* и др.), которые могут некоторое время существовать в оранжереях и за счет самосева. Отмечено единичное прорастание *Quercus robur* из желудя. Вероятно, растение было занесено с щепой.

Наибольшее разнообразие растений открытого грунта отмечено нами в Фитотроне (21), в субтропических и тропических оранжереях их значительно меньше (6), что связано, в первую очередь с тем, что спонтанно появившиеся растения открытого грунта рассматриваются как сорняки, неприемлемые для экспозиционных оранжерей. В опытно-производственных оранжереях санитарный контроль не столь строг, поэтому разнообразие спонтанных видов открытого грунта там выше, чем в экспозиционных оранжереях. Кроме того, в Фитотроне есть отделения, предназначенные не только для тропических и субтропических растений, но для размножения, доращивания и содержания некоторых культур открытого грунта. Поэтому сорные растения из открытого грунта в Фитотрон могут попадать не только через открытые двери и фрамуги, но и с грунтом и другими растениями извне. Подобную ситуацию отметили и польские ботаники [5]. Высокое разнообразие растений открытого грунта отмечено ими в

Флористика и систематика

оранжереях, в которых, кроме тропических видов, культивировались или содержались растения открытого грунта. В субтропических экспозиционных оранжереях ГБС РАН разнообразие видов открытого грунта выше, чем в тропических отделениях. При более продолжительных наблюдениях, несомненно, увеличится число выявляемых видов открытого грунта, попадающих в оранжереи.

Поскольку нас в первую очередь интересовал феномен спонтанно расселяющихся оранжерейных видов,

основное внимание мы уделяли именно им. Всего отмечено 60 видов, из 46 родов, относящихся к 32 семействам.

В числе расселяющихся оранжерейных видов представлены как коллекционные по происхождению растения, так и оранжерейные сорняки (непреднамеренно занесенные по происхождению).

Все произрастающие в оранжереях спонтанно расселяющиеся виды растений разделили на несколько групп по степени распространения в закрытом грунте.

Таблица. Видовой состав и особенности распространения спонтанно расселяющихся растений в Фондовой оранжерее и Фитотроне ГБС РАН

№ п/п	Вид	Семейство	Число отделений оранжерей	Способы расселения	Группа	Виды открытого грунта
1	<i>Acalypha australis</i> L.	Euphorbiaceae	1	семена		+?
2	<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	Adiantaceae	7	вегетативно, споры,	1	
3	<i>Asplenium scolopendrium</i> L.	Aspleniaceae	2	споры	2	
4	<i>Bacopa caroliniana</i> (Walt.) B.L.Robins	Plantaginaceae	1	вегетативно	3	
5	<i>Begonia hirtella</i> Link.	Begoniaceae	1	вегетативно, семена	3	
6	<i>Begonia olbia</i> Kerch.	Begoniaceae	1	вегетативно	3	
7	<i>Begonia subvillosa</i> Klotzsch	Begoniaceae	1	вегетативно, семена,	3	
8	<i>Betula pendula</i> Roth	Betulaceae	3	семена		+
9	<i>Bignonia unguis-cati</i> L. (<i>Dolichandra unguis-cati</i> (L.) L.G.Lohmann)	Bignoniaceae	1	вегетативно	3	
10	<i>Biophytum sensitivum</i> (L.) DC.	Oxalidaceae	1	семена	3	
11	<i>Breynia disticha</i> J.R.Forst. & G.Forst. (= <i>Breynianivosa</i> Small)	Phyllanthaceae	3	вегетативно, семена,	2	
12	<i>Bryophyllum pinnatum</i> (Lam.) Oken	Crassulaceae	1	вегетативно	3	
13	<i>Callisia fragrans</i> (Lindl.) Woodson	Commelinaceae	1	вегетативно	3	
14	<i>Cardamine hirsuta</i> L.	Brassicaceae	7	семена	1	
15	<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	Umbelliferae	1	вегетативно	3	
16	<i>Chenopodium album</i> L.	Chenopodiaceae	1	семена		+
17	<i>Chenopodium polyspermum</i> L.	Chenopodiaceae	1	семена		+
18	<i>Chenopodium rubrum</i> L.	Chenopodiaceae	1	семена		+
19	<i>Chlorophytum comosum</i> cv. <i>Vittatum</i>	Asparagaceae	1	вегетативно	3	
20	<i>Chlorophytum comosum</i> Jacq.	Asparagaceae	3	вегетативно	2	
21	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	Araceae	2	вегетативно	3	
22	<i>Cranichis muscosa</i> Sw.	Orchidaceae	2	семена	3	
23	<i>Cryptocoryne wendtii</i> de Wit	Araceae	1	вегетативно	3	
24	<i>Cyclosorus parasiticus</i> (L.) Farw.	Thelypteridaceae	6	споры	1	

Флористика и систематика

Продолжение таблицы						
25	<i>Cymbalaria muralis</i> P.Gaertn., B.Mey et Scherb.	Plantaginaceae	8	вегетативно, семена	1	
26	<i>Cyrtomium falcatum</i> (L.f.) C.Presl.	Dryopteridaceae	7	вегетативно, споры	1	
27	<i>Dorstenia contrayerva</i> L.	Moraceae	2	вегетативно, семена	2	
28	<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv.	Poaceae	1	семена		+
29	<i>Epilobium pseudorubescens</i> A. Skvorts.	Onagraceae	1	семена		+
30	<i>Epipremnum aureum</i> (Linden & André) G.S. Bunting	Araceae	2	стеблевые черенки	2	
31	<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	Brassicaceae	1	семена		+
32	<i>Ficus montana</i> Burm.f. (<i>Ficus quercifolia</i> Roxb.)	Moraceae	1	вегетативно	3	
33	<i>Ficus pumila</i> L.	Moraceae	2	вегетативно	2	
34	<i>Ficus pumila</i> L. var. <i>Minima</i>	Moraceae	1	вегетативно	3	
35	<i>Galinsoga ciliata</i> (Rafin.) Blake	Asteraceae	1	семена		+
36	<i>Gloxinella lindeniana</i> (Regel) Roalson & Boggan	Gesneriaceae	1	вегетативно	3	
37	<i>Hydrocotyle vulgaris</i> L.	Araliaceae	1	вегетативно, семена	3	
38	<i>Hygrophiza aristata</i> (Retz.) Nees	Poaceae	1	стеблевые черенки	3	
39	<i>Juncus bufonius</i> L.	Juncaceae	1	семена		+
40	<i>Kalanchoe daigremontiana</i> Raym.-Hamet et H.Perrier	Crassulaceae	1	вегетативно	3	
41	<i>Lemna minor</i> L.	Araceae	2	вегетативно		+
42	<i>Ludwigia palustris</i> (L.) Elliott	Onagraceae	1	вегетативно	3	
43	<i>Microsorium punctatum</i> (L.) Copel.	Polypodiaceae	3	вегетативно, споры	2	
44	<i>Molineria capitulata</i> (Lour.) Herb.	Hypoxidaceae	1	вегетативно	3	
45	<i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.) K.Presl.	Nephrolepidaceae	2	вегетативно	2	
46	<i>Nephrolepis exaltata</i> (L.) Schott.	Nephrolepidaceae	2	вегетативно	2	
47	<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	8	вегетативно, семена	1	
48	<i>Oxalis corniculata</i> L. var. <i>atropurpurea</i> Planch.	Oxalidaceae	8	вегетативно, семена	1	
49	<i>Oxalis debilis</i> Kunth var. <i>corymbosa</i> (DC.) Lourteig 'Aureoreticulata' (<i>Oxaliscorymbosa</i> DC. 'Aureoreticulata')	Oxalidaceae	2	вегетативно	3	
50	<i>Oxalis stricta</i> L. (<i>O. fontana</i> Bunge)	Oxalidaceae	1	вегетативно, семена		+
51	<i>Phaius tankervilleae</i> (Banks) Blume	Orchidaceae	1	семена	3	
52	<i>Philodendron hederaceum</i> Schott (= <i>P. scandens</i> K.Koch)	Araceae	2	вегетативно	2	
53	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	Phyllanthaceae	2	семена	2	

Флористика и систематика

Продолжение таблицы

54	<i>Pilea inaequalis</i> Wedd. (<i>Pilea repens</i> (Sw.) Liebm.)	Urticaceae	4	вегетативно, семена	1	
55	<i>Pilea microphylla</i> (L.) Liebm.	Urticaceae	5	вегетативно	1	
56	<i>Pilea nummulariifolia</i> (Sw.) Wedd.	Urticaceae	2	вегетативно, семена	3	
57	<i>Pilea</i> sp.	Urticaceae	2	вегетативно, семена	3	
58	<i>Plantago major</i> L.	Plantaginaceae	1	семена		+
59	<i>Poa annua</i> L.	Poaceae	2	семена		+
60	<i>Populus tremula</i> L.	Salicaceae	2	семена		+
61	<i>Potentilla norvegica</i> L.	Rosaceae	1	семена		+
62	<i>Pteris cretica</i> L.	Pteridaceae	7	вегетативно, споры	1	
63	<i>Pteris longifolia</i> L.	Pteridaceae	2	вегетативно, споры	2	
64	<i>Quercus robur</i> L.	Fagaceae	1	семена		+
65	<i>Rhipsalis baccifera</i> Stearn	Cactaceae	1	вегетативно, семена	3	
66	<i>Rhipsalis cereuscula</i> Haw.	Cactaceae	1	вегетативно	3	
67	<i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser	Brassicaceae	1	семена		+
68	<i>Rubus sanctus</i> Schreb.	Rosaceae	1	вегетативно	3	
69	<i>Ruellia amoena</i> Sesse et Moc	Acanthaceae	1	семена	3	
70	<i>Ruellia caroliniensis</i> (J.F. Gmel.) Steud.	Acanthaceae	5	вегетативно, семена	1	
71	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	Polygonaceae	1	семена		+
72	<i>Samolus valerandi</i> L.	Primulaceae	1	вегетативно, семена	3	
73	<i>Saxifraga stolonifera</i> Curtis	Saxifragaceae	2	вегетативно	2	
74	<i>Selaginella</i> sp.	Selaginellaceae	3	вегетативно	2	
75	<i>Soleirolia soleirolii</i> (Req.) Dandy	Urticaceae	7	вегетативно	1	
76	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	Asteraceae	1	семена		+
77	<i>Sonchus oleraceum</i> L.	Asteraceae	1	семена		+
78	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Caryophyllaceae	1	семена		+
79	<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Webb	Asteraceae	3	семена		+
80	<i>Tetranema roseum</i> Standl. & Steyerl.	Plantaginaceae	1	вегетативно, семена	3	
81	<i>Tradescantia fluminensis</i> Vell.	Commelinaceae	7	вегетативно	1	
82	<i>Tussilago farfara</i> L.	Asteraceae	1	семена		+
83	<i>Urtica dioica</i> L.	Urticaceae	1	семена		+
84	<i>Wolffia arrhiza</i> (L.) Horkel	Araceae	2	вегетативно	3	

К первой группе (1) отнесено 13 видов из 11 родов и 10 семейств (см. табл.). Это наиболее широко распространенные виды растений, которые хорошо приспособлены как к тропическому, так и субтропическому режимам культивирования. Они формируют устойчивые популяции (в первую очередь это относится к сорным видам) или существуют за счет самосева материнских и спонтанных растений.

Некоторые виды интенсивно размножаются вегетативно. Виды приспособлены к росту и развитию на разнообразных поверхностях и субстратах. Представители этой группы относятся к различным семействам споровых и семенных растений. Обращает на себя внимание факт высокой доли участия в этой группе споровых растений (немногим более трети). Это *Cyclosorus parasiticus*, *Cyrtomium*

falcatum, *Pteris cretica* и *Adiantum capillus-veneris*. Все они многолетники, в оранжереях активно расселяются обычно с помощью спор. Ареал *Cyclosorus parasiticus* – тропики Южной и Юго-Восточной Азии, Полинезии и остров Святой Елены. В настоящее время он распространен в тропиках на всех континентах, считается инвазионным в странах Африки, Америки и на Гавайских островах. В закрытом грунте обнаружен как в тропических, так и в субтропических оранжереях, также, как и *Cyrtomium falcatum*, *Pteris cretica*, *Adiantum capillus-veneris*, которые в природе растут в субтропических, реже тепло-умеренных областях. *Adiantum capillus-veneris* распространен повсеместно в субтропиках всего мира и считается аборигенным растением. Родина *Pteris cretica* – субтропические и тепло-умеренные области южной Европы, Малой Азии и северной Африки, однако это растение повсеместно встречается и в других субтропических, тепло-умеренных и тропических областях мира, при этом не считается инвазионным. Напротив, *Cyrtomium falcatum*, родина которого – субтропики Восточной Азии, встречается по всему свету вместе с *Pteris cretica*, *Adiantum capillus-veneris* в схожих местообитаниях – на влажных скалах, в расщелинах утесов, по берегам рек, но считается в нескольких странах инвазионным видом. Из цветковых растений наиболее широко распространены в оранжереях 9 таксонов. Это *Cymbalaria muralis*, *Oxalis corniculata*, *Oxalis corniculata* var. *atropurpurea*, *Pilea inaequalis*, *Pilea microphylla*, *Ruellia caroliniensis*, *Soleirolia soleirolii*, *Tradescantia fluminensis*, размножающиеся вегетативным способом (отводками, делением куста, черенкованием), а *Cardamine hirsuta*, *Cymbalaria muralis*, *Oxalis corniculata*, *Oxalis corniculata* L. var. *atropurpurea*, *Ruellia caroliniensis*, также и семенами.

Виды *Adiantum capillus-veneris*, *Cymbalaria muralis*, *Pilea inaequalis*, *Pilea microphylla*, *Soleirolia soleirolii* хотя и относятся к числу культивируемых, представлены практически исключительно спонтанными популяциями и специально не культивируются, по крайней мере, в большинстве отделений защищенного грунта. Спонтанно

расселяющиеся экземпляры видов рода *Pteris* также широко распространены в некоторых отделениях, где в настоящее время специально не культивируются.

Виды *Pilea inaequalis* и *Pilea microphylla* найденные в тропических и в субтропических оранжереях, являются почвопокровными растениями, легко укореняются отводками, черенками, делением корневищ, реже распространяются семенами. Растут только в обильно увлажняемых местах, в горшках и на стеллажах, изредка в трещинах камня или плитки, они не переносят продолжительного высушивания. В оранжерее образуют однородные почвопокровные куртины, а иногда встречаются вместе с *Cymbalaria muralis*. Родина *Pilea inaequalis* – тропики Вест-Индии, но она не является инвазионным видом, в отличие от *Pilea microphylla*, родина которой тропики и субтропики Америки, а в других тропических и субтропических регионах мира относится к инвазионным видам, встречаясь даже на изолированном в Тихом океане острове Питкэрн.

Среди распространяющихся оранжерейных видов кандидатом на более широкое распространение в открытом грунте в нашем регионе является *Cymbalaria muralis*, которая, «убегая» из культуры, заселяет такие же местообитания, что и в городах южной Европы. Нами в ГБС РАН *Cymbalaria muralis* найдена на внешних каменных стенках основания оранжерей (см. рис.). В таких же условиях мы наблюдали этот вид в Калининграде, в ботаническом саду университета им. И. Канта.

В Москве вид встречается в трещинах асфальтового покрытия тротуаров, растет из-под основания ступеней лестниц, около мусорных контейнеров, куда попадает из комнатной культуры. Растение отмечено на овощных грядках, куда было занесено с посадочным материалом из производственных теплиц или парников. Время существования в таких местах, как правило, невелико, до нескольких лет (главным образом по причине прямого уничтожения). Но потенциальное время существования вида в условиях открытого грунта значительно выше. Так, в селе Прямухино Тверской обл. *Cymbalaria muralis* найдена на каменном



Рис. *Cymbalaria muralis* «убегает» из оранжерей и поселяется на каменных стенах их оснований

парапете церкви, где этот вид, возможно, существует много десятков лет [15]. Одну из московских популяций мы непрерывно наблюдаем на протяжении 15 лет.

Некоторые виды из первой группы садоводы в Москве и Подмосковье культивируют в открытом грунте (*Adiantum capillus-veneris*, *Cyrtomium falcatum*, *Soleirolia soleirolii*, *Tradescantia fluminensis*), но, как правило, растения сохраняются в течение одного сезона, редко дольше.

Одним из наиболее распространенных и обильных в оранжереях видов является *Oxalis corniculata* var. *atropurpurea*, характерное сорное растение защищенного грунта. Еще А.В. Кожевников отмечал широкое распространение вида в оранжереях университетского сада [1]. До 1980-х гг. в открытом грунте в Москве это редкое, случайное растение. То есть, в тот период времени имели место единичные случаи заноса растений из оранжерей, теплиц и парников в открытый грунт. В 1990-2000-е гг. массовый завоз главным образом импортного посадочного материала декоративных растений привел к широкому распространению вида в открытом грунте [2]. В Бельгии этот вид также первоначально появился как парниковый сорняк, а в настоящее время распространился в городах в открытом грунте [3]. Интенсивный ежегодный занос обеспечивает широкое распространение вида, но продолжительность существования отдельных мест произрастания, как правило, невелика, от одного до нескольких сезонов. Пример этого вида свидетельствует, что распространение растений происходит не из научных коллекций, его обеспечивают производственные организации, в данном случае зарубежные растениеводческие предприятия.

Еще одним широко распространенным сорным видом в оранжереях ГБС РАН является *Cardamine hirsuta*. Вид появился в оранжереях ГБС РАН в конце 1980-х гг. с импортным посадочным материалом и довольно быстро распространился по всем оранжереям. Встречается главным образом в горшках культивируемых видов (иногда густо покрывает поверхность почвы в них), на стеллажах, в различных трещинах и щелях конструкций оранжерей. Мы наблюдали это растение в защищенном грунте других ботанических учреждений (производственные оранжереи ИФРА, «Аптекарский огород», ботанические сады МСХА им. К.А. Тимирязева, БИН РАН). Одновременно, с началом импорта посадочного материала декоративных растений в 1990-2000-е гг. этот вид попал и в открытый грунт [2]. Благодаря массовому характеру импорта декоративных растений *Cardamine hirsuta* быстро и широко был распространен человеком, по крайней мере, по европейской части страны. В Москве и Московской области этот вид можно встретить едва ли не в каждом садовом центре, в ботанических учреждениях, в садах, цветниках, где используется такой посадочный материал.

Таким образом, растение попало к нам одновременно и в защищенный грунт и непосредственно в открытый. В настоящее время, обмен (открытый грунт – теплица и наоборот) осуществляется в обоих направлениях, но более интенсивно, по нашему мнению, из производственных оранжерей и с импортным материалом в открытый грунт. При

этом значение экспозиционных оранжерей в этом переносе незначительно (если вообще имеется), по крайней мере, рядом с оранжереями это растение мы не наблюдали.

Во вторую группу (2) отнесены спонтанно расселяющиеся растения, часто распространенные только в тропических или только в субтропических оранжереях, уступающие по занимаемой ими площади оранжерейным растениям первой группы. Виды этой группы также обычно образуют вполне устойчивые популяции, но приспособлены они к росту и развитию не на всех поверхностях и субстратах. К этой группе отнесено 14 видов из 13 родов, относящихся к 10 семействам (см. табл.).

К этой группе относится спонтанно расселяющийся фанерофит закрытого грунта *Breynia disticha* из семейства Phyllanthaceae. В природе это небольшое деревце, растущее на тропических меланезийских островах Вануату и Новая Каледония. Наличие декоративных листьев, зеленых в тени и полутени, и белеющих в разной степени на свету, способствует его широкому применению в озеленении садов и парков по всему миру. Благодаря мелким семенам и образованию большого числа корневых отпрысков, а также повышенной выживаемости легко «убегает» в местные фитоценозы, вытесняя нередко аборигенные виды. Считается инвазионным видом во многих странах с тропическим и влажным субтропическим климатом. В оранжереях ГБС РАН самопроизвольно выросшие экземпляры этого растения время от времени находят в горшках с другими видами, или в труднодоступных частях оранжерей. Удаление этих экземпляров не представляет труда, но интересно отметить, что нередко в почве сохраняются несколько лет жизнеспособные вегетативные части и семена этого растения. Из-за этого после пересадки иного вида растения на новом месте вскоре появляются и всходы *Breynia disticha*.

Только в тропических отделениях обнаружено небольшое число экземпляров *Dorstenia contrajerva* (сем. Moraceae), которая расселяется на стеллажах и под ними, в горшках с другими видами растений. Это растение из тропиков Центральной и Южной Америки, Вест-Индии образует семена, которые разбрасываются вокруг на большие расстояния. Для их прорастания необходима повышенная влажность. Проростки лучше растут в полутени, но выживают и в тени. Растение культивируется в тропиках в садах всего мира как лекарственное растение, но не считается инвазионным видом.

Также в субтропических странах и в оранжереях нередко культивируется в декоративных и лекарственных целях *Saxifraga stolonifera*, которая также не относится к инвазионным видам. Но следует учесть, что это растение активно распространяется надземными вытянутыми боковыми побегами с удлиненными междоузлиями (столонами) и укореняется в узлах, из которых в течение одного сезона развиваются новые детки с укороченным стеблем и пышными розетками прикорневых листьев. Иногда специально выращивается в горшках как декоративная культура вместе с другими видами. Эти растения спонтанно расселяются по горшкам, стеллажам, на полу в трещинах

камней, предпочитают светлые места или полутень. Нередко *S. stolonifera* растет вместе с другими спонтанными видами, в частности, с *Soleirolia soleirolii*. В Москве в некоторых садах этот вид зимует.

Дочерними розетками, образующимися на длинных изогнутых воздушных отростках, расселяется *Chlorophytum comosum*. Это растение, происходящее из тропиков и субтропиков Южной Африки, в оранжереях разрастается под стеллажами. В Москве используется как однолетняя культура в цветниках открытого грунта.

Другое почвопокровное растение *Ficus pumila* в природе и в оранжереях предпочитает субтропический климат, но может расти и в тропических отделениях. Размножается делением куста, отпрысками и черенкованием, образует куртины на поверхности почвы, на стеллажах, реже в горшках.

Две лазающие лианы *Philodendron hederaceum* и *Epipremnum aureum* представлены в тропических оранжереях и разрастаются во влажных местах на стеллажах, под стеллажами и прикрепляются с помощью узловых воздушных корней-присосок на каменных стенах, легко размножаются черенкованием стебля.

Два вида папоротников – *Nephrolepis exaltata* и *Nephrolepis cordifolia* имеют обширный, во многом общий природный ареал в странах Южной, Юго-Восточной Азии и северной Австралии, но *N. cordifolia* является чужеродным видом в природе Новой Зеландии и США, а *Nephrolepis exaltata* считается инвазионным в Южной Африке. В субтропических и тропических отделениях Фондовой оранжереи эти виды папоротников расселяются отпрысками и делением корневищ, встречаются обычно в более светлых местах – на стеллажах, внутри других горшков. Другой папоротник *Microsorium punctatum* преимущественно размножается спорами, прорастает при минимуме почвы, в трещинах и швах каменной кладки и плитки на стеллажах, полу и на других субстратах. Если *M. punctatum* успевает вырасти во взрослое растение, то образует крупные вайи с огромным числом спор. Также, в основном спорами распространяется *Asplenium scolopendrium* в субтропических отделениях, а *Pteris longifolia* в тропических отделениях. Эти виды поселяются в щелях стен, на полу и на разрушенных стеллажах. Первый из них в условиях Москвы и Подмосковья устойчиво существует в культуре в открытом грунте.

В условиях повышенной влажности, преимущественно в тропических отделениях, на стеллажах и в полутени под ними, ближе к дорожкам, спонтанно разрастаются в куртины ползучие стебли разных видов *Selaginella* sp. (сем. Selaginellaceae). Эти растения не считаются инвазионным видом, специально высаживаются как декоративные и почвопокровные в оранжереях, но при хороших условиях быстро разрастаются, вытесняя в полутени другие почвопокровные виды. В исследовании нами было отмечено, что в оранжереях ГБС РАН виды *Selaginella* sp. не выживают в тенистых местах, несмотря на то, что в природе эти виды образуют почти однородные заросли на почве под густым пологом низинного дождевого тропического

леса. В Бельгии и Великобритании *Selaginella kraussiana* (Kunze) A. Braun относится к числу оранжерейных беглецов [10, 3]. В Москве в открытом грунте мы лишь однажды наблюдали *Selaginella* sp., растения были занесены в цветник с посадочным материалом.

К третьей группе (3) отнесены остальные спонтанно расселяющиеся растения, занимающие небольшие площади в пределах одной-двух оранжерей, многие из них представлены только в отдельных систематических коллекциях. Вероятно, некоторые из них могли быть специально посажены, а другие случайно расселились за пределы мест культивирования. Это самая большая группа, в ее составе 32 вида, т.е. более половины всех спонтанно расселяющихся оранжерейных видов. Одновременно, это самая разнообразная по числу родов (27) и семейств (21) группа (табл.). Видимо, состав этой группы, в первую очередь, определяется индивидуальными особенностями отдельных оранжерейных коллекций.

Из трех видов *Begonia* L., включенных нами в эту группу, только *B. hirtella* сорничает на ограниченной площади в пределах одной систематической коллекции бегоний, распространяясь стелющимися по земле ползучими побегами и семенами. В природе этот однолетник растет в тропиках Южной Америки, но натурализовался в тропиках Вест-Индии и во Флориде. Другие два вида бегоний – *B. olbia* и *B. subvillosa* являются многолетниками, не считаются инвазионными видами, в отделениях единично найдены за пределами горшков – под стеллажами, в трещинах камня на полу.

Родиной быстрорастущей древесной лианы *Bignonia unguis-cati* являются тропические сухие светлые леса Центральной и Южной Америки, где она легко взбирается по стволам деревьев и скалам, разрастается по крутым берегам рек с помощью усиков. Именно благодаря такому способу распространения это растение, попав в другие тропические области Земли, из садов и посадок проникает в естественные экосистемы, расселяясь вертикально и горизонтально. В оранжерее *B. unguis-cati* не проявляет агрессивности, единственный коллекционный экземпляр прикрепляется к стене и окну оранжереи с помощью «клеевых дисков», находящихся на конце усиков. Растение, разрастается, но не размножается семенами.

Исключительно в отделении тропического подроста Фондовой оранжереи ГБС РАН, где представлено большое многообразие видов растений из различных семейств, были найдены несколько спонтанно расселяющихся видов. Это *Ruellia amoena*, *Biophytum sensitivum*, *Tetranema roseum*, *Molinaria capitulata* – виды, не являющиеся инвазионными в природе, но в отдельной оранжерее могут активно расселяться семенами (*R. amoena*, *B. sensitivum*, *T. roseum*) и отпрысками (*T. roseum*, *M. capitulata*). В этом же отделении выявлено уникальное растение *Gloxinella lindeniana* (Gesneriaceae) – эндемик Эквадора, не считающееся инвазионным видом, в природе встречается вдоль берегов рек, в полутени дождевых лесов. В оранжерее не растет при посадке в горшки, но отлично разрастается по стеллажам как почвопокровное стелющееся растение,

образующее многочисленные побеги, укореняющиеся в узлах. В условиях закрытого грунта цветет только, если «убегает» на стеллажи.

В Фитотроне ГБС РАН также были найдены растения, относимые к третьей группе, изначально специально посаженные, но со временем разросшиеся на ограниченной площади и расселяющиеся с помощью диаспор. На стеллажах были отмечены виды *Rhipsalis baccifera* и *Rhipsalis cereuscula* (оба из семейства *Cactaceae*) – многолетние растения, не считающиеся инвазионными в природе, с легко отламывающимися и укореняющимися побегами.

Напротив, инвазионными растениями во многих засушливых субтропических и тропических странах считаются убегающие из садов *Bryophyllum pinnatum* и *Kalanchoe daigremontiana* (оба из сем. *Crassulaceae*), природный ареал которых – каменистые сухие местообитания юго-западного Мадагаскара. В Фитотроне они распространяются обычно с помощью листовых выводковых почек, реже – укоренением самих листьев в горшках с другими видами растений или на стеллажах.

В пяти отделениях Фондовой оранжереи ГБС РАН содержится самая крупная в России коллекция семейства орхидных, многие из которых цветут, но являясь энтомофильными растениями, не завязывают плодов. Только совсем малое число из них, благодаря особому генеративному адаптационморфозу – преобразованию структур цветка (разрастанию тканей рыльца, развитию дополнительных пыльников, опусканию или скольжению поллиниев и др.) становятся автоопыляемыми [16]. В природе это помогает таким видам выжить при отсутствии насекомых опылителей и расселиться в новых местах обитания. Есть среди автоопыляемых орхидных литофиты, виды вторичных лесных сукцессий, рудеральные виды, произрастающие по обочинам дорог и засоряющие поля, некоторые считаются инвазионными видами. В условиях закрытого грунта культивируются несколько таких автоопыляемых видов, способных образовывать полноценные семена. В Фондовой оранжерее ГБС РАН из 1100 культивируемых орхидных выявлено 14 автоопыляемых видов, из которых у четырех видов семена регулярно прорастают симбиотически в искусственно приготовленном субстрате [16]. Нами обнаружено два таких вида многолетних наземных орхидных – *Cranichis muscosa* и *Phaius tankervilleae*, их семена прорастают в горшках с другими видами орхидных.

К третьей группе мы отнесли и все спонтанно расселяющиеся виды водных растений закрытого грунта. Многие из них давно являются инвазионными растениями в дикой природе, как например, *Wolffia arrhiza*, активно размножающаяся вегетативно. В последние 10-15 лет этот вид стал встречаться в водоемах Москвы и Подмосковья с высоким обилием, нередко превышающим обилие аборигенной *Lemna minor* [17, 18]. Но наблюдаемый процесс распространения вида происходит не за счет «убегания» из оранжерей ГБС РАН. Подобная картина наблюдается и с другими водными тропическими видами – *Eichhornia crassipes* Solms и *Pistia stratiotes* L., распространяемыми

частными лицами и организациями в качестве однолетней культуры [19].

В тропиках Америки являются инвазионными два вида многолетних травянистых растений *Colocasia esculenta* и *Centella asiatica*, родина которых тропики Южной и Юго-Восточной Азии. Они распространяются во влажных заболоченных местах, вдоль канав, засоряют посевы.

Все остальные обнаруженные спонтанно расселяющиеся виды водных растений закрытого грунта не отмечены как инвазионные виды.

По способам распространения большинство водных растений в закрытом грунте активно разрастаются и размножаются черенкованием стебля (*Centella asiatica*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Ludwigia palustris*, *Bacopa caroliniana*, *Hygrophiza aristata*, *Samolus valerandi*), прикорневыми отпрысками (*Cryptocoryne wendtii*), дочерними клубнями (*Colocasia esculenta*) и семенами (*Hydrocotyle vulgaris*, *Ludwigia palustris*, *Samolus valerandi*).

Некоторые виды второй и третьей группы, хотя и отмечены лишь в одном из отделений, могут рассматриваться как возможные кандидаты на выход в открытый грунт. К ним мы относим следующие два вида. *Samolus valerandi* существует практически исключительно за счет самосева, имеет высокое обилие семян, расселяется не только в месте первоначальной культуры, но и заселяет щели и швы плит стен и пола оранжереи. Спонтанная популяция *Phyllanthus tenellus* также довольно многочисленна, существует вполне автономно, по крайней мере, более 10 лет. Характер появления не установлен, возможно, растение завезено преднамеренно с посадочным материалом других видов. В Бельгии считается оранжерейным беглецом [3].

Не все растения могут быть однозначно отнесены к видам защищенного или открытого грунта. Существуют «пограничные» виды, как уже упоминавшийся *Cardamine hirsuta*. К таким видам относится, в частности, *Acalypha australis*, о находках которой в Средней России сообщалось ранее [20]. По нашему мнению, этот вид также попадает в открытый грунт из производственных оранжерей и тепличных хозяйств. В качестве сорного растения отмечен нами в Фитотроне. В Москве изредка встречается в цветниках.

Возможно, к таким видам относится и *Euphorbia peplus* L. Долгое время вид был известен только из ботанического сада МГУ («Аптекарский огород») [1]. В 1970-1980-е гг. растение встречалось и в других московских ботанических садах, имеющих оранжереи, то есть, первоначально вид мог попасть оттуда в открытый грунт. По крайней мере, в качестве сорного растения он отмечен в оранжереях «Аптекарского огорода» и ботанического сада МСХА им. К.А. Тимирязева. В открытом грунте растения существовали локально, главным образом поблизости от оранжерей. В 1990-2000-е гг., благодаря массовому характеру импорта декоративных растений, этот вид, как и ряд перечисленных выше получил широкое распространение в городе [2]. Нельзя исключить, что и некоторые другие виды первоначально появились у нас в качестве сорняков теплиц и парников, например, прежде редкий

Amaranthus lividus L. или такое широко распространенное адвентивное растение как *Galinsoga ciliata*.

Заключение

В оранжереях ГБС РАН обнаружено 84 вида активно разрастающихся и распространяющихся растений, относящихся к 66 родам из 40 семейств. Из них 24 таксона попали из открытого грунта, а 60 таксонов встречаются в защищенном грунте. Последние спонтанно расселяются за счет самосева или вегетативно. В составе спонтанно расселяющихся оранжерейных видов представлены как коллекционные по происхождению растения, так и виды непреднамеренно (случайно) завезенные, в том числе оранжерейные сорняки. В составе спонтанно расселяющихся оранжерейных видов травянистые многолетние растения (53 вида) значительно преобладают над однолетниками (1 вид) и древесными (6 видов) – кустарниками (2 вида) и лианами (4 вида).

Спонтанно расселяющиеся растения занимают широкий спектр местообитаний – горшки с другими культивируемыми видами, стеллажное и подстеллажное пространство, основания откосов окон и подоконное пространство, швы каменной кладки стен и облицовочных плит, щели в бетонном полу, а также основной насыпной грунт. Расселение происходит как за счет репродукции собственно коллекционных растений, так и уже сформировавшихся спонтанных популяций. Ширина распространения и обилие спонтанно расселяющихся видов зависит от санитарного состояния оранжерей, степени ухода за коллекционными растениями, режима функционирования оранжерейного комплекса.

Среди спонтанно расселяющихся оранжерейных видов немногим менее половины размножаются семенами и спорами, т.е. самосевом (см. табл.). Папоротники благодаря своим легким спорам распространяются практически по всему объему оранжерей, заселяют трещины в полу, стеллажи, каменные стены (на разных высотах). Растения с мелкими, легкими семенами также довольно легко рассеиваются в оранжереях при поливе, опрыскивании, пересадке и других работах. Вероятно, семена могут переноситься также на обуви и одежде сотрудников и посетителей оранжерей. Некоторые виды имеют приспособления для разбрасывания семян (*Dorstenia contrayerva*, *Oxalis corniculata*). Вегетативное размножение является дополнительным способом распространения таких видов или основным для второй половины спонтанно расселяющихся растений. Вегетативно размножающиеся растения расселяются достаточно успешно. Среди них наиболее широко распространены виды, имеющие надземные столоны и усы, выводковые почки, а также ползающие, с легко укореняющимися побегами и длиннокорневищные.

Спонтанно расселяющиеся оранжерейные виды демонстрируют устойчивую тенденцию к выходу в открытый грунт. Предварительные данные свидетельствуют о сходстве их состава в разных ботанических садах и сходстве состава оранжерейных беглецов. Так, в Бельгии и

Великобритании ряд видов из нашего списка отнесен к оранжерейным беглецам, это *Adiantum capillus-veneris*, *Cyrtomium falcatum*, *Ficus pumila*, *Phyllanthus tenellus*, *Pilea microphylla*, *Pteris cretica*, *Soleirolia soleiroliae*, *Tradescantia fluminensis* [10, 3]. Таким образом, можно говорить, что перечисленные виды в широком культигенном ареале имеют сходный характер поведения. Они распространяются внутри оранжерей, имеют потенции для выхода за их пределы. Важная закономерность – в защищенном и открытом грунте виды занимают сходные местообитания: *Cymbalaria muralis*, *Pteris cretica* встречаются в основаниях зданий и каменных стен; *Adiantum capillus-veneris* поселяется в каменной кладке в условиях повышенной влажности (арки, ниши, фонтаны и т.п.); *Soleirolia soleiroliae* образует густые куртины в теневых и более влажных участках ботанических и частных садов.

Разнообразие обнаруженных спонтанно расселяющихся растений мало зависит от размеров оранжерей. В первую очередь, это связано с качеством ухода за растениями, температурно-влажностными параметрами культивирования, особенностями содержания отдельных коллекций, наличием стеллажей для дополнительного размещения растений. Мероприятия по механическому и химическому удалению спонтанно расселяющихся растений эффективны, если они регулярны и целесообразны.

Основной вклад в распространение растений из защищенного грунта в открытый грунт вносят производственные растениеводческие теплицы и парники, занимающиеся массовым размножением и продажей растений. Также, имеет место прямое, намеренное внедрение видов в открытый грунт. Значение экспозиционных оранжерей как непосредственных источников заноса в открытый грунт не столь велико.

По результатам исследования не было обнаружено, что спонтанно расселяющиеся растения являются первоисточниками разрушения конструкций оранжерей. Для оценки их воздействия на конструкции оранжерей и теплиц требуется специальное исследование. Широко известно о пагубном влиянии ряда микроорганизмов (прежде всего, грибов и бактерий) на все части теплиц – металлические элементы, деревянные покрытия, стыки, бетонные полы и окна. Тем не менее, пока нет достоверной информации о выделении растениями каких-нибудь веществ, которые инициировали процессы разрушения материалов. Как правило, диаспоры растений начинают развиваться, попав в имеющиеся трещины, щели, надломы материалов. И тогда они причиняют больший механический вред конструкциям – способны вызвать расширение и углубление деструкций, вплоть до полного уничтожения материалов со временем (вместе с микроорганизмами).

Необходима организация широкого мониторинга за появлением новых расселяющихся оранжерейных видов с целью предотвращения распространения растений за пределы закрытого грунта.

*Работа выполнена в рамках госзадания ГБС РАН
«Инвазионные растения России: инвентаризация,*

биоморфологические особенности и эффективные методы контроля расселения» (№19-119080590035-9) на базе УНУ «Фондовая оранжерея»

Список литературы

1. Кожевников А.В. Сорная и адвентивная флора Московского ботанического сада // Бюл. МОИП, отд. биол. 1935. №4. С. 193–203.
2. Швецов А.Н. Дикорастущая флора города Москвы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2008. 23 с.
3. Verloove F. Catalogue of neophytes in Belgium (1800–2005). Scripta Botanica Belgica, 2006. Vol. 39. 89 p.
4. Wiśniewski J., Asprou V. Chwasty w uprawach szklarniowych m. Łodzi // Zesz. Nauk. Uniw. Łódzki., 1974. ser. II, 54: 47–57.
5. Galera H., Ratynska H. Greenhouse weeds in the botanical garden of PAS in Warsaw–Powsin // Acta Societatis botanicorum poloniae. 1999. Vol. 68, №3. P. 227–236.
6. Ignatov M.S., Ozerova L.V. Mosses in greenhouse of Tsitsin' Main Botanical Garden in Moscow // Arctoa. 2012. Vol. 21. P. 169–172.
7. Коломейцева Г.Л., Цавкелова Е.А., Колобов Е.С. Динамические сообщества оранжерейных биоценозов в экспозициях тропических и субтропических растений // Научный журнал Куб ГАУ. 2013а. №87(03). С. 716–727. <http://ej.kubagro.ru/2013/03/pdf/55.pdf>
8. Золотарев П.П. Флора теплиц, оранжерей, садов и огородов. М.: Типография Э. Лисснера и Ю. Романа, 1894. 831 с.
9. Коломейцева Г.Л., Цавкелова Е.А., Колобов Е.С. Оранжерейные биоценозы в экспозициях тропических и субтропических растений // Вестн. Тверского гос. университета. Серия: Биология и экология. 2013б. №31. С. 133–142.
10. Clement, E.J. & Foster, M.C. Alien Plants of the British Isles. Botanical Society of the British Isles, London, 1994. 590 p.
11. The Plant List. A working list of all plant species // Information project of Royal Botanic Gardens (Kew) and Missouri Botanical Garden, 2013. URL: <http://www.theplantlist.org> (Accessed 15 October 2020)
12. The International Plant Name Index // Information project of Royal Botanic Gardens (Kew), Harvard University Herbaria, Australian National Botanic Gardens, 2020. URL: <http://www.ipni.org> (Accessed 15 October 2020)
13. GRIN Taxonomy for Plants // U.S. National Plant Germplasm System, 2020. URL: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomybrowse.aspx> (Accessed 15 October 2020)
14. Global Invasive Species Database // Information project of Invasive Species Specialist Group (ISSG), 2020. URL: <http://www.iucngisd.org> (Accessed 15 October 2020)
15. Полякова Г.А., Швецов А.Н. Особенности флоры Тверских усадебных парков // Русская Усадьба. Сб. об-ва изучения русской усадьбы. М.: Жираф, 2001. Вып. 7 (23). С. 108–121.

16. Коломейцева Г.Л., Антипина В.А., Бабоша А.В., Рябенко А.С. Генеративное размножение автоопыляемых оранжерейных орхидных // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2014. №3(3). С. 43–48.

17. Завадский А.С., Зайцев А.С., Мосалов А.А., Сурков В.В., Швецов А.Н. Опыт комплексной природной инвентаризации особо охраняемой природной территории (на примере Строгинской поймы г. Москвы) // Бюл. Гл. ботан. сада. 2008. Вып. 194. С. 110–140.

18. Швецов А.Н. Адвентивная флора большого города (на примере Москвы) // Адвентивная и синантропная флора России и стран ближнего зарубежья: состояние и перспективы: Материалы III междунар. научн. конф. (Ижевск, 19–22 сентября 2006 г.). Ижевск, 2006. С.116–117.

19. Шанцер И.А., Швецов А.Н., Иванов М.В. О расселении *Eichhornia crassipes* и *Pistia stratiotes* в водоемах Москвы и Московской области // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2003. Т.108, вып. 5. С. 85–88.

20. Александрова К.И., Маевский В.В., Швецов А.Н., Шереметьева И.С. *Acalypha australis* L. в средней полосе Европейской части СССР // Биол. науки. 1989. № 8. С. 61–62.

References

1. Kozhevnikov A.V. Sornaya i adventivnaya flora Moskovskogo botanicheskogo sada [Weed and adventive flora of the Moscow Botanical garden] // Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody Otdel Biologicheskii [Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series]. 1935. №4. P. 193–203. (in Russ.)
2. Shvetsov A.N. Dikorastushchaya flora goroda Moskvy [Native flora of the city of Moscow]. Diss... kand. biol. nauk [Ph.D. dis of biol. sci.]. Moscow, 2008. 23p. (in Russ.)
3. Verloove F. Catalogue of neophytes in Belgium (1800–2005). Scripta Botanica Belgica, 2006. Vol. 39. 89 p.
4. Wiśniewski J., Asprou V. Chwasty w uprawach szklarniowych m. Łodzi [Weeds in greenhouse crops in Łódź] // Zesz. Nauk. Uniw. Łódzki. 1974. Ser. II. Vol. 54. P. 47–57. (in Pol.)
5. Galera H., Ratynska H. Greenhouse weeds in the botanical garden of PAS in Warsaw–Powsin // Acta Societatis botanicorum poloniae. 1999. Vol. 68, №3. P. 227–236.
6. Ignatov M.S., Ozerova L.V. Mosses in greenhouse of Tsitsin' Main Botanical Garden in Moscow // Arctoa. 2012. Vol. 21. P. 169–172.
7. Kolomeitseva G.L., Tsavkelova E.A., Kolobov E.S. Dinamicheskie soobshchestva oranzhereinykh biotsenozov v ekspozitsiyakh tropicheskikh i subtropicheskikh rastenii [Dynamic communities of greenhouse biocenoses in expositions of tropical and subtropical plants] // Nauchnyy zhurnal Kubanskogo Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Scientific journal of the Kuban State Agrarian University]. 2013a. Vol.87 (03). P. 716–727. <http://ej.kubagro.ru/2013/03/pdf/55.pdf> (in Russ.)
8. Zolotarev P.P. Flora teplits, oranzherei, sadov i ogorodov [Flora of greenhouses, gardens and farms]. M.: Tipografiya E. Lissnera i Yu. Romana, 1894. 831 p. (in Russ.)

9. Kolomeitseva G.L., Tsavkelova E.A., Kolobov E.S. Oranzherejnye biotsenozy v ehkspozitsiyakh tropicheskikh i subtropicheskikh rastenij [Greenhouse biocenoses in expositions of tropical and subtropical plants] // Vestnik Tver. Gos. un-ta. Ser. «Biologiya i ekologiya» [Bulletin of Tver State University. Series: Biology and Ecology]. 2013. Vol. 31. № 23. P. 133–142. (in Russ.)

10. Clement, E.J. & Foster, M.C. Alien Plants of the British Isles. Botanical Society of the British Isles, London. 1994. 590 p.

11. The Plant List. A working list of all plant species. Information project of Royal Botanic Gardens (Kew) and Missouri Botanical Garden, 2013. URL: <http://www.theplantlist.org> (Accessed 15 October 2020)

12. The International Plant Name Index. Information project of Royal Botanic Gardens (Kew), Harvard University Herbaria, Australian National Botanic Gardens, 2020. URL: <http://www.ipni.org> (Accessed 15 October 2020)

13. GRIN Taxonomy for Plants. U.S. National Plant Germplasm System, 2020. URL: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomybrowse.aspx> (Accessed 15 October 2020)

14. Global Invasive Species Database. Information project of Invasive Species Specialist Group (ISSG), 2020. URL: <http://www.iucngisd.org> (Accessed 15 October 2020)

15. Polyakova G.A., Shvetsov A.N. Osobennosti flory Tverskikh usadebnykh parkov [Features of the flora of the Tver manor parks] // Russkaya Usad'ba. Sbornik obshchestva izucheniya russkoi usad'by [Russian estate. Collection of the Society for the Study of the Russian Estate]. M.: Zhiraf [Moscow: «Giraffe»]. 2001. Vol. 7 (23). P. 108–121 (in Russ.)

16. Kolomeitseva G.L., Antipina V.A., Babosha A.V., Ryabchenko A.S. Generativnoe razmnozhenie avtoopylyemykh oranzhereinykh orkhidnykh [Generative propagation of

auto-pollinated hothouse orchids] // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo [Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod]. 2014, №3-3. P. 43–48. (in Russ.)

17. Zavadsky A.S., Zaitsev A.S., Mosalov A.A., Surkov V.V., Shvetsov A.N. Opyt kompleksnoi prirodnoi inventarizatsii osobo okhranyaemoi prirodnoi territorii (na primere Stroginskoi poimy g. Moskvy) [Experience of complex natural inventory of specially protected natural territory (on the example of the Stroginsky plain, Moscow)] // Byulleten' glavnogo botanicheskogo sada [Bulletin of the Main Botanical Garden]. 2008. Vol 194. P. 110–140.

18. Shvetsov A.N. Adventivnaya flora bol'shogo goroda (na primere Moskvy) [Adventive flora of a big city (on the example of Moscow)] // Adventivnaya i sinantropnaya flora Rossii i stran blizhnego zarubezh'ya: sostoyanie i perspektivy: Materialy III mezhdunar. nauchn. konf. [Adventure and synanthropic flora of Russia and neighboring countries: state and prospects: Proceedings III Intern. sci. conf.]. Izhevsk, 2006. P. 116–117.

19. Schanzer I.A., Shvetsov A.N., Ivanov M.V. O rasselenii Eichhornia crassipes i Pistia stratiotes v vodoemakh Moskvy i Moskovskoi oblasti [On the settlement of Eichhornia crassipes and Pistia stratiotes in ponds of Moscow and the Moscow region] // Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody Otdel Biologicheskii [Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series]. Vol.108. №5. P. 85–88. (in Russ.)

20. Aleksandrova K.I., Maevskii V.V., Shvetsov A.N., Sheremet'eva I.S. Acalypha australis L. v srednei polose Evropeiskoi chasti SSSR [Acalypha australis L. in the middle zone of the European part of the USSR] // Biol. nauki [Biological Sciences]. 1989. № 8. P. 61–62. (in Russ.)

Информация об авторах

Золкин Сергей Юрьевич, канд. биол. наук, ст.н.с.

E-mail: szolkin@mail.ru

Швецов Александр Николаевич, канд. биол. наук, зам. директора

E-mail: floramoscw@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН

127276, Российская Федерация, Москва, ул. Ботаническая, 4

Information about the authors

Zolkin Sergey Yurievich, Cand. Sci. Biol., Senior Researcher

E-mail: szolkin@mail.ru

Shvetsov Alexander Nikolaevich, Cand. Sci. Biol., Deputy Director

E-mail: floramoscw@mail.ru

Federal State Budgetary Institution for Science Main Botanical Garden named after N.V.Tsitsin Russian Academy of Sciences

127276, Russian Federation, Moscow, Botanicheskaya Str., 4

Е.А. Синичкин

н.с.

E-mail: sea_prisur@mail.ru

Чебоксарский филиал ФГБУН Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН

Редкие и исчезающие виды лишайников, рекомендуемые в Красную Книгу Чувашской Республики

На основе современных полевых исследований и анализа данных литературы составлен список редких и исчезающих видов лишайников Чувашской Республики. Аннотированный перечень видов лишайников, рекомендуемых к включению в новое издание Красной книги Чувашской Республики, включает 30 представителей лишайнофлоры, принадлежащих к 10 семействам, 5 порядкам, 2 классам. К категории 0 (по-видимому, исчезнувшие виды) отнесены 2 вида лишайника (*Cladonia amaurocraea*, *Parmelina quercina*), к категории I (виды, находящиеся под угрозой исчезновения) отнесен *Imadophila ericetorum*, к категории II (уязвимые виды) – *Lobaria pulmonaria*, *Cetraria ericetorum*. К редким малочисленным видам (категория III) относятся 18 видов лишайников: *Arthonia cinereopruinosa*, *Bryoria nadvomikiana*, *Cetrelia olivetorum*, *Cresponea chloroconia*, *Evermia divaricata*, *Heterodermia speciosa*, *Leptogium cyanescens*, *L. saturninum*, *Nephroma parile*, *Ramalina obtusata*, *R. sinensis*, *R. thrausta*, *Scytinium subtile*, *S. teretiusculum*, *Usnea dasopoga*, *U. lapponica*, *U. subfloridana*, *U. florida*. К категории IV (виды с неопределённым статусом) отнесены 7 видов – *Cladonia bellidiflora*, *Cl. caespiticia*, *Bryoria fuscescens*, *Flavopunctelia soledica*, *Hypotrachyna revoluta*, *Pleurosticta acetabulum*, *Ramalina roesleri*.

Ключевые слова: лишайники, лишайнофлора, редкие виды, исчезающие виды, Красная книга, Чувашская Республика.

E.A. Sinichkin

researcher

E-mail: sea_prisur@mail.ru

Cheboksary Branch of FSBIS Tsitsin Main Botanical Garden RAS

Rare and endangered species of lichens, recommended in the Red Book of the Chuvash Republic

A list of rare and endangered species of lichens of the Chuvash Republic was compiled on the basis of modern field studies and analysis of literature data. The annotated list of lichen species recommended for inclusion in the new edition of the Red Book of the Chuvash Republic includes 30 representatives of lichen flora belonging to 10 families, 5 orders, 2 classes. Category 0 (apparently extinct species) includes 2 species of lichen (*Cladonia amaurocraea*, *Parmelina quercina*), category I (endangered species) includes *Imadophila ericetorum*, category II (vulnerable species) – *Lobaria pulmonaria*, *Cetraria ericetorum*. Rarely small species (category III) include 18 species of lichens: *Arthonia cinereopruinosa*, *Bryoria nadvomikiana*, *Cetrelia olivetorum*, *Cresponea chloroconia*, *Evermia divaricata*, *Heterodermia speciosa*, *Leptogium cyanescens*, *L. saturninum*, *Nephroma parile*, *Ramalina obtusata*, *R. sinensis*, *R. thrausta*, *Scytinium subtile*, *S. teretiusculum*, *Usnea dasopoga*, *U. lapponica*, *U. subfloridana*, *U. florida*. Category IV (species with uncertain status) includes 7 species – *Cladonia bellidiflora*, *Cl. caespiticia*, *Bryoria fuscescens*, *Flavopunctelia soledica*, *Hypotrachyna revoluta*, *Pleurosticta acetabulum*, *Ramalina roesleri*.

Keywords: lichens, the lichen flora, rare species, threatened species, Red book, Chuvash Republic.

DOI: 10.25791/BBGRAN.04.2020.1070

Красная книга Чувашской Республики по растениям и грибам была издана в 2001 году [1]. Однако в это издание не были включены мхи и лишайники из-за недостаточной изученности данных групп растений. В 2020-2021 гг. в Чувашской Республике планируется новое издание Красной книги.

Лишениологические исследования в Чувашской Республике проводились С.И. Коржинским [2,3], М.В. Шустовым [4-6], Н.В. Налимовой [7], Л.П. Петровой [8]. Начиная с 2010 года, нами обследованы все флористические районы Чувашской Республики [9-16]. В результате современных полевых исследований и анализа данных литературы выявлено 329 видов лишайников.

По итогам проделанной работы составлен список редких и находящихся под угрозой исчезновения лишайников, который мы предлагаем в данной статье.

Согласно положению о Красной книге Чувашской Республики, при выделении редких и исчезающих объектов живой природы следует учитывать такие критерии, как их численность, размеры и целостность ареала, тенденции изменения этих параметров за исторически обозримый период времени, а также реликтовость и эндемичность [17].

При описании статуса объектов живой природы в Красной книге Чувашской Республики выделяют следующие категории:

0 – по-видимому, исчезнувшие виды (подвиды, популяции);

I – виды (и подвиды, популяции), находящиеся под угрозой исчезновения: таксоны, сохранение которых маловероятно, если факторы, вызвавшие сокращение их численности, будут продолжать действовать. К этой категории

относятся таксоны, численность особей которых уменьшилась до критического уровня, или число местонахождений которых сильно сократилось;

II – уязвимые виды (подвиды, популяции): таксоны, которым, по-видимому, в ближайшем будущем грозит перемещение в категорию находящихся под угрозой исчезновения, если факторы, вызвавшие сокращение их численности или площадей (для почв), будут продолжать действовать. К этой категории относятся таксоны, у которых численность особей всех или большей части популяций уменьшается вследствие чрезмерного использования, значительных нарушений местообитаний или других изменений среды;

III – редкие виды (подвиды, популяции), представленные небольшими популяциями, которые в настоящее время не находятся под угрозой исчезновения и не являются уязвимыми, но рискуют оказаться таковыми. Эти таксоны обычно распространены на ограниченной территории или имеют узкую экологическую амплитуду, либо рассеяно распространены на значительной территории;

IV – виды (подвиды, популяции) с неопределенным статусом: таксоны, которые, очевидно, относятся к одной из предыдущих категорий, но достаточных сведений об их состоянии в настоящее время нет;

V – восстановленные, восстанавливающиеся, возобновившиеся виды (подвиды, популяции).

Ниже представлен аннотированный список лишайников, рекомендуемых в новое издание Красной книги Чувашской Республики, где указывается краткое обоснование для включения в Красную книгу, предлагаемый статус категории, встречаемость в соседних регионах, лимитирующие факторы и необходимые меры охраны этих видов.

Названия таксонов приведены в соответствии с современными таксономическими данными [18, 19].

***Arthonia cinereopruinosa* Schaer. (Артония пепельноприсыпанная).** Категория III – редкий малочисленный вид. Обитатель коры хвойных деревьев (ели, пихты) мало нарушенных лесов. В Чувашии выявлено одно местонахождение в окрестностях озера Светлое на территории государственного природного заказника «Заволжский» [10, 13, 15]. Всего обнаружено три таллома. В соседних регионах известен в Нижегородской области [20], республиках Татарстан [21] и Марий Эл [22]. **Лимитирующие факторы.** Строгая приуроченность к определенным экологическим условиям и субстрату. Уменьшение площадей старовозрастных хвойных лесов в результате рубок. **Необходимые меры охраны:** контроль за состоянием популяций и поиск новых местонахождений.

***Bryoria fuscescens* (Gyelnik) Brodo et D. Hawksw. (Бриория буроватая).** Категория IV – вид с неопределенным статусом. Находится вблизи южной границы распространения в Средней России. Известно два местонахождения: в Шемуршинском районе по литературным данным [6], в Батыревском районе обнаружен один таллом на коре березы бородавчатой [12]. Известен на территории республики Татарстан и Марий Эл [23, 24]. Как редкий вид занесен в Красные книги Республики Мордовия (категория

3) [25], Ульяновской области (категория 2А) [26], Нижегородской области (категория Б) [27]. **Лимитирующие факторы.** Сокращение площадей хвойно-широколиственных лесов и усиленная рекреационная нагрузка на местообитания. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местообитаний, мониторинг состояния популяций.

***Bryoria nadvornikiana* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw. (Бриория Надворника).** Категория III – редкий малочисленный вид. Является индикатором старовозрастных, ненарушенных и мало нарушенных лесов. Выявлены три местонахождения с небольшим количеством талломов: на территории государственного природного заказника «Заволжский» [13, 15], национального парка «Чаваш вармане» [11, 16]. Встречается в Республике Марий Эл [24], как редкий вид занесен в Красную книгу Республики Татарстан (категория 3) [28], в список редких и уязвимых видов растений и грибов Республики Мордовия [25]. **Лимитирующие факторы.** Произрастание на границе ареала, изменение режима увлажнения и освещения. Сокращение площадей хвойно-широколиственных лесов и их ограниченное распространение. Усиленная рекреационная нагрузка на местообитания. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местообитаний, мониторинг за состоянием популяций.

***Cetraria ericetorum* Opiz (Цетрария вересковая).** Категория II – уязвимый вид, сокращающийся в численности (рис. 1). Древний ледниковый реликт на южной границе ареала. В Чувашии обнаружен в 90-х годах XX в. в Алатырском районе [6], в том числе на территории государственного природного заповедника «Присурский» [10, 11, 16], где численность вида мала – около 50 талломов. Отмечен на территории Нижегородской области [29], Республики Марий Эл [24]. Вид занесен в Красную книгу Республики Мордовия (категория 3) [25]. **Лимитирующие факторы.** Сокращение площадей старовозрастных хвойных и хвойно-широколиственных лесов, лесные пожары, вырубка. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местообитаний.

***Cetrelia olivetorum* (Nyl.) W. Culb. et C. Culb. (Цетрелия оливковая).** Категория III – редкий малочисленный вид (рис. 2). Является редким малочисленным видом и индикатором старовозрастных, мало нарушенных, хвойно-широколиственных лесов. В Чувашской Республике произрастает в Ибресинском, Алатырском, Шемуршинском районах [10, 16]. В 4 выявленных местообитаниях численность вида небольшая и стабильная. Как редкий вид занесен в Красные книги Республики Мордовия (категория 3) [25], Республики Татарстан (категория 2) [28], Республики Марий Эл (категория 5) [30], Нижегородской области (категория 2б) [27]. **Лимитирующие факторы.** Сокращение площадей старовозрастных лесов из-за рубок в долинных широколиственных и хвойно-широколиственных лесах. **Необходимые меры охраны:** создание памятника природы регионального значения «Пойма реки Бездна»; соблюдение режима охраны ООПТ, на которой встречается вид; контроль за состоянием популяций; поиск новых местонахождений вида.

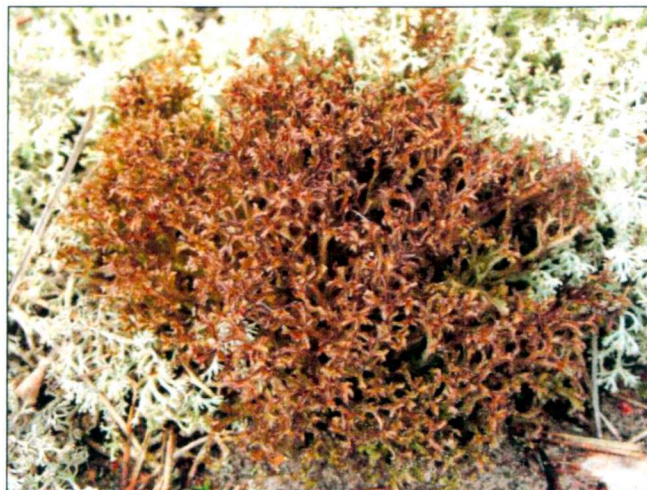


Рис. 1. *Cetraria ericetorum* на почве

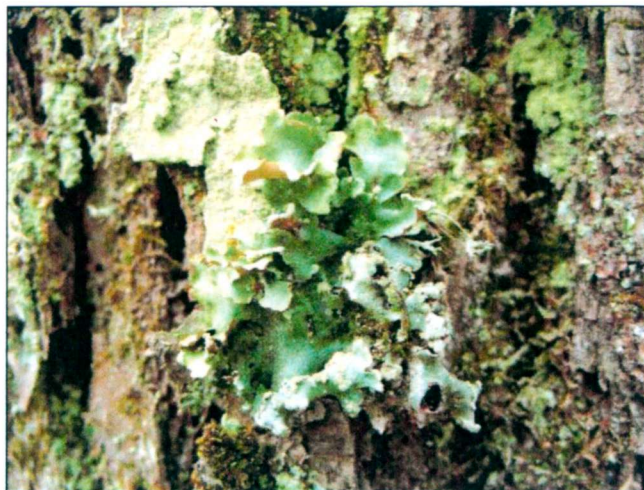


Рис. 2. *Cetraria olivetorum* на коре липы

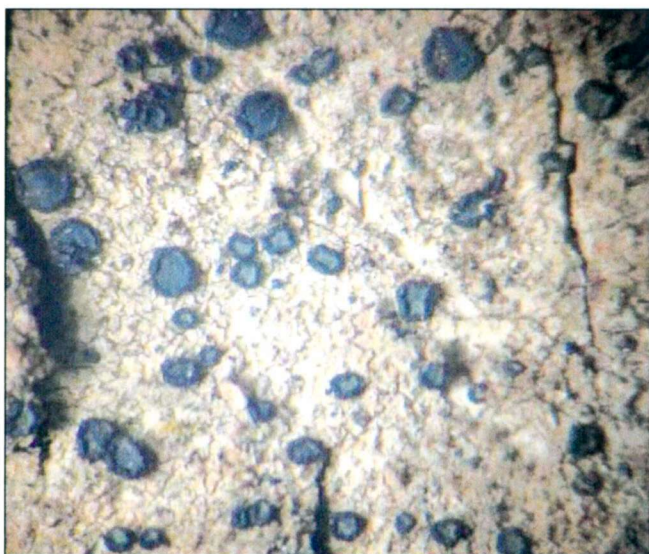


Рис. 3. *Cresponea chloroconia* на коре липы

***Cladonia amaurocraea* (Flörke) Schaer. (Кладония стройная).** Категория 0 – по-видимому, исчезнувший вид. Таежно-тундровый вид за пределами своего ареала. Обитатель старовозрастных лишайниковых сосняков, слабо представленных на территории Чувашской Республики. На территории Чувашии найден в начале XX в. в Шемуршинском районе на реке Карла в сосново-еловом лесу [3, 6]. Зарегистрирован в Республике Татарстан [28]. **Лимитирующие факторы.** Изменение климата, уменьшение площадей старовозрастных хвойных лесов в результате рубок, пожаров. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местообитаний.

***Cladonia bellidiflora* (Ach.) Schaer. (Кладония маргариткоцветковая).** Категория IV – вид с неопределенным статусом. Редкий ледниковый реликт южнее основного ареала. В Чувашской Республике находится около южной границы распространения в Средней России.



Рис. 4. *Evermia divaricata*

Вид обнаружен в Шемуршинском районе на почве среди мхов в сосново-еловом лесу черничнике и известен только по литературным данным [4, 5]. **Лимитирующие факторы.** Уменьшение площадей старовозрастных хвойных лесов в результате рубок, вытаптывания, пожаров. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местообитаний.

Cladonia caespiticia (Pers.) Flörke (Кладония дернистая). Категория IV – вид с неопределенным статусом. Редкий малоизученный вид. Известно одно местонахождение по литературным данным в Шемуршинском районе у основания стволов сосны обыкновенной в сосново-еловых лесах [4, 5]. Встречается на территории Ульяновской области и занесен в Красную книгу [26]. **Лимитирующие факторы.** Уменьшение площадей старовозрастных хвойных лесов в результате рубок. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местообитаний.

Cresponea chloroconia (Tuck.) Egea et Torrente (Креспонея зеленоконусная). Категория III – редкий вид (рис. 3). Обитатель старовозрастных широколиственных лесов. В Чувашской Республике встречается на стволах старых лип в окрестностях г. Чебоксары, в Алатырском районе на территории ГПЗ «Присурский» и Шемуршинском районе в национальном парке «Чаваш вармане» [14, 16]. Численность вида в известных местообитаниях минимальная – 1–10 талломов. Отмечен в Республике Марий Эл [24], как редкий занесен в Красные книги Республики Татарстан (категория 2) [28], в список редких и уязвимых видов растений и грибов Республики Мордовия, 2017 [25]. **Лимитирующие факторы.** Приуроченность к определенным экологическим условиям; вырубка старовозрастных широколиственных лесов. **Необходимые меры охраны:** запрет всех видов рубок в местах обитания; контроль за состоянием популяций и поиск новых местонахождений.

Evernia divaricata (L.) Ach. (Эверния растопыренная). Категория III – редкий малочисленный вид (рис. 4). Произрастает на южной границе равнинной части ареала. Известно единственное местонахождение в Шемуршинском районе на территории национального парка «Чаваш вармане» [11, 16] с небольшим количеством талломов. В соседних регионах известен с территории Республики Марий Эл [24], как редкий вид занесен в Красные книги Республики Мордовия (категория 3) и Нижегородской области (категория B3) [25, 27]. **Лимитирующие факторы.** Сокращение площадей хвойно-широколиственных лесов и их ограниченное распространение. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местообитаний, мониторинг за состоянием популяций.

Flavopunctelia soredica (Nyl.) Hale. (Флавпунктелия соредиевая). Категория IV – вид с неопределенным статусом. В европейской части России находится на северо-западной границе ареала. На территории Чувашии известен по литературным данным в Ибресинском районе, обнаружен на коре деревьев лиственных и хвойных пород в лиственных и смешанных лесах [4, 5]. Отмечен в сопредельных регионах: в Ульяновской области и Республике Татарстан [4, 5, 31]. **Лимитирующие факторы.** Произрастание на границе ареала. Уничтожение местообитаний. Вырубка лесов. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местообитаний.

Heterodermia speciosa (Wulfen in Jacq.) Trevis. (Гетеродермия видная). Категория III – редкий малочисленный вид. Встречается близ южной границы распространения в Средней России. На северо-западе России относится

к числу специализированных видов, строго приуроченных к старовозрастным лиственным и смешанным лесам [32]. В Чувашии выявлены два местонахождения в широколиственных и хвойно-широколиственных пойменных лесах в Алатырском районе в окрестностях д. Новиковка и в Шемуршинском районе на территории национального парка «Чаваш вармане» [10, 11, 16]. Численность в известных популяциях невысокая от 5–10 до 50 особей. Вид занесен в Красные книги Республики Марий Эл (категория 5) [30], Нижегородской области (категория 2Б) [27], Республики Мордовия (категория 3) [25], Республики Татарстан (категория 2) [28]. **Лимитирующие факторы.** Сокращение площадей старовозрастных и приспевающих древостоев в связи с рубками в долинных лесах. Высокая требовательность к экологическим условиям. **Необходимые меры охраны:** образование ООПТ «Пойменные леса реки Бездна» в Алатырском районе; запрет всех видов рубок в местах произрастания, поиск новых местообитаний и мониторинг за состоянием популяций.

Hypotrachyna revoluta (Flörke) Hale (Гипотрахина отогнутая). Категория IV – вид с неопределенным статусом. Редкий малоизученный вид, локально встречающийся в центре Европейской части России. На северо-западе России – специализированный вид, строго приуроченный к старым паркам и старовозрастным широколиственным и смешанным лесам, где обитает в условиях повышенного затенения и влажности воздуха [32]. В Чувашской Республике известен только по литературным данным в Ибресинском районе, обнаружен на коре деревьев лиственных пород в лиственных лесах [4, 5]. Зарегистрирован на территориях Ульяновской области и Республики Татарстан [4, 5, 23]. **Лимитирующие факторы.** Сокращение площадей старовозрастных широколиственных лесов и их ограниченное распространение. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местообитаний.

Icmadophila ericetorum (L.) Zahlbr. (Икмадофила пустошная). Категория I – вид, находящийся под угрозой исчезновения. Ледниковый реликт за пределами южной границы ареала. Единственное местонахождение известно только по литературным данным 90-х годов XX в., обнаружен на мхах и мертвой древесине в хвойных лесах [4–6]. В соседних регионах данный вид не обнаружен. **Лимитирующие факторы.** Уменьшение площадей старовозрастных хвойных лесов в результате рубок. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местообитаний.

Leptogium cyanescens (Rabenh.) Körb. (Лептогиум голубовато-серый). Категория III – редкий малочисленный вид. Индикатор влажных, старовозрастных смешанных, широколиственных лесов [32]. В Чувашской Республике находится близ южной границы распространения в Средней России. Обнаружен в Алатырском и Шемуршинском районах [10, 11, 16]. Численность стабильная во всех местообитаниях от 10 до 100 талломов. Отмечен в Республике Марий Эл [24]. Как редкий вид занесен в Красную книгу Республики Мордовия (категория 3) [28]. **Лимитирующие факторы.** Строгая приуроченность к определенным экологическим условиям и субстрату. Вырубка

пойменных старовозрастных широколиственных лесов. **Необходимые меры охраны:** создание памятника природы «Пойма реки Бездна»; запрет всех видов рубок в местах обитания вида; контроль за состоянием популяций и поиск новых местонахождений.

Leptogium saturninum (Dicks.) Nyl. (Лептогиум насыщенный, или свинцовый). Категория III – редкий малочисленный вид. Индикатор старовозрастных, ненарушенных и мало нарушенных лесов [32]. Известно одно местонахождение на территории национального парка «Чаваш Вармане» [16]. Численность в единственном, выявленном в Шемуршинском районе местообитании, минимальная – менее 20 талломов. Отмечен в Республике Марий Эл [24]. **Лимитирующие факторы.** Чувствительность к загрязнению воздуха. Строгая приуроченность к определенным экологическим условиям и субстрату. Вырубка пойменных старовозрастных широколиственных лесов. **Необходимые меры охраны:** запрет всех видов рубок в местах обитания; контроль за состоянием популяций и поиск новых местонахождений.

Lobaria pulmonaria (L.) Hoffm. (Лобария легочная). Категория II – уязвимый вид с сокращающейся численностью вследствие значительных нарушений местообитаний или других изменений среды. В европейской части России находится на южной границе равнинной части ареала. Индикатор мало нарушенных территорий. Впервые обнаружен в 1946 году близ г. Алатыря в елово-липовом лесу [33], в 1947 году – в 5 км от к северу от станции г. Шумерля [33]. В Чувашии известно 7 современных местонахождений. В Чебоксарском районе на территории государственного природного заказника «Заволжский» обнаружен один таллом [10, 13, 15], в Алатырском районе на территории заповедника «Присурский» – около 10 талломов на двух деревьях [16], в пойме реки Бездна численность популяция – от 10 до 30 талломов [16], в Шемуршинском районе на территории национального парка «Чаваш вармане» – несколько популяций (от 10 до 50 талломов) [11, 16] (рис. 5). Вид занесен в Красные книги Российской Федерации (категория 3) [33], Республики Мордовия (категория 2) [25], Республики Татарстан (категория 2) [28], Республики Марий Эл (категория 2) [30], Ульяновской области (категория 2а) [26], Нижегородской области (категория 2Б) [27]. **Лимитирующие факторы.** Строгая приуроченность к определенным экологическим условиям. Загрязнение атмосферы, лесные пожары, сокращение площадей старовозрастных широколиственных и хвойно-широколиственных лесов в результате рубок. **Необходимые меры охраны:** соблюдение режима охраны ООПТ, на которых встречается вид; контроль за состоянием популяций; поиск новых местонахождений вида.

Nephroma parile (Ach.) Ach. (Нефрома одинаковая). Категория III – редкий малочисленный вид. Является индикатором старовозрастных, ненарушенных и мало нарушенных лесов. Известно одно местонахождение в Шемуршинском районе на территории национального парка «Чаваш вармане» [10, 11, 16]. В выявленном местообитании обнаружено три таллома. В сопредельных регионах

известен из Республик Татарстан [23], Марий Эл [24]. Вид занесен в Красную книгу Нижегородской области (категория В3) [27]. **Лимитирующие факторы.** Уменьшение площадей старовозрастных хвойно-широколиственных лесов в результате рубок. **Необходимые меры охраны:** контроль за состоянием популяций и поиск новых местонахождений.

Parmelina quercina (Willd.) Hale (Пармелина дубовая). Категория 0 – по-видимому, исчезнувший вид. Редкий и локально встречающийся в центре Европейской части России вид, у северной границы ареала. На территории республики зарегистрирован в начале XX в., был обнаружен на коре дуба в четырехярусных дубравах [2, 3]. Указан для территорий Ульяновской области [6] и Республики Татарстан [23]. **Лимитирующие факторы.** Загрязнение воздуха соединениями тяжелых металлов. Сокращение площадей старовозрастных широколиственных лесов и их ограниченное распространение. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местонахождений вида и организация их охраны путем создания ООПТ.

Pleurosticta acetabulum (Neck.) Elix et Lumbsch (Плеуростикта блюдчатая). Категория IV – вид с неопределенным статусом. Встречается близ северного предела распространения в Средней России. Известно одно местонахождение по литературным данным в Ибресинском районе [6]. В сопредельных регионах отмечен в Ульяновской области [6], как редкий вид занесен в Красную книгу Республики Мордовия (категория 0) [25]. **Лимитирующие факторы.** Произрастание на границе ареала, изменение режима увлажнения и освещения. Сокращение площадей хвойно-широколиственных лесов и их ограниченное распространение. Усиленная рекреационная нагрузка на местообитания. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местонахождений вида.

Ramalina obtusata (Arnold) Bitter. (Рамалина пригупленная). Категория III – редкий малочисленный вид. Обитатель влажных, широколиственных лесов, сохранившихся вдоль пойм малых рек. На северо-западе европейской части России относится к числу специализированных видов, строго приуроченных к старым деревьям в старовозрастных еловых и смешанных лесах поздних стадий сукцессии с доминированием ели [32]. В Чувашской Республике известен по литературным данным [5], найден в Ядринском районе [10]. Отмечен в Ульяновской области [6], в Республике Татарстан [5], как редкий вид занесен в Красную книгу Республики Марий Эл (категория 2) [30], Нижегородской области (категория В3) [27], в список редких и уязвимых видов растений и грибов Республики Мордовия [25]. **Лимитирующие факторы.** Строгая приуроченность к определенным экологическим условиям. Антропогенные воздействия на местообитания (вырубка, пожары, рекреационная нагрузка). **Необходимые меры охраны:** создание ООПТ местного или регионального значения в окрестностях д. Конезавод; поиск новых местообитаний.

Ramalina roesleri (Hochst. ex Schaer.) Hue. (Рамалина Реслера). Категория IV – вид с неопределенным статусом.

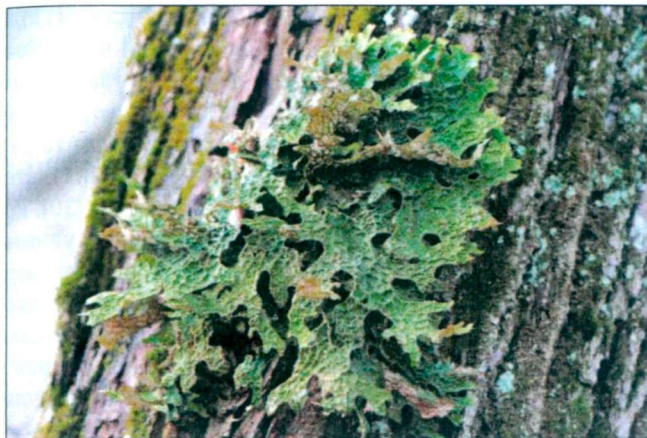


Рис. 5. *Lobaria pulmonaria* на коре липы
Обитатель старовозрастных деревьев. В Чувашской Республике известно одно местонахождение только по литературным данным, был обнаружен на коре деревьев лиственных и хвойных пород в сосновых и смешанных лесах [5]. Указан для Нижегородской области [34], как редкий вид занесен в Красные книги Республики Марий Эл (категория 3) [30], Республики Татарстан (категория 4) [28]. **Лимитирующие факторы.** Сокращение старовозрастных хвойных и смешанных лесов в результате рубок,

пожаров и усыхания деревьев. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местонахождений.

***Ramalina sinensis* Jatta (Рамалина китайская, или глубококовьямчатая).** Категория III – редкий малочисленный вид (рис. 6). Обитатель влажных старовозрастных деревьев. Известно одно местонахождение на территории национального парка «Чаваш вармане» [16]. В найденном местообитании численность минимальная, обнаружено три таллома. Отмечен в Нижегородской области, как редкий вид занесен в Красную книгу Республики Марий Эл (категория 2) [30]. **Лимитирующие факторы.** Вырубка прирусловых пойменных широколиственных лесов. Уничтожение бобрами деревьев осин в пойменных лесах. **Необходимые меры охраны:** запрет всех видов рубок в местах обитания. Контроль за состоянием популяций и поиск новых местонахождений.

***Ramalina thrausta* (Ach.) Nyl. (Рамалина Трауста, или ниточная).** Категория III – редкий вид. Обитатель влажных старовозрастных хвойных и хвойно-лиственных лесов. Вид, чувствительный к изменениям в структуре древостоя и микроклиматическом режиме леса [32]. В Чувашии известно два местонахождения в Яльчикском районе на территории памятника природы «Шемалаковский ландшафт», в Шемуршинском районе на территории национального парка «Чаваш вармане» [11, 16]. В выявленных местообитаниях численность минимальная. Как редкий



Рис. 6. *Ramalina sinensis* на коре осины



Рис. 7. *Usnea dasopoga* на ветке березы

вид занесен в Красные книги Нижегородской области (категория Б) [27], Республики Татарстан (категория 4) [28], Республики Марий Эл (категория 5) [30]. **Лимитирующие факторы.** Сокращение площадей старовозрастных насаждений в связи с рубками долинных лесов, строгая приуроченность к определенным экологическим условиям. **Необходимые меры охраны:** запрет всех видов рубок в долинных широколиственных и хвойно-широколиственных лесах, разбивки туристических и рыбацких стоянок, разведения костров; поиск новых местообитаний и мониторинг за состоянием известных популяций.

Scytinium subtile (Schrad.) Otálora, P.M. Jørg. et (Сцитиниум тонкий). Категория III – редкий малочисленный вид. Обитатель влажных, малонарушенных лесов. В Чувашии известно одно местонахождение в Шемуршинском районе на территории национального парка «Чаваш Вармане» [16]. Численность вида в данном местообитании минимальная: около 40 талломов. Занесен в Красную Книгу Республики Марий Эл (категория 1) [30], в список редких и уязвимых видов растений и грибов Республики Мордовия [25]. **Лимитирующие факторы.** Строгая приуроченность к определенным экологическим условиям и субстрату. Вырубка пойменных старовозрастных широколиственных лесов. **Необходимые меры охраны:** запрет всех видов рубок в местах обитания; контроль за состоянием популяций и поиск новых местонахождений.

Scytinium teretiusculum (Wallr.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin (Сцитиниум вальковатый). Категория III – редкий малочисленный вид. На северо-западе России индикаторный вид старовозрастных лесных сообществ, реагирующий на изменение лесного микроклимата и структуры древостоя [32]. В Чувашской Республике встречается в Шемуршинском районе на территории национального парка «Чаваш вармане» [11, 16]. Из-за малых размеров талломов оценить численность вида затруднительно. Занесен в Красную книгу Республики Марий Эл (категория 2) [30], в список редких и уязвимых видов растений и грибов Республики Мордовия [25]. **Лимитирующие факторы.** Строгая приуроченность к определенным экологическим условиям и субстрату. Вырубка пойменных старовозрастных широколиственных лесов. **Необходимые меры охраны:** запрет всех видов рубок в местах обитания; контроль за состоянием популяций на территории национального парка «Чаваш Вармане»; поиск новых местонахождений.

Usnea dasopoga (Ach) Nyl. (Уснея густобородая). Категория III – редкий малочисленный вид. Вид чувствителен к загрязнению окружающей среды [32]. Находится близ южной границы распространения в Средней России. Известно три местонахождения в Чебоксарском, Алатырском, Шемуршинском районах [10, 13, 15, 16]. Вид занесен в Красные книги Республики Мордовия (категория 2) [25] и Республики Татарстан, (категория 3) [28]. **Лимитирующие факторы.** Чувствительность к загрязнению окружающей среды. Вырубка старовозрастных и мало нарушенных лесов. **Необходимые меры охраны:** запрет сплошных рубок; контроль за состоянием популяций и поиск новых местонахождений.

Usnea lapponica Vain. (Уснея лапданская). Категория III – редкий малочисленный вид. Находится близ южной границы распространения в Европейской части России. Вид чувствителен к загрязнению окружающей среды [32]. Известно одно местонахождение в Заволжье в Чебоксарском районе [10, 13, 15]. Всего обнаружено два таллома. Занесен в Красные книги Республики Мордовия (категория 3) [25], Республики Марий Эл (категория 5) [30], Республики Татарстан (категория 2) [28]. **Лимитирующие факторы.** Чувствительность к загрязнению окружающей среды. Усиленная рекреация в пойменных лесах. **Необходимые меры охраны:** запрет сплошных рубок, разбивки туристических и рыбацких стоянок, разведения костров в местах произрастания. Контроль за состоянием популяций и поиск новых местонахождений.

Usnea subfloridana Stirt. (Уснея почти цветущая). Категория III – редкий малочисленный вид. Находится близ южной границы распространения в Европейской части России. На территории Чувашии известен в конце XX века [4, 5]. Современные места произрастания выявлены в Алатырском, Чебоксарском и Шемуршинском районах [10, 11, 16]. В каждом местообитании обнаружены единичные талломы. Встречается в Республиках Марий Эл [24], Татарстан [23]. Занесен в Красную книгу Республики Мордовия (категория 1) [25]. **Лимитирующие факторы.** Произрастание на границе ареала. Сокращение площадей хвойно-широколиственных лесов и их ограниченное распространение. Усиленная рекреационная нагрузка на местообитания. **Необходимые меры охраны:** мониторинг популяций вида на ООПТ; поиск новых местообитаний.

Usnea florida (L.) Weber ex F.H. Wigg. (Уснея цветущая). Категория III – редкий малочисленный вид. Находится у южного предела распространения в Средней России. Вид чувствителен к загрязнению окружающей среды. На территории Чувашии обнаружен в Алатырском районе на территории государственного природного заповедника «Присурский» [16]. Занесен в Красные книги Российской Федерации (2 категория) [33], Республики Мордовия (категория 1) [25], Республики Марий Эл (категория 2) [30]. **Лимитирующие факторы.** Загрязнение атмосферы. Произрастание на границе ареала. Сокращение площадей хвойно-широколиственных лесов и их ограниченное распространение. Усиленная рекреационная нагрузка на местообитания. **Необходимые меры охраны:** поиск новых местообитаний.

Таксономический анализ (табл. 1) показал, что редкие виды лишайников, рекомендованные в Красную книгу Чувашской Республики, относятся к двум классам: Lecanoromycetes и Arthoniomycetes. Наибольшее количество видов в классе Lecanoromycetes – 28 видов из 4 порядков, 8 семейств. Класс Arthoniomycetes представлен 2 видами из 2 семейств, 1 порядка. Наибольшее количество редких видов лишайников относится к порядку Lecanorales – 3 семейства, 11 родов, 20 видов, что составляет 66,6%.

В порядке Lecanorales преобладает семейство Parmeliaceae (9 родов и 13 видов), семейства Cladoniaceae

Таблица 1. Таксономическое разнообразие редких видов лишайников Чувашской Республики

Класс	Порядок	Семейство	Род	Количество видов	Доля
Arthoniomycetes	Arthoniales	Arthoniaceae	Arthonia	1	3,3
		Roccellaceae	Cresponea	1	3,3
Lecanoromycetes	Caliciales	Physciaceae	Heterodermia	1	3,3
	Lecanorales	Cladoniaceae	Cladonia	3	10
		Parmeliaceae	Bryoria	2	6,6
			Cetrelia	1	3,3
			Cetraria	1	3,3
			Evernia	1	3,3
			Flavopunctelia	1	3,3
			Hypotrachyna	1	3,3
			Parmelina	1	3,3
			Pleurosticta	1	3,3
			Usnea	4	3,3
		Ramalinaceae	Ramalina	4	13,3
	Peltigerales	Collemataceae	Leptogium	2	6,6
			Scytinium	2	6,6
		Lobariaceae	Lobaria	1	3,3
		Nephromataceae	Nephroma	1	3,3
	Pertusariales	Icmadophilaceae	Icmadophila	1	3,3
ИТОГО				30	100

Таблица 2. Распределение редких видов лишайников по категориям

Статус	Количество видов
Категории 0 – по-видимому, исчезнувшие виды	2
Категории I – виды, находящиеся под угрозой исчезновения	1
Категория II – уязвимые виды	2
Категория III – редкие виды	18
Категория IV – виды с неопределенным статусом	7

и Ramalinaceae представлены 1 родом, 3 и 4 видами соответственно. Порядок Peltigerales включает 3 семейства, 4 рода, 6 видов (19,8%).

В таблице 2 представлено распределение редких видов лишайников, рекомендованных в Красную книгу Чувашской Республики

Таким образом в новое издание Красной книги рекомендованы 30 видов лишайников, принадлежащих к 10 семействам, 5 порядкам, 2 классам.

К категории 0 (по-видимому, исчезнувшие виды) отнесены два вида лишайника (*Cladonia amaurocraea*, *Parmelina quercina*); к категории I (виды, находящиеся под угрозой исчезновения) отнесен *Icmadophila ericetorum*;

к категории II (уязвимые виды) – *Lobaria pulmonaria*, *Cetraria ericetorum*; к редким малочисленным видам (категория III) относятся 18 видов лишайников: *Arthonia cinereopruinosa*, *Bryoria nadvornikiana*, *Cetrelia olivetorum*, *Cresponea chloroconia*, *Evernia divaricata*, *Heterodermia speciosa*, *Leptogium cyanescens*, *L. saturninum*, *Nephroma parile*, *Ramalina obtusata*, *R. sinensis*, *R. thrausta*, *Scytinium subtile*, *S. teretiusculum*, *Usnea dasopoga*, *U. lapponica*, *U. subfloridana*, *U. florida*. К категории IV (виды с неопределенным статусом) отнесены 7 видов – *Cladonia bellidiflora*, *Cl. caespiticia*, *Bryoria fuscescens*, *Flavopunctelia soledica*, *Hypotrachyna revoluta*, *Pleurosticta acetabulum*, *Ramalina roesleri*.

Благодарности

Автор выражает благодарность Толпышевой Татьяне Юрьевне, доктору биологических наук, ведущему научному сотруднику кафедры микологии и альгологии МГУ им. М.В. Ломоносова и Богданову Геннадию Алексеевичу, старшему научному сотруднику Государственного природного заповедника «Большая Кокшага» за научные консультации при написании статьи.

Список литературы

1. Красная книга Чувашской Республики. Т. 1. Ч. 1. Редкие и исчезающие растения и грибы. Чебоксары: РГУП «ИПК «Чувашия». 2001. 275 с.
2. Еленкин А. А. Флора лишайников Средней России. Юрьев, 1906-1911. Ч. 1. 1906. С. 1–184.
3. Еленкин А. А. Флора лишайников Средней России. Юрьев, 1906-1911. Ч. 3-4. 1911. С. 361–682.
4. Шустов М.В. Систематический список лишайников Приволжской возвышенности: // Труды Ульяновского научного центра «Ноосферные знания и технологии» РАЕН, 1999а. Вып. 2. Т.2. С. 35–55.
5. Шустов М.В. Таксономический состав флоры лишайников Приволжской возвышенности // Естественно-научные исследования в Симбирско-Ульяновском крае на рубеже веков. Ульяновск. 1999б. С. 39–50.
6. Шустов М.В. Лишайники Приволжской возвышенности. М.: Наука, 2006. 240 с.
7. Налимова Н.В. Флористический список споровых растений Алатырского участка заповедника «Присурский» // Экологический вестник Чувашской Республики. Чебоксары, 2000. Вып. 25. С. 41–43
8. Теплова Л.П. Материалы по флоре и растительности природного парка «Заволжье». Чебоксары: Чув. гос. пед. инст-т, 1998. 144 с.
9. Синичкин Е.А., Семенова И.И., Акбердина Р.Х. Материалы к изучению эпифитной лишайнофлоры заповедника «Присурский» // Научные труды Государственного природного заповедника «Присурский». 2009. Т. 22. С. 83–84.
10. Синичкин Е.А., Богданов Г.А., Омельченко П.Н. Предварительные итоги изучения лишайнофлоры Чувашской Республики // Тезисы докладов II (X) Международной Ботанической конференции молодых ученых в Санкт-Петербурге 11-16 ноября 2012 года. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. С. 43–44.
11. Синичкин Е.А., Богданов Г.А., Омельченко П.Н. Предварительные итоги изучения лишайнофлоры заповедника «Присурский» и национального парка «Чаваш вармане» // Современная ботаника в России. Труды XIII Съезда Русского ботанического общества. Т.1: Эмбриология. Структурная ботаника. Альгология. Микология. Лихенология. Бриология. Палеоботаника. Биосистематика. Тольятти: Касоандра, 2013. С. 209–210.
12. Синичкин Е.А., Богданов Г.А., Дмитриев А.В., Семенова И.И., Омельченко П.Н. К изучению лишайников лесостепной зоны Чувашской Республики // Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева. 2013. № 4 (14). С. 46–57.
13. Синичкин Е.А., Богданов Г.А., Дмитриев А.В., Семенова И.И., Омельченко П.Н. О новых и редких видах

лишайников из лесных районов Заволжья Чувашской Республики // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2013. № 4 (14). С. 58–63.

14. Синичкин Е.А., Богданов Г.А., Омельченко П.Н. К изучению лишайников окрестностей г. Чебоксары Чувашской Республики // Научные труды Государственного природного заповедника «Присурский». – Чебоксары-Атрат, 2014. Т. 29. С. 41–46.

15. Синичкин Е.А., Богданов Г.А., Дмитриев А.В., Смирнова Н.В., Омельченко П.Н. К изучению лишайников государственного природного заказника «Заволжский» (Чувашская Республика) // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7, № 4 (25). С. 108–115.

16. Синичкин Е.А., Богданов Г.А., Дмитриев А.В. Экология и распространение редких видов лишайников Чувашского Присурья // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 1 (30). С. 92–100.

17. Об учреждении Красной книги Чувашской Республики: постановление Совета Министров Чувашской ССР от 15 мая 1992 г. N 174 (с изм. от 24.12.2009 г.) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации. <http://docs2.cntd.ru/document/473603173>.

18. Esslinger T.L. A cumulative checklist for the lichen-forming, lichenicolous and allied fungi of the continental United States and Canada. Fargo, North Dakota: North Dakota State University, 2016. Version 21. URL: <https://www.ndsu.edu/pubweb/~esslinge/chcklst/chcklst7.htm> (дата обращения: 20.06.2018).

19. Wijayawardene, N.N., Hyde, K.D., Lumbsch, H.T. et al. Outline of Ascomycota: 2017 // Fungal Diversity. 2018. Vol. 88. P.167-263.

20. Кулябина Е.Ю., Сидоренко М.В. Лихеноиндикационный мониторинг качества воздушной среды Нижегородской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2002. Т. 4. № 2. С. 216–222.

21. Урбанавичюс Г.П., Урбанавичене И.Н. Аннотированный список лишайников и близких к ним грибов Волжско-Камского заповедника // Труды Волжско-Камского государственного природного заповедника. 2006. № 6. С. 160–187.

22. Богданов Г.А., Урбанавичюс Г.П. Новые и редкие для России виды лишайников из Республики Марий Эл // Ботанический журнал. 2008. Т. 93. № 6. С. 944–950.

23. Евстигнеева А.С. Аннотированный список лишайников Республики Татарстан // Новости систематики низших растений. 2007. Т. 41. С. 196–229.

24. Богданов Г.А. Аннотированный список лишайников заповедника // Научные труды Государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Вып. 7. Йошкар-Ола. 2015. С. 206–244.

25. Красная книга Республики Мордовия. В 2 т. Т. 1: Редкие виды растений, лишайников и грибов. Саранск, 2003. 288 с.

26. Красная книга Ульяновской области / Под науч. ред. Е.А. Артемьевой, О.В. Бородина, М.А. Королькова, Н.С. Ракова: Правительство Ульяновской области. Ульяновск: Артишок, 2008. 508 с.

27. Красная книга Нижегородской области. Том 2. Соосидные растения, водоросли, лишайники, грибы. Нижний Новгород, 2005. 328 с.

28. Красная книга Республики Татарстан: животные, растения, грибы. Издание 3-е. Казань: Идеал-пресс, 2016. 759 с.

29. Урбанавичене И.Н., Урбанавичюс Г.П. Лишайники Керженского заповедника // Природные условия Керженского заповедника и некоторые аспекты охраны природы Нижегородской области: Тр. Гос. природного заповедника «Керженский». Т. 1. Нижний Новгород, 2001. С. 149–171.

30. Красная книга Республики Марий Эл. Грибы, лишайники, мхи. Сост. Г.А. Богданов, Г.П. Урбанавичюс. / Под ред. Г.П. Урбанавичюса. Йошкар-Ола, 2007. 124 с.

31. Рассадина К.А. О группе *Parmelia caperata* в СССР // Труды Ботанического института АН СССР. Серия 2. Споровые растения. Выпуск 12. 1959. С. 5–17.

32. Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе Европейской части России / Отв. ред. Л. Андерссон, Н.М. Алексеева, Е.С. Кузнецова. – СПб.: Типография «Победа», 2009. Т.1. 238 с. Т.2. 258 с.

33. Красная книга Российской Федерации (Растения и Грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 856 с.

34. Список лишенофлоры России. СПб.: Наука, 2010. 194 с.

References

1. Krasnaya kniga Chuvashskoj Respubliki. T 1. Ch. 1. Redkie i ischezayushhie rasteniya i griby [Red Book of the Chuvash Republic. T 1. Part 1. Rare and endangered plants and fungi]. Cheboksary : RGUP «IPK «Chuvashiya». 2001. 275 p.

2. Elenkin A. A. Flora lichajnikov Srednej Rossii [Flora of lichens of Central Russia]. Yur'ev, 1906-1911. Ch 1. 1906. P. 1–184.

3. Elenkin A. A. Flora lichajnikov Srednej Rossii [Flora of lichens of Central Russia]. Yur'ev, 1906-1911. Ch. 3-4. 1911. P. 361–682.

4. Shustov M.V. Sistematicheskij spisok lichajnikov Privolzhskoj vozvyshehnosti [Systematic list of lichens of the Volga Upland] // Trudy Ulyanovskogo nauchnogo centra «Noosfernye znaniya i tekhnologii» RAEN [Proceedings of the Ulyanovsk Scientific Center «Noospheric Knowledge and Technologies» RANS], 1999a. Vol. 2. T.2. P. 35–55.

5. Shustov M.V. Taksonomicheskij sostav flory lichajnikov Privolzhskoj vozvyshehnosti [Taxonomic composition of the lichen flora of the Volga Upland] // Estestvennonauchnye issledovaniya v Simbirsko-Ulyanovskom krae na rubezhe vekov [Natural scientific research in the Simbirsk-Ulyanovsk region at the turn of the century]. Ulyanovsk. 1999b. P. 39–50.

6. Shustov M.V. Lishajniki Privolzhskoj vozvyshehnosti [Lichens of the Volga Upland]. M.: Nauka [Moscow: Publishing house «Science»], 2006. 240 p.

7. Nalimova N.V. Floristicheskij spisok sporovyh rastenij Alatyrskogo uchastka zapovednika «Prisurskij» [Floristic list of spore plants of the Alatyr area of the Prisurskiy reserve] // Ekologicheskij vestnik Chuvashskoj Respubliki [Ecological Bulletin of the Chuvash Republic]. Cheboksary, 2000. Vol. 25. P. 41–43

8. Teplova L.P. Materialy po flore i rastitel'nosti prirodnogo parka «Zavolzhe» [Materials on flora and vegetation of

the natural park «Zavolzhye»]. Cheboksary: Chuv. gos. ped. inst-t, 1998. 144 p.

9. Sinichkin E.A., Semenova I.I., Akberdina R.H. Materialy k izucheniyu epifitnoj lihenoflory zapovednika «Prisurskij» [Materials for the study of the epiphytic lichen flora of the Prisurskiy reserve] // Trudy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Prisurskij» [Scientific works of the State Natural Reserve «Prisurskiy»]. 2009. Vol. 22. P. 83–84.

10. Sinichkin E.A., Bogdanov G.A., Omel'chenko P.N. Predvaritel'nye itogi izucheniya lihenoflory Chuvashskoj Respubliki [Preliminary results of the study of the lichen flora of the Chuvash Republic] // Tezisy dokladov II (X) Mezhdunarodnoj Botanicheskoy konferencii molodyh uchenykh v Sankt-Peterburge 11-16 noyabrya 2012 goda [Abstracts of the II (X) International Botanical Conference of Young Scientists in St. Petersburg on November 11-16, 2012]. SPb.: SPbGETU «LETI», 2012. P. 43–44.

11. Sinichkin, E.A., Bogdanov G.A., Omel'chenko P.N. Predvaritel'nye itogi izucheniya lihenoflory zapovednika «Prisurskij» i nacional'nogo parka «Chavash varmane» [Preliminary results of studying the lichen flora of the Prisurskiy reserve and the Chavash varmane national park] // Sovremennaya botanika v Rossii. Trudy XIII S'ezda Russkogo botanicheskogo obshchestva. T.1: Embriologiya. Strukturnaya botanika. Al'gologiya. Mikologiya. Lihenologiya. Briologiya. Paleobotanika. Biosistematika [Modern botany in Russia. Proceedings of the XIII Congress of the Russian Botanical Society. Vol.1: Embryology. Structural botany. Algology. Mycology. Lichenology. Bryology. Paleobotany. Biosystematics.]. Tol'yatti: Publishing house «Kassandra», 2013. P. 209–210.

12. Sinichkin E.A., Bogdanov G.A., Dimitriev A.V., Semenova I.I., Omel'chenko P.N. K izucheniyu lichajnikov lesostepnoj zony Chuvashskoj Respubliki [To the study of lichens of the forest-steppe zone of the Chuvash Republic] // Vestnik Volzhskogo universiteta imeni V.N. Tatishcheva [Bulletin of the Volga University named after V.N. Tatishcheva]. 2013. № 4 (14). P. 46–57.

13. Sinichkin E.A., Bogdanov G.A., Dimitriev A.V., Semenova I.I., Omel'chenko P.N. O novykh i redkikh vidakh lichajnikov iz lesnykh rajonov Zavolzhy'a Chuvashskoj Respubliki [About new and rare species of lichens from the forest regions of the Trans-Volga region of the Chuvash Republic] // Vestnik Volzhskogo universiteta imeni V.N. Tatishcheva [Bulletin of the Volga University named after V.N. Tatishcheva]. 2013. № 4 (14). P. 58–63.

14. Sinichkin E.A., Bogdanov G.A., Omel'chenko P.N. K izucheniyu lichajnikov okrestnostej g. Cheboksary Chuvashskoj Respubliki [To the study of lichens in the environs of Cheboksary, the Chuvash Republic] // Nauchnye trudy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Prisurskij» [Scientific works of the State Natural Reserve «Prisurskiy»]. –Cheboksary-Atrai, 2014. T. 29. P. 41–46.

15. Sinichkin E.A., Bogdanov G.A., Dimitriev A.V., Smirnova N.V., Omel'chenko P.N. K izucheniyu lichajnikov gosudarstvennogo prirodnogo zakaznika «Zavolzhskiy» (Chuvashskaya Respublika) [To the study of lichens of the state nature reserve «Zavolzhskiy» (Chuvash Republic)] // Samarskij nauchnyj vestnik [Samara Scientific Bulletin]. 2018. T. 7, № 4 (25). P. 108–115.

16. Sinichkin E.A., Bogdanov G.A., Dimitriev A.V. Ekologiya i rasprostranenie redkikh vidov lichajnikov Chuvashskogo Prisur'ya [Ecology and distribution of rare species

of lichens of the Chuvash Prisur region] // Samarskij nauchnyj vestnik [Samara Scientific Bulletin]. 2020. T. 9. № 1 (30). P. 92–100.

17. Ob uchrezhdenii Krasnoj knigi CHuvashskoj Respubliki: postanovlenie Soveta Ministrov CHuvashskoj SSR ot 15 maya 1992 g. N 174 [On the establishment of the Red Book of the Chuvash Republic: Resolution of the Council of Ministers of the Chuvash SSR of May 15, 1992 N 174] (s izm. ot 24.12.2009 g.) [Elektronnyj resurs] // Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoy informacii [Electronic fund of legal and regulatory technical information]. - <http://docs2.cntd.ru/document/473603173>

18. Esslinger T.L. A cumulative checklist for the lichen-forming, lichenicolous and allied fungi of the continental United States and Canada. Fargo, North Dakota: North Dakota State University, 2016. Version 21. URL: <https://www.ndsu.edu/pubweb/~esslinge/chcklst/chcklst7.htm> (дата обращения: 20.06.2018).

19. Wijayawardene, N.N., Hyde, K.D., Lumbsch, H.T. et al. Outline of Ascomycota: 2017 // Fungal Diversity. 2018. Vol. 88. P. 167–263.

20. Kulyabina E.YU., Sidorenko M.V. Lihenoindikacionnyj monitoring kachestva vozduшной sredy Nizhegorodskoj oblasti [Lichenoidication monitoring of the air quality of the Nizhny Novgorod region] // Izvestiya Samarskogo nauchno centra Rossijskoj akademii nauk [News of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences]. – 2002. Vol. 4. № 2. P. 216–222.

21. Urbanavichyus G.P., Urbanavichene I.N. Annotirovannyj spisok lishajnikov i blizkih k nim gribov Volzhsko-Kamskogo zapovednika [Annotated list of lichens and related mushrooms of the Volzhsko-Kamsky nature reserve] // Trudy Volzhsko-Kamskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika [Proceedings of the Volzhsko-Kamsky state natural reserve]. 2006. № 6. P. 160–187.

22. Bogdanov G.A., Urbanavichyus G.P. Novye i redkie dlya Rossii vidy lishajnikov iz Respubliki Marij El [New and rare for Russia species of lichens from the Republic of Mari El] // Botanicheskij zhurnal [Botanical Journal]. 2008. Vol. 93. № 6. P. 944–950.

23. Evstigneeva A.S. Annotirovannyj spisok lishajnikov Respubliki Tatarstan [Annotated list of lichens of the Republic of Tatarstan] // Novosti sistematiki nizshih rastenij [News of systematics of lower plants]. 2007. Vol. 41. P. 196–229.

24. Bogdanov G.A. Annotirovannyj spisok lishajnikov zapovednika [Annotated list of the reserve's lichens] // Nauchnye trudy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bol'shaya Kokshaga» [Scientific works of the State Nature Reserve «Bol'shaya Kokshaga»]. Vol. 7. Yoshkar-Ola. 2015. P. 206–244.

25. Krasnaya kniga Respubliki Mordoviya. V 2 t. T. 1: Redkie vidy rastenij, lishajnikov i gribov [Red Data Book of the Republic of Mordovia. In 2 v. T. 1: Rare species of plants, lichens and fungi]. Saransk, 2003. 288 p.

26. Krasnaya kniga Ul'yanovskoj oblasti [Red Data Book of the Ulyanovsk Region] / Pod nauch. red. E.A. Artem'tevoj, O.V. Borodina, M.A. Korol'kova, N.S. Rakova: Pravitel'stvo Ul'yanovskoj oblasti. – Ul'yanovsk: izd-vo «Artishok», 2008. 508 p.

27. Krasnaya kniga Nizhegorodskoj oblasti. Tom 2. Sosudistye rasteniya, vodorosli, lishajniki, griby [Red Data Book of the Nizhny Novgorod Region. Volume 2. Vascular plants, algae, lichens, fungi]. Nizhny Novgorod, 2005. 328 p.

28. Krasnaya kniga Respubliki Tatarstan: zhivotnye, rasteniya, griby [Red Book of the Republic of Tatarstan: animals, plants, mushrooms]. Izdanie 3-e. Kazan': Publishing house «Ideal-press», 2016. 759 p.

29. Urbanavichene I.N., Urbanavichyus G.P. Lishajniki Kerzhenskogo zapovednika [Lichens of the Kerzhensky Reserve] // Prirodnye usloviya Kerzhenskogo zapovednika i nekotorye aspekty ohrany prirody Nizhegorodskoj oblasti: tr. Gos. prirodnogo zapovednika «Kerzhenskij» [Natural conditions of the Kerzhensky Reserve and some aspects of nature protection in the Nizhny Novgorod region: Tr. State natural reserve «Kerzhensky»]. T. 1. Nizhny Novgorod, 2001. P. 149–171.

30. Krasnaya kniga Respubliki Marij El. Griby, lishajniki, mhi [Red Book of the Republic of Mari El. Mushrooms, lichens, mosses]. Sost. G.A. Bogdanov, G.P. Urbanavichyus. / Pod red. G.P. Urbanavichyusa. Yoshkar-Ola, 2007. 124 p.

31. Rassadina K.A. O gruppe Pannelia caperata v SSSR [About the Pannelia caperata group in the USSR] // Trudy Botanicheskogo instituta AN SSSR. Seriya 2. Sporovye rasteniya [Proceedings of the Botanical Institute of the USSR Academy of Sciences. Series 2. Spore plants]. Vol. 12. 1959. P. 5–17.

32. Vyyavlenie i obsledovanie biologicheski cennyh lesov na Severo-Zapade Evropejskoj chasti Rossii [Identification and inspection of biologically valuable forests in the North-West of the European part of Russia] / Otv. red. L. Andersson, N.M. Alekseeva, E.S. Kuznecova. – SPb.: Tipografiya «Pobeda», 2009. T.1. 238 p. T.2. 258 p.

33. Krasnaya kniga Rossijskoj Federacii (Rasteniya i Griby) [Red Data Book of the Russian Federation (Plants and Mushrooms)]. Moscow: «Tovarishchestvo nauchnyh izdaniy KMK» [«KMK Scientific Press Ltd.»], 2008. 856 p.

34. Spisok lihenoflory Rossii [List of lichen flora of Russia]. SPb.: Nauka [St. Petersburg: Publishing house «Science»], 2010. 194 p.

Информация об авторе

Синичкин Евгений Аркадьевич, научный сотрудник
E-mail: sea_prisur@mail.ru

Чебоксарский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина Российской академии наук

428027. Российская Федерация, Республика Чувашия, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, 31

Information about the author

Sinichkin Evgeny Arkadievich, researcher
E-mail: sea_prisur@mail.ru

Cheboksary Branch of Federal State Budgetary Institution for Science Tsitsin Main Botanical Garden Russian Academy of Sciences

428027. Russian Federation, Chuvash Republic, Cheboksary, Prospekt I. Yakovleva, 31

О.В. Чижик

канд. биол. наук, доцент, зав. лабораторией

E-mail: chizhikolga17@gmail.com

А.М. Деева

канд. биол. наук, ст.н.с.

E-mail: alladzeeva@gmail.com

В.Н. Решетников

E-mail: V.Reshetnikov@cbg.org

академик, доктор биол. наук, профессор,

зав. отделом

Государственное научное учреждение «Цен-

тральный ботанический сад Национальной

академии наук Беларуси»

Биологически активные соединения плодов и листьев *Vaccinium corymbosum* L.

Изучены количественные показатели суммы фенольных соединений и антоцианов в их составе, а также определен уровень антирадикальной активности (АРА) в плодах и листьях различных сортов *Vaccinium corymbosum* L. Максимальное содержание суммы фенольных соединений отмечено у сортов *Blue-ray*, *Blue-rose*, *Caroline Blue*, *Herbert*, *Jersey*, *Nelson*. В исследованных таксонах доля антоциановых пигментов в составе фенольных соединений составляла от 0,01 до 0,8% в зеленых плодах, и от 22 до 52% – в зрелых. Сорта *Earlyblue*, *Duke*, *Bluecrop*, *Bluegold* характеризовались наибольшим количеством фенольных соединений в листьях. Зафиксировано наличие тесной положительной корреляционной связи между уровнем антирадикальной активности и содержанием вторичных метаболитов фенольной природы. Показаны отличия в накоплении фенольных веществ у сортов голубики, посадочный материал которых был получен методами *in vivo* и *in vitro*. Показано, что протеомный профиль растений голубики высокорослой, совместно с генетическими паспортами, можно использовать для определения сортосоответствия *Vaccinium corymbosum* L.

Ключевые слова: *Vaccinium corymbosum*, фенольные соединения, антоцианы, антирадикальная активность, вторичные метаболиты, *in vivo*, *in vitro*, протеомный профиль.

O.V. Chizhik

PhD, Associated Professor, Head of Laboratory

E-mail: chizhikolga17@gmail.com

A.M. Deeva

PhD, Senior Researcher

E-mail: alladzeeva@gmail.com

V.N. Reshetnikov

Academician, Doctor of Biological Sciences,

Professor, Head of Department

E-mail: V.Reshetnikov@cbg.org

The Central Botanical Garden of National

Academy of Sciences of Belarus

Biologically active compounds of fruits and leaves *Vaccinium corymbosum* L.

Quantitative content of the sum of phenolic compounds and anthocyanins in their composition were studied. The level of antiradical activity (ARA) in the berries and leaves of *Vaccinium corymbosum* L. was measured. The maximum content of the sum of phenolic compounds was observed in *Blue-ray*, *Blue-rose*, *Caroline Blue*, *Herbert*, *Jersey*, *Nelson* cultivars. In the cultivars which have been studied the quantity of anthocyanins in the composition of phenolic compounds ranged from 0.01 to 0.8% in green berries, and from 22 to 52% in mature ones. *Earlyblue*, *Duke*, *Bluecrop*, *Bluegold* cultivars were characterized by the greatest quantity of phenolic compounds in leaves. The presence of a close positive correlation between the level of antiradical activity and the content of secondary metabolites of phenolic nature was determined. The differences in phenolic substances accumulation in blueberry cultivars obtained by *in vivo* and *in vitro* methods were revealed. It was shown that the proteomic profile of highbush blueberry plants together with genetic passports can be used to determine the cultivar's identity of *Vaccinium corymbosum* L.

Keywords: *Vaccinium corymbosum*, phenolic compounds, anthocyanin, anti-radical activity, second metabolites, *in vivo*, *in vitro*, proteomic profile.

DOI: 10.25791/BBGRAN.04.2020.1071

Одним из путей повышения качества питания является использование растительных культур с высокими вкусовыми и лечебно-профилактическими характеристиками, а также продуктов их переработки.

Для производства ценных биологически активных веществ важное значение имеет выбор растения-производителя. Именно по этой причине, а также с точки зрения перспектив интродукционного процесса, внимание специалистов привлекают растения из рода *Vaccinium*, в частности, голубика высокая (*Vaccinium corymbosum* L.), которая характеризуется значительным содержанием вторичных метаболитов.

Вторичные метаболиты растений представляют собой богатейший источник полезных для человека веществ, прежде всего медицинского назначения. Полифенольные соединения играют важную роль в физиологических процессах растения: энергетическом обмене, фотосинтезе, дыхании, защитных реакциях, являются активаторами / ингибиторами отдельных ферментов. К группе флавоноидов относятся антоцианы, которые важны для осуществления разнообразных функций в растениях, в том числе окислительно-восстановительных процессах и защиты от абиотических и биотических стрессов [1, 2]. Для потребителя антоцианы интересны, в первую очередь, благодаря своим антиоксидантным, противовоспалительным, антиканцерогенным, антидиабетическим свойствам, и как вещества, способствующие снижению когнитивных расстройств [3, 4]. Также антоцианы представляют интерес в качестве естественных красителей [4-6]. Существование такого разнообразного набора функций антоцианов вызывает необходимость их сравнительного изучения в сортах *Vaccinium corymbosum* L.

Целью исследования было изучить изменение содержания суммы фенольных соединений (в том числе антоцианов) и их состава в вегетативных и генеративных органах голубики высокой, уровня антирадикальной активности в процессе созревания плодов, дать первичную характеристику протеома таксонов голубики (*in vivo* и *in vitro*), отобранных по наибольшему содержанию биологически активных веществ (БАВ).

Материалы и методы

Образцы голубики высокой (*Vaccinium corymbosum* L.) были собраны на опытном участке Отраслевой лаборатории интродукции и технологии ягодных растений ЦБС НАН Беларуси, г. Ганцевичи (южная агроклиматическая зона Республики Беларусь). Стабилизированные *in vitro* культуры голубики высокой были получены в отделе биохимии и биотехнологии растений ЦБС НАН Беларуси (с.н.с. Филипеней В.Л.).

Образцы замораживали при температуре -20°C. Для проведения анализа отбирали среднюю пробу в 150-200 г сырого вещества образца каждого таксона, которые затем гомогенизировали. Для проведения экстракции использовали навеску в 3-5 г.

Количественное определение суммарного содержания антоциановых пигментов проводили методом рН-дифференциальной спектрофотометрии [7, 8]. Результаты выражали как миллиграмм-эквивалент цианидин-3-глюкозида в 100 г сухого вещества (СВ). Суммарное содержание фенольных соединений в плодах и листьях определяли модифицированным методом Фолина-Чокальтеу [9]. Содержание антоциановых пигментов листьев, в пересчете на цианидин-3,5-дигликозид в %, определяли согласно Фармакопее [10]. Антирадикальные (АРА) свойства голубики оценивали в системе с катион-радикалами АБТС^{•+} [11]. Белки из листовой ткани выделяли методом ТХУ/ацетоновой преципитации по Amme et al. [12] с нашими модификациями. Вертикальный электрофорез белков проводили по U.K. Laemmli [13].

Результаты и обсуждение

В результате анализа полученных данных было показано, что содержание всех биологически активных соединений фенольной природы в процессе созревания плодов голубики высокой повышается (рис. 1-3).

Если в зеленых плодах исследуемых сортов сумма фенольных соединений (ФС) колебалась от 629,0±42,6 (Caroline Blue) до 895,5±33,1 (Nelson) мг/100 г сухого веса (СВ) (рис. 1), а суммарное содержание антоциановых пигментов в их составе находилось ниже 10 мг/100 г СВ и составляло от 0,009 до 0,777 % (рис. 2), то в зрелых плодах содержание фенольных соединений было в пределах от 1403,2±47,0 (Bluecrop) до 2347,8±81,5 (Herbert) мг/100 г СВ (рис. 1), при содержании антоциановых пигментов в области 278,3±5,0 (Northland) – 967,7±27,7 (Herbert) мг/100 г СВ (рис. 2).

Исходя из полученных данных, можно выделить группу сортов голубики высокорослой (Blue-ray, Blue-rose, Caroline Blue, Herbert, Jersey, Nelson), в плодах которых уровень накопления антоцианов был весьма высоким и составлял на момент созревания более 600 мг/100 г СВ. Доля антоциановых пигментов в составе фенольных соединений у исследованных образцов составляла от 22 до 52% (рис. 1, 2).

Также было установлено, что в процессе созревания плодов антирадикальная активность (АРА) в модельной системе с катион-радикалами АБТС^{•+} повышается в среднем в 1,4-4,7 раза (Рис. 3)

Была обнаружена значимая корреляционная связь между показателями АРА в модельных системах с АБТС^{•+} катион-радикалами и содержанием фенольных соединений в зрелых ягодах голубики (рис. 4). Коэффициенты корреляции являлись значимыми на основании того, что расчетные значения критерия Стьюдента во всех корреляционных полях превышали табличные (количество степеней свободы 12 и уровень значимости $p < 0,05$) [14].

Поскольку полифенольные соединения играют важную роль в физиологических процессах растения, в том числе стрессоустойчивости, был проведен сравнительный анализ количественного содержания полифенольных

соединений (в том числе антоцианов), а также APA не только в плодах, но и в листьях голубики высокой *in vivo* (маточник, г. Ганцевичи) и листьях укорененных растений, полученных методом *in vitro*.

В результате эксперимента нами установлено суммарное содержание антоциановых пигментов в пересчете на цианидин-3,5-дигликозид в %, которое колебалось в пределах от $11,7 \pm 0,05$ (сорт Elizabeth) до $15,0 \pm 0,23$ (сорт Bluegold).

Из полученных данных видим, что доля антоцианов в осенних листьях выше, что может быть связано с процессами трансформации световой энергии антоцианами и увеличением эффективности фотосинтетических процессов в осенний период.

Было определено, что содержание суммы фенольных соединений в листьях растений голубики высокой *in vivo* находилось в пределах $46,3 \pm 1,5$ – $146,4 \pm 7,2$ мг/г СВ в пересчете на галловую кислоту.

Следует также отметить, что сорта Earlyblue и Duke характеризовались наибольшим количеством фенольных соединений, сорт Denise Blue – наименьшим. Та же закономерность наблюдалась при измерении APA (табл. 1).

При построении корреляционных графиков зависимости APA – содержание фенольных соединений, коэффициенты корреляции равнялись 0,96 и 0,97 для 1 и 6 минут проведения эксперимента, соответственно ($T_{\text{крит}} \text{ Стьюдента} > 6$; $p < 0,05$), что свидетельствует о тесной взаимосвязи между данными показателями [14].

Было проведено также определение количественного содержания БАВ в листьях растений голубики высокой, полученной методом *in vitro*. Результаты представлены в таблице 2.

При построении корреляционных графиков коэффициенты корреляции

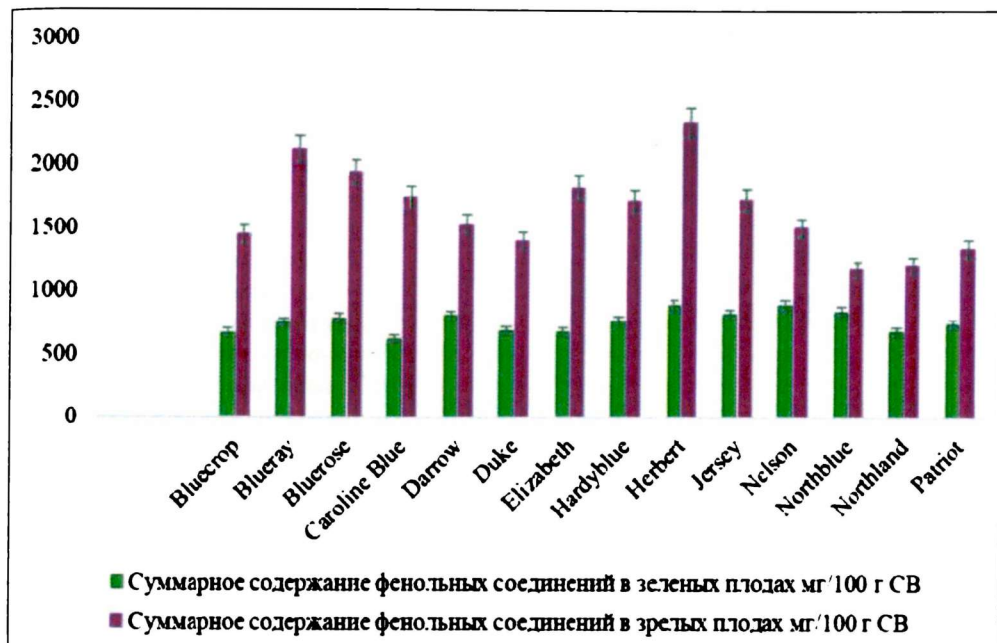


Рис. 1. Суммарное содержание фенольных соединений в зеленых и спелых плодах разных сортов *Vaccinium corymbosum* L., г/100 г сухого веса

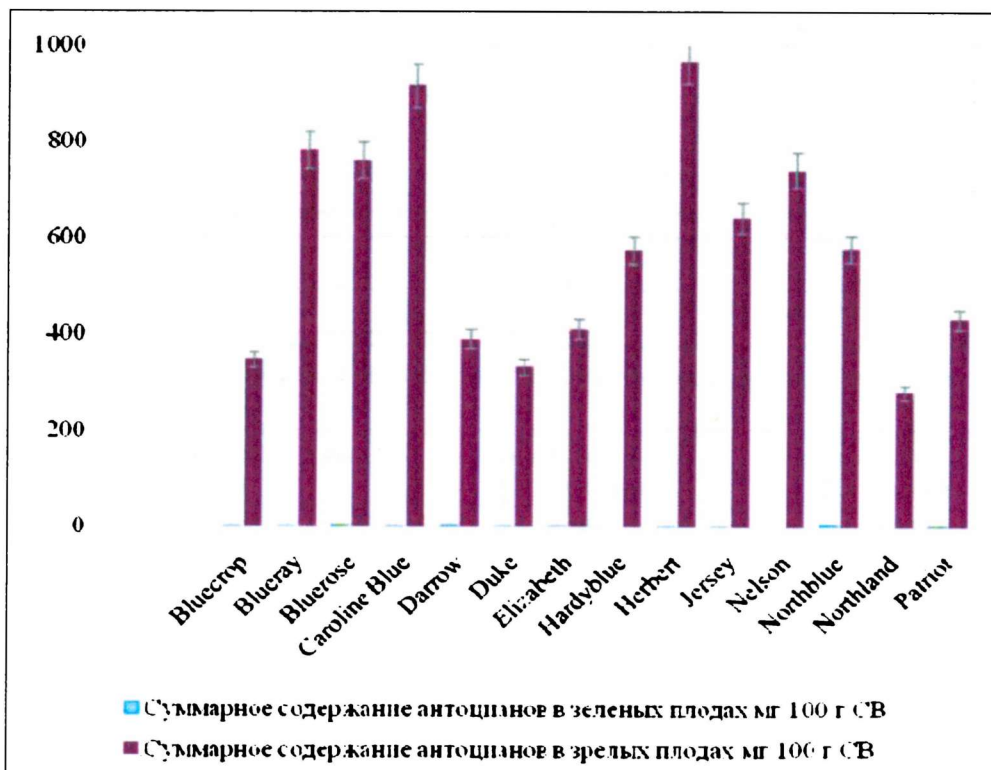


Рис. 2. Суммарное содержание антоциановых пигментов в зеленых и спелых плодах разных сортов *Vaccinium corymbosum* L., мг/100 г СВ

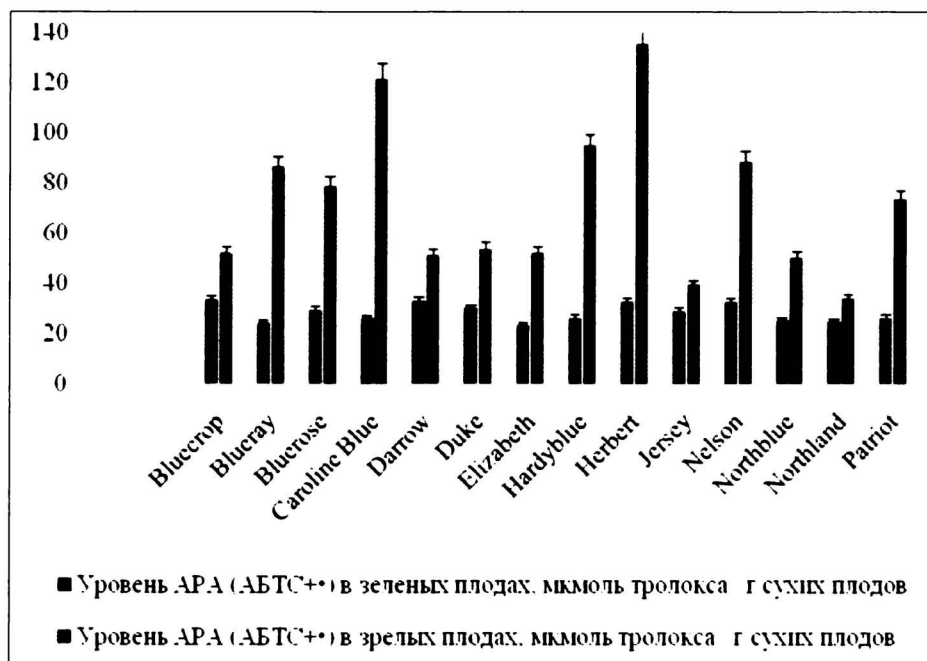


Рис. 3. Изменение уровня АРА в системе с катион радикалами АБТС* в зеленых и спелых плодах разных сортов *Vaccinium corymbosum* L., мкмоль тролокса / г СВ

Таблица 1. АРА и суммарное содержание фенольных соединений в листьях разных сортов растений *Vaccinium corymbosum* L. * (*in vivo*)

Сорт	АРА, 1 мин мкмоль тролокса / г СВ	АРА, 6 мин мкмоль тролокса / г СВ	Сумма фенольных соединений, мг/г СВ
Bluecrop	355,6	363,1	79,5±2,6
Bluegold	331,2	343,3	78,3±3,1
Bluetta	221,4	230,5	58,3±2,5
Denise Blue	156,2	170,4	46,3±1,5
Duke	455,6	463,1	101,1±4,8
Earlyblue	589,5	597,3	146,4±7,2
Northblue	302,7	317,5	68,6±2,0

*— Относительная погрешность не превышала 5%.

Таблица 2. АРА и суммарное содержание фенольных соединений в листьях растений *Vaccinium corymbosum* L., укорененных *in vitro*

Таксоны	АРА 1 мин, мкмоль тролокса/ г. СВ	АРА 6 мин, мкмоль тролокса/ г. СВ	Сумма фенольных соединений, мг/ г СВ
Bluecrop	173,4	206,7	49,5±0,8
Bluegold	223,0	245,9	56,3±1,6
Bluetta	151,6	167,6	36,4±0,9
Denise Blue	213,7	221,5	54,3±1,7
Duke	266,5	282,1	62,7±1,4
Earlyblue	206,1	225,3	51,4±1,8
Northblue	165,4	185,5	34,9±1,4

Относительная погрешность не превышала 5%.

содержания ФС и уровень АРА равнялись 0,90 и 0,93 для 1 и 6 минут проведения эксперимента, соответственно ($T_{\text{крит. Стьюдента}} > 6$; $p < 0,05$), что свидетельствует о тесной взаимосвязи между данными показателями [14].

Результаты эксперимента показали, что содержание фенольных соединений в листьях голубики высокой, полученных методом культуры *in vitro*, находится в пределах $34,6 \pm 1,6$ – $62,7 \pm 1,4$ мг/г СВ в пересчете на галловую кислоту, что ниже количественных показателей у растений в культуре *in vivo* (на 24-60%). Наибольшим количеством фенольных соединений характеризовались сорта Duke и Bluegold.

В листьях микроклонально размноженных растений голубики у сорта Earlyblue

наблюдалось снижение содержания фенольных соединений, однако у сорта Bluegold, наоборот, содержание фенольных соединений возросло. Изменение уровня биосинтеза полифенолов в *in vivo* и *in vitro* растениях может быть связано с перераспределением исходных продуктов их синтеза для создания резерва, обеспечивающего жизнедеятельность растения, а большая устойчивость к стресс-факторам *in vitro* растений – оздоровлением при подготовке посадочного материала, так как фенолы синтезируются в ответ на патогенную атаку и окислительный стресс [15–17].

Известно, что биосинтетические изменения напрямую или опосредованно связаны с ключевым этапом реализации наследственной информации – биосинтезом белков. Их гетерогенность и специфичность определяет ход метаболизма и онтогенетическое развитие организма на каждом из этапов жизненного цикла и условий внешней среды (стрессы разной природы, обеспеченность элементами питания, водный режим, регуляторные воздействия и т.п.). При использовании комбинации протеомных методов исследования с метаболомными может быть дана детальная характеристика биохимического статуса целого организма

или отдельной ткани [18, 19]. Подобных исследований на настоящий момент проведено немного, из них единичные – касаются культуры клеток и тканей *in vitro* сортов голубики высокой.

Для двух сортов голубики, характеризующихся высоким накоплением фенольных соединений как в системе *in vivo*, так и *in vitro*, проведен скрининг протеома. Первичный протеомный анализ общего пула белков, выделенных из листовой ткани растений сортов Duke и Earlyblue, позволил выявить индивидуальные белки, претендующие на роль маркеров функционального состояния растений, а также сортоспецифичные белки. При анализе полученных протеомных карт были выявлены полипептиды с молекулярными массами от 224,7 до 17,2 kDa. Белки с одинаковой молекулярной массой у образцов *in vivo* и *in vitro* у разных сортов значительно различались по интенсивности экспрессии.

Так, в листовой ткани растений голубики сорта Duke *in vivo* было выявлено 2 полипептида, не экспрессирующихся у сорта Earlyblue (Мм 37,11 и 63,69 кДа), у которого, в свою очередь, детектируются белки с Мм 53,67,

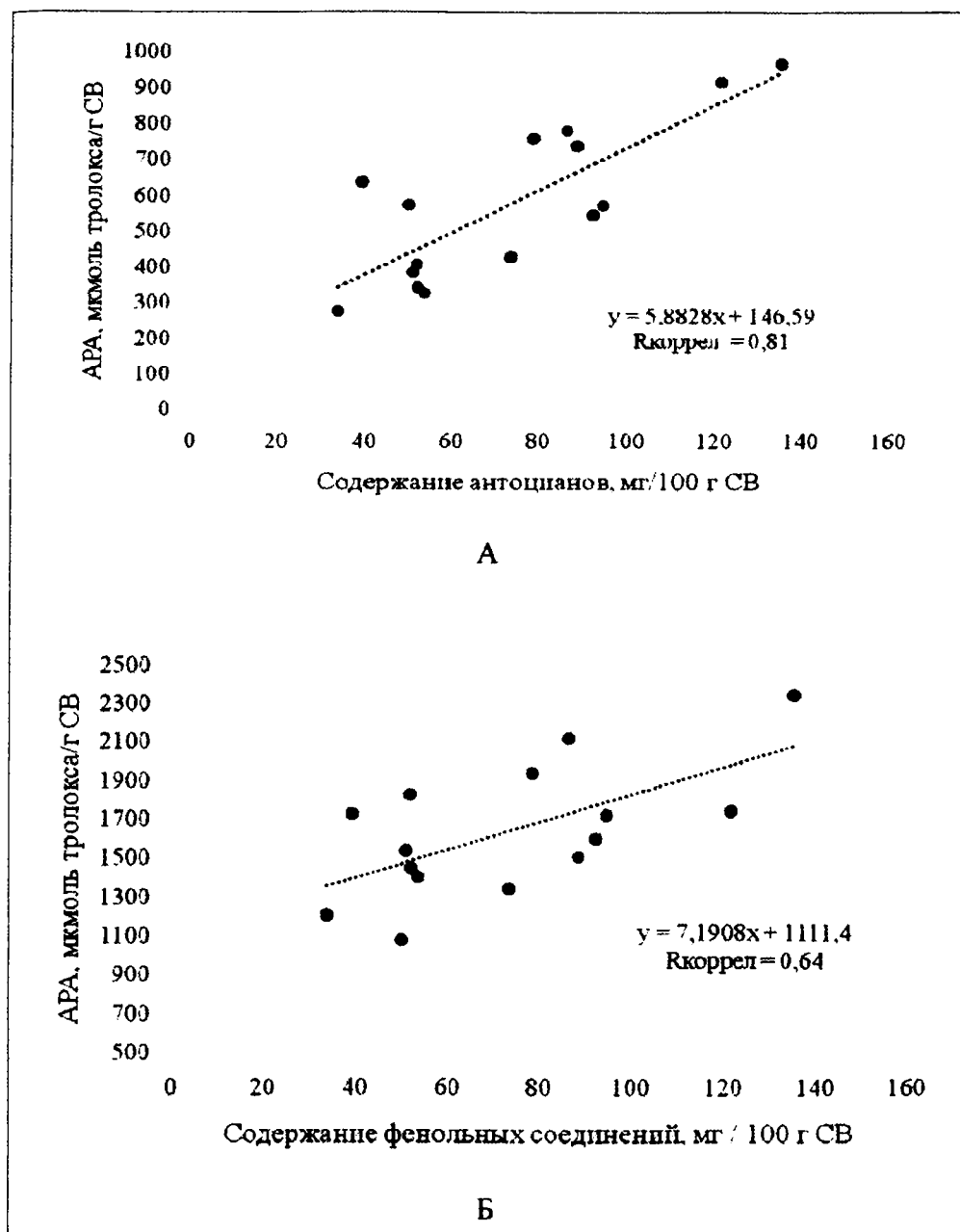


Рис. 4. Корреляционная связь между АРА, мкмоль тролокса / г сухого вещества разных сортов *Vaccinium corymbosum* L. и содержанием антоциановых пигментов (А) и фенольных соединений (Б), мг на 100г СВ

47,05 и 43,48 кДа, отсутствующие на электрофореграмме сорта Duke. Выявленные белки могут претендовать на роль маркеров сортоспецифичности голубики указанных сортов.

В ходе протеомных исследований также были определены белки, характерные только для *in vivo* растений *Vaccinium corymbosum* L. Это белки с Мм 61,47, 54,24 и 45,54 кДа, претендующие на роль белков-маркеров функционального состояния растений голубики.

Полученные данные, совместно с молекулярно-генетическими паспортами, можно использовать при определении функционального состояния растений и для определения сортоответствия представителя рода *Vaccinaceae* – голубики высокой и степени их «оздоровления».

Заключение

В результате проведенных исследований определено содержание суммы фенольных соединений и антоцианов в плодах и листьях различных сортов *Vaccinium corymbosum* L. Максимальное их содержание отмечено у сортов Blue-ray, Blue-rose, Caroline Blue, Herbert, Jersey, Nelson. У исследованных таксонов доля антоциановых пигментов в составе фенольных соединений составляла от 0,01 до 0,8% в зеленых плодах, и от 22 до 52 % – в зрелых. Сорта Earlyblue, Duke, Bluecrop, Bluegold характеризовались наибольшим количеством фенольных соединений в листьях. Определено наличие тесной положительной корреляционной связи между АРА и содержанием антоциановых пигментов в плодах и АРА и содержанием фенольных соединений в плодах и листьях, что может быть использовано для оценки биологической активности плодов и листьев голубики и создания фитопрепаратов на их основе. Определены отличия в накоплении фенольных веществ у сортов голубики, посадочный материал которых производился методами *in vivo* и *in vitro*.

Показано, что протеомный профиль растений голубики высокорослой, совместно с генетическими паспортами, можно использовать для определения сортоответствия представителя рода *Vaccinaceae*.

Список литературы

1. Holton T.A., Cornish E.C. Genetics and biochemistry of anthocyanin biosynthesis // *The Plant Cell*. 1995. Vol. 7. № 7. Pp. 1071–1083.
2. Petroni K., Tonelli C. Recent advances on the regulation of anthocyanin synthesis in reproductive organs // *Plant Science*. 2011. Vol. 181 (3). Pp. 219–229.
3. Zafra-Stone S. [et al.] Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention // *Molecular Nutrition and Food Research*. 2007. Vol. 51 (6). Pp. 675–83.
4. He J., Giusti M.M. Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties // *The Annual Review of Food Science and Technology*. 2010. Vol. 1. Pp. 163–87.

5. Tsuda T. Dietary anthocyanin-rich plants: biochemical basis and recent progress in health benefits studies // *Molecular Nutrition and Food Research*. 2012. Vol. 56 (1). Pp. 159–70.
6. Wrolstad R.E., Dursta R.W., Leeb J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products // *Trends in Food Science and Technology*. 2005. Vol. 16 (9). Pp. 423–428.
7. Готтих М.Б., Ташлицкий В.Н. Определение качественного и количественного состава антоциановых пигментов в составе биологически активных добавок с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) // *Русский медицинский журнал [Электронный ресурс]*. 2007. Т. 8. № 3. – Режим доступа: http://www.rmj.ru/articles_5604.htm. – Дата доступа: 17.01.2009.
8. Jakobek L. [et al.] Anthocyanin content and antioxidant activity of various red fruit juice // *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*. 2007. Vol.103 (2). Pp. 58–64.
9. Wang M. [et al.] Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.) // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2003. Vol. 51 (3). Pp. 601–608.
10. Государственная Фармакопея Республики Беларусь (ГФ РБ II) Том 2, стр. 1207.
11. Re R. [et al.] Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay // *Free Radical Biology and Medicine*. 1999. Vol. 26 (9/10). Pp. 1231–1237.
12. Amme N. [et al.] *Herbal Drugs and Phytopharmaceuticals. A Handbook For Practice* / N. Amme–Boca Raton: CRC Press. 1994. Pp. 486–489.
13. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage / *Nature*. 1970. Vol. 227. № 5259. Т.4. Pp. 680–685.
14. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика: Минск: «Вышэйшая школа», 1964. 328 с.
15. Brainerd K.E. [et al.] Leaf anatomy and water stress of aseptically cultured «Pixy» plum grown under different environments // *Horticultural Science*. 1981. Vol. 16 (2). Pp. 173–175.
16. Jang H. [et al.] Principal phenolic phytochemicals and antioxidant activities of three chinese medicinal plants // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. Vol. 103 (3). P. 749–756.
17. Душенков В., Раскин И. Новая стратегия поиска природных биологически активных веществ // *Физиология растений*. 2008. Т. 55 (4). С. 624–628.
18. Mayr M. [et al.] Vascular proteomics: Linking proteomic and metabolomic changes // *Proteomics*. 2004. Vol. 4. Pp.3751–3761.
19. Palama L. [et al.] Shoot differentiation from protocorm callus cultures of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae): proteomic and metabolic responses at early stage // *BMC Plant Biology*. 2010. Vol. 10. Pp.82–101.

References

1. Holton T.A., Cornish E.C. Genetics and biochemistry of anthocyanin biosynthesis // *The Plant Cell*. 1995. Vol. 7. № 7. Pp. 1071–1083.

2. Petroni K., Tonelli C. Recent advances on the regulation of anthocyanin synthesis in reproductive organs // *Plant Science*. 2011. Vol. 181 (3). Pp. 219–229.
3. Zafra-Stone S. [et al.] Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention // *Molecular Nutrition and Food Research*. 2007. Vol. 51 (6). Pp. 675–83.
4. He J., Giusti M.M. Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties // *The Annual Review of Food Science and Technology*. 2010. Vol. 1. Pp. 163–87.
5. Tsuda T. Dietary anthocyanin-rich plants: biochemical basis and recent progress in health benefits studies // *Molecular Nutrition and Food Research*. 2012. Vol. 56 (1). Pp. 159–70.
6. Wrolstad R.E., Dursta R.W., Leeb J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products // *Trends in Food Science and Technology*. 2005. Vol. 16 (9). Pp. 423–428.
7. Gottikh, M.B., Tashlitskiy, V.N. Opredelenie kachestvennogo i kolichestvennogo sostava antotsianinovykh pigmentov v sostave biologicheskii aktivnykh dobavok s pomoshchyu vysokoeffektivnoy zhidkostnoy khromatografii (VEZhKh) [Determination of the qualitative and quantitative composition of anthocyanin pigments in biologically active additives using high performance liquid chromatography (HPLC)] *Russkiy meditsinskiy zhurnal [Elektronnyy resurs] [Russian Medical Journal [Electronic resource]]*. 2007. Vol.8 (3). – Access mode: http://www.rmj.ru/articles_5604.htm. – Access Date: 17.01.2009.
8. Jakobek L. [et al.] Anthocyanin content and antioxidant activity of various red fruit juice // *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*. 2007. Vol.103 (2). Pp. 58–64.
9. Wang M. [et al.] Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.) // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2003. Vol. 51 (3). Pp. 601–608.
10. Gosudarstvennaya Farmakopeya Respubliki Belarus (GF RB II) [State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus (SF RB II)] Vol. 2. Pp. 1207.
11. Re R. [et al.] Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay // *Free Radical Biology and Medicine*. 1999. Vol. 26 (9/10). Pp. 1231–1237.
12. Amme N. [et al.] *Herbal Drugs and Phytopharmaceuticals. A Handbook For Practice* / N. Amme–Boca Raton: CRC Press. 1994. Pp. 486–489.
13. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage / *Nature*. 1970. Vol. 227. № 5259. T.4. Pp. 680–685.
14. Rokitskiy, P. F. *Biologicheskaya statistika [Biological statistics]* – Minsk: «Vysheyschaya shkola» [Minsk: Publishing house «Graduate School»], 1964. 328 p.
15. Brainerd K.E. [et al.] Leaf anatomy and water stress of aseptically cultured «Pixy» plum grown under different environments // *Horticultural Science*. 1981. Vol. 16 (2). Pp. 173–175.
16. Jang H. [et al.] Principal phenolic phytochemicals and antioxidant activities of three chinese medicinal plants // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. Vol. 103 (3). Pp. 749–756.
17. Dushenkov V., Raskin I. Novaya strategiya poiska prirodnnykh biologicheskii aktivnykh veshchestv [A new search strategy for natural biologically active substances] // *Fiziologiya rasteniy [Plant Physiology]*. 2008. Vol. 55 (4). Pp. 624–628.
18. Mayr M. [et al.] Vascular proteomics: Linking proteomic and metabolomic changes // *Proteomics*. 2004. Vol.4. Pp.3751–3761.
19. Palama L. [et al.] Shoot differentiation from protocorm callus cultures of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae): proteomic and metabolic responses at early stage // *BMC Plant Biology*. 2010. Vol. 10. Pp.82–101.

Информация об авторах

Чижик Ольга Владимировна, канд. биол. наук, доцент, зав. лабораторией

E-mail: chizhikolga17@gmail.com

Деева Алла Михайловна, канд. биол. наук, с.н.с.

E-mail: alladzeeva@gmail.com

Решетников Владимир Николаевич, академик, доктор биол. наук, профессор, зав. отделом

Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»
220012, Республика Беларусь, Минск, ул. Сурганова, дом 2В

Information about the authors

Chizhik Olga Vladimirovna, PhD, Associated Professor, Head of Laboratory

E-mail: chizhikolga17@gmail.com

Deeva Alla Mikhailovna, PhD, Senior Researcher

E-mail: alladzeeva@gmail.com

Reshetnikov Vladimir Nikolaevich, Academician, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Department

E-mail: V.Reshetnikov@cbg.org

The Central Botanical Garden of National Academy of Sciences of Belarus
220012, Belarus, Minsk, street Surganova, the house 2B

О.И. Молканова

канд. с.-х. наук, вед. н. с.

E-mail: molkanova@mail.ru

Ю.Н. Горбунов

д-р. биол. наук, гл. н. с.

E-mail: gbsran@mail.ru

Д.А. Егорова

мл. н. с.

E-mail: dariaegor11@gmail.com

ФГБУН Главный ботанический сад

им. Н. В. Цицина РАН

Применение антиоксидантов и сорбентов при клональном микроразмножении *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.

Chamaenerion angustifolium (L.) Scop. характеризуется широким комплексом хозяйственно-полезных свойств. Оптимальным способом размножения данной культуры является клональное микроразмножение. Однако размножение *Ch. angustifolium* in vitro сопряжено с определенными трудностями, обусловленными наличием в его химическом составе большого количества полифенольных соединений, приводящих к фенольной экссудации растительных тканей и питательной среды. Изучено влияние антиоксидантов (аскорбиновой, лимонной кислот) и сорбентов (поливинилпирролидона и активированного угля) на рост и развитие регенерантов. Установлено, что оптимальной питательной средой для клонального микроразмножения *Ch. angustifolium* оказалась среда MS, содержащая 0,5 мг/л 6-BAР, 50 мг/л аскорбиновой и 50 мг/л лимонной кислот. Коэффициент размножения составил $5,2 \pm 0,3$. На стадии ризогенеза наибольший процент укоренения микропобегов (90%) и наилучшее развитие корневой системы (длина корней составила $2,5 \pm 0,02$ см, число корней – $9,8 \pm 0,75$ шт.) были достигнуты на питательной среде $\frac{1}{2}$ MS, содержащей 20 мг/л сахарозы, 1,0 мг/л IBA и 50 мг/л активированного угля.

Ключевые слова: *Chamaenerion angustifolium*, фенольная экссудация, клональное микроразмножение, коэффициент размножения.

O.I. Molkanova

Cand Sci Agr., Leading Researcher

E-mail: molkanova@mail.ru

Yu.N. Gorbunov

Dr. Sci. Biol., Main Researcher

E-mail: gbsran@mail.ru

D.A. Egorova

Junior Researcher

E-mail: dariaegor11@gmail.com

FSBIS Tsitsin Main Botanical Garden RAS

Application of antioxidants and sorbents in clonal micro-propagation of *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.

Chamaenerion angustifolium (L.) Scop. is characterized by a wide range of economically useful properties. The optimal way of propagation of this culture is clonal micropropagation. However, in vitro propagation of *Ch. angustifolium* is associated with certain difficulties due to presence of large quantities of polyphenolic compounds in chemical composition leading to the phenolic exudation of plant tissues and nutrient medium. The effect of antioxidants (ascorbic and citric acids) and sorbents (polyvinylpyrrolidone and activated charcoal) on growth and development of regenerants was studied. It was found that the most optimal nutrient medium for clonal micropropagation of *Ch. angustifolium* was MS medium containing 0,5 mg/l 6-BAP, 50 mg/l ascorbic acid and 50 mg/l citric acid. The multiplication factor was 5.2 ± 0.3 . At the stage of rhizogenesis the highest percentage rooting of microshoots (90%) and the best development of the root system (root length was 2.5 ± 0.02 cm, the number of roots – 9.8 ± 0.75 pcs.) were achieved on a nutrient medium $\frac{1}{2}$ MS containing 20 mg/l sucrose, 1,0 mg/l IBA and 50 mg/l activated carbon.

Keywords: *Chamaenerion angustifolium*, phenolic exudation, clonal micropropagation, multiplication factor.

DOI: 10.25791/BBGRAN.04.2020.1072

Введение

Chamaenerion angustifolium (L.) Scop. – иван-чай, кипрей узколистный относится к семейству *Onagraceae* Juss. – Кипрейные. Род *Chamaenerion* Hill. насчитывает 8

видов, распространенных в Евразии и Северной Америке, во флоре России 3 вида [1].

Ch. angustifolium характеризуется широким комплексом хозяйственно-полезных свойств, обусловленных богатым биохимическим составом. Листья и цветки иван-чая

содержат значительное количество аскорбиновой кислоты (этого антиоксиданта в растении в 3 раза больше, чем в апельсинах и в 6,5 раза больше, чем в лимонах – от 90 до 588 мг% на 100 г сырой массы), флавоноидные и антоциановые соединения, алкалоиды (около 0,1%), до 10% танинов пирогалловой группы, а также слизь (до 15%), сахара, пектин, дубильные вещества (до 10% и более), фитостерины [2-4]. В вегетативной части *Ch. angustifolium* обнаружено 16 аминокислот, шесть из которых – незаменимые (в настоящее время принято считать, что для взрослого человека существует восемь незаменимых аминокислот). Считается, что 100 г сухого сырья покрывает от 5 до 10% суточной потребности для взрослого человека в незаменимых аминокислотах [5].

В народной медицине отвар травы иван-чая используют как жаропонижающее, вяжущее, мягчительное, обволакивающее, ранозаживляющее средство, применяют при золотухе, головных болях, эпилепсии, а также при лечении различного вида злокачественных опухолей и как снотворное [6, 7]. Группой российских специалистов из соцветий иван-чая, собранных в фазу массового цветения, был получен лекарственный препарат «Ханерол», обладающий высокой противоопухолевой активностью и гематогутинирующим действием [8].

Ch. angustifolium широко известен как ценное кормовое растение и является прекрасным летним медоносом. Медопродуктивность достигает 600 кг и более с гектара зарослей [3]. Иван-чай имеет также пищевое значение. Из листьев готовят заменитель чая (так называемый копорский чай). Корневища и молодые побеги перспективны для использования в пищу в свежем и маринованном виде. Побеги кипрея по содержанию белка приближаются к высокобелковым бобовым растениям, а состав белка свидетельствует о его высоком качестве [9].

Как видно из представленных данных, иван-чай является очень перспективным растением с большим потенциалом в области комплексного использования, в связи с чем возникает необходимость введения его в широкую культуру. Практическое осуществление семенного способа размножения связано с рядом трудностей, обусловленных биологическими особенностями процесса прорастания семян и развития всходов [5, 10]. Также для *Ch. angustifolium* характерна межвидовая гибридизация, осложняющая получение генетически однородного материала [11]. Предложенные технологии вегетативного размножения (корневищами и зелеными черенками) экономически нерентабельны, они не позволяют получить большое количество растений за короткий период [5, 10]. Наиболее перспективным методом получения большого количества единиц посадочного материала иван-чая является клональное микроразмножение. Важным достоинством этого метода является возможность проводить работы по размножению в течение всего года. В лаборатории биотехнологии растений Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН) был проведен цикл работ, посвященных размножению *in vitro* белоцветковой формы иван-чая [12, 13]. В 2016 году был разработан протокол,

описывающий быстрый и высокоэффективный способ регенерации побегов из эксплантов типичной лиловоцветковой формы *Ch. angustifolium* [11]. Настоящая работа посвящена оптимизации разработанной методики.

Некоторые исследователи отмечают, что при культивировании *in vitro* *Ch. angustifolium* существует проблема гибели большого количества эксплантов на стадии инициации из-за окисления фенольных соединений [11, 14]. Многие растения, особенно лекарственные и ароматические, содержат большое количество фенольных соединений, концентрация которых может сильно варьировать у разных генотипов одного и того же вида [15]. В результате повреждений при изолировании экспланта активируются ферменты, окисляющие фенолы [16]. В щелочной и нейтральной среде фенолы окисляются в хиноны, ингибирующие деление и рост клеток, что ведет к гибели первичного экспланта или к уменьшению способности растительных тканей к пролиферации. Для снижения отрицательного воздействия полифенолов на развитие эксплантов на этапе микроразмножения целесообразно добавлять в питательную среду антиоксиданты (аскорбиновую, лимонную кислоты), сорбенты (поливинилпирролидон, активированный уголь), снижать освещенность до 500 клк и уменьшать период беспересадочного культивирования в 2 раза [17, 18]. На стадии ризогенеза с целью увеличения количества жизнеспособных растений также рекомендуется добавлять вещества, обладающие антиоксидантной активностью или сорбенты [19]. Чаше всего для улучшения роста и стимулирования морфогенеза у разных видов растений используется активированный уголь. Активированный уголь помогает уменьшить количество света, проходящего через питательную среду, увеличивает скорость укоренения и улучшает развитие регенерантов. Однако добавление высоких концентраций адсорбента может вызвать уменьшение концентрации питательных веществ (ауксинов, цитокининов, витаминов и др.) [20].

Целью данного исследования было совершенствование состава питательной среды для *Ch. angustifolium in vitro* для предотвращения гибели эксплантов на стадии инициации и потери регенерационной способности из-за фенольной интоксикации растительных тканей.

Материал и методы

В работе были использованы растения лиловоцветковой формы *Ch. angustifolium* из коллекции лекарственных растений Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН). Подготовку эксплантов и введение их в культуру *in vitro* производили в стерильных условиях согласно методике, изложенной ранее [12, 13]. Для введения в культуру *in vitro* *Ch. angustifolium* и изучения влияния антиоксидантов на рост и развитие микрорастений использовали питательную среду MS (Murashige and Skoog), дополненную 6-BAР (6-бензиламинопурином) в концентрации 0,1–0,5 мг/л. В качестве антиоксидантов применяли лимонную (СА)

и аскорбиновую кислоту (АА) в концентрации 50 мг/л и 100 мг/л, а также сочетание аскорбиновой и лимонной кислот (в концентрации 25 мг/л и 50 мг/л). В качестве сорбента использовали PVP (поливинилпирролидон) и активированный уголь (АС) в концентрации 50 мг/л и 100 мг/л. На стадии укоренения использовали $\frac{1}{2}$ MS, содержащую сахарозу в концентрации 20 мг/л и IBA (индолилмасляную кислоту) в концентрации 1,0 мг/л. В качестве контроля брали среду MS без добавления антиоксидантов и сорбентов. Степень фенольной экссудации (выделение фенольных соединений в питательную среду) оценивалась визуально, по интенсивности потемнения питательной среды: экссудация отсутствует или незначительная <10%; низкая экссудация 10–25%; средняя экссудация 25–50%; высокая экссудация >50% [14]. Опыты проводили в 3-кратной повторности, по 10 эксплантов в каждом варианте. На стадии размножения измеряли длину и определяли число микропобегов, рассчитывали коэффициент размножения. Статистические данные обрабатывались в пакете программ для анализа данных – PAST (PAleontological STatistics).

Результаты и обсуждение

Часто трудностью для получения стерильной культуры и дальнейшего успешного клонального микроразмножения растений является побурение тканей первичных эксплантов и питательных сред за счет экссудации фенольных соединений из поверхности срезов. Для решения этой проблемы в состав питательной среды вводят антиоксиданты и сорбенты, которые предупреждают активацию гидролитических ферментов и гибель эксплантов.

Наибольшую фенольную интоксикацию (26,7%) наблюдали в контрольном варианте (рис. 1).



Рис. 1. Высокая фенольная экссудация эксплантов *Chamaenerion angustifolium*

Оптимальный результат по уменьшению отрицательного влияния фенолов был получен на питательных средах, содержащих поливинилпирролидон. При этом фенольная экссудация уменьшалась с увеличением содержания сорбента в два раза (рис. 2).

Наименее эффективным антиоксидантом оказалась лимонная кислота. При увеличении ее концентрации в 2 раза высокая экссудация снизилась на 3,4%, одновременно число вариантов с низкой экссудацией возросло на 6,7%. Добавление аскорбиновой кислоты способствовало снижению фенольной интоксикации, и при повышении концентрации кислоты в 2 раза число непораженных эксплантов выросло в 1,5 раза. Хотя A.U. Turker et al. [14] сообщают о решении проблемы интоксикации фенольными метаболитами путем добавления в питательные среды 100 мг/л аскорбиновой кислоты, M. Dreger et al. [11] отмечают, что антиоксидантный эффект витамина С был недостаточным в их исследованиях. Сочетание аскорбиновой и лимонной кислот в концентрациях 25 мг/л позволило получить более 76,7% непораженных эксплантов. При увеличении концентраций кислот в 2 раза высокая экссудация была нивелирована, однако число непораженных эксплантов уменьшилось на 6,7%. Кроме этого, определяли влияние антиоксидантов и сорбента и их концентраций на морфометрические показатели *Ch. angustifolium* (рис. 3).

Сравнительный анализ полученных данных на всех вариантах питательных сред не показал существенной разницы между числом микропобегов, за исключением контроля. Наименьшее значение этого показателя ($1,1 \pm 0,1$ шт.) наблюдали в контрольном варианте, для которого была характерна частичная гибель эксплантов из-за высокой фенольной экссудации, а также замедление роста и развития регенерантов.

При изучении влияния различных антиоксидантов и концентраций на длину микропобегов максимальное значение показателя ($23,3 \pm 1,1$ см) было отмечено на среде, содержащей 50 мг/л аскорбиновой и лимонной кислот (рис. 4).

Существенное увеличение длины микропобегов наблюдали на средах, содержащих 100 мг/л аскорбиновой кислоты и 25 мг/л аскорбиновой и лимонной кислот ($18,0 \pm 1,4$ см и $16,9 \pm 1,1$ см соответственно). В остальных вариантах по сравнению с контролем также наблюдали увеличение длины микропобегов, однако между показателями не было достоверных различий.

Установлено, что все исследуемые антиоксиданты и сорбенты способствовали увеличению коэффициента размножения (рис.5).

На среде с добавлением аскорбиновой и лимонной кислоты (по 50 мг/л) этот показатель существенно превышал значения, полученные при использовании других концентраций, и составил $5,2 \pm 0,3$. В остальных вариантах коэффициент размножения варьировал слабо. На питательных средах, содержащих поливинилпирролидон, листья и микропобеги становились обводненными, для листовых пластинок было характерно нарушение морфологии и скручивание. Растения теряли способность к пролиферации и, как следствие, имели низкий коэффициент размножения.

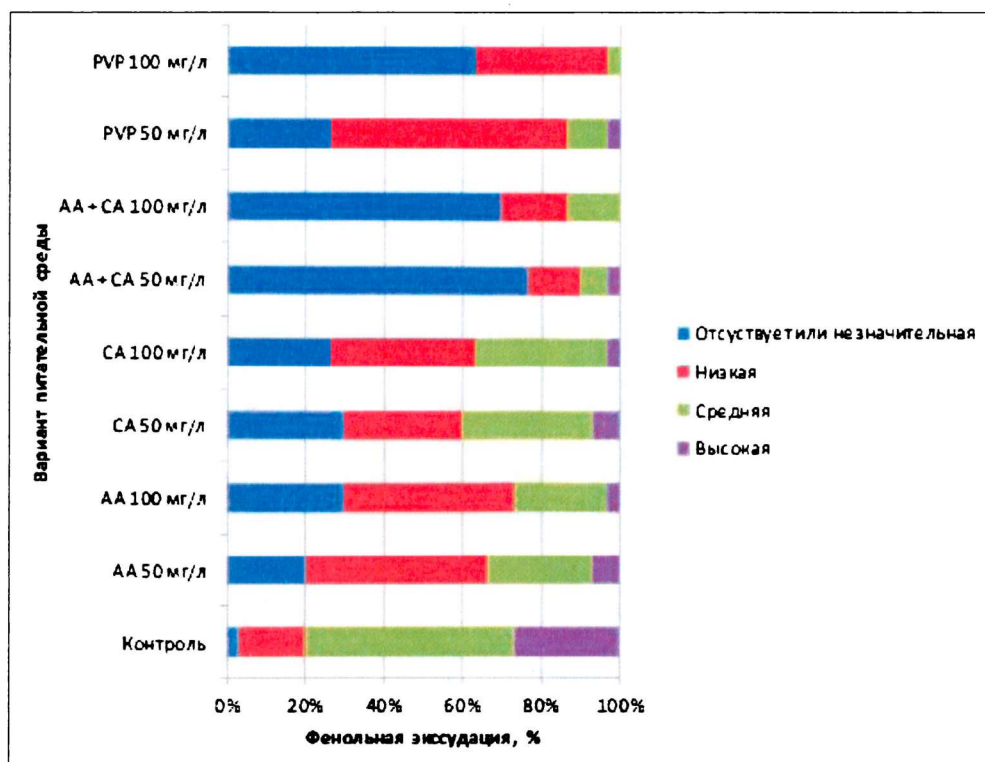


Рис. 2. Влияние антиоксидантов/сорбента (AA – аскорбиновая кислота, CA – лимонная кислота, PVP – поливинилпирролидон) и их концентраций на уровень фенольной экссудации в питательной среде

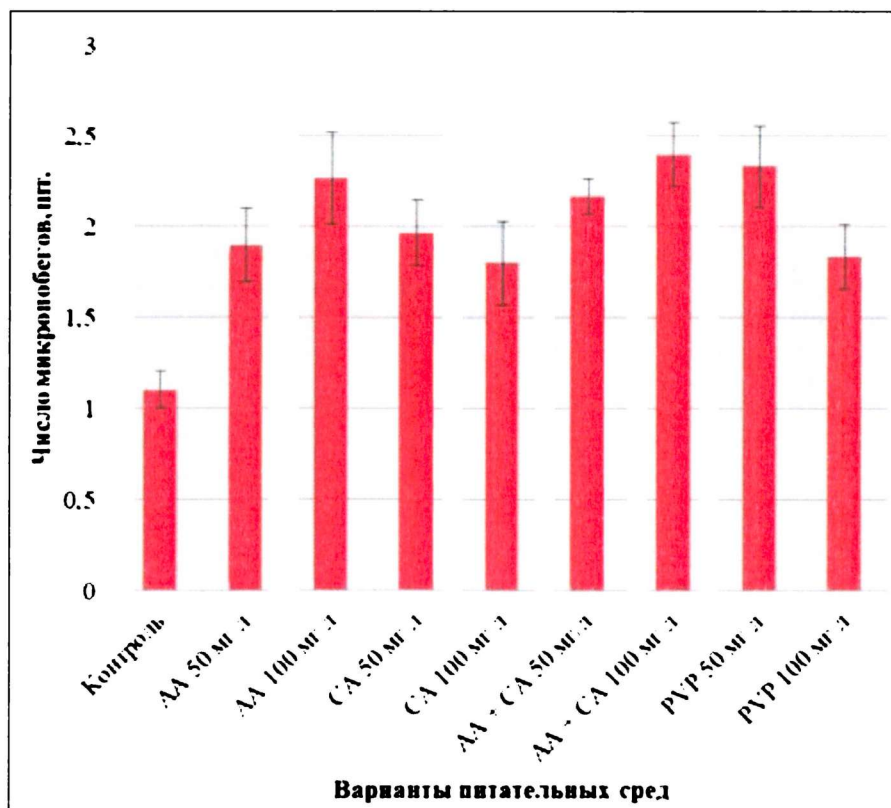


Рис. 3. Влияние антиоксидантов/сорбента (AA – аскорбиновая кислота, CA – лимонная кислота, PVP – поливинилпирролидон) и их концентраций на число микробов *Chamaenerion angustifolium* на стадии собственно размножения

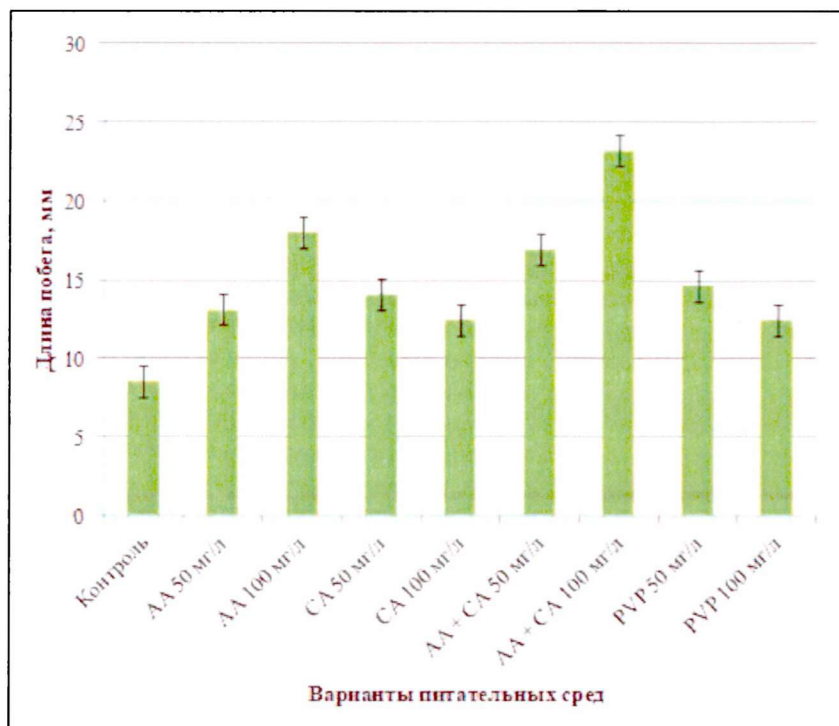


Рис. 4. Влияние антиоксидантов/сорбента (AA – аскорбиновая кислота, CA – лимонная кислота, PVP – поливинилпирролидон) и их концентраций на длину микропобегов *Chamaenerion angustifolium* на стадии собственно размножения

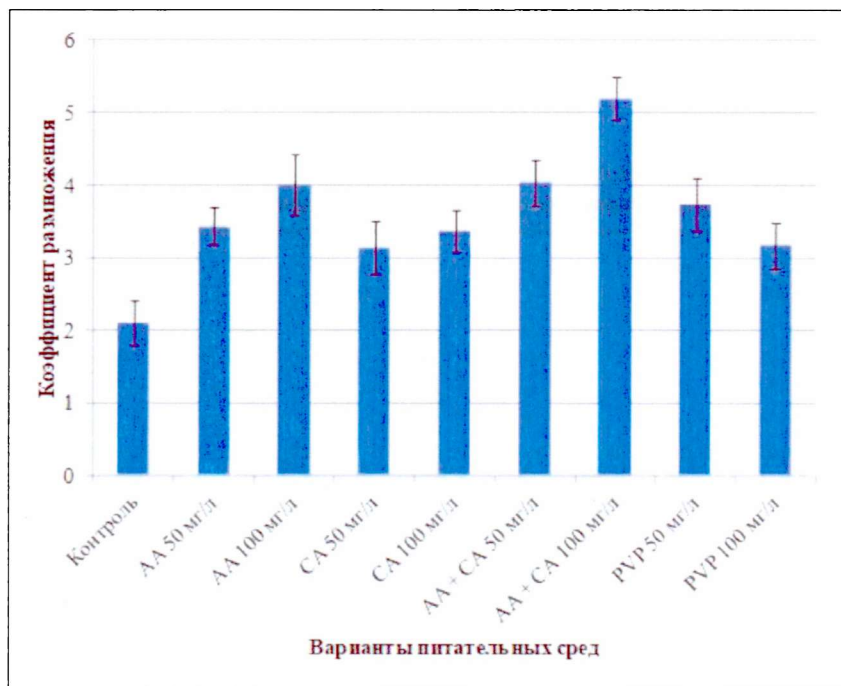


Рис. 5. Влияние антиоксидантов/сорбента (AA – аскорбиновая кислота, CA – лимонная кислота, PVP – поливинилпирролидон) и их концентраций на коэффициент размножения *Chamaenerion angustifolium* на стадии собственно размножения

Экссудация фенольных соединений влияет на весь процесс корнеобразования. Как и на стадии микроразмножения, для предотвращения окисления питательной среды следует применять антиоксиданты и сорбенты [19]. Накопление ингибирующих веществ (фенольных соединений) в питательной среде оказывало отрицательное воздействие на ризогенез *Ch. angustifolium in vitro* (рис. 6).

В контрольном варианте через 20 дней корни образовывали 50% регенерантов, при этом фенольная экссудация наблюдалась у 43% растений. Использование аскорбиновой и лимонной кислот в концентрации 50 и 100 мг/л позволило повысить укореняемость до 73,0% и 76,9%, соответственно, а также полностью исключить выделение фенольных соединений в питательную среду. При использовании сорбентов фенольная экссудация отсутствовала. Наибольший процент укореняемости наблюдался на питательных средах, содержащих 50 мг/л активированного угля (90,0%) и 50 мг/л поливинилпирролидона (88,4%). Морфометрические показатели также сильно варьировали в зависимости от добавления антиоксидантов и сорбентов в питательные среды (табл. 1).

Наименьшую длину корней ($0,4 \pm 0,02$ см) наблюдали в контрольном варианте. Низкое число корней образовывалось при культивировании регенерантов на питательных средах с добавлением 50 мг/л аскорбиновой и лимонной кислот ($5,1 \pm 0,35$ шт.). Наилучшие результаты по укоренению были достигнуты на питательной среде, содержащей активированный уголь в концентрации 50 мг/л: длина корней составила $2,5 \pm 0,02$ см, число корней – $9,8 \pm 0,75$ шт. Повышение концентрации активированного угля не оказало положительного эффекта на ризогенез растений (рис. 7).

Заключение

Таким образом, оптимальный результат по уменьшению отрицательного влияния фенолов был получен на питательных средах, содержащих поливинилпирролидон, однако на данных средах наблюдали обводнение микропобегов, которое приводило к укорачиванию побегов и снижению коэффициента размножения. В связи с этим наиболее

Таблица 1. Влияние антиоксидантов/сорбентов на морфометрические показатели *Chamaenerion angustifolium* на стадии укоренения

Антиоксиданты/сорбенты	Концентрация, мг/л	Длина корней, см	Число корней, шт.
Контроль	-	0,4±0,02	6,8±0,63
Аскорбиновая + лимонная кислоты	50,0	1,5±0,04	5,1±0,35
	100,0	1,7±0,03	6,0±0,53
Древесный уголь	50,0	2,5±0,02	9,8±0,75
	100,0	2,0±0,03	7,6±0,34
PVP	50,0	1,1±0,06	6,0±0,28
	100,0	0,8±0,03	5,7±0,29

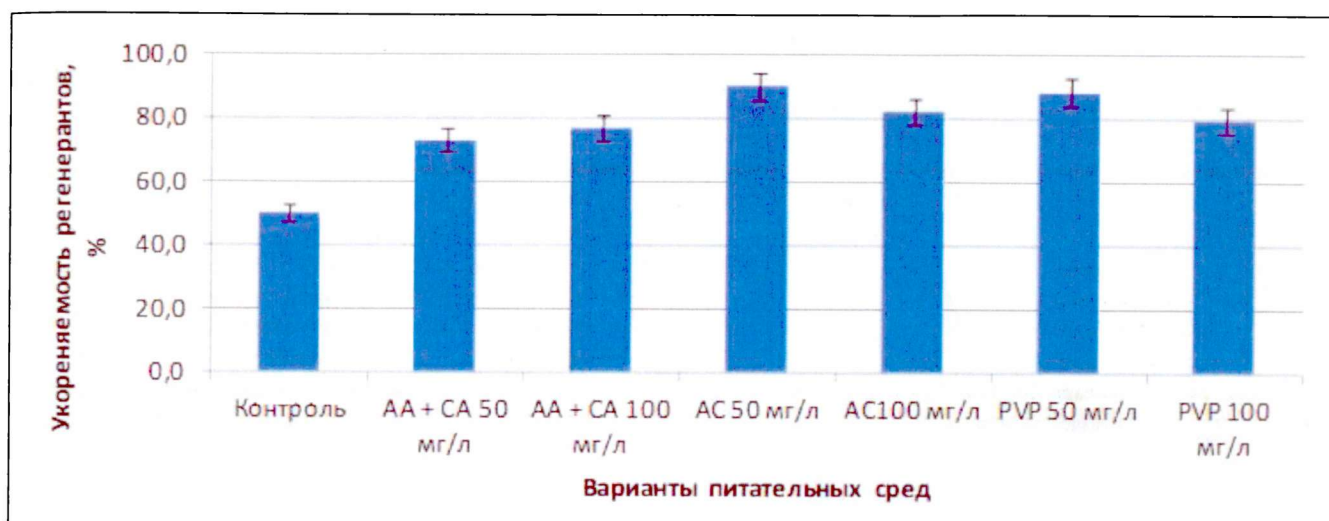


Рис. 6. Влияние антиоксидантов/сорбента (AA – аскорбиновая кислота, CA – лимонная кислота, AC – активированный уголь, PVP – поливинилпирролидон) и их концентраций на укореняемость регенерантов *Chamaenerion angustifolium* на стадии ризогенеза

эффективной питательной средой для пролиферации *Ch. angustifolium* является среда, содержащая 50 мг/л аскорбиновой и 50 мг/л лимонной кислот. Проявление фенольной экссудации на этой среде составило 30%, при этом 16,7% относились к низкой экссудации, длина побегов (23,3±1,1 см) и коэффициент размножения (5,2±0,3) были максимальными. На стадии ризогенеза наилучшим вариантом питательной среды оказалась ½ MS, содержащая 20 мг/л сахарозы, 1,0 мг/л IBA и 50 мг/л активированного угля. Добавление сорбента способствовало увеличению укореняемости до 90% и привело к улучшению развития регенерантов.

Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН
(№118021490111-5).

Список литературы

1. Киселева К.В., Майоров С.Р., Новиков В.С. Флора средней полосы России: Атлас-определитель. М.: ЗАО Фитон+, 2010. 544 с.

2. Царев В.Н., Базарнова Н.Г., Дубенский М.М. Кипрей узколистый (*Chamaenerion angustifolium* L.) химический состав, биологическая активность (обзор) // Химия растительного сырья. 2016. № 4. С. 15-26.

3. Бушуева Г.Р., Сыроешкин А.В., Максимова Т.В., Скальный А.В. Кипрей узколистый – перспективный источник биологически активных соединений // Микроэлементы в медицине. 2016. Т. 17. № 2. С. 15-23.

4. Корсун В.Ф., Виктор В.К., Корсун Е.В., Даньшин Е.А. Русский Иван-чай. М.: Простор Оптима, 2015. 185 с.

5. Шапиро Я.С. Некоторые аспекты культивирования кипрея узколистного (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub, Onagraceae). Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета // 2015. № 39. С. 29–32.

6. Злобина Т. И. Целительная сила Алтая. Барнаул, 2009. 272 с.

7. Минаева В.Г. Лекарственные растения Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. Отделение, 1991. 431 с.

8. Рабинович А.М. Фитотерапия против рака // Экология и жизнь. 2001. № 5. С. 78-81.



Рис. 7. Формирование регенерантов *Chamaenerion angustifolium* на питательной среде с добавлением 50 мг/л активированного угля

9. Шапиро Я.С. Предпосылки культивирования и переработки кипрея узколистного как овощной культуры // Известия Санкт-Петербургского гос. аграрного ун-та. 2016. №43. С. 16-20

10. Старковский Б.Н. Разработка агроприемов при возделывании кипрея узколистного на кормовые цели // Автореф. дис. канд. с.-х. наук. Вологда. 2003. 18 с.

11. Dreger M., Makowiecka J., Michalik J., Wielgus T. Application of multi-shoots cultures in micropropagation of willow herb (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) // Herba Polonica. 2016. № 62.3. Pp. 28-39.

12. Molkanova O.I., Egorova D.A., Mitrofanova I.V. Preservation characteristics of valuable plant species in *in vitro* genebanks at russian botanical gardens // In Vitro. Cellular & Developmental Biology. 2018. № 54. Pp. 546-547.

13. Егорова Д.А., Горбунов Ю.Н., Молканова О.И. Способ клонального микроразмножения иван-чая узколистного (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub) // Патент России № 2016147063. 26.07. 2018.

14. Turker A.U., Mutlu E.C., Yildirm A.B. Efficient *in vitro* regeneration of fireweed, a medicinal plant // Acta Physiol Plant. 2008. № 30 (4). Pp. 421-426.

15. Nayanakantha N.M.C., Singh B.R., Kumar A. Improved culture medium for micropropagation of *Aloe vera* L. // Trop Agric Res Exten. 2010. № 13. Pp. 87-93

16. Гвасалия М.В. Спонтанные и индуцированные сорта и формы чая (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) во влажных субтропиках России и Абхазии, перспективы их размножения и сохранения в культуре *in vitro* // Дис. канд. биол. наук. Краснодар. 2015. 159 с.

17. Rani V., Raina S.N. Genetic fidelity of organized meristem derived micropropagated plants: A critical reappraisal // In Vitro Cell Dev. Biol. Plant. 2000. V. 36. Pp. 319-330.

18. Ветчинкина Е.М., Ширнина И.В., Ширнин С.Ю., Молканова О.И. Сохранение редких видов растений в генетических коллекциях *in vitro* // Вестн. Балт. гос. ун-та им. И. Канта. 2012. Вып. 7. С. 109-118.

19. Melo L.A., Xavier A., Takahashi E.K., Rosado A.M., Paiva H.N. Effectiveness of ascorbic acid and PVP in the rooting of clonal mini-cuttings of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* // Cerne. 2011. Vol. 17. Pp. 499-507.

20. Pan M., Van Staden J. The effect of activated charcoal and auxins on root formation by hypocotyl segments of *Daucus carota* // S. Afr. J. Bot. 2002. 68. Pp. 349-356.

21. Çördük N., Aki C. Inhibition of browning problem during micropropagation of *Sideritis trojanab* Bornm., an endemic medicinal herb of Turkey // Rom Biotechnol Lett. 2011. №16. Pp. 6760-6765.

References

1. Kiseleva K.V., Majorov S.R., Novikov V.S. Flora srednej polosity Rossii: Atlas-opredelitel [Flora of Central Russia: Atlas Key]. M.: ZAO «Fiton+» [Moscow: Publishing house JSC «Fiton+»], 2010. 544 p.

2. Tsarev V.N., Bazarnova N.G., Dubenskij M.M. Kiprej uzkolistnyj (*Chamaenerion angustifolium* L.) khimicheskij sostav, biologicheskaya aktivnost (obzor) [Narrow-leaved fireweed (*Chamaenerion angustifolium* L.) chemical composition, biological activity (review)] // Khimiya rastitelnogo syrya [Chemistry of vegetable raw materials]. 2016. № 4. Pp. 15-26.

3. Bushueva G.R., Syroeshkin A.V., Maksimova T.V., Skalnyj A.V. Kiprej uzkolistnyj – perspektivnyj istochnik biologicheski aktivnykh soedinenij [Narrow-leaved fireweed - a promising source of biologically active compounds] // Mikroelementy v meditsine [Microelements in medicine]. 2016. Vol. 17. № 2. Pp. 15-23.

4. Korsun V.F., Viktorov V.K., Korsun E.V., Danshin E.A. Russkij Ivan-chaj [Russian ivan-tea]. M.: Prostor Optima [Moscow: Publishing house «Prostor Optim»], 2015. 185 p.
5. Shapiro Y.S. Nekotorye aspekty kultivirovaniya kipreya uzkolistnogo (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub, Onagraceae) [Some cultivation aspects of fireweed (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub, Onagraceae)]. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University.] // 2015. № 39. Pp. 29-32.
6. Zlobina T. I. Tselitel'naya sila Altaya. [Healing power of Altai] Barnaul, 2009. 272 p.
7. Minaeva V.G. Lekarstvennye rasteniya Sibiri [Medicinal plants of Siberia]. Novosibirsk: Nauka. Sib. Otdelenie [Novosibirsk: Publishing house «Science. Siberian branch»], 1991. 431 p.
8. Rabinovich A.M. Fitoterapiya protiv raka [Herbal medicine against cancer] // Ekologiya i zhizn [Ecology and life]. 2001. № 5. Pp. 78-81.
9. Shapiro YA.S. Predposylki kultivirovaniya i pererabotki kipreya uzkolistnogo kak ovoshchnoj kultury [Prerequisites for the cultivation and processing of narrow-leaved fireweed as a vegetable culture] // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gos. agrarnogo un-ta [Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University]. 2016. №43. Pp. 16-20.
10. Starkovskij B. N. Razrabotka agropriemov pri vozdevlyanii kipreya uzkolistnogo na kormovye celi [Development of fireweed agricultural practices for the forage purposes cultivation] // Avtoref. dis. kand. s.-h. Nauk [Dissertation abstract of Ph.D. of Agricultural Sciences]. Vologda. 2003. 18 p.
11. Dreger M., Makowiecka J., Michalik J., Wielgus T. Application of multi-shoots cultures in micropropagation of willow herb (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) // Herba Polonica. 2016. Vol. 62.N 3. Pp. 28-39.
12. Molkanova O.I., Egorova D.A., Mitrofanova I.V. Preservation characteristics of valuable plant species in *in vitro* genebanks at russian botanical gardens // In Vitro. Cellular & Developmental Biology. 2018. № 54. Pp. 546–547.
13. Egorova D.A., Gorbunov Y.N., Molkanova O.I. Spособ klonalnogo mikrorazmnozheniya ivan-chaya uzkolistnogo (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub) [The method of fireweed clonal micropropagation (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub)] // Patent Rossii № 2016147063 [Russian Patent No. 2016147063]. 26.07. 2018.
14. Turker A.U., Mutlu E.C., Yildirm A.B. Efficient *in vitro* regeneration of fireweed, a medicinal plant // Acta Physiol Plant. 2008. № 30 (4). Pp. 421–426.
15. Nayanakantha N.M.C., Singh B.R., Kumar A. Improved culture medium for micropropagation of *Aloe vera* L. // Trop Agric Res Exten. 2010. № 13. Pp. 87–93.
16. Gvasaliya M.V. Spontannye i inducirovannye sorta i formy chaya (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) vo vlaznykh subtropikah Rossii i Abkhazii, perspektivy ih razmnozheniya i sohraneniya v kulture *in vitro* [Spontaneous and induced varieties and forms of tea (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) in the humid subtropics of Russia and Abkhazia, prospects for their reproduction and conservation *in vitro*] // Dis. kand. biolog. Nauk [Dissertation of Ph.D. of Biological Sciences]. Krasnodar, 2015. 159 p.
17. Rani V., Raina S.N. Genetic fidelity of organized meristem derived micropropagated plants: A critical reappraisal // In Vitro Cell Dev. Biol. Plant. 2000. Vol. 36. Pp. 319–330.
18. Vetchinkina E.M., Shirmina I.V., Shirm S.Y., Molkanova O.I. Sohranenie redkih vidov rastenij v geneticheskikh kollekciyakh *in vitro* [Conservation of rare plant species in genetic collections *in vitro*] // Vestn. Balt. gos. un-ta im. I. Kanta [Bulletin of Immanuel Kant Baltic Federal University]. 2012. Vol. 7. Pp. 109–118.
19. Melo L.A., Xavier A., Takahashi E.K., Rosado A.M., Paiva H.N. Effectiveness of ascorbic acid and PVP in the rooting of clonal mini-cuttings of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* // Cerne. 2011. Vol. 17. Pp. 499–507.
20. Pan M., Van Staden J. The effect of activated charcoal and auxins on root formation by hypocotyl segments of *Daucus carota* // S. Afr. J. Bot. 2002. Vol. 68. Pp. 349–356.
21. Çördük N., Aki C. Inhibition of browning problem during micropropagation of *Sideritis trojana* bormm., an endemic medicinal herb of Turkey // Rom Biotechnol Lett. 2011. № 16. Pp. 6760–6765.

Информация об авторах

Молканова Ольга Ивановна, канд. с.-х. наук, вед. н. с.
E-mail: molkanova@mail.ru
Горбунов Юрий Николаевич, д-р. биол. наук, гл. н. с.
E-mail: gbsran@mail.ru
Егорова Дарья Александровна, мл. н. с.
E-mail: dariaegor11@gmail.com
ФГБУН Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН
127276, Российская Федерация, Москва, Ботаническая
ул., д. 4

Information about the authors

Molkanova Olga Ivanovna, Cand Sci Agr., Leading researcher
E-mail: molkanova@mail.ru
Gorbunov Yuri Nikolaevich, Dr. Sci. Biol., Main Researcher
E-mail: gbsran@mail.ru
Egorova Darya Alexandrovna, Junior Researcher
E-mail: dariaegor11@gmail.com
Federal State Budgetary Institution of Sciences Tsitsin Main Botanical Garden RAS, Moscow
127276, Russian Federation, Moscow, Botanicheskaya Str., 4

О.Н. Червякова

канд. биол. наук, ст.н.с.

E-mail: cherolya@mail.ru

М.А. Келдыш

канд. биол. наук, ст.н.с.

E-mail: m.keldish@gbsad.ru

ФГБУН Главный ботанический сад
им. Н.В. Цицина РАН

К вопросу о фитосанитарной ситуации в гетерогенной экосистеме травянистых декоративных многолетников в ГБС РАН (вирусные и грибные патогены)

Представлены данные многолетнего мониторинга вирусных патогенов в экосистемах декоративных травянистых многолетников. Приведены сведения о видовом составе вирусов и их комплексов с возбудителями грибных заболеваний в экосистемах 22 наименований. Ретроспективный анализ распространения вирусов в различные периоды показал вариабельность соотношения их популяций, уровня доминирования и состава патоккомплексов. На примере отдельных экосистем (*Phlox* L., *Paeonia* L., *Tulipa* L., *Dahlia* L., *Narcissus* L.) проведена оценка изменчивости структуры видового состава. Показана прогрессирующая тенденция адаптивности неспецифических вирусов. Выделены доминирующие и второстепенные объекты в условиях гетерогенной экосистемы многолетников в настоящий период. Подчеркивается важное значение равновесного состояния патоккомплексов и обсуждаются факторы, способствующие его дестабилизации.

Ключевые слова: экосистема, травянистые декоративные многолетники, фитопатогены, вирусы, грибы.

O.N. Chervyakova

Cand. Sc. Biol., Senior Researcher

E-mail: cherolya@mail.ru

M.A. Keldysh

Cand. Sc. Biol., Senior Researcher

E-mail: m.keldish@gbsad.ru

FSBIS Tsitsin Main Botanical Garden RAS

To a question of a phytosanitary situation in a heterogeneous ecosystem of ornamental herbaceous perennials in GBS RAS (viral and fungal pathogens)

Data of long-term monitoring of virus pathogens are provided in ecosystems of ornamental herbaceous perennials. The information about specific structure of viruses and their complexes with causative agents of fungal diseases are provided in ecosystems of 22 names. The retrospective analysis of spread of viruses during various periods showed variability of a ratio of their populations, level of domination and structure of patokompleks. On the example of separate ecosystems (*Phlox* L., *Paeonia* L., *Tulipa* L., *Dahlia* L., *Narcissus* L.) the assessment of variability of structure of species composition is carried out. The progressing trend of adaptability of nonspecific viruses is shown. The dominating and minor objects in the conditions of a heterogeneous ecosystem of perennials during the present period are allocated. The importance of an equilibrium condition of patokompleks is emphasized and the factors promoting its destabilization are discussed.

Keywords: ecosystem, ornamental herbaceous perennials, phytopathogens, virus, fungi.

DOI: 10.25791/BBGRAN.04.2020.1073

Коллекции травянистых декоративных многолетников в ГБС РАН (Лаборатория декоративных растений) отражают широкое видовое и сортовое разнообразие культур различного географического и ценотического происхождения [1].

Структура растительных сообществ, характер ценотических взаимоотношений, возрастные стадии их составляющих являются одним из факторов, оказывающих влияние на динамику формирования и закономерности распространения вредных организмов, и их численности. Пределы, в которых она колеблется, отражают эволюционные связи вида, определяют его место в биоценозе и функции, которые он выполняет.

Широкая интродукция растений из различных очагов формообразования земного шара индуцирует развитие микрорволюционных процессов и изменчивости биоразнообразия вредных организмов, что обуславливает необходимость изучения эпидемиологической ситуации, видового состава вредных организмов, а также анализ экспрессии и изменчивости их адаптивного потенциала.

Объект и методы исследований

Объектом исследований явились экосистемы декоративных травянистых многолетников 22 наименований, вирусы и грибные патогены. Для выявления вирусных

патогенов использовали стандартные биологические тесты и иммуноферментативный анализ (DAS-ELISA) [2]. Использовали Kit Neogen Europe Ltd (Scotland UK) в соответствии с протоколом Adgen Phytodiagnosics. Грибные патогены определяли в соответствии с типовыми методами [3, 4].

Результаты и обсуждение

Основные причины фитосанитарных вызовов обусловлены микроэволюционными процессами в популяциях вредных организмов и их растений-хозяев (основных, промежуточных, альтернативных), составом биоценозов, экологическими и антропогенными факторами. Любой из них способен оказывать влияние на адаптивные возможности популяций вредных организмов в экосистемах. В гетерогенных ценозах ботанических садов степень адаптивности патогенов связана и с методологией интродукции, особенностями формирования и развития коллекций.

Нами в результате ретроспективного анализа и системного мониторинга популяций вредных организмов установлено, что динамика и структура их видового состава нестабильны. Параметры частоты встречаемости и состава паразитарных комплексов варьируют, в том числе на растениях идентичного таксономического уровня. В зависимости от количества и сочетания компонентов паразитарных комплексов наблюдается вариabельность экспрессии вирулентности патогенов и характера индуцируемых ответных реакций растений. Картина развития патологий, как правило, обусловлена наличием различных этиологических агентов, при этом регулярно обнаруживаются несвойственные изоляты патогенов, в том числе с нетипичными свойствами. Формируются новые патологические связи.

Ревизия видового состава вредных организмов выявила различия по степени адаптивности, соотношению систематических групп патогенов, видовой представленности грибов сапрофитов и паразитов, вирусов специализированных и полигостальных в экосистемах травянистых декоративных многолетников. Различался и уровень формирования инфекционного фона и нарастания скорости инфекций. На основании комплексной оценки и анализа видового состава и состояния патогенных комплексов можно констатировать, что процессы динамики их распространения и развития также характеризуются вариabельностью. Так, в коллекции флоксов болезни вирусной этиологии фиксируется ежегодно на протяжении более 30 лет. В последние годы наблюдается увеличение количества больных растений с яркими признаками проявления вирусных заболеваний на листьях и цветках [5, 6].

По результатам системного мониторинга вирусов в коллекции флоксов *Phlox paniculata* L., проведенного нами за последние годы на основе комплекса вирусологических анализов образцов растений, были выявлены, помимо уже известных, вирусы аспермии томата (*Tomato aspermy cucumovirus*), крапчатости гвоздики (*Carnation mottle carmovirus*) и пестролепестности тюльпана (*Tulip*

breaking potyvirus). Аналогичная ситуация и на коллекции пионов, где в различные периоды, наряду со специфичными, установлено присутствие вирусов несвойственных для культуры. На растениях с симптомами пестролепестности цветков диагностирован вирус желтой мозаики фасоли (*Bean yellow mosaic potyvirus*), на экземплярах с симптомами израстания листьев – вирус мозаики огурца (*Cucumber mosaic cucumovirus*) и мозаики резухи (*Arabis mosaic nepovirus*). На отдельных растениях с признаками мелкой сливающейся пятнистости на листьях выявлены вирусы мозаики нарцисса (*Narcissus mosaic potyvirus*) и аспермии томата (*Tomato aspermy cucumovirus*) [7].

Наиболее репрезентативным примером процессов вариabельности динамики распространения вирусных патогенов, соотношения их популяций, состава патоконплексов, частоты встречаемости, уровня доминирования и латентности во времени является коллекция *Dahlia variabilis* L. На период 1980-1990 гг. при обследовании коллекций георгин в ГБС было выявлено 11 вирусов, в той или иной степени вызывающих патологии георгин [8]. Оценка зараженности внешне больных растений методом иммуноферментативного анализа (ИФА) выявила распространение PVY (77%), PVX (61%), FMV (72%), SLRSV (56%), RRSV (55%), TMV (52%), TAV (50%) и ряда других на уровне ниже 50%.

В процессе мониторинга распространения вирусов на георгинах в последующий период было установлено присутствие уже 25 возбудителей вирусной этиологии. Наряду со специализированными возбудителями мозаики георгин (DMV) и бронзовости (TSWV) диагностированы вирусы с широким кругом растений хозяев и специфичные для отдельных культур, включая новые, не отмеченные ранее. При скринировании на присутствие отдельных вирусов в пределах сортов выявлен различный уровень их преваляирования, в том числе в составе комплексных инфекций. Наиболее высокие показатели частоты встречаемости в пределах 65-100% отмечены для вируса огуречной мозаики. Затем следуют вирусы табачной мозаики, кольцевой пятнистости, некроза и раттл табака (55%, 46%, 45%, 21%), которые отнесены к доминирующим на двух сортах. Преимущественное инфицирование отдельных сортов установлено также для вирусов TSWV, TBRV, TAV, OYDV и ChMV соответственно на уровне (37%, 27%, 20%, 18%, 15%). Следует отметить, что в популяциях сортов георгин в период 2000-2009 гг. не выявлено 8 вирусов (RRV, ToRSV, SLRSV, ArMV, TMV, CarMV и CVB), которые регистрировались ранее [9].

Данные по динамике зараженности коллекции *Dahlia variabilis* на период 2010-2019 гг. свидетельствуют о том, что показатели варьируют в зависимости от сорта, состава инфекций и экологических условий, на фоне прогрессирующей тенденции распространения отдельных возбудителей, а также изменения состава их комплексов.

Системный мониторинг распространения вирусов в экосистемах луковичных культур также свидетельствует о наличии высокого инфекционного фона. Однако, вирусологическая ситуация нестабильна в зависимости от

биотических и абиотических факторов. На важнейших луковичных культурах наряду с традиционными вирусами TRV, NMV, LLV, идентифицированы и широко распространенные на других культурах ArMV, TNV, TMV, CMV, ToRSV, TRSV и другие. Достаточно полную группу составили Неровирусы (передаваемые нематодами), которые ранее не отмечались на ирисах, гладиолусах, лилиях, нарциссах и тюльпанах.

Диагностированы также такие неспецифические вирусы как штриховатой мозаики ячменя (BSMV), AMV, SMV, PVX и PVY, CarMV и BYMV. В популяциях растений представителей семейств Liliaceae и Amaryllidaceae обнаружен X-вирус шалота (Shallot X alexvirus) (ShXV). В образцах ряда сортов нарциссов и тюльпанов его присутствие было подтверждено с помощью ПЦР. В коллекции ирисов также присутствует достаточно высокий фон вирусной инфекции, при этом выявлены патогены, специфичные для нарцисса и гвоздики, а также полигостальные возбудители, имеющие широкий круг восприимчивых видов растений. При этом их частота встречаемости в ряде случаев превышала таковую у традиционных патогенов.

Вирусологическая ситуация в коллекционных насаждениях претерпела значительные изменения. Например, сорта, в которых было поражено 100% растений, в 1986 году составляли лишь незначительную долю от всей коллекции (тюльпаны всего 3,6%, нарциссы – 5,5%). А основную массу представляли сорта, у которых вирусная инфекция либо отсутствовала, либо были поражены единичные растения. К 1997 году более половины обследованных сортов нарциссов и тюльпанов оказались пораженными на 100%, 88,9% сортов лилий – на 50%, т.е. в 90% сортов оздоровлению подлежало до 50% растений. Более 80% обследованных сортов ирисов также были поражены на 50% и более.

К началу 2000-х уровень поражения коллекций тюльпана и нарцисса специализированными вирусами пестролепестности тюльпана и мозаики нарцисса соответственно составил 38% и 24%. Спектр устойчивости у различных культур дифференцирован. В этот период установлено, что из 404 сортов тюльпана 155 поражены вирусом пестролепестности, при этом уровень устойчивости в пределах сортов также различался. В результате была выделена группа сортов, обладающих относительной устойчивостью к TBV (Frankfurt, Baronesse, Avignon). Наряду с этим зарегистрированы сорта, обладающие высокой восприимчивостью (Nicolette, Boccerini), а также занимающие промежуточное положение. Существенно отличались по своей реакции на комплекс вирусов сорта Frankfurt, 'Good Looking', 'Belcanto', 'Applause', 'Nicolette' (100% восприимчивость) и сорта Bing Crosby, 'Abu Hassan' и 'Rosy Wings', проявившие 100%-ную устойчивость [10].

Степень поражения коллекции нарцисса вирусом мозаики нарцисса в моноинфекции была незначительной, тогда как на коллекционных посадках доминировала смешанная инфекция. Уровень устойчивости также колебался в пределах сорта, но в целом реакция была достаточно выровнена. К устойчивым по отношению к NMV отнесены сорта 'Bridal Rose', 'Lord Nelson', 'Credo'. Наряду с этим, практически все тестируемые сорта оказались в значительной степени восприимчивыми к комплексу вирусов [10].

Аналогичная тенденция отмечена и на других культурах. Так, нами были проанализированы методом ИФА растения пяти культур, в которых насчитывалось 105 сортов. В результате выявлен высокий уровень восприимчивости нарциссов, лилий, гладиолусов, тюльпанов и почти всех сортов ирисов к комплексу доминирующих вирусов.

Для фитовирусов характерны поливариантные способы передачи и пути распространения – контактно,

Таблица. Ассоциация вирусных и грибных патогенов в гетерогенной экосистеме травянистых декоративных многолетников в ГБС РАН 2014-2019 гг.

Семейство	Культура	Возбудители вирусной этиологии	Возбудители грибной этиологии
Amaryllidaceae	<i>Narcissus</i> L.	Tobacco necrosis necrovirus (TNV), Narcissus mosaic potyvirus (NMV), Narcissus yellow stripe potyvirus (NYSV), Tobacco rattle tobnavirus (TRV), Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Tobacco ring spot nepovirus (TRSV), Arabis mosaic nepovirus (ArMV)	-гнили луковец; -фузариоз (грибы рода <i>Fusarium</i> , в т. ч. <i>Fusarium oxysporum</i> Schl.) -ризоктониоз (<i>Rhizoctonia</i> sp.) -склеротиниоз (<i>Sclerotinia tuliparum</i> Kleb.) -серая гниль (<i>Botrytis narcissicola</i> Kleb.)

Защита растений

Asteraceae	Aster L.	Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Tobacco ring spot nepovirus (ToRSV) - латентно	<ul style="list-style-type: none"> - мучнистая роса (<i>Erysiphe cichoracearum</i> D. C. f. <i>asteris</i> Jacz.) - серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers.)
	Chrysanthemum L. (Dendranthema Des Moul.)	Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Tomato aspermy cucumovirus (TAV), Tomato spotted wilt tospovirus (ToSWV), Tobacco mosaic tobnavirus (TMV), Potato X potexvirus (PVX), Chrysanthemum B carlavirus, Chrysanthemum spot (?) potyvirus, Chrysanthemum vein chlorosis rhabdovirus	<ul style="list-style-type: none"> - фузариоз (<i>Fusarium oxysporum</i> Schl.) - серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers.) - мучнистая роса (<i>Oidium chrysanthemi</i> Rab., <i>Erysiphe cichoracearum</i> D.C. f. <i>chrysanthemi</i> Jacz.) - септориоз (<i>Septoria chrysanthemi</i> Allesch., <i>S. obesa</i> Syd., <i>S. chrysanthemella</i> Sacc.) - альтернариоз (<i>Alternaria chrysanthemi</i> Simm. et Cros.) - аскохитоз (<i>Ascochyta chrysanthemi</i> Stev.)
	Dahlia L.	Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Tomato aspermy cucumovirus (TAV), Dahlia mosaic caulimovirus (DMV), Tomato spotted wilt tospovirus (ToSWV), Tobacco rattle tobnavirus (TRV), Tobacco mosaic tobnavirus (TMV), Tobacco streak ilarvirus (TSV), Tomato ring spot nepovirus (ToRSV), Raspberry ring spot nepovirus (RRSV), Strawberry latent ring spot nepovirus (SLRSV), Tomato black ring nepovirus (ToBRV), Tobacco necrosis necrovirus (TNV), Potato X potexvirus (PVX), Potato Y potyvirus (PVY)	<ul style="list-style-type: none"> - серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers.) - гнили клубней: - фузариоз (<i>Fusarium oxysporum</i> Schl.) - вертициллез (<i>Verticillium dahlia</i> Kleb.) - склеротиниоз (<i>Sclerotinia libertiana</i> Fuck.) - мокрая бактериальная гниль (<i>Erwinia carotovora</i> (Town.) Holl.) - мучнистая роса (<i>Spherotheca fuliginea</i> Poll. f. <i>dahlia</i> Movs., <i>Erysiphe cichoracearum</i> D.C.) - пятнистости листьев: - филлостиктоз грибов рода <i>Phyllosticta</i> (в т.ч. <i>Phyllosticta dahliae</i> Brun.) - <i>Entyloma dahlia</i> Syd.
	Ligularia Cass.	Tomato ring spot nepovirus (ToRSV) - латентно	- ржавчина (<i>Coleosporium ligulariae</i> Thim.)
	Rudbeckia L.	Cucumber mosaic cucumovirus (CMV) - латентно	- пятнистости листьев (<i>Phoma herbarum</i> Westend. и др. возб. в процессе идентификации)
Campanulaceae	Campanula L.	- поражение по микоплазменному типу Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Tomato spotted wilt tospovirus (ToSWV)	<ul style="list-style-type: none"> - фузариоз (<i>Fusarium oxysporum</i> Schl.) - серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers.) - рамуляриоз (<i>Ramularia macrospora</i> Fres.)
Geraniaceae	Geranium L.	Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Tobacco mosaic tobnavirus (TMV) - латентно	<ul style="list-style-type: none"> - ржавчина (<i>Puccinia pelargonii-zonalis</i> Dge.) - пятнистости листьев: - альтернариоз (<i>Alternaria tenuis</i> Neer.) - макроспориоз (<i>Macrosporium pelargonii</i> Ell. et Ev.) - церкоспороз (<i>Cercospora brunckii</i> Ell. et Gall.) и др.

Защита растений

Hemerocallidaceae	<i>Hemerocallis</i> L.	Tomato ring spot nepovirus (ToRSV), Arabis mosaic nepovirus (ArMV), Bean yellow mosaic potyvirus (BYMV)	- пятнистости листьев (возб. в процессе идентификации) - гетероспориоз (<i>Heterosporium gracile</i> (Wallr.) Sacc.)
Hostaceae	<i>Hosta</i> Tratt.	Tomato ring spot nepovirus (ToRSV), Tobacco mosaic tobnavirus (TMV), Tobacco rattle tobnavirus (TRV), Impatiens necrotic spot tospovirus (ImpNSV)	- пятнистости листьев: - филлостиктоз (<i>Phyllosticta aspidistrae</i> Oud.) - кладоспориоз (<i>Cladosporium herbarum</i> Link.)
Iridaceae	<i>Iris</i> L.	Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Tobacco rattle tobnavirus (TRV), Tobacco mosaic tobnavirus (TMV), Bean yellow mosaic potyvirus (BYMV), Iris mild mosaic potyvirus (IMMV), Tomato ring spot nepovirus (ToRSV), и др.	- гетероспориоз (<i>Heterosporium gracile</i> Sacc.) - серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers., <i>Botrytis canvoluta</i> Whe. et. Dray.) - аскохитоз (<i>Ascochyta iridis</i> Oud.) - альтернариоз (<i>Alternaria tenuis</i> Nees.) - корневые гнили: <i>Fusarium oxysporum</i> Schl., <i>F. culmorum</i> Sacc., <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) Mass., <i>Sclerotinia delphinii</i> Welch., <i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Botrytis cinerea</i> Pers., <i>Botrytis canvoluta</i> Whe. et. Dray.) - бактериальные гнили (<i>Erwinia aroidea</i> , <i>Erwinia carotovora</i> (Town.) Holl., <i>Pseudomonas iridis</i> Holl., <i>Pectobacterium carotovorum</i> (Jones.) Waldu.)
Lamiaceae	<i>Monarda</i> L.	–	- мучнистая роса (<i>Erysiphe cichoracearum</i> D.C.)
Liliaceae	<i>Lilium</i> L.	Lily symptomless carlavirus (LSV), Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Tobacco rattle tobnavirus (TRV), Tobacco mosaic tobnavirus (TMV), Lily mottle potyvirus (LMoV), Tulip breaking potyvirus (TBV), Strawberry latent ring spot nepovirus (SLRSV), Arabis mosaic nepovirus (ArMV), Lily X potexvirus (LVX), Impatiens necrotic spot tospovirus (ImpNSV)	- серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers., <i>B. elliptica</i> (Berk.) Cooke.) - фузариоз (<i>Fusarium oxysporum</i> Schl., <i>Fusarium solani</i> (Mart.) App. et Wr. var. <i>redolens</i> (Wr.) Bilai. - церкоспороз (<i>Cercospora inconspicua</i> (Wint.) hoehn., <i>C. lillii</i> Dearn.) - бактериальная гниль (<i>Erwinia carotovora</i> (Town.) Holl., <i>Erwinia aroidea</i> (Town.) Waldee.
	<i>Tulipa</i> L.	Tulip breaking potyvirus (TBV), Tobacco necrosis necrovirus (TNV), Tobacco rattle tobnavirus (TRV), Tobacco mosaic tobnavirus (TMV), Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Tobacco ring spot nepovirus (TRSV), Arabis mosaic nepovirus (ArMV)	- серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers., <i>B. tulipae</i> (Lib.) Lind.) - гнили лукович: - фузариоз (<i>Fusarium oxysporum</i> Schl. f. <i>tulipae</i> Bilai. и др. виды: <i>F. culmorum</i> , <i>F. moniliforme</i> , <i>F. avenaceum</i>) - склеротиниоз (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>S. bulborum</i> (Walk.) Rehm., <i>S. tuliparum</i> Kleb.) - тифулез (<i>Thyphula borealis</i> Ekstr. = <i>T. idahoensis</i>) - пенициллез (<i>Penicillium corymbiferum</i> West., <i>P. cyclopium</i>)

Защита растений

Paeoniaceae	<i>Paeonia</i> L.	Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Tomato aspermy cucumovirus (TAV), Arabis mosaic nepovirus (ArMV), Raspberry ring spot nepovirus (RRSV), Tobacco rattle tobravirus (TRV), Tobacco mosaic tobravirus (TMV), Alfalfa mosaic alfamovirus (AMV), Bean yellow mosaic potyvirus (BYMV), - поражение по микоплазменному типу	<ul style="list-style-type: none"> - серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers., <i>B. paeoniae</i> Oud.) - пятнистости листьев: - кладоспориоз (<i>Cladosporium paeoniae</i> Pass.) - филлостиктоз (<i>Phyllosticta paeoniae</i> Sacc. et Speg.) - септориоз (<i>Septoria macrospora</i> Sacc.) - рамуляриоз (<i>Ramularia paeoniae</i> Vogl.) - аскохитоз (<i>Ascochyta paeoniae</i> Bond. Mont.) - ржавчина (<i>Cronartium flaccidum</i> (Alb. et Schw.) Wint.) - корневые гнили (<i>Fusarium oxysporum</i> Schl., <i>B. paeoniae</i> Oud., <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib. d. By., <i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn.)
Polemoniaceae	<i>Phlox</i> L.	Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Tomato aspermy cucumovirus (TAV), Arabis mosaic nepovirus (ArMV), Tobacco ring spot nepovirus (TRSV), Tomato black ring nepovirus (ToBRV), Tobacco rattle tobravirus (TRV), Tobacco mosaic tobravirus (TMV), Tobacco necrosis necrovirus (TNV), Alfalfa mosaic alfamovirus (AlfMV), Carnation mottle carmovirus (CarMV), Tulip breaking potyvirus (TBV), Tomato spotted wilt tospovirus (ToSWV)	<ul style="list-style-type: none"> - мучнистая роса (<i>Erysiphe cichoracearum</i> D.C. f. <i>phlogis</i> Jacz.) - пятнистости листьев: - септориоз (<i>Septoria phlogis</i> Sacc. et Speg.) - филлостиктоз (<i>Phyllosticta decussatae</i> P.Syd.) - церкоспороз (<i>Cercospora omphacodes</i> Ell. et Hol.) - фомоз (<i>Phoma phlogis</i> (Roum.) Speg.) - вертициллезное увядание (<i>Verticillium albo-atrum</i> R. et B.) - фузариоз (<i>Fusarium oxysporum</i> Schl.) - серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers.)
Ranunculaceae	<i>Clematis</i> L.	Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Tobacco streak ilarvirus (TSV), Tobacco rattle tobravirus (TRV), Arabis mosaic nepovirus (ArMV)	<ul style="list-style-type: none"> - мучнистая роса (<i>Erysiphe communis</i> Grev. f. <i>clematidis</i> Jacz.) - септориоз (<i>Septoria clematidis-rectae</i> Sacc., <i>S. clematidis</i> Rob. et Desm.) - аскохитоз (<i>Ascochyta clematidina</i> Thum.) - альтернариоз (<i>Alternaria tenuis</i> Neer.) - серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers.)
	<i>Delphinium</i> L.	Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Tomato ring spot nepovirus (ToRSV), Arabis mosaic nepovirus (ArMV), Potato X potexvirus (PVX)	<ul style="list-style-type: none"> - фузариоз (грибы рода <i>Fusarium</i>) - мучнистая роса (<i>Erysiphe communis</i> Grev. f. <i>delphinii</i> Rab.) - рамуляриоз (<i>Ramularia delphinii</i> (Thum.) Jaap.) - черная бактериальная пятнистость (<i>Pseudomonas delphinii</i> Stapp.)

Rosaceae	<i>Alchemilla</i> L.	–	- мучнистая роса (возб. в процессе идентификации)
	<i>Filipendula</i> Mill.	Tobacco mosaic tobnavirus (TMV), Cucumber mosaic cucumovirus (CMV) – латентно	- мучнистая роса (<i>Erysiphe</i> sp.) - рамуляриоз (<i>Ramularia</i> sp.)
	<i>Sanguisorba</i> L.	Tobacco mosaic tobnavirus (TMV), Cucumber mosaic cucumovirus (CMV)	- мучнистая роса (<i>Podosphaera</i> sp.) - пятнистости листьев (возб. в процессе идентификации)
Saxifragaceae	<i>Astilbe</i> Buch.-Ham.	Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Alfalfa mosaic alfamovirus (AMV) - поражение по микоплазменному типу	- пятнистости листьев (возб. в процессе идентификации) - фузариоз (<i>Fusarium oxysporum</i> Schl.)

механически, с посадочным материалом, семенами, пылью, через почву грибами и нематодами и векторами – насекомыми и клещами. Они опасны тем, что инфекция носит системный характер, растения и посадочный материал остаются полностью зараженными и становятся носителями и источниками вирусов для других растений. Например, растениями резерваторами вируса огуречной мозаики являются не только нарциссы, но и гладиолусы, лилии и тюльпаны. Хозяевами вируса кольцевой пятнистости томата являются нарциссы, резерваторами также могут быть тюльпаны. Для многолетников характерно преимущественное распространение смешанных инфекций, как правило, формируются сложные патогенные комплексы с участием специализированных и несвойственных патогенов (табл.).

Так, изучение распространения вирусных патогенов в период 2014-2019 гг. показало, что в составе комплексной инфекции присутствуют от 2 до 6 и более компонентов. Моноинфекция зарегистрирована лишь в двух случаях. Латентное носительство отмечено в 5 экосистемах. Наиболее высокий уровень коинфекции в составе патоккомплексов установлен для CMV (100%), TMV (54%), Неро-вирусов (47%). Частота встречаемости TRV составляет 45%, BYMV – 22%, значительно реже регистрируются AMV, TSWV, TAV и TNV (13%), в единичных случаях – TSV, PVX, PVY (табл.). Отсутствие вирусов зафиксировано лишь в двух системах (*Alchemilla*, *Monarda*).

Наиболее молодые патосистемы с участием вирусов, первичный этап адаптации которых датируется периодом 2012-2015 гг., зарегистрированы в коллекциях *Hemerocallis* L., *Sanguisorba* L., *Astilbe* Buch.-Ham.

Ретроспективный анализ на основе системного мониторинга показал, что в экосистемах декоративных травянистых многолетников состояние популяций отдельных патогенов и их комплексов динамично и сменяется периодами активации, стабилизации и персистирования. Системность и некоторая периодичность в проявлении и обострении заболеваний свидетельствует о непрерывности инфекционной цепи за счет почвы, посадочного материала и векторов.

В некоторых случаях вирусы могут способствовать более интенсивному развитию грибных болезней и тем

самым увеличивать общий ущерб декоративным многолетним культурам. Результаты мониторинга микобиоты на травянистых декоративных многолетниках показали, что в структуре их функциональных комплексов также происходят трансформации на различных этапах обозначенного периода. На фоне возрастания вредоносности сапрофитов доминантами остаются факультативные паразиты. На травянистых многолетниках в период 2014-2019 гг. заметной тенденцией явилось повышение их частоты встречаемости и плотности популяций (*Fusarium*, *Botrytis*, *Alternaria*). Высокая частота встречаемости, обилие и видовая представленность характерны для микромитозов, вызывающих мучнистую росу р. *Erysiphe*, *Podosphaera* и возбудителей различных пятнистостей (р. *Septoria*, *Alternaria*, *Cercospora*, *Phyllosticta* и другие).

Вирусные и грибные патогены, являясь составляющей экосистем травянистых декоративных многолетников, играют определенную роль в сохранении их устойчивого развития и реализации адаптивного потенциала. Несмотря на достаточно высокий фон патогенной микрофлоры (вирусы, грибы) состояние популяций их компонентов в настоящий период свидетельствует об относительной стабильности. Критических проявлений эпифитотийного характера не зарегистрировано. Вместе с тем, в условиях гетерогенной экосистемы декоративных травянистых многолетников на фоне изменения антропогенных, биотических, абиотических и технологических факторов, таксономического состава образцов создаются идеальные предпосылки для развития неканонических связей в системах «хозяин – патоген» и, в целом, нарушения равновесного состояния патоккомплексов. Адаптивность патогенов к неспецифическим видам растений индуцирует изменение предела нормы реакции их генотипов, являясь одним из дисбалансирующих факторов в экосистеме. Таким образом, при планировании, создании и развитии коллекций необходимы параллельные исследования по прогнозу и диагностике потенциала устойчивости к патогенам, а также вопросам, связанным с их распространением, формированием, развитием и изменчивостью паразитарных комплексов в экосистемах.

Работа выполнена в рамках Госзадания ГБС РАН
№19-119080590035-9

Список литературы

1. Бондорина И.А., Кабанов А.В., Мамаева И.А. Подходы к формированию и поддержанию коллекционного фонда сортов травянистых многолетников отдела декоративных растений ГБС РАН// Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2016. Т. 26. Вып. 3. С. 40–45.
2. Бобкова А.Ф., Чирков С.Н. Применение иммуоферментного анализа для диагностики вирусных заболеваний растений// С.-х. биология. 1983. Т.18. № 5. С. 32.
3. Пидопличко Н.М. Грибы – паразиты культурных растений. Определитель. Киев: Наукова думка, 1977. Т.2. 300 с.
4. Билай В.И. Микроорганизмы – возбудители болезней растений. Киев: Наукова думка, 1988. 550 с.
5. Келдыш М.А., Червякова О.Н. Болезни флокса метельчатого и экологизация защиты // Плодоводство и ягодоводство России. ВСТИСП. 2016. Том. 46. С. 127–130.
6. Червякова О.Н., Келдыш М.А. Фитосанитарное состояние коллекции флокса метельчатого (*Phlox paniculata* L.) в Главном ботаническом саду РАН и пути его улучшения// Бюл. Гл. ботан. сада. 2016. Вып.202. № 3. С. 58–66.
7. Червякова О.Н., Келдыш М.А. Основные болезни пиона. Цветоводство. 2012. № 5. С. 22–26.
8. Шатило В.И., Келдыш М.А. Видовой состав возбудителей вирусных болезней георгин в коллекциях ботанических садов// Вопросы теории и практики защиты интродуцированных растений от вредителей и сорняков. Тез. докл. Киев. 1991. С. 52.
9. Червякова О.Н., Келдыш М.А. О факторах, лимитирующих возделывание *Dahlia variabilis* L. Матер. Всеросс. научн. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию со дня рожд. академика Л.Н. Андреева «Ботанические сады в современном мире: теоретические и прикладные исследования». М.: Товарищество научн. изданий КМК. 2011. С. 719–721.
10. Келдыш М.А., Байкалова О.С., Арушанова Е.С., Червякова О.Н. О факторах, ограничивающих возделывание некоторых цветочных культур (Liliales, Iridales) // Бюл. Гл. ботан. сада. 2001. Вып. 182. С.147–154.

References

1. Bondorina I.A., Kabanov A.V., Mamayeva I.A. Podkhody k formirovaniyu i podderzhaniyu kollektcionnogo fonda sortov travyanistykh mnogoletnikov otdela dekorativnykh rasteniy GBS RAN [Approaches to the formation and maintenance of the collection Fund of varieties of herbaceous perennials of the Department of ornamental plants of the Russian Academy of Sciences]. Vestnik Udmurtskogo universiteta. Biologiya. Nauki o Zemle [Bulletin of Udmurt University. Biology. Earth science]. 2016. Vol. 26. N 3. P. 40–45.
2. Bobkova A.F., Chirkov S.N. Primeneniye immunofermentnogo analiza dlya diagnostiki virusnykh zabolevaniy rasteniy

[Application of enzyme immunoassay for diagnostics of viral diseases of plants]. Sel'skokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural biology]. 1983. Vol. 18. N 5. P. 32.

3. Pidoplichko N.M. Griby – parazity kul'turnykh rasteniy. opredelitel' [Fungi-parasites of cultivated plants. determinant]. Kiyev: Naukova dumka [Kiev: Publishing House «Naukova Dumka»]. 1977. Vol. 2. 300 p.

4. Bilay V.I. Mikroorganizmy – vzbuditeli bolezney rasteniy [Microorganisms – causative agents of plant diseases]. Kiyev: Naukova dumka [Kiev: Publishing House «Naukova Dumka»]. 1988. 550 p.

5. Keldysh M.A., Chervyakova O.N. Bolezni floksa metel'chatogo i ekologizatsiya zashchity [Diseases of Phlox paniculata and ecologization of protection]. Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii [Pomiculture and small fruits culture in Russia]. 2016. Vol. 46. P. 127–130.

6. Chervyakova O.N., Keldysh O.N. Fitosanitarnoe sostoyanie kollektsii floksa metel'chatogo (*Phlox paniculata* L.) v Glavnom botanicheskom sadu RAN i puti ego uluchsheniya [Phytosanitary status of the phlox paniculate (*Phlox paniculata* L.) in collection of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences and ways to improve it]. Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada [Bull. of Main Botanical Gardens]. 2016. Vol. 202. N 3. P. 58–66.

7. Chervyakova O.N., Keldysh M.A. Osnovnyye bolezni piona [The Main diseases of the peony]. Tsvetovodstvo [Floriculture]. 2012. N 5. P. 22–26.

8. Shatilo V.I., Keldysh M.A. Vidovoy sostav vzbuditeley virusnykh bolezney georgin v kollektsiyakh botanicheskikh sadov [Species composition of pathogens of viral diseases of dahlias in collections of Botanical gardens]. Voprosy teorii i praktiki zashchity introdutsirovannykh rasteniy ot vreditel' i sornyakov [Questions of theory and practice of protection of introduced plants from pests and weeds]. Tezisy dokladov. [Abstracts of reports]. Kiyev [Kiev]. 1991. P. 52.

9. Chervyakova O.N., Keldysh M.A. O faktorakh, limitiruyushchikh vozdeleyvaniye *Dahlia variabilis* L. [On factors limiting cultivation of *Dahlia variabilis* L.]. Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 80-letiyu so dnya rozhdeniya akademika L.N. Andreyeva «Botanicheskiye sady v sovremennoy mire: teoreticheskiye i prikladnyye issledovaniya» [Materials of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 80th anniversary of the birth of Academician L.N. Andreeva «Botanic gardens in the modern world: theoretical and applied research»]. M.: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK [Moscow: Publishing house «KMK Scientific Publishing Association»]. 2011. P. 719–721.

10. Keldysh M.A., Baykalova O.S., Arushanova Ye.S., Chervyakova O.N. O faktorakh, ogranichivayushchikh vozdeleyvaniye nekotorykh tsvetochnykh kul'tur (Liliales, Iridales) [On factors limiting the cultivation of certain flower crops (Liliales, Iridales)]. Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada [Bull. of Main Botanical Gardens]. 2001. Vol. 182. P. 147–154.

Информация об авторах

Келдыш Марина Александровна, канд. биол. наук, ст.н.с.

E-mail: k.marina2009@mail.ru; m.keldish@gbsad.ru

Червякова Ольга Николаевна, канд. биол. наук, ст.н.с.

E-mail: cherolya@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук

127276, Российская Федерация, Москва, Ботаническая ул., д. 4

Information about the authors

Keldysh Marina Aleksandrovna, Cand. Sci. Biol., Senior Researcher

E-mail: k.marina2009@mail.ru; m.keldish@gbsad.ru

Chervyakova Olga Nikolaevna, Cand. Sci. Biol., Senior Researcher

E-mail: cherolya@mail.ru

Federal State Budgetary Institution of Science Main Botanical garden named after N.V. Tsitsin Russian Academy of Sciences

127276, Russian Federation, Moscow, Botanicheskaya Str., 4

А.В. Исачкин

д-р.с.-х. наук, профессор, ст.н.с.

E-mail: isachkinaalex@mail.ru

ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»,

ФГБУН Главный ботанический сад

им. Н.В. Цицина РАН

В.А. Крючкова

канд.биол.наук, вед.н.с.

E-mail: vkruchkova@mail.ru

ФГБУН Главный ботанический сад

им. Н.В. Цицина РАН

Алгоритмы определения достаточных объемов выборок (на примере садовых растений)

Обсуждаются различные алгоритмы расчета достаточных объемов выборок при изучении средних величин, разности средних, при изучении долей, разности долей, при оценке достоверности выборочных коэффициентов корреляции. Достаточный объем выборки обеспечивает достоверность рассчитываемых выборочных статистических параметров, что позволяет достоверно судить о параметрах генеральной совокупности. На этапе планирования эксперимента для расчета достаточного объема выборки необходимо задать объем генеральной совокупности, среднее квадратическое отклонение признака в генеральной совокупности, допустимую неточность исследуемой величины, показатель точности и критерий Стьюдента (или допустимую доверительную вероятность).

Уточняется понятие «достаточный объем выборки» и специфика садовых растений как объекта исследований, отличающегося значительной площадью питания. По каждому алгоритму расчета достаточных объемов выборок приведены подробные примеры. При расчете объема выборки при оценке средних величин основой является величина ошибки репрезентативности средней арифметической. Достаточный объем выборки существенно возрастает при уменьшении допустимой неточности, а также при увеличении изменчивости (вариации) признака. Рассмотрен допустимый объем выборки при изучении достоверности коэффициента корреляции выборки, объем выборки существенно возрастает при уменьшении прогнозируемого коэффициента корреляции, для доказательства слабых корреляций необходимо брать большие объемы выборок.

Ключевые слова: объем выборки, объем генеральной совокупности, допустимая неточность, заданная точность, средние величины, среднее квадратическое отклонение, ошибка репрезентативности выборочной средней, критерий Стьюдента, садовые растения.

A.V. Isachkin

Dr. of Agricultural Sci., Prof., Senior Researcher

E-mail: isachkinaalex@mail.ru

«Russian State Agrarian University – Moscow

Agricultural Academy named after K.A.

Timiryazev», FSBIS Tsitsin Main Botanical

Garden RAS

V.A. Kryuchkova

Ph.D., Leading Researcher

E-mail: vkruchkova@mail.ru

FSBIS Tsitsin Main Botanical Garden RAS

Algorithms for determining sufficient sample sizes (on the example of garden plants)

Various algorithms for calculating sufficient sample sizes are discussed in the study of averages, the difference in means, in the study of shares, the difference in shares, in assessing the reliability of sample correlation coefficients. A sufficient sample size ensures the reliability of the calculated sample statistical parameters, which makes it possible to reliably judge the parameters of the General population. At the planning stage of the experiment to calculate a sufficient sample size is necessary to specify the population size, the standard deviation of the trait in the General population, the allowable inaccuracy of the investigated value, the accuracy rate and the Student's t-test (or acceptable confidence probability).

The concept of «sufficient sample size» and the specifics of garden plants as an object of research that differs in a significant area of nutrition are clarified. Detailed examples are provided for each algorithm for calculating sufficient sample volumes. When calculating the sample size when estimating the average values, the basis is the value of the representativeness error of the arithmetic mean. The sufficient sample size increases significantly when the acceptable inaccuracy decreases, as well as when the variability (variation) of the feature increases. The acceptable sample size is considered when studying the reliability of the sample correlation coefficient. The sample size increases significantly when the predicted correlation coefficient decreases to prove weak correlations, it is necessary to take large sample volumes.

Keywords: sample size, total population size, the allowable inaccuracy of the specified precision, the average values, standard deviation, margin of error the sample mean, Student t-test, garden plants.

Введение

При планировании экспериментов с любыми объектами важным и весьма ответственным является этап определения объемов исследуемых выборок [1, 2]. Объем выборки, то есть численность объектов, входящих в изучаемую совокупность, является одним из важных факторов, определяющим достоверность получаемых результатов, а также материальные затраты на проведение экспериментов.

Садовые растения (плодовые, овощные, декоративные, эфирномасличные, лекарственные) отличаются от полевых растений технологиями их выращивания и направлениями использования. Очевидно, что садовые растения требуют значительно больших площадей питания, чем полевые растения. Особенно резко эти отличия проявляются при сравнении площадей питания у древесных садовых (10-25 м²) и, например, полевых злаков (0,002-0,003 м²). В среднем площади питания у древесных растений в 7000 раз больше, чем у злаков. Если учесть, что многие садовые растения возделывают в защищенном грунте (овощные, декоративные), затраты на их выращивание увеличиваются, по крайней мере, в несколько раз. Поэтому определение достаточных объемов выборок у садовых растений имеет не только научный, но и весомый экономический аспект.

Достаточный объем выборки обеспечивает достоверность рассчитываемых выборочных статистических параметров, то есть, позволяет с определенной вероятностью судить по параметрам выборки о параметрах генеральной совокупности [3, 4].

Существуют разные алгоритмы расчета достаточных численностей выборок, зависящих от оцениваемых статистических параметров, а именно: 1) при оценке средних величин; 2) при изучении разности средних; 3) при изучении долей; 4) при изучении разности долей; 5) при оценке достоверности выборочных коэффициентов корреляции и др.

В статье приводятся математические модели и пошаговые алгоритмы расчета достаточных объемов выборок. В конце каждого алгоритма приводятся примеры расчетов у различных садовых растений.

Все нижеприведенные расчеты, примеры и их обсуждение основаны на том, что исследуемые выборки содержат информацию о переменных (признаках), измеренных в числовых шкалах (интервальной, шкале отношений, абсолютной). Если переменные являются номинальными (категориальными) или порядковыми (балльными или ранговыми) определять достаточные численности таких выборок не представляется возможным из-за отсутствия меры измерения интервалов между состояниями переменного [5].

Оценка средних величин

Объем выборки (N) должен обеспечить достоверность выборочной средней (\bar{x}), то есть, выборочная средняя

должна характеризовать генеральную среднюю (\hat{x}) с заданной точностью [6].

Допустимая неточность (Δ) в величине генеральной средней при определении ее по выборочной средней представляет собой абсолютную величину разности между выборочной средней и генеральной средней:

$$\Delta = |\bar{x} - \hat{x}|.$$

Заданная точность (k) представляет собой частное от деления допустимой неточности (Δ) на среднее квадратическое отклонение генеральной совокупности ($\hat{\sigma}$):

$$k = \frac{\Delta}{\hat{\sigma}}, \text{ тогда } \Delta = k\hat{\sigma}.$$

Основой для определения достаточного объема выборки является величина ошибки репрезентативности средней арифметической. Если объем генеральной совокупности (\hat{N}) конечен и в определенной степени сопоставим с объемом выборки (N), ошибка репрезентативности ($m_{\bar{x}}$) представляет собой частное от деления среднего квадратического отклонения генеральной совокупности ($\hat{\sigma}$) на корень квадратный из объема выборки (N), умноженное на специальный множитель:

$$m_{\bar{x}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{N}} \sqrt{1 - \frac{N}{\hat{N}}}.$$

В этой формуле множитель $\sqrt{1 - \frac{N}{\hat{N}}}$ будет всегда < 1 , так как $N < \hat{N}$, что приведет к уменьшению значения ошибки средней ($m_{\bar{x}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{N}}$) пропорционально корню квадратному из разности между единицей и частному от деления объема выборки на конечный объем генеральной совокупности.

Если $N \approx \hat{N}$, то дробь $\frac{N}{\hat{N}} \rightarrow 1$ и в этом случае множитель $\sqrt{1 - \frac{N}{\hat{N}}} = \sqrt{1 - 1} \rightarrow 0$, следовательно, величина ошибки средней:

$$m_{\bar{x}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{N}} \sqrt{1 - \frac{N}{\hat{N}}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{N}} \sqrt{1 - 1} = 0.$$

Если объем генеральной совокупности $\hat{N} \rightarrow \infty$, дробь $\frac{N}{\hat{N}} \rightarrow 0$, при этом множитель стремится к $\sqrt{1} = 1$. В этом случае формула вычисления ошибки средней упрощается:

$$m_{\bar{x}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{N}} \sqrt{1 - \frac{N}{\hat{N}}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{N}} \sqrt{1 - 0} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{N}}.$$

Очевидно, что множитель $\sqrt{1 - \frac{N}{\hat{N}}}$ в формуле ошибки средней оказывает влияние только в тех случаях, когда в выборку попадает значительная часть генеральной совокупности (не менее 30-50%). Обычно же в выборке

исследуется 5-10% объектов генеральной совокупности, или даже меньше, то есть, множитель практически не меняет значения ошибки средней.

Приравняем максимально допустимую неточность (Δ) t -кратной ошибке репрезентативности выборочной средней, где t – стандартное значение критерия Стьюдента ($t_{05}=1,96$ или $t_{01}=2,58$), который выступает в данном случае как коэффициент пропорциональности между допустимой неточностью и ошибкой репрезентативности, в результате получим следующее равенство (при $\hat{N} \rightarrow \infty$):

$$\Delta = t_{\alpha} m_{\bar{x}} = t_{\alpha} \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{N}}.$$

Решая это уравнение относительно N , получим:

$$N = \frac{t_{\alpha}^2 \hat{\sigma}^2}{\Delta^2} = \frac{t_{\alpha}^2}{k^2}.$$

Если \hat{N} представляет собой конечное число, максимально допустимая неточность будет равна:

$$\Delta = t_{\alpha} \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{N}} \sqrt{1 - \frac{N}{\hat{N}}}, \text{ отсюда } N \text{ равна:}$$

$$N = \frac{\hat{N}}{\frac{\hat{N}}{t_{\alpha}^2} + 1}.$$

Таким образом, для того чтобы определить достаточный объем выборки необходимо предварительно, на этапе планирования эксперимента задать 5 параметров: 1) объем генеральной совокупности (\hat{N}); 2) среднее квадратическое отклонение признака в генеральной совокупности ($\hat{\sigma}$); 3) допустимую неточность исследуемой величины (Δ); 4) показатель точности (k); 5) критерий Стьюдента или допустимая доверительная вероятность (t_{α}).

Объем генеральной совокупности (\hat{N}) обычно принимают стремящимся к бесконечности, в этом случае он не влияет на величину допустимого объема выборки. Если \hat{N} представляет собой конечное число, его необходимо предварительно задать.

Среднее квадратическое отклонение признака в генеральной совокупности ($\hat{\sigma}$) прогнозируют тремя способами:

а) на основе предварительных оценок нескольких средних квадратических отклонений признака в нескольких выборках и расчета простого (или взвешенного) среднего между ними:

$$\hat{\sigma} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \dots + \sigma_N}{N},$$

б) на основе предполагаемых значений генерального среднего (\hat{x}) и коэффициента вариации в генеральной совокупности ($c\hat{v} \%$), с учетом того, что $c\hat{v} < 10\%$ означает слабое разнообразие, $c\hat{v} \approx 10-20\%$ – среднее разнообразие, $c\hat{v} > 20\%$ – сильное разнообразие:

$$\hat{\sigma} = \frac{\hat{x} \times c\hat{v} \%}{100},$$

в) на основе приблизительных оценок минимальной (\hat{x}_{\min}) и максимальной (\hat{x}_{\max}) величин признака в генеральной совокупности и использования правила шести сигм, при этом размах изменчивости lim (разность между максимальным и минимальным значениями) делится на 5-7 и в этом случае полученные значения настных близки к $\hat{\sigma}$.

Допустимая неточность (Δ) есть допустимая разность между выборочным средним и генеральным средним, которая предварительно задается исследователем:

$$\Delta = |\bar{x} - \hat{x}|.$$

Показатель точности (k) представляет собой частное от деления допустимой неточности (Δ) на среднее квадратическое отклонение признака в генеральной совокупности ($\hat{\sigma}$). При изучении неизвестных выборок $k \approx 0,3-0,5$; для исследований средней точности $k \approx 0,1-0,3$; для исследований новышенной точности $k \approx 0,1$. Иными словами, показатель точности обратно пропорционален его величине.

Критерий Стьюдента или допустимая доверительная вероятность (t_{α}) указывает заданную степень неточности (долю ошибочных прогнозов). Установление данного показателя проводят по следующим правилам: а) для большинства агрономических исследований $t_{05} = 1,96$; б) для исследований проверяющих те или иные нулевые гипотезы $t_{01} = 2,58$; для ответственных исследований $t_{001} = 3,30$.

Пример 1. Планируется исследование признака «длина листовой пластинки, мм» у яблони сорта Антоновка обыкновенная в Центральном регионе РФ. Необходимо определить достаточный объем выборки (N – число измеряемых листьев, шт.) для достоверной оценки генерального среднего. Длина листовой пластинки считается весьма переменным признаком, зависящим от множества факторов. Для минимизации случайной вариации листья отбирают из середины побегов продолжения текущего года в периферийной средней части кроны, с южной стороны, в середине лета, когда побег прекращает рост в длину и параметры листьев стабилизируются. Как известно все сорта плодовых культур размножаются вегетативно, поэтому изменчивость типичных листьев в пределах сорта следует считать нормой реакции генотипа сорта, что позволяет минимизировать достаточный объем выборки до некоторого предела.

Зададим необходимые для вычислений параметры. Поскольку сорт яблони Антоновка обыкновенная является старинным и весьма распространен в средней части России, будем считать объем генеральной совокупности (число листьев данного сорта) близким к бесконечности: $\hat{N} \rightarrow \infty$

Наметим величину среднего квадратического отклонения признака «длина листовой пластинки, мм» в генеральной совокупности ($\hat{\sigma}$). Для этого зададим приблизительную минимальную длину листовой пластинки: $x_{\min} \approx 60$ мм, а также максимальную длину: $x_{\max} \approx 110$ мм для предварительной оценки размаха изменчивости с последующим делением его на сигму генеральной совокупности.. Используем правило шести сигм. Возьмем в знаменателе не 6, а 5 сигм для подстраховки (несколько увеличим вариацию). Тогда:

$$\hat{\sigma} \approx \frac{110 - 60}{5} \approx 10 \text{ мм}$$

Зададим допустимую неточность $\Delta \approx 5$ мм (выборочная средняя отличается от генеральной средней на 5 мм) и показатель точности $k = \frac{\Delta}{\hat{\sigma}} = \frac{5}{10} = 0,5$ мм. Примем t -критерий равный: $t_{05} = 1,96$. При заданных параметрах необходимо измерять не менее 15 шт. листьев, что совпадает с общепринятой методикой сортоизучения:

$$N = \frac{t_{\alpha}^2}{k^2} = \frac{1,96^2}{0,5^2} = \frac{3,8416}{0,25} = 15,4 \approx 15 \text{ шт.}$$

Для исследования закономерностей зависимости достаточного объема выборки от ряда параметров изменим некоторые задаваемые параметры: 1) увеличим вариацию в генеральной совокупности ($\hat{\sigma}$) с 10 мм до 15 мм; 2) уменьшим допустимую неточность (Δ) с 5 мм до 2 мм (выборочная средняя отличается от генеральной средней на 2 мм);

3) пересчитаем показатель точности $k = \frac{2}{15} = 0,13$ мм; 4)

увеличим значение t -критерия до $t_{01} = 2,58$. При таких измененных параметрах следует ожидать значительного увеличения численности измеряемых листьев:

$$N = \frac{t_{\alpha}^2}{k^2} = \frac{2,58^2}{0,13^2} = \frac{6,6564}{0,0169} = 393,9 \approx 394 \text{ шт.}$$

Действительно, при увеличении $\hat{\sigma}$, уменьшении Δ , увеличении k допустимый объем выборки возрос примерно в 26 раз (с 15 шт. до 394 шт.).

Внесем еще одно дополнительное изменение, касающееся объема генеральной совокупности (\hat{N}). Поскольку в современном садоводстве возделываются множество различных клонов (спонтанных соматических мутантов) Антоновки обыкновенной, различной и, как правило, небольшой численности, уменьшим объем генеральной совокупности до 200 шт. Генеральное среднее квадратическое отклонение ($\hat{\sigma}$) оставим прежним (10 мм). Допустимую неточность, показатель точности и t -критерий также оставим прежними: $\Delta \approx 5$ мм, $k = 0,5$ мм, $t_{05} = 1,96$. При таких заданных параметрах допустимая численность измеряемых листьев должна быть не менее 14 шт.:

$$N = \frac{\hat{N}}{\hat{N} \frac{k^2}{t_{\alpha}^2} + 1} = \frac{200}{200 \frac{0,5^2}{1,96^2} + 1} = \frac{200}{200 \frac{0,25}{3,8416} + 1} = \frac{200}{14,02} = 14,3 \approx 14 \text{ шт.}$$

Иными словами, в случаях, когда объем генеральной совокупности конечен, при относительно средней вариации, средней допустимой неточности, средней точности и минимально допустимым t -критерием объем достаточной выборки незначительно уменьшается (с 15 до 14 шт.).

Пересчитаем допустимый объем выборки конечной генеральной совокупности ($\hat{N} = 200$) при условии увеличения вариации в генеральной совокупности ($\hat{\sigma}$) до 15 мм,

уменьшения допустимой неточности (Δ) до 2 мм; увеличении точности до $k = \frac{2}{15} = 0,13$ мм и увеличении t -критерия до $t_{01} = 2,58$. При таких параметрах число измеряемых листьев составит:

$$N = \frac{\hat{N}}{\hat{N} \frac{k^2}{t_{\alpha}^2} + 1} = \frac{200}{200 \frac{0,13^2}{2,58^2} + 1} = \frac{200}{200 \frac{0,0169}{6,6564} + 1} = \frac{200}{1,5078} = 132,6 \approx 133 \text{ шт.}$$

Следовательно, в случаях, когда объем генеральной совокупности является конечным числом при вариации выше средней, низкой допустимой неточности, относительно высокой точности и средней величиной t -критерия объем достаточной выборки значительно уменьшается (с 394 до 132 шт., то есть, уменьшение в три раза).

Изучение различий между средними

При планировании эксперимента можно заранее установить допустимое расхождение между разностью средних двух выборок (\bar{d}) и разностью средних двух генеральных совокупностей (\hat{d}):

$$\bar{d} = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$$

$$\hat{d} = \hat{x}_1 - \hat{x}_2$$

Допустимое расхождение представляет собой неточность в определении разности между двумя генеральными совокупностями (Δ), которой можно пренебречь. Эта неточность может быть приравнена к t -кратной ошибке разности [6].

Ошибка разности представляет собой квадратный корень из суммы квадратов ошибок средних двух сравниваемых совокупностей:

$$\hat{m}_d = \sqrt{\hat{m}_1^2 + \hat{m}_2^2} = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{N}_1} + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{\hat{N}_2}}$$

Приравняем допустимую неточность Δ к t -кратной ошибке разностей:

$$\Delta = t_{\alpha} \hat{m}_d = t_{\alpha} \sqrt{\hat{m}_1^2 + \hat{m}_2^2} = t_{\alpha} \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{N}_1} + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{\hat{N}_2}}$$

Это означает, что при достаточной численности выборок N_1 и N_2 выборочная разность не будет отличаться от генеральной разности между \hat{N}_1 и \hat{N}_2 более чем на величину $t_{\alpha} \hat{m}_d$ или менее чем на заданную неточность Δ .

Для вычисления \hat{N}_2 приравняем его к выражению $a \hat{N}_1$, где a – коэффициент пропорциональности между \hat{N}_2 и \hat{N}_1 , равный $\frac{\hat{N}_2}{\hat{N}_1}$. Тогда:

$$\Delta = t_{\alpha} \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{N}_1} + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{a \hat{N}_1}} = t_{\alpha} \sqrt{\frac{1}{\hat{N}_1} \left(\hat{\sigma}_1^2 + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{a} \right)}$$

Возведем обе части уравнения в квадрат:

$$\Delta^2 = t_{\pi}^2 \frac{1}{\hat{N}_1} \left(\hat{\sigma}_1^2 + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{a} \right).$$

Решим это уравнение относительно \hat{N}_1 :

$$\hat{N}_1 = \frac{t_{\pi}^2}{\Delta^2} \left(\hat{\sigma}_1^2 + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{a} \right).$$

Если нет оснований считать, что средние квадратические отклонения $\hat{\sigma}_1$ и $\hat{\sigma}_2$ различны для сравниваемых совокупностей, то их можно считать одинаковыми:

$$\hat{\sigma}_1 = \hat{\sigma}_2 = \hat{\sigma}.$$

Тогда формула для вычисления \hat{N}_1 будет иметь более простую структуру:

$$\hat{N}_1 = \frac{t_{\pi}^2}{\Delta^2} \left(\hat{\sigma}^2 + \frac{\hat{\sigma}^2}{a} \right) = \frac{t_{\pi}^2}{\Delta^2} \hat{\sigma}^2 \left(1 + \frac{1}{a} \right).$$

Можно выразить допустимую неточность Δ через допустимую точность k тогда:

$$\hat{N}_1 = \frac{t_{\pi}^2}{k^2} \left(1 + \frac{1}{a} \right) = \frac{t_{\pi}^2}{k^2} \left(1 + \frac{\hat{N}_1}{\hat{N}_2} \right).$$

И, наконец, если допустить, что численности двух совокупностей одинаковы: $\hat{N}_1 = \hat{N}_2 = \hat{N}$, тогда $a = 1$, и формула значительно упрощается:

$$\hat{N} = \frac{t_{\pi}^2}{\Delta^2} \hat{\sigma}^2 \left(1 + \frac{1}{1} \right) = \frac{2t_{\pi}^2 \hat{\sigma}^2}{\Delta^2} = \frac{2t_{\pi}^2}{k^2}.$$

Пять величин (\hat{N} , $\hat{\sigma}$, Δ , k , t_{π}), которые необходимы для планирования достаточной численности выборок при изучении достоверности различий между ними, определяют по тем же правилам, что и при изучении средних.

Пример 2. Планируется определить достаточные объемы выборок для сравнения двух летних сортов груши (Чижовская и Лада) по массе плода (г) в условиях Центрального региона РФ. Таким образом, необходимо запланировать допустимые достаточные численности взвешиваемых плодов (шт.) у двух сортов груши (N_1 и N_2) для достоверной оценки разности между генеральными средними. Масса плода по сравнению с длиной листа в предыдущем примере 1 отличается относительно низкой вариабельностью. Однако, и в этом случае, для минимизации случайной вариации плоды отбирают в фазу полной потребительской спелости (конец августа), среднего размера, с нескольких деревьев, достигших возраста хозяйственного плодоношения. Наблюдаемую вариацию массы плодов следует, так же как и в предыдущем примере, считать нормой реакции генотипа сорта, что позволяет минимизировать достаточные объемы сравниваемых выборок.

Зададим необходимые для вычислений параметры. Предварительно наметим приблизительные объемы генеральных совокупностей (численности плодов \hat{N}_1 , \hat{N}_2) сравниваемых сортов. Пусть $\hat{N}_1 \approx 500$ шт., $\hat{N}_2 \approx 600$ шт. тогда

$$«a» = \frac{\hat{N}_2}{\hat{N}_1} = 1,2.$$

Наметим величины генеральных средних квадратических отклонений признака «масса плода, г» у сравниваемых сортов ($\hat{\sigma}_1$ и $\hat{\sigma}_2$). Для этого зададим приблизительную минимальную массу плода у сорта Чижовская: $\hat{x}_{\min} \approx 70$ г, а также максимальную массу плода: $\hat{x}_{\max} \approx 100$ г для предварительной оценки размаха изменчивости. Используем правило шести сигм. Тогда:

$$\hat{\sigma}_1 \approx \frac{100 - 70}{6} \approx 5 \text{ г.}$$

Зададим приблизительную минимальную массу плода у сорта Лада: $\hat{x}_{\min} \approx 80$ г, а также максимальную массу плода: $\hat{x}_{\max} \approx 120$ г.

Тогда:

$$\hat{\sigma}_2 \approx \frac{120 - 80}{6} \approx 6,7 \text{ г}$$

Предварительно наметим допустимую неточность $\Delta \approx 5$ г. Примем t -критерий равный: $t_{05} = 1,96$. При заданных параметрах численность взвешиваемых плодов у сорта Чижовская (N_1) должна быть не менее 7 шт., а у сорта Лада (N_2) – 14 шт:

$$N_1 = \frac{t_{\pi}^2}{\Delta^2} \left(\hat{\sigma}_1^2 + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{a} \right) = \frac{1,96^2}{5^2} \left(5^2 + \frac{6,7^2}{1,2} \right) = \frac{3,8416}{25} \left(25 + \frac{44,89}{1,2} \right) = 9,6 \approx 10 \text{ шт.}$$

$$N_2 = aN_1 = 1,2 N_1 = 12 \text{ шт.}$$

Изменим некоторые задаваемые параметры: 1) увеличим вариацию массы плода в генеральных совокупностях: $\hat{\sigma}_1$ до 10 г, $\hat{\sigma}_2$ до 14 г; 2) уменьшим допустимую неточность (Δ) до 2 г; 3) увеличим t -критерий $t_{01} = 2,58$, численности \hat{N}_1 и \hat{N}_2 оставим прежними (500 и 600 шт. соответственно, $a = 1,2$). При таких измененных параметрах следует ожидать увеличения численности взвешиваемых плодов;

$$N_1 = \frac{t_{\pi}^2}{\Delta^2} \left(\hat{\sigma}_1^2 + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{a} \right) = \frac{2,58^2}{2^2} \left(10^2 + \frac{14^2}{1,2} \right) =$$

$$= \frac{6,6564}{4} \left(100 + \frac{196}{1,2} \right) = 438,2 \approx 438 \text{ шт.}$$

$$N_2 = 1,2 N_1 \approx 526 \text{ шт.}$$

Действительно, при увеличении вариации, уменьшении допустимой неточности, использовании t_{01} достаточный объем выборки возрос примерно в 63 раза. Что делает практически невыполнимой поставленную задачу (трудно найти лаборанта, который бы взвесил 438 или 526 плодов).

Внесем еще одно изменение. Будем считать, что средние квадратические отклонения массы плода у сравниваемых сортов груши одинаковые: $\hat{\sigma}_1 = \hat{\sigma}_2 = \sigma = 6$ г. Допустимую неточность оставим прежней (до внесения изменений)

$$\Delta \approx 5 \text{ г. Определим показатель точности } k = \frac{\Delta}{\sigma} = \frac{5}{6} = 0,83.$$

Критерий Стьюдента оставим прежним: $t_{05} = 1,96$. Численности N_1 и N_2 оставим прежними (500 и 600 шт. соответственно). При заданных параметрах численность взвешиваемых плодов у сортов будет следующей:

$$N_1 = \frac{t_{\pi}^2}{k^2} \left(1 + \frac{1}{a} \right) = \frac{1,96^2}{0,83^2} \left(1 + \frac{1}{1,2} \right) =$$

$$= \frac{3,8416}{0,6889} \times 1,5 = 10,2 \approx 10 \text{ шт.}$$

$$N_2 = 1,2 N_1 = 12 \text{ шт.}$$

Следовательно, равенство средних квадратических отклонений практически не изменяет достаточные объемы выборок. Но поскольку формула для вычислений в случае равенства средних квадратических отклонений проще, рекомендуется априорно признать справедливым допущение о равенстве средних квадратических отклонений по массе плода у сравниваемых сортов.

И, наконец, внесем последнее изменение. Не следует обязательно планировать различие в объемах генеральных совокупностей сравниваемых сортов. Тогда $\hat{N}_1 = \hat{N}_2 = N$, при этом, $a = 1$. Кроме того, в этом случае уместно предположить, что объемы генеральных совокупностей сравниваемых сортов стремятся к бесконечности: $N \rightarrow \infty$. При таких исходных достаточная численность выборки при сравнении сортов по массе плода будет следующей:

$$N = \frac{2t_{\pi}^2}{k^2} = \frac{2 \times 1,96^2}{0,83^2} = 11,2 \approx 11 \text{ шт.}$$

Обратим внимание, что допущения равенства численностей сравниваемых генеральных совокупностей и стремление их к бесконечности практически не оказывает влияния на объем достаточной выборки.

Таким образом, наиболее рационально при определении достаточных объемов сравниваемых выборок для достоверной оценки разности между выборочными средними уравнивать генеральные средние квадратические отклонения сравниваемых совокупностей и считать объемы генеральных совокупностей также равными и стремящимися к бесконечности.

Изучение долей

Достаточная численность выборки (N), необходимая для определения генеральной доли с заданной точностью, вычисляется по таким же формулам, как и при определении генеральной средней арифметической [6]:

$$\text{при } \hat{N} \neq \infty: N = \frac{\hat{N}}{\hat{N} \frac{k^2}{t_{\pi}^2} + 1},$$

$$\text{при } N = \infty: N = \frac{t_{\pi}^2}{k^2}, \text{ где}$$

\hat{N} – численность генеральной совокупности, являющаяся либо конечным числом, либо бесконечностью;

$\hat{\sigma}$ – среднее квадратическое отклонение генеральной совокупности (необходима для вычисления показателя точности), равное квадратному корню из произведения доли объектов в генеральной совокупности, обладающих изучаемым состоянием признака (\hat{p}) и доли объектов в генеральной совокупности, не имеющих данного состояния

признака (\hat{q}): $\hat{\sigma} = \sqrt{\hat{p}\hat{q}}$, при отсутствии каких-либо сведений о генеральной совокупности принимается максимально возможное значение $\hat{\sigma} = 0,5$ (при $\hat{p} = 0,5$ и $\hat{q} = 0,5$);

Δ – допустимая неточность, представляющая собой разность между выборочной и генеральной долями: $\Delta = \bar{p} - \hat{p}$;
 k – показатель точности ($k = \frac{\Delta}{\hat{\sigma}}$);

t_{π} – допустимая доверительная вероятность, указывающая заданную степень неточности (долю ошибочных прогнозов).

Если в расчетах принять максимально возможное значение $\hat{\sigma} = 0,5$ формула достаточной численности приобретает следующий вид:

$$\text{при } \hat{N} \neq \infty: N = \frac{\hat{N}}{\hat{N} \frac{k^2}{t_{\pi}^2} + 1} = \frac{\hat{N}}{\hat{N} \frac{4\Delta^2}{t_{\pi}^2} + 1},$$

$$\text{при } N = \infty: N = \frac{t_{\pi}^2}{k^2} = \frac{t_{\pi}^2}{4\Delta^2},$$

Пример 3. Исследуется признак «лабораторная всхожесть семян томата Верлиока F1 для защищенного грунта». Необходимо определить достаточный объем выборки (N – достаточное число семян при определении лабораторной всхожести, шт.) для достоверной оценки генерального среднего. Лабораторную всхожесть семян измеряют долями или процентами. Вычисляются две доли: 1-я – доля проросших в течение 10 дней семян как частное от деления числа проросших семян на общее количество семян в пробе (p); 2-я – доля непроросших семян ($q = 1 - p$). Для перевода долей в проценты их умножают на 100. Лабораторная всхожесть считается весьма переменчивым признаком, зависящим от множества факторов. Для минимизации случайной вариации семени, отобранные для пробы, должны быть жизнеспособными, без симптомов поражения болезнями и вредителями. Проращивание семян проводится в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной водой, в контролируемых условиях (оптимальные водный, световой и температурный режимы). Поскольку семена растений представляют собой половое потомство, они классифицируются на три генетических типа: 1) семена, полученные от многократного самоопыления исходного сорта – линии; 2) семена, полученные от искусственного скрещивания двух или большего числа линий – гибриды F1; 3) семена полученные от перекрестного опыления – популяции. Семена первого и второго типов генетически однородны и поэтому генеральное квадратическое отклонение по всхожести будет отражать только норму реакции генотипа сорта, следовательно, оно будет небольшим. Семена третьего типа – популяции – генетически разнородны, у них может наблюдаться значительная изменчивость по всхожести, что повлечет увеличение достаточного объема выборки. В нашем примере семена относятся ко второму типу – гибриды F1, что позволяет минимизировать определение достаточной численности семян.

Зададим необходимые для вычислений параметры. Будем считать объем генеральной совокупности (число семян данного сорта) близким к бесконечности: $\hat{N} \rightarrow \infty$. Наметим величину среднего квадратического отклонения признака «лабораторная всхожесть семян томата» в генеральной совокупности ($\hat{\sigma}$). Для этого зададим минимальную величину всхожести товарных семян гибридов F1 для защищенного грунта: $\hat{x}_{\min} \approx 85\%$ (согласно ГОСТ 32592-2013 «Семена овощных, бахчевых культур, кормовых корнеплодов и кормовой капусты. Сортосовые и посевные качества. Общие технические условия»), а также максимальную: $\hat{x}_{\max} \approx 100\%$. Используем правило шести сигм:

$$\hat{\sigma} = \frac{100 - 85}{6} \approx 2,5\% \text{ в долях единицы } 0,025.$$

Зададим очень низкую допустимую неточность $\Delta \approx 0,5\%$ (выборочная средняя отличается от генеральной средней на 0,5%, при размахе изменчивости 15% это вполне оправдано) и показатель точности $k = \frac{\Delta}{\hat{\sigma}} = \frac{0,5}{2,5} = \frac{0,005}{0,025} = 0,2$ (следует обратить внимание на то, что k в данном случае не имеет размерности и представляет собой коэффициент пропорциональности между Δ и $\hat{\sigma}$). Примем повышенную величину t -критерия (ответственное исследование) равную: $t_{01} = 2,58$. При заданных параметрах численность семян закладываемых в пробу для проращивания должно быть не менее 200 шт.:

$$N = \frac{t_{\alpha}^2}{k^2} = \frac{2,58^2}{0,2^2} = \frac{6,6564}{0,04} = 166 \approx 200 \text{ шт.}$$

Изменим некоторые задаваемые параметры: 1) уменьшим допустимую вариацию в генеральной совокупности ($\hat{\sigma}$), для этого используем тот же ГОСТ 32592-2013 «Семена овощных, бахчевых культур, кормовых корнеплодов и кормовой капусты. Сортосовые и посевные качества. Общие технические условия». Согласно этому ГОСТу минимальная всхожесть уже не товарных, а элитных семян у томата для защищенного грунта составляет: $\hat{x}_{\min} \approx 95\%$, тогда $\hat{\sigma} = \frac{100 - 95}{5} = 1\%$ в долях единицы 0,01, что меньше $\hat{\sigma} = 2,5\%$ в 2,5 раза; 2) уменьшим допустимую неточность $\Delta = 0,1\%$ (выборочная средняя отличается от генеральной средней на 0,1%, при размахе изменчивости 5% это абсолютно оправдано); 3) пересчитаем $k = \frac{0,1}{1} = \frac{0,001}{0,01} = 0,1$; 4) оставим t -критерий прежним $t_{01} = 2,58$. При таких измененных параметрах следует ожидать определенного увеличения достаточной численности семян:

$$N = \frac{t_{\alpha}^2}{k^2} = \frac{2,58^2}{0,1^2} = \frac{6,6564}{0,01} = 666 \approx 700 \text{ шт.}$$

Действительно, при уменьшении вариации в генеральной совокупности с 2,5% до 1%, на фоне уменьшения допустимой неточности с 0,5% до 0,1% (то есть, уменьшение в 5 раз), соответственно увеличению точности с 0,2 до 0,1, (то есть, увеличению в 2 раза) достаточный объем выборки вырос в 3,5 раза (с 200 шт. до 700 шт.).

Внесем еще одно изменение. Поскольку в современном овощеводстве сорта сменяются очень часто, уменьшим объем генеральной совокупности (число элитных семян) до: $\hat{N} = 1000$ шт. Генеральное среднее квадратическое отклонение оставим прежним $\hat{\sigma} = 1\%$. Допустимую неточность, показатель точности и t -критерий также оставим прежними: $\Delta = 0,1\%$; $k = 0,1$; $t_{05} = 2,58$. При таких заданных параметрах достаточный объем выборки должна быть не менее 400 шт.:

$$N = \frac{\hat{N}}{\hat{N} \frac{k^2}{t_{\alpha}^2} + 1} = \frac{1000}{1000 \frac{0,1^2}{2,58^2} + 1} = \frac{1000}{2,5} = 400 \text{ шт.}$$

Иными словами, в случаях, когда объем генеральной совокупности конечен, даже при слабой вариации, низкой допустимой неточности, высокой точности и повышенной величине t -критерия, объем достаточной выборки уменьшается (с 700 до 400 шт., уменьшение в 1,75 раза).

Внесем последнее изменение. Пересчитаем допустимый объем выборки конечной генеральной совокупности ($\hat{N} = 1000$ шт.) для максимального значения $\hat{\sigma} = 50\% = 0,5$ в долях единицы (при $p = q = 0,5$); низкой допустимой неточности $\Delta = 0,1\%$ или в долях единицы 0,001; показателя точности $k = \frac{5}{50} = 0,1$; величине t -критерия до $t_{01} = 2,58$. При таких параметрах достаточное число семян составит:

$$N = \frac{\hat{N}}{\hat{N} \frac{4\Delta^2}{t_{\alpha}^2} + 1} = \frac{1000}{1000 \frac{4 \times 0,001^2}{2,58^2} + 1} = \frac{1000}{1000 \frac{0,000004}{6,6564} + 1} = \frac{1000}{1,001} \approx 1000 \text{ шт.}$$

Следовательно, в случаях, когда объем генеральной совокупности является конечным числом при максимальной вариации в генеральной совокупности (возникающей при $p = q = 0,5$); низкой допустимой неточности, относительно высокой точности и повышенной величине t -критерия объем достаточной выборки значительно увеличивается (с 400 до 1000 шт., то есть, увеличение 2,5 раза).

Изучение разности долей

Определение достаточной численности выборок при оценке разности долей между ними проводится по той же формуле, что и при изучении разности средних:

$$\hat{N} = \frac{t_{\alpha}^2}{\Delta^2} \left(\hat{\sigma}_1^2 + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{a} \right) = \frac{t_{\alpha}^2}{\Delta^2} \left(\hat{\sigma}_1^2 + \frac{\hat{\sigma}_2^2 \hat{N}_1}{\hat{N}_2} \right),$$

где $\Delta = \bar{d} - \hat{d}$ – допустимая неточность в определении генеральной разности по выборочной;

$$\bar{d} = p_1 - p_2;$$

$$\hat{d} = \hat{p}_1 - \hat{p}_2.$$

Поскольку дисперсии в совокупностях $\hat{\sigma}_1^2$ и $\hat{\sigma}_2^2$, равны произведению долей объектов, обладающих изучаемым состоянием признаком (\hat{p}) на долю объектов, не имеющих данного состояния признака ($\hat{q} = 1 - \hat{p}$) формула уравнения

для расчета достаточной численности выборок будет следующей [6]:

$$\hat{N} = \frac{t_{\alpha}^2}{\Delta^2} \left[\hat{p}_1(1-\hat{p}_1) + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{a} \right] = \frac{t_{\alpha}^2}{\Delta^2} \left[\hat{p}_1(1-\hat{p}_1) + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)\hat{N}_1}{\hat{N}_2} \right],$$

где \hat{N}_1 – объем первой совокупности с долей \hat{p}_1 ;
 $\hat{N}_2 = a\hat{N}_1$ – объем второй совокупности с долей \hat{p}_2 ;
 t_{α} – критерий Стьюдента t_{05} или t_{01} ;

Если $\hat{\sigma}_1 = \hat{\sigma}_2 = \hat{\sigma} = 0,5$, то есть, сигмы одинаковы и максимальны, а также $\hat{N}_1 = \hat{N}_2 = \hat{N} \rightarrow \infty$, достаточная численность выборок при сравнении сортов по укореняемости черенков вычисляется по следующей формуле:

$$N = \frac{0,5t_{\alpha}^2}{\Delta^2}.$$

Пример 4. Изучается достоверность различия по укореняемости зеленых черенков (%) у сортов алычи Кубанская Комета и Царская в условиях Центрального региона РФ. Необходимо определить достаточные численности укореняемых черенков в выборках двух сортов алычи (N_1 и N_2) для достоверной оценки разности между генеральными средними. Укореняемость черенков оценивается в процентах или долях единицы. Черенки заготавливают в начале июля, когда побеги еще продолжают активный рост в длину. Стандартный черенок представляет собой часть побега текущего года состоящий из 3-5 междоузлий. На черенке половина листовой пластинки удаляют для уменьшения транспирации. Базальную часть черенков обрабатывают регулятором роста для стимулирования образования придаточных корней. Вариантов опыта два: генотипы двух сортов алычи, остальные источники вариации, кроме случайной вариации отсутствуют. Укореняемость зеленых черенков считается сильно варьирующим признаком. Для минимизации случайной вариации черенки заготавливают в один срок, с нескольких маточных растений одного возраста, каждый срезанный побег текущего года делят на 4-6 черенков. Наблюдаемая вариация по укореняемости черенков массы плодов считается нормой реакции генотипа сорта, что позволяет минимизировать достаточный объем выборки.

Зададим необходимые для вычислений параметры. Предварительно наметим приблизительные объемы генеральных совокупностей по числу заготавливаемых черенков у сравниваемых сортов (\hat{N}_1 , \hat{N}_2). Пусть $\hat{N}_1 \approx 10\,000$ шт.,

$$\hat{N}_2 \approx 15\,000 \text{ шт. тогда } \langle a \rangle = \frac{\hat{N}_2}{\hat{N}_1} = 1,5.$$

Основываясь на результатах предварительных исследований, наметим величины генеральных средних квадратических отклонений признака «укореняемость зеленых черенков, %» у сравниваемых сортов ($\hat{\sigma}_1$ и $\hat{\sigma}_2$). Для этого зададим приблизительную долю черенков с придаточными корнями у сорта Кубанская Комета: $\hat{p}_1 \approx 0,7$, тогда

доля черенков без корней составит $\hat{q}_1 \approx 1 - 0,7 \approx 0,3$. Тогда $\hat{\sigma}_1 = \sqrt{\hat{p}_1\hat{q}_1} = \sqrt{0,7 \times 0,3} = 0,46$.

Аналогично зададим приблизительную долю черенков с придаточными корнями у сорта Царская: $\hat{p}_2 \approx 0,6$ тогда доля черенков без корней составит $\hat{q}_2 \approx 1 - 0,6 \approx 0,4$. Тогда $\hat{\sigma}_2 = \sqrt{\hat{p}_2\hat{q}_2} = \sqrt{0,6 \times 0,4} = 0,49$.

Наметим допустимую неточность $\Delta \approx 5\% = 0,5$. Примем t -критерий равный: $t_{05} = 1,96$. При заданных параметрах достаточный объем выборки у сорта Кубанская комета (N_1) должна быть не менее 570 шт., а у сорта Царская (N_2) – 855 шт.:

$$N_1 = \frac{t_{\alpha}^2}{\Delta^2} \left(\hat{\sigma}_1^2 + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{a} \right) = \frac{1,96^2}{0,05^2} \left(0,46^2 + \frac{0,49^2}{1,5} \right) = 1536,64 \times 0,3717 = 571 \approx 570 \text{ шт.}$$

$$N_2 = 1,5 N_1 = 855 \text{ шт.} \approx 860 \text{ шт.}$$

Изменим некоторые задаваемые параметры: 1) уменьшим вариацию укореняемости черенков в генеральных совокупностях: $\hat{\sigma}_1 = \sqrt{\hat{p}_1\hat{q}_1} = \sqrt{0,9 \times 0,1} = 0,3$; $\hat{\sigma}_2 = \sqrt{\hat{p}_2\hat{q}_2} = \sqrt{0,8 \times 0,2} = 0,4$; 2) увеличим допустимую неточность $\Delta = 10\%$; 3) t -критерий оставим прежним: $t_{01} = 1,96$, численности \hat{N}_1 и \hat{N}_2 оставим прежними 10 000 и 15 000 шт. соответственно, $a = 1,5$). При таких измененных параметрах следует ожидать уменьшения численности черенков в опыте;

$$N_1 = \frac{t_{\alpha}^2}{\Delta^2} \left(\hat{\sigma}_1^2 + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{a} \right) = \frac{1,96^2}{0,1^2} \left(0,3^2 + \frac{0,4^2}{1,5} \right) = 384,16 \times 0,1967 = 75,6 \approx 76 \approx 100 \text{ шт.}$$

$$N_2 = 1,5 N_1 = 150 \text{ шт.}$$

Действительно, при уменьшении вариации, увеличении допустимой неточности, использовании $t_{05} = 1,96$ достаточный объем выборки уменьшился в 5,7 раза.

Внесем еще одно изменение. Будем считать, что средние квадратические отклонения укореняемости в генеральных совокупностях сравниваемых сортов алычи одинаковы и равны максимальному значению 0,5: $\hat{\sigma}_1 = \hat{\sigma}_2 = \hat{\sigma} = 0,5$. Допустимую неточность оставим прежней (до внесения изменений) $\Delta \approx 5\%$. Критерий Стьюдента оставим прежним: $t_{05} = 1,96$. Объемы генеральных совокупностей оставим прежними $\hat{N}_1 \approx 10\,000$ шт., $\hat{N}_2 \approx 15\,000$ шт. При заданных параметрах достаточная численность черенков у сортов алычи будет следующей:

$$N_1 = \frac{t_{\alpha}^2}{\Delta^2} \left(\hat{\sigma}_1^2 + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{a} \right) = \frac{1,96^2}{0,05^2} \left(0,5^2 + \frac{0,5^2}{1,5} \right) = 1536,64 \times 0,4167 = 640,3 \approx 640 \text{ шт.}$$

$$N_2 = 1,5 N_1 = 960 \text{ шт.}$$

Следовательно, равенство средних квадратических отклонений и максимальная величина вариации увеличивает достаточные объемы выборок.

И, наконец, внесем последнее изменение. Допустим, что объемы генеральных совокупностей сравниваемых сортов стремятся к бесконечности: $N \rightarrow \infty$. Допустимую

неточность оставим прежней $\Delta \approx 5\%$. Критерий Стьюдента также оставим прежним: $t_{05} = 1,96$. При таких исходных параметрах достаточная численность выборок при сравнении сортов по укореняемости черенков будет следующей:

$$N = \frac{0,5t_{\pi}^2}{\Delta^2} = \frac{0,5 \times 1,96^2}{0,05^2} = \frac{1,9208}{0,0025} = 768,32 \approx 800 \text{ шт.}$$

Обратим внимание, что допущения равенства численностей сравниваемых генеральных совокупностей и стремление их к бесконечности не оказывает существенного влияния на объем достаточной выборки (800 является средним арифметическим между 640 шт. и 960 шт.).

Таким образом, рекомендуется при определении достаточных объемов сравниваемых выборок для достоверной оценки разности между долями уравнивать генеральные средние квадратические отклонения сравниваемых совокупностей и считать, что объемы генеральных совокупностей также одинаковы и стремятся к бесконечности.

Изучение достоверности коэффициента корреляции

Достаточная численность выборки (N) при изучении коэффициента корреляции представляет собой число пар значений переменного (признака) у объектов [6].

Для ее расчета необходимо коэффициент корреляции « r » преобразовать в показатель « z », который представляет собой следующую функцию коэффициента корреляции:

$$z = \frac{1}{2} [\ln(1+r) - \ln(1-r)].$$

Преобразование « r » в « z » можно также осуществлять по специальной статистической таблице или вручную.

Достаточная численность выборки определяется по формуле:

$$N = \frac{t_{\pi}^2}{z^2} + 3,$$

где z – преобразованная величина « r »;

t_{π} – критерий Стьюдента t_{05} или t_{01} .

Пример 5. Планируется определить достаточный объем выборки (число пар значений признаков у различных сортов абрикоса) для оценки достоверности коэффициента корреляции « r » между признаками «диаметр плода, мм» и «масса плода, г». Единицами выборки будут выступать различные сорта абрикоса. У каждого сорта будут определяться две средние арифметические: 1) по диаметру

плода (мм); 2) по массе плода (г). Для этого по каждому сорту отбирается репрезентативная выборка, например по 10-15 плодов, и у каждого плода измеряются два параметра – «диаметр плода, мм» и «масса плода, г». После этого вычисляются по каждому сорту пара средних арифметических. Совокупность этих пар у разных сортов абрикоса и является исходными данными для вычисления коэффициента корреляции. Коэффициент корреляции определяет степень (отсутствует, слабая, средняя, сильная в зависимости от абсолютного значения коэффициента корреляции) и направление прямолинейных связей (прямая и обратная в зависимости от знака коэффициента корреляции – положительный или отрицательный). Достоверность коэффициента корреляции во многом зависит от объема выборки. В малых выборках достоверность корреляции, как правило, трудно доказать. В больших выборках достоверность корреляции доказать значительно проще. Для доказательства достоверности используют преобразование « r » в показатель « z ».

Зададим необходимые для вычислений параметры. Основным параметром является величина коэффициента корреляции « r ». Предположим различные степени связи: от слабой до сильной. Зададим следующие 5 величин « r »: 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9. Рабочая гипотеза состоит в том, что связь между диаметром и массой плода сильная и близка к функциональной. Однако, для исследования зависимости достаточного объема выборки от степени связи проанализируем все 5 значений коэффициента корреляции.

Проведем z -преобразование (табл. 1):

Установим величину t -критерия: $t_{01} = 2,58$.

Вычислим достаточную численность пар значений признаков у различных сортов абрикоса (N) при различных « z »:

$$N = \frac{t_{\pi}^2}{z^2} + 3 = \frac{2,58^2}{0,1003^2} + 3 = \frac{6,6564}{0,0101} + 3 = \text{пары значений у сортов}$$

$$= 659 + 3 = 662$$

$$N = \frac{t_{\pi}^2}{z^2} + 3 = \frac{2,58^2}{0,3095^2} + 3 = \frac{6,6564}{0,0957} + 3 = \text{пары значений у сортов}$$

$$= 69,6 + 3 = 72,6 \approx 73$$

$$N = \frac{t_{\pi}^2}{z^2} + 3 = \frac{2,58^2}{0,5493^2} + 3 = \frac{6,6564}{0,3017} + 3 = \text{пар значений у сортов}$$

$$= 22,1 + 3 = 25,1 \approx 25$$

Таблица 1. Значения коэффициентов корреляции Пирсона и показателей « z »

Величина « r »	Величина « z »
0,1	0,1003
0,3	0,3095
0,5	0,5493
0,7	0,8673
0,9	1,4722

$$N = \frac{t_{\pi}^2}{z^2} + 3 = \frac{2,58^2}{0,8673^2} + 3 = \frac{6,6564}{0,7522} + 3 = \text{пар значений у сортов}$$

$$= 8,8 + 3 = 11,8 \approx 12$$

$$N = \frac{t_{\pi}^2}{z^2} + 3 = \frac{2,58^2}{1,4722^2} + 3 = \frac{6,6564}{2,1674} + 3 = \text{пар значений у сортов}$$

$$= 3,1 + 3 = 6,1 \approx 6$$

Достаточные объемы выборок позволяют утверждать следующее:

1) для доказательства достоверности слабых связей ($r < 0,3$) необходимы очень большие по объему выборки (N около 700 и более);

2) для связей средней величины ($r = 0,3-0,6$) N варьирует от 25 до 75 пар значений признаков и наконец;

3) для сильных связей ($r > 0,7$) N варьирует от 6 до 12 пар значений признаков, то есть, выборки могут быть очень малы.

Определим достоверность коэффициентов корреляции путем сравнения $t_{01} = 2,58$ с величиной $z\sqrt{N-3}$. Если $t_{01} > z\sqrt{N-3}$ нулевая гипотеза принимается, связь недостоверная. Если $t_{01} < z\sqrt{N-3}$ нулевая гипотеза отвергается, связь достоверная:

Таким образом, для доказательства достоверности очень слабой корреляции ($r=0,10$ и менее), необходимы выборки, включающие более 670 пар значений признаков. Для доказательства достоверности всех остальных корреляций ($r>0,1$) допустимы достаточные объемы от 6 до 73 пар значений признаков.

Выводы

1. При планировании экспериментов с любыми объектами важным и весьма ответственным является этап определения достаточных объемов исследуемых выборок. Достаточный объем выборки обеспечивает достоверность рассчитываемых выборочных статистических параметров, то есть, позволяет достоверно судить по параметрам выборки о параметрах генеральной совокупности. Определение достаточных объемов выборок у садовых растений имеет не только научный, но и весомый экономический аспект. Определение достаточных объемов выборок возможно только для переменных, измеренных в числовых шкалах (интервальной, шкале отношений и абсолютной).

2. Для того чтобы определить достаточный объем выборки (кроме изучения достоверности коэффициента корреляции) необходимо предварительно задать 5 параметров: 1) объем генеральной совокупности (\hat{N}); 2) среднее квадратическое отклонение признака в генеральной совокупности ($\hat{\sigma}$); 3) допустимую неточность исследуемой величины (Δ); 4) показатель точности (k); 5) критерий Стьюдента или допустимая доверительная вероятность (t_{π}).

3. Достаточный объем выборки при изучении среднего арифметического прямо пропорционален величине t -критерия и величине дисперсии признака в генеральной совокупности и обратно пропорционален допустимой неточности, то есть, разности между выборочной средней и генеральной средней. При $\hat{N} \rightarrow \infty$ достаточный объем выборки будет больше чем в случае если $\hat{N} \neq \infty$.

4. Достаточные объемы выборок при изучении различий между средними прямо пропорциональны величине t -критерия и величинам дисперсии признака в сравниваемых выборках и обратно пропорциональны допустимой неточности. При равенстве дисперсий по признаку в выборках, а также при равенстве объемов сравниваемых выборок вычислительные процедуры упрощаются.

5. Достаточный объем выборок при изучении долей прямо пропорционален величине t -критерия и величине дисперсии признака в генеральной совокупности и обратно пропорционален допустимой неточности. Если $\hat{N} \neq \infty$ допустимый объем выборки будет меньшим по сравнению со случаем когда $\hat{N} \rightarrow \infty$. При максимально возможном значении $\hat{\sigma} = 0,5$ ($p = q = 0,5$) достаточный объем выборки возрастает.

6. Достаточные объемы выборок при изучении разности долей прямо пропорциональны величине t -критерия и величинам дисперсии признака в сравниваемых выборках и обратно пропорциональны допустимой неточности.

7. Достаточный объем выборки (N) при изучении коэффициента корреляции представляет собой число пар значений переменного (признака) в выборке. Для его расчета необходимо задать два параметра: 1) величину коэффициента корреляции; 2) величину критерия Стьюдента. Достаточный объем выборки при этом будет прямо пропорционален t -критерию и обратно пропорционален коэффициенту корреляции. Для вычисления достаточного объема выборки проводится преобразование коэффициента корреляции в показатель « z ».

Таблица 2. Достаточные объемы выборок при различных величинах коэффициента корреляции

Величина « r »	Величина « z »	N	$t = z\sqrt{n-3}$	Вывод
0,1	0,1003	662	0,26	корреляция недостоверная
0,3	0,3095	73	2,59	корреляция достоверная
0,5	0,5493	25	2,58	корреляция достоверная
0,7	0,8673	12	2,60	корреляция достоверная
0,9	1,4722	6	2,94	корреляция достоверная

Список литературы

1. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия. Петрозаводск, Изд.-во ПетрГУ, 2010 г. 104 с.
2. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Минск: «Вышайша школа», 1973 г., 320 с
3. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: «Наука», 1990 г., 296 с.
4. Шмитд В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд. Ленингр. университета, 1984 г., 288 с.
5. Исачкин А.В., Крючкова В.А. Способы унификации переменных для многомерного статистического анализа экспериментальных данных (на примере плодовых растений) // АгроЭкоИнфо. – 2016, №4. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st_450.doc.
6. Плохинский Н.А. Биометрия. Новосибирск: Изд-во Сибирского отд. АН СССР, 1961 г., 362 с.

References

1. Ivanter E.V., Korosov A.V., Elementarnaya biometriya [Elementary biometrics]. Petrozavodsk, Izd-vo PetrGU [Petrozavodsk, Publishing house of PetrSU], 2010. 104 p.

2. Rokitskiy P.F. Bioillogicheskaya statistika [Biological statistics]. Minsk: «Vyshaysha shkola» [Minsk: Publishing house «Vyshaysha school»], 1973. 320 s.

3. Zaytsev G.N. Matematika v eksperimental'noy botanike [Mathematics in Experimental Botany]. M.: «Nauka» [Moscow: Publishing house «Science»], 1990. 296 s.

4. Schmitd V.M. Matematicheskiye metody v botanike [Mathematical methods in botany]. L.: Izd. Leningr. universiteta [Leningrad: Publishing house of Leningrad. University], 1984. 288 s.

5. Isachkin A.V., Kryuchkova V.A. Spособы unifikatsii peremennykh dlya mnogomernogo statisticheskogo analiza eksperimental'nykh dannyykh (na primere plodovykh rasteniy) [Methods for unifying variables for multivariate statistical analysis of experimental data (for example, fruit plants)] // AgroEkoInfo. 2016, No. 4. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st_450.doc.

6. Plokhinskiy N.A. Biometriya [Biometrics]. Novosibirsk: Izd-vo Sibirskogo otd. AN SSSR [Publishing house of the Siberian department. USSR Academy of Sciences], 1961, 362 s.

Информация об авторах

Исачкин Александр Викторович, д-р. с.-х. наук, профессор, ст. н. с.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева»

127550. Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН

127276. Российская Федерация, Москва, Ботаническая ул., д. 4

E-mail: isachkinalex@mail.ru

Крючкова Виктория Александровна, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: vkrychkova@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН

127276. Российская Федерация, Москва, Ботаническая ул., д. 4

E-mail: vkrychkova@mail.ru

Information about the authors

Isachkin Alexander Viktorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Senior Researcher

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev»

127550. Russian Federation, Moscow, st. Timiryazevskaya, 49

Federal State Budgetary Institution for Sciences Tsitsin Main Botanical Garden RAS, Moscow

127276. Russian Federation, Moscow, Botanicheskaya street, 4

E-mail: isachkinalex@mail.ru

Kryuchkova Victoria Alexandrovna, Ph.D., Leading Researcher

Federal State Budgetary Institution for Sciences Tsitsin Main Botanical Garden RAS, Moscow

127276. Russian Federation, Moscow, Botanicheskaya street, 4

E-mail: vkrychkova@mail.ru

Е.В. Ткачева

канд.биол.наук, ст. н. с.

Библиотека по естественным наукам РАН

E-mail: gbsad_lib@mail.ru

Научные труды сотрудников Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН в базе данных Web of Science

В современном веке – веке «гонки за эффективностью» – огромное значение придают библиометрическим показателям. В данной статье предлагается обзор научных трудов сотрудников Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН в отечественной (РИНЦ) и международной базе данных (Web of Science) и анализ их цитируемости мировым биологическим научным сообществом. В базе данных научного цитирования Web of Science насчитывается порядка 416 научных работ сотрудников Главного ботанического сада, опубликованных с 1975 года. И зачастую ссылки на большинство этих работ приходятся на авторитетные научные журналы. Это является отражением «успешности» в научном ботаническом мире не только отдельно взятых при анализе статей, но и организации в целом.

Ключевые слова: Главный ботанический сад, мировое информационное пространство, индекс научного цитирования, Web of Science, РИНЦ.

E.V. Tkacheva

Cand. Sci. Biol., Senior Researcher

Library for Natural Sciences of the Russian

Academy of Sciences

E-mail: gbsad_lib@mail.ru

Scientific works of the staff of the Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin RAS in the Web of Science database

In the modern century the «effectiveness race» century – bibliometric indicators are of great importance. This article offers an overview of the scientific works of the staff of the Tsitsin Main Botanical Garden RAS in the Russian (RSCI) and international databases (Web of Science) and analysis of their citations by the world biological scientific community. It should be noted that the database of scientific citations Web of Science counts 416 scientific papers by the staff of the Main Botanical Garden (as of 1975). And references to most of these works are often made by authoritative scientific journals. This is a reflection of the «success» in the scientific botanical world, not only the individual articles, but also the organization as a whole.

Keywords: Main Botanical Garden, botany, worldwide information space, Science Citation Index, Web of Science, Russian Science Citation Index (RSCI).

DOI: 10.25791/BBGRAN.04.2020.1075

Библиометрические показатели стали на сегодняшний день неотъемлемой частью информационно-аналитической деятельности в сфере научных исследований во всем мире. Многочисленные перегибы и просто неквалифицированное использование библиометрических инструментов отмечал даже создатель классического индекса цитирования Юджин Гарфилд [1, 2]. Тем не менее, библиометрический анализ является одним из рациональных подходов, если рассматривать его не как средство администрирования науки, но как собственно инструмент наукометрии [3].

Отметим, что Web of Science (WoS) в настоящее время позиционируется как единая платформа, через которую предоставляется доступ к различным базам данных (БД), входящим в семейство Web of Science. Среди них есть тематические базы данных, например, MEDLINE и BIOSIS, есть региональные, например, SciELO Citation Index (региональная база данных цитирований литературы по гуманитарным наукам и искусству на испанском и

португальском языках) и появившийся в 2015 году Russian Science Citation Index (региональная база данных цитирования по российской научной литературе). Основные, общемировые индексы цитирования, включающие самые престижные научные издания, объединены в настоящее время в базе данных под названием «Web of Science Core Collection» (WoS-CC), именно ее мы и использовали как источник данных для анализа. Глубина ретроспекции, доступная нам для анализа по БД Web of Science, ограничена в силу условий подписки периодом с 1975 года.

Поиск публикаций сотрудников Главного ботанического сада осуществлялся в поле «Адрес» («Address») в базе данных Web of Science Core Collection. В результате поиска было найдено 416 статей, входящих в БД WoS-CC.

Одна наиболее высокочитируемая статья из этого общего списка была проанализирована отдельно:

Hill M.O.; Bell N.; Bruggeman-Nannenga M.A.; Brugges M.; Cano M.J.; Enroth J.; Flatberg K.I.; Frahm J.P.; Gallego M.T.; Garilleti R.; Guerra J.; Hedenas L.;

Holyoak D.T.; Hyvonen J.; Ignatov M.S.; Lara F.; Mazimpaka V.; Munoz J.; Soderstrom L. An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia // *Journal of Bryology*. 2006. V. 28 Iss. 3 P. 198–267 DOI: 10.1179/174328206X119998 (цитирований 429).

Столь высокая, по сравнению с другими публикациями ГБС РАН, цитируемость этой статьи объясняется спецификой ее содержания: статья является обзором и содержит аннотированный список видов крупного таксона; обзор написан коллективом авторов из семи стран мира (Англия, Финляндия, Испания, Норвегия, Германия, Швеция, Россия).

Статья цитируется неравномерно, начиная с 2006 года (т.е. с года ее опубликования) и по настоящее время, пик цитирования (50) приходится на 2013 год, самое низкое значение было отмечено в 2016 г. (рис. 1). Статью цитируют ученые более чем из 60 стран мира (рис. 2).

В целом ссылки на данную работу распределены более чем по 110 журналам и сериальным изданиям. Распределение числа цитирований по журналам неравномерно, около 50 % цитирований приходится на 7 изданий (рис. 3; на рисунке под названиями изданий в скобках указана квартиль журнала и его предметная область в базе данных Journal Citation Reports–2018).

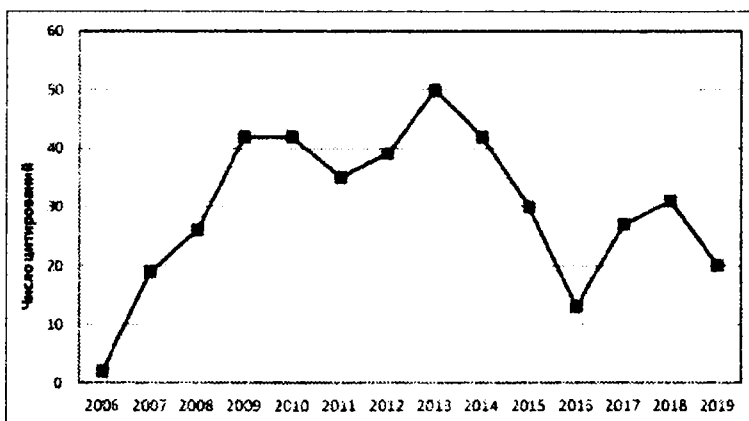


Рис. 1. Цитирование работы «An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia» по годам

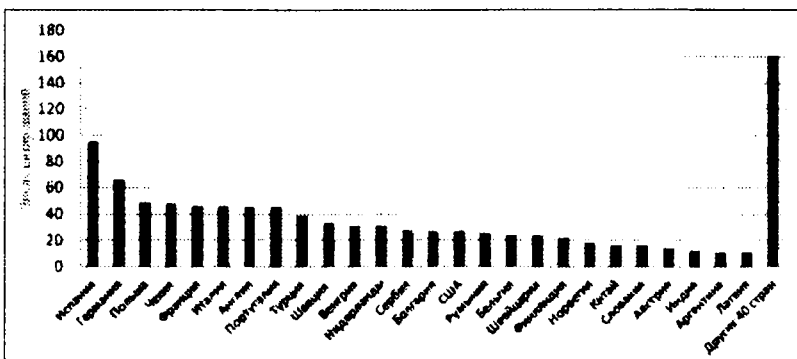


Рис. 2. Цитирование работы «An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia» зарубежными авторами по странам (10 и более раз)

Из остальных 415 статей 263 статьи были процитированы 1905 раз (1515 раз без учета самоцитирования). Ниже приведены работы, процитированные 30 и более раз (расположены в порядке убывания числа цитирований, в скобках указано число цитирований):

1. De Carvalho D.; Ingvarsson P.K.; Joseph J.; Suter L.; Sedivy C.; Macaya-Sanz D.; Cottrell J.; Heinze B.; Schanzer I.; Lexer C. Admixture facilitates adaptation from standing variation in the European aspen (*Populus tremula* L.), a widespread forest tree // *Molecular Ecology*. 2010. V. 19 Iss. 8 P. 1638–1650 DOI: 10.1111/j.1365–294X.2010.04595.x (83 цитирования);

2. Newton A.E.; Wikstrom N.; Bell N.; Forrest L.L.; Ignatov M.S. Dating the diversification of the pleurocarpous mosses // *Systematics Association Special Volume Series (Pleurocarpous mosses: systematics and evolution)*. 2007. V. 71 P. 337–366 (65 цитирований);

3. Huttunen S.; Ignatov M.S. Phylogeny of the Brachytheciaceae (Bryophyta) based on morphology and sequence level data // *CLADISTICS*. 2004. V. 20 Iss. 2 P. 151–183 DOI: 10.1111/j.1096-0031.2004.00022.x (58 цитирований);

4. Huttunen S.; Hedenas L.; Ignatov M.S.; Devos N.; Vanderpoorten A. Origin and evolution of the northern hemisphere disjunction in the moss genus *Homalothecium* (Brachytheciaceae) // *American Journal of Botany*. 2008. V. 95 Iss. 6 P. 720–730 DOI: 10.3732/ajb.2007407 (52 цитирования);

5. Lovkova M.Y.; Buzuk G.N.; Sokolova S.M.; Kliment'eva N.I. Chemical features of medicinal plants (Review) // *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2001. V. 37 Iss. 3 P. 229–237 DOI: 10.1023/A:1010254131166 (45 цитирований);

6. Ellis L.T.; Bednarek-Ochyra H.; Ochyra R. et al. New national and regional bryophyte records, 35 // *Journal of Bryology*. 2013. V. 35 Part 2 P. 129–139 DOI: 10.1179/1743282013Y.0000000049 (41 цитирование);

7. Novenko E.Yu.; Volkova E.M.; Nosova M.B.; Zuganova I.S. Late Glacial and Holocene landscape dynamics in the southern taiga zone of East European Plain according to pollen and macrofossil records from the Central Forest State Reserve (Valdai Hills, Russia) // *Quaternary International*. 2009. V. 207 Iss. 3 P. 93–103 DOI: 10.1016/j.quaint.2008.12.006 (37 цитирований);

8. Gardiner A.; Ignatov M.; Huttunen S.; Troitsky A. On resurrection of the families Pseudoleskeaceae Schimp and Pylaisiaceae Schimp. (Musci, Hypnales) // *TAXON*. 2005. V. 54 Iss. 3 P. 651–663 DOI: 10.2307/25065422 (36 цитирований);

9. Ellis L.T.; Bakalin V.A.; Baisheva E. et al. New national and regional bryophyte records, 36 // *Journal of Bryology*. 2013. V. 35 Part 3 P. 228–238 DOI: 10.1179/1743282013Y.0000000064 (33 цитирования);

10. Chizhov V.N.; Chumakova O.A.; Subbotin S.A.; Baldwin J.G. Morphological and molecular characterization of foliar nematodes of the genus *Aphelenchoides*: *A. fragariae* and *A. ritzemabosi* (Nematoda: Aphelenchoididae) from the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow // *Russian Journal of Nematology*. 2006. V. 14 Iss. 2 P. 179–184 (33 цитирования);

11. Hoshino T.; Xiao N.; Tkachenko O.B. Cold adaptation in the phytopathogenic fungi causing snow molds // *Mycoscience*. 2009. V. 50 Iss. 1 P. 26–38 (32 цитирования);

12. Ignatov M.S.; Gardiner A.A.; Bobrova V.K. et al On the relationships of mosses of the order Hypnales, with special reference to Taxa traditionally classified in the Leskeaceae // *Systematics Association Special Volume Series (Pleurocarpous mosses: systematics and evolution)*. 2007. V. 71 P. 177–213 (31 цитирование);

13. Nikishina T.V.; Popov E.V.; Vakhrameeva M.G.; Varlygina T.I.; Kolomeitseva G.L. et al Cryopreservation of seeds and protocorms of rare temperate orchids // *Russian*

Journal of Plant Physiology. 2007. V. 54 Iss. 1 P. 121–127 DOI: 10.1134/S1021443707010189 (30 цитирований).

Весь пул публикаций сотрудников Главного ботанического сада в БД WoS–CC цитируется неравномерно на протяжении всего доступного нам для анализа периода с 1976 по 2020 гг. С 2009 г. наблюдается тенденция к увеличению числа цитирований, и на сегодняшний день статьи Главного ботанического сада продолжают активно цитировать (рис. 4).

Важно отметить, что такая тенденция обусловлена интересом к статьям, вышедшим за последнее десятилетие (рис. 5). Следует отметить, что статьи 1980–90-х годов также цитируются с 2009 года по настоящее время, на долю этих статей приходится примерно 8 % от общего числа статей процитированных в 2009–2020 гг., и всего 4 % цитирований за этот же период.

Наиболее часто среди зарубежных авторов статьи сотрудников Главного ботанического сада цитируют коллеги из различных учреждений США, Германии, Китая, Англии, Испании, Польши и Швеции (рис. 6).

Из российских авторов наиболее часто работы сотрудников ГБС РАН цитируют коллеги из учреждений Российской академии наук (Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Саратовский научный центр РАН, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН); Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова; Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К.А. Тимирязева. Сотрудники Главного ботанического сада также активно цитируют научные статьи авторов из ГБС РАН.

Ссылки на статьи сотрудников Главного ботанического сада распределены по более чем 480 журналам и сериальным изданиям. Распределение числа цитирований по изданиям неравномерно. Около 40% цитирований приходится на 26 журналов (далее в скобках указана квартиль импакт-фактора журнала и его предметная область по данным Journal Citation Reports за 2018 год): *Journal of Bryology* (Q3 Plant Sciences); *Phytotaxa* (Q3 Plant Sciences); *Bryologist* (Q2 Plant Sciences); *Molecular Ecology* (Q1 Biochemistry & Molecular Biology); *Q1 Ecology*; *Q1 Evolutionary Biology*; *Biology Bulletin* (Q4 Biology); *Taxon* (Q1 Plant Sciences); *Q2 Evolutionary Biology*; *Cryptogamie Bryologie* (Q3 Plant Sciences); *Molecular Phylogenetics and Evolution* (Q1 Biochemistry & Molecular Biology); *Q1 Evolutionary*

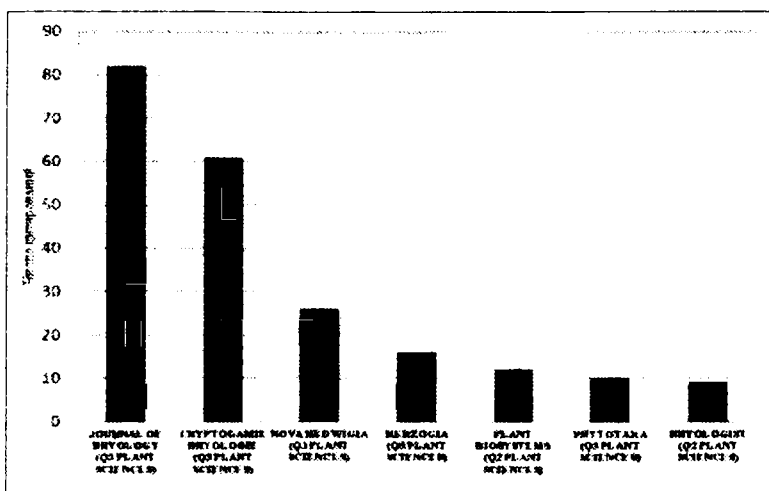


Рис. 3. Иностранные научные издания, наиболее часто цитирующие работу «An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia»

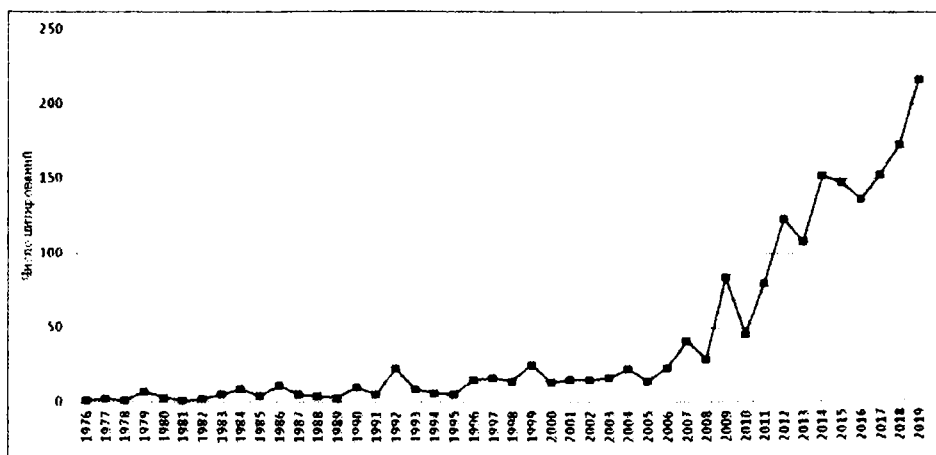


Рис. 4. Цитирование работ сотрудников Главного ботанического сада по годам

Biology; Q1 Genetics & Heredity); Izvestiya Akademii Nauk Seriya Biologicheskaya; Mikologiya i Fitopatologiya (Q4 Mycology); Russian Journal of Plant Physiology (Q3 Plant Sciences); Botanical Journal of the Linnean Society (Q1 Plant Sciences); PLOS ONE (Q2 Multidisciplinary Sciences); American Journal of Botany (Q1 Plant Sciences); Nova Hedwigia (Q3 Plant Sciences); Plant Systematics and Evolution (Q2 Plant Sciences; Q4 Evolutionary Biology); Soviet Plant Physiology; Review of Palaeobotany and Palynology (Q2 Plant Sciences; Q2 Paleontology); Russian Journal of Genetics (Q4 Genetics & Heredity); Annals of Botany (Q1 Plant Sciences); International Journal of Plant Sciences (Q3 Plant Sciences); New Phytologist (Q1 Plant Sciences); Annales Botanici Fennici (Q4 Plant Sciences); Applied Biochemistry and Microbiology (Q4 Biotechnology & Applied Microbiology; Q4 Microbiology); Journal of Biogeography (Q1 Ecology; Q1 Geography. Physical); Nematology (Q2 Zoology).

На основании проанализированных данных можно заключить, что и российские, и зарубежные ученые проявляют интерес к работам Главного ботанического сада. Ссылки приходятся в основном на современные выпуски авторитетных научных изданий.

В качестве альтернативного взгляда приведем данные по цитируемости работ сотрудников Главного ботанического сада, включенных в базу данных РИНЦ. Всего в базу данных вошли 2506 работ (по состоянию на 01.07.2020 г.). Методика при работе с базой данных РИНЦ не предусматривает различных вариаций при анализе работ, как конкретного автора, так и всего пула работ научной организации, и сводится к использованию уже имеющихся в базе параметров для анализа, однако, напомним еще раз, что достоверность библиометрических данных этой БД вызывает сомнения у специалистов [4]. При анализе

цитируемости работ и публикационной активности были просмотрены все параметры и использовано максимально возможное их число.

Распределение публикаций по научным журналам выглядит следующим образом: наибольшее число работ опубликовано в «Бюллетене Главного ботанического сада» (283 работы), далее следуют «Arctoa» (225 работ), «Бюллетень Московского общества испытателей природы (отдел биологический)» (64 работы), «Ботанический журнал» (50 работ) и «Biology Bulletin (Известия Российской академии наук. Серия Биологическая)» (45 работ). Отметим наиболее часто цитируемые публикации (в перечень вошли работы, процитированные 70 и более раз, работы расположены в порядке убывания цитируемости):

1. Игнатов М.С., Афонина О.М., Игнатова Е.А. и др. Список мхов Восточной Европы и Северной Азии // *Arctoa* 2006. Т. 15. С. 1130 (цитирований 863);

2. Игнатов М.С., Афонина О.М. Список мхов территории бывшего СССР // *Arctoa* 1992. Т. 1. С. 186 (процитирована 425 раз);

3. Ворошилов Владимир Николаевич. Определитель растений советского Дальнего Востока / В. Н. Ворошилов. М.: Наука, 1982. 672 с. (цитирований 359);

4. Определитель высших растений Башкирской АССР: Сем. Brassicaceae Asteraceae / АН СССР, Урал. отд-ние, Башк. науч. центр, Ин-т биологии; [Ю. Е. Алексеев и др.]; Отв. ред. Е.В. Кучеров, А.А. Мулдашев. М.: Наука, 1989. 374 с. (цитирований 282);

5. Красная книга Рязанской области / Окский гос. природ. биосфер. заповедник; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина [и др.]; Иванчев В. П., Казакова М.В. (отв. ред.). Рязань: Голос Губернии, 2011. 625, [1] с.: ил. Библиогр.: с.

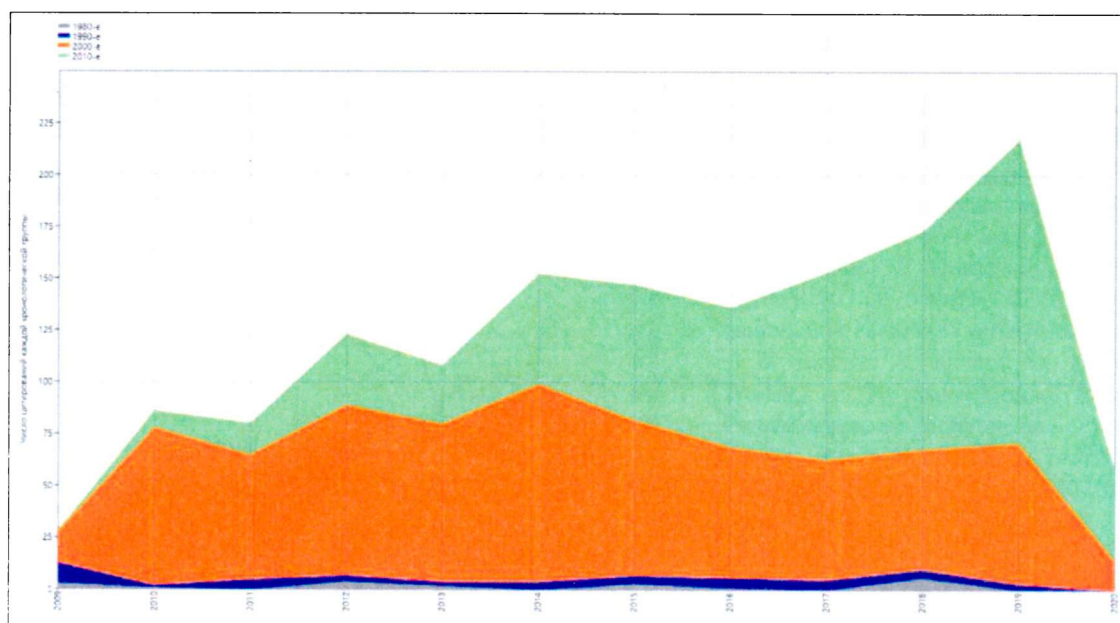


Рис. 5. Цитирование в 2009–2020 гг. работ сотрудников Главного ботанического сада по хронологическим группам публикаций

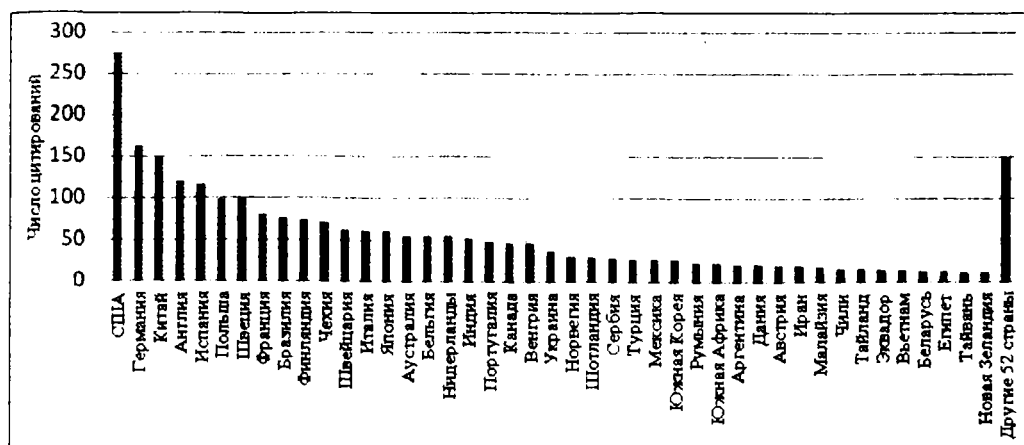


Рис. 6. Цитирование работ сотрудников Главного ботанического сада зарубежными авторами по странам (более 20 цитирований)

603-606. Алф. указ. рус., лат. назв. животных и растений: с. 622-625. ISBN 978-5-98436-024-1 (цитирований 164);

6. Биологически активные вещества растительного происхождения: в 3 т. Т. 2: Л-Я. 2001. 763 с. Библиогр.: с. 761-763. ISBN 5-02-013184-9. (цитирований 156);

7. Былов В.Н., Карлисонова Р.А. Принципы создания и изучения коллекции малораспространенных декоративных многолетников // Бюл. Гл. ботан. сада 1978. № 107. С. 7782 (цитирований 141);

8. Флора северо-востока Европейской части СССР. Т. 3. Семейства Nymphaeaceae Hippuridaceae / Кобелева Т.П., Лашенкова А.Н., Мартыненко В.А. [и др.]. Ленинград, 1976. 293 с. (цитирований 94);

9. Флора северо-востока Европейской части СССР. Т. 2. Семейства Cyperaceae Caryophyllaceae / Егорова Т.В., Лашенкова А.Н., Кобелева Т.П. [и др.]. Ленинград, 1976. 316 с. (цитирований 90);

10. Методические рекомендации по реинтродукции редких и исчезающих видов растений: (для ботанических садов) / Горбунов Ю.Н. [и др.]; Междунар. совет ботан. садов по охране растений (BGCI), Совет ботан. садов России, Гл. ботан. сад им. Н.В. Цицина РАН. Тула, 2008. 54, [1] с., [4] л. ил.: табл. На обл. авт. не указаны. Библиогр.: с. 52 [55]. ISBN 978-1-905164-27-1 (цитирований 79).

Наиболее высокоцитируемыми являются обзоры флор и списки видов растений.

В заключение отметим, что всего в самой авторитетной в мире базе данных научного цитирования – Web of

Science – насчитывается 416 научных работ Главного ботанического сада. И зачастую ссылки на большинство этих работ приходится на авторитетные научные журналы. Это является свидетельством актуальности и научной ценности информации, содержащейся в статьях сотрудников Главного ботанического сада.

Список литературы

1. Garfield E. A Century of Citation Indexing // COLLNET Journal of Scientometrics and Information Management. 2012. V. 6. Iss. 1. P. 1–6.
2. Garfield E., Sher I.H. ISI's Experiences with ASCA – A Selective Dissemination System // J. Chem. Doc. 1967. V. 7. Iss. 3. P. 147–153.
3. Руководство по наукометрии: индикаторы развития науки и технологии / Акоев М.А., Маркусова О.В., Москалева В.В., Писляков В.В. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета. 2014 г. 250 с. DOI: 10.15826/B978-5-7996-1352-5.0000.
4. Каленов Н.Е., Селюцкая О.В. Некоторые оценки качества Российского индекса научного цитирования на примере журнала «Информационные ресурсы России» // Информационные ресурсы России. 2010. № 6. С. 2–13.

References

1. Garfield E. A Century of Citation Indexing // COLLNET Journal of Scientometrics and Information Management. 2012. V. 6. Iss. 1. P. 1–6.
2. Garfield E., Sher I.H. ISI's Experiences with ASCA – A Selective Dissemination System // J. Chem. Doc. 1967. V. 7. Iss. 3. P. 147–153.
3. Rukovodstvo po naukometrii: indikatory razvitiya nauki i tekhnologii [Guide to scientometrics: indicators of the development of science and technology] / Akoyev M.A., Markusova O.V., Moskalova V.V., Pisyakov V.V. Yekaterinburg: Izd-vo Ural'skogo universiteta. 2014 g. 250 s. DOI: 10.15826/B978-5-7996-1352-5.0000.
4. Kalenov N.Ye., Selyutskaya O.V. Nekotoryye otsenki kachestva Rossiyskogo indeksa nauchnogo tsitirovaniya na primere zhurnala «Informatsionnyye resursy Rossii» [Some estimates of the quality of the Russian Science Citation Index on the example of the journal «Information Resources of Russia»] // Informatsionnyye resursy Rossii. 2010. № 6. S. 2–13.

Информация об авторе

Ткачева Екатерина Васильевна, канд. биол. наук, ст. н. с.
Библиотека по естественным наукам Российской академии наук (БЕН РАН)
119991, Россия, Москва, ул. Знаменка, 11/11
E-mail: gbsad_lib@mail.ru

Information about the author

Tkacheva Ekaterina Vasil'evna, Cand. Sci. Biol., Senior Researcher
Library for Natural Sciences of the Russian Academy of Sciences
119991, Russia, Moscow, ul. Znamenka, 11/11
E-mail: gbsad_lib@mail.ru

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. При направлении материалов для публикации в журнале необходимо заполнить карточку «Сведения об авторе» (на русском и английском языках). Пример. Адрес регистрации: 111222, Москва, ул. генерала Авдеева, дом 2, корпус 4, квартира 444. 111222, Moscow, street of General Avdeeva, the house 2, building 4, apartment 444.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Дата и место рождения _____

Адрес регистрации (прописки) по паспорту с указанием почтового индекса _____

Адрес фактического проживания с указанием почтового индекса _____

Контактная информация (домашний, служебный и мобильный телефоны, электронный адрес) _____

Название организации (место работы (учебы)) вместе с ведомством, к которому она принадлежит, занимаемая должность, адрес организации с указанием почтового индекса _____

Ученая степень и звание (№ диплома, аттестата, кем и когда выдан) _____

2. Объем статьи не должен превышать 20 страниц машинописного текста. Текст необходимо набирать в редакторе Word шрифтом № 12, Times New Roman; текст не форматируется, т.е. не имеет табуляций, колонок и т.д. Статьи должны быть свободны от сложных и громоздких предложений, математических формул и особенно формульных таблиц, а также промежуточных математических выкладок. Нумеровать следует только те схемы и формулы, на которые есть ссылка в последующем изложении. Все сокращения и условные обозначения в схемах и формулах следует расшифровать, размерности физических величин давать в СИ, названия иностранных фирм и приборов – в транскрипции первоисточника с указанием страны.

3. Отдельным файлом должны быть присланы рисунки (формат *.tif с разрешением не менее 300 dpi, *.pdf, *.ai или *.cdr) и поднеси к ним. Аннотация и ключевые слова на русском и английском языках – также отдельными файлами. В аннотации полностью должна быть раскрыта содержательная сторона публикации и полученные результаты (выводы). Аннотация должна иметь объем от 100 до 250 слов. После аннотации дается перечень ключевых слов – от 5 до 10.

4. Список использованной литературы (лишь необходимой и органически связанной со статьей) составляется в порядке упоминания и дается в конце статьи. Ссылки на литературу в тексте отмечаются порядковыми цифрами в квадратных скобках, а именно: [1, 2]. Желательно, чтобы список литературы содержал не менее 10–12 источников, в том числе как минимум – 3 зарубежные публикации (желательно из трех стран) в данной области за последние 5–10 лет. Список литературы представляется на русском, английском языках и латинице (романски алфавитом). Вначале дается список литературы на русском языке, имеющиеся в нем зарубежные публикации на языке оригинала. Затем приводится список литературы в романском алфавите, который озаглавляется References и является комбинацией англоязычной [перевод источника информации на английский язык дается в квадратных скобках (<https://translate.google.ru/?hl=ru&tab=wT>)] и транслитерированной частей русскоязычных ссылок (http://shub123.ucoz.ru/Sistema_transliterazii.html). В конце статьи приводится название статьи, фамилия, имя, отчество автора (ов), ученая степень, ученое звание, должность и место работы, электронный адрес хотя бы одного из авторов для связи и точный почтовый адрес организации (место работы автора) на русском и английском языках, при этом название улицы дается транслитерацией. Список литературы следует оформлять в соответствии с Международными стандартами:

ПРАВИЛА РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ СТАТЕЙ

1. Любая статья, поступающая в редакцию журнала, независимо от личности автора (ов) направляется рецензенту, крупному специалисту в данной области.

Редакция журнала осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки.

Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи.

2. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания не менее 5-ти лет.

3. Копии рецензий, при поступлении в редакцию журнала соответствующего запроса направляются в Министерство образования и науки Российской Федерации.

4. Статья рецензенту передается безличностно, т.е. без указания фамилии автора(ов), места работы, занимаемой должности и контактной информации (адреса, телефона и E-mail адреса).

5. Рецензент на основе ознакомления с текстом статьи обязан в разумный срок подготовить и в письменной форме передать в редакцию рецензию, в обязательном порядке содержащую оценку актуальности рассмотренной темы, указать на степень обоснованности положений, выводов и заключения, изложенных в статье, их достоверность и новизну. В конце рецензии рецензент должен дать заключение о целесообразности или нецелесообразности публикации статьи.

6. При получении от рецензента отрицательной рецензии статья передается другому рецензенту. Второму рецензенту не сообщается о том, что статья была направлена рецензенту, и что от него поступил отрицательный отзыв. При отрицательном результате повторного рецензирования статья снимается с рассмотрения и об этом сообщается автору(ам).

7. Автору (ам) редакция направляет копии рецензии заказным письмом с уведомлением о вручении и по электронной почте.

8. В исключительных случаях, по решению редакционной коллегии, при получении от двух рецензентов отрицательного отзыва, статья может быть опубликована. Такими исключительными случаями являются: предвзятое отношение рецензентов к рассмотренному в статье новому направлению научного нововведения; несогласие и непризнание рецензентами установленных автором фактов на основе изучения и анализа экспериментальных данных, результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и других работ, выполненных на основании и в рамках Национальных и государственных программ и принятых заказчиком; архивных и археологических изысканий, при условии предоставления автором документальных доказательств и т.д.



Рис. 1. *Clematis integrifolia* L. – Клематис цельнолистный

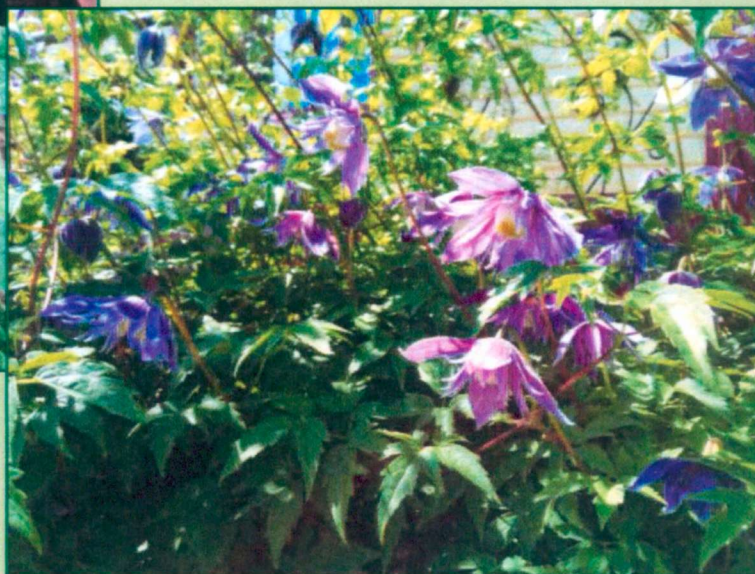


Рис. 2. *Clematis macropetala* Ledeb. – Клематис крупнолепестковый



Рис. 3. *Clematis serratifolia* Rehd. – Клематис пильчатолистный



Рис. 4. *Clematis tangutica* (Maxim.) Korsh. – Клематис тангутский

Иллюстративный материал к статье Крещенок И.А.
«Представители рода *Clematis* L. (Ranunculaceae) в коллекции Амурского филиала
Ботанического сада-института ДВО РАН»