



БЮЛЛЕТЕНЬ ГНБС

Выпуск 136

Ялта 2020

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НИКИТСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД

БЮЛЛЕТЕНЬ ГНБС

Выпуск 136

Ялта 2020

Учредитель

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад –
Национальный научный центр РАН»

Главный редактор

Юрий Владимирович Плугатарь

Заместитель главного редактора

Оксана Михайловна Шевчук

Редакционная коллегия

Ч.Р. Азвас (Бангалоре, Индия)	В.В. Корженевский (Ялта, Россия)
Н.А. Багрикова (Ялта, Россия)	И.В. Костенко (Ялта, Россия)
Е.Б. Балыкина (Ялта, Россия)	А.Н. Кузнецов (Москва, Россия)
С.М. Бебия (Сухум, Абхазия)	Н.В. Лебедева (Мурманск, Россия)
В.М. Горина (Ялта, Россия)	И.В. Митрофанова (Ялта, Россия)
Т.Б. Губанова (Ялта, Россия)	О.В. Митрофанова (Ялта, Россия)
В.И. Долженко (Санкт-Петербург, Россия)	Ф.Б. Мусаев (Москва, Россия)
Т.В. Долженко (Санкт-Петербург, Россия)	А.Е. Палий (Ялта, Россия)
Н.Б. Ермаков (Ялта, Россия)	А.П. Серегин (Москва, Россия)
О.А. Ильницкий (Ялта, Россия)	А.В. Смыков (Ялта, Россия)
В.П. Исиков (Ялта, Россия)	К. Таммасири (Бангкок, Таиланд)
Н.Н. Карпун (Сочи, Россия)	В.В. Титок (Минск, Беларусь)
З.К. Клименко (Ялта, Россия)	С.В. Шевченко (Ялта, Россия)
О.Е. Клименко (Ялта, Россия)	Е.П. Шоферистов (Ялта, Россия)
В.П. Коба (Ялта, Россия)	А.М. Ярош (Ялта, Россия)

Издание включено в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть
опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук, распоряжением Минобрнауки России
от 12 февраля 2019 г. № 21-р

Издание включено в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ),
Научной электронной библиотеки <http://elibrary.ru>
Всем статьям присваивается DOI (идентификатор цифрового объекта)

Выходит 4 раза в год

Подписной индекс в каталоге агентства «Роспечать»: 58307

THE STATE NIKITA BOTANICAL GARDENS

BULLETIN SNBG

Number 136

Yalta 2020

Founder

Federal State Funded Institution of Science “The Labour Red Banner Order Nikitsky
Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS”

Editor in Chief

Yuriy Vladimirovich Plugatar

Vice Editor-in-Chief

Oksana Mikhailovna Shevchuk

Editorial Board

C.R. Azvat (Bangalore, India)	V.V. Korzhenevsky (Yalta, Russia)
N.A. Bagrikova (Yalta, Russia)	I.V. Kostenko (Yalta, Russia)
E.B. Balykina (Yalta, Russia)	A.N. Kuznetsov (Moscow, Russia)
S.M. Bebia (Sukhumi, Abkhazia)	N.V. Lebedeva (Murmansk, Russia)
V.I. Dolzhenko (Saint Petersburg, Russia)	I.V. Mitrofanova (Yalta, Russia)
T.V. Dolzhenko (Saint Petersburg, Russia)	O.V. Mitrofanova (Yalta, Russia)
V.M. Gorina (Yalta, Russia)	F.B. Musaev (Moscow, Russia)
T.B. Gubanova (Yalta, Russia)	A.E. Paliy (Yalta, Russia)
N.B. Ermakov (Yalta, Russia)	A.P. Seregin (Moscow, Russia)
O.A. Initsky (Yalta, Russia)	A.V. Smykov (Yalta, Russia)
V.P. Isikov (Yalta, Russia)	K. Tammisiri (Bangkok, Thailand)
N.N. Karpun (Sochi, Russia)	V.V. Titok (Minsk, Belarus)
Z.K. Klimenko (Yalta, Russia)	S.V. Shevchenko (Yalta, Russia)
O.E. Klimenko (Yalta, Russia)	E.P. Shoferistov (Yalta, Russia)
V.P. Koba (Yalta, Russia)	A.M. Yarosh (Yalta, Russia)

The publication has been included in the Catalogue of peer-reviewed scientific publications, in which the main scientific results of thesis works for a Candidate Degree and Doctoral thesis works must be published according to the directive of Russian Ministry of Science and Higher Education № 21-p of February 12, 2019

Publishing is included in the data base of the Russian Science Citation Index (RSCI),
Scientific digital library <http://elibrary.ru>
All articles receive DOI (digital object identifier)

Issues 4 times a year

Subscription index in “Rospechat” agency’s catalogue: 58307

СОДЕРЖАНИЕ

Сохранение фиторазнообразия

Киселёва О.А.

Растения Красных книг в коллекции декоративных травянистых многолетников Ботанического сада УрО РАН 8

Митрофанова И.В., Иванова Н.Н., Митрофанова О.В.

Сохранение растений редких эндемиков флоры горного крыма *Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb.) и *Scrophularia exilis* Popl. в условиях генобанка *in vitro* 14

Соколова Е.И.

Scilla siberica Haw. (Hyacinthaceae) в Восточном Донбассе 24**Дендрология и декоративное цветоводство**

Кравцова Л. П., Саая С. А.

Критерии привлечения растений для интродукции в степную зону Хакасии 33

Кищенко И.Т., Тренин В.В.

Морфогенез вегетативных почек видов *Picea* (Pinaceae) интродуцированных в таёжной зоне (Карелия) 42

Крахмалёва И.Л., Молканова О.И.

Размножение представителей рода *Echinacea* Moench в культуре *in vitro* 49

Курдюкова О.Н.

Семенная продуктивность и всхожесть семян раннецветущих растений 55

Рязанова Н.А.

Клёны селекции *Palmata* рax в Южно-Уральском ботаническом саду-институте 61

Солтани Г.А., Маляровская В.И.

Биоресурсный потенциал хеномелесов (*Chaenomeles* L.) в условиях влажных субтропиков России 67

Шарова Е.А., Брусницына О.Ю.

Оценка декоративности сортов рода *Paeonia* L. В условиях культуры на Среднем Урале 78**Репродуктивная биология растений**

Шевченко С.В.

Генезис мужских генеративных структур *Platycodon grandiflorus* (Jacq.) A. DC. 87**Биохимия растений**

Плугатарь Ю.В., Шевчук О.М., Сабекия Д.А., Феськов С.А., Федотова И.А., Лейба В.Д.

Петиттрейновое эфирное масло представителей рода *Citrus* L. при выращивании в условиях влажных субтропиков 98

Вронская О.О., Цандекова О.Л.

Морфобиохимические особенности адаптации растений в условиях северной лесостепи Западной Сибири 108

Гребенникова О.А., Мельников В.А.

Аскорбиновая кислота в плодах и листьях некоторых сортов хурмы в условиях Южного берега Крыма 116

Кузьмина Т.Н., Губанова Т.Б., Мелкозерова Е.А.

Влияние экстракта семян *Jasminum fruticans* L. на жизнеспособность семян тест-объектов 121

Агроэкология

Ергина Е.И., Адамень Ф.Ф. Сташкина А.Ф.

Оценка проектов рекультивации нарушенных земель в Республике Крым 130

Полякова Л.В., Кузнецова Н.Ф.

Повышение устойчивости лесозащитных полос с участием сосны
обыкновенной на основе изучения особенностей метаболизма веществ
вторичного обмена 140

TABLE OF CONTENTS

Conservation of plant diversity

Kiseleva O.A.

- Red-listed plants in the ornamental herbaceous perennials collection of the
Institute Botanic garden UB RAS 8

Mitrofanova I.V., Ivanova N.N., Mitrofanova O.V.

- Rare endemic plants of the mountainous Crimea *Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb.)
and *Scrophularia exilis* Popl. preservation under *in vitro* genebank conditions 14

Sokolova E.I.

- Scilla siberica* (Hyacinthaceae) in the East of the Donbass region 24

Dendrology and ornamental floriculture

Kravtsova L.P., Saaja S.A.

- Criteria for attracting plants for introduction to the steppe zone of Khakassia 33

Kishchenko I.T., Trenin V.V.

- The morphogenesis of vegetative buds of *Picea* species (Pinaceae), introduced in
the taiga zone (Karelia) 42

Krakhmaleva I.L., Molkanova O.I.

- In vitro* propagation of the genus *Echinacea* Moench representatives 49

Kurdyukova O.N.

- The seed productivity and similarity of seeds of early flowering plants 55

Ryazanova N.A.

- Maples of *Palmata* Pax section in South-Ural Botanical Garden-Institute 61

Soltani G.A., Malyarovskaya V.I.

- Bioresource potential of chaenomeles (*Chaenomeles* L.) in the humid subtropics
of Russia 67

Sharova E.A., Brunsitsina O.Y.

- The assessment of the *Paeonia* L. cultivars' decorative value in planting 78

Репродуктивная биология растений

Shevchenko S.V.

- Genesis of the generative structures *Platycodon grandiflorus* (family Campanulaceae) 87

Phytochemistry

Shevchuk O.M., Feskov S.A., Kravchenko E.N., Fedotova I.A., Leiba V.D.

- The composition of the essential oil *Perilla frutescens* (Lour.) Britton 98

Vronskaya O.O., Zandekova O.L.

- Morphobiochemical features of plant adaptation in the Northern forest-steppe of
Western Siberia 108

Grebennikova O.A., Melnikov V.A.

- Ascorbic acid in the fruits and leaves of some persimmon cultivars in the
Southern Coast of the Crimea 116

Kuzmina T.N., Gubanova T.B., Melkozerova E.A.

- Effect of *Jasminum fruticans* L. seed extract on the viability seeds of test objects 121

Agroecology

Ergina E.I., Ergin S.M., Adamen F.F., Stashkina E.F.

- Evaluation of the disturbed lands recultivation projects in the Republic of the Crimea 130

Polyakova L.V., Kuznetsova N.F.

- Second metabolites of Scots pine and their role in increase resistance of forest belts 140

СОХРАНЕНИЕ ФИТОРАЗНООБРАЗИЯ

УДК 502.752

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-8-13

**РАСТЕНИЯ КРАСНЫХ КНИГ В КОЛЛЕКЦИИ ДЕКОРАТИВНЫХ
ТРАВЯНИСТЫХ МНОГОЛЕТНИКОВ БОТАНИЧЕСКОГО САДА УРО РАН****Ольга Анатольевна Киселева**

ФГБУН Ботанический сад УрО РАН,
620144, Россия, г. Екатеринбург, Свердловская область, ул. 8 Марта 202А
E-mail: kiselevaolga@inbox.ru

Проведена инвентаризация актуального состояния коллекции декоративных многолетников Ботанического сада УрО РАН с уточнением состава и охранного статуса образцов. При паспортизации выявлено 213 красно-книжных видов (из 112 родов и 42 семейств растений). Отмечены наиболее ценные представители редкие, сокращающиеся в численности и находящиеся под угрозой исчезновения.

Ключевые слова: *сохранение генофонда; декоративные травянистые растения; красно-книжные виды.*

Введение

Красно-книжные растения в рамках биоресурсной коллекции Ботанического сада УрО РАН представлены достаточно обширной группой видов защищенного и открытого грунта. Они собирались на протяжении более, чем 80 лет, история их интродукции и акклиматизации на Среднем Урале заслуживает отдельного внимания. В настоящее время охраняемые растения представлены как древесно-кустарниковыми видами, так и лианами, водными и наземными травянистыми многолетниками, а также однолетниками из отдельных коллекций института. Среди них оранжерейные, лекарственные и пряно-ароматические, технические культуры. Присутствуют также виды, которые поддерживаются преимущественно *in vitro* (орхидные, вересковые). Будучи ООПТ «Ботанический сад УрО РАН», помимо коллекций и экспозиций, имеет в своем составе заповедный сосновый бор, видовой состав которого равным образом интересен в плане сохранения отдельных категорий растений (орхидные Среднего Урала).

В настоящей работе речь пойдет исключительно о декоративных травянистых растениях открытого грунта (многолетники, малолетники и двулетники), которые возделываются на коллекционных и экспозиционных участках лаборатории Интродукции травянистых растений Ботанического сада УрО РАН (в общей сложности 1079 таксонов).

Целью настоящего исследования было отделить от основного списка коллекции виды, которые имеют охранный статус. Автор поставил перед собой задачу актуализировать информацию о каждом из них для формирования более полного понимания состава коллекции и ее ценности с позиций охраны природы и биогеографии, а также осознания перспектив интродукционной работы с красно-книжными видами на Среднем Урале в дальнейшем.

Объекты и методы исследования

Работа базируется на документированных результатах ежегодной инвентаризации биоресурсной коллекции декоративных травянистых растений

Ботанического сада УрО РАН (2014-2019 гг.). С разрешения кураторов отдельных коллекций, автор также посчитал необходимым упомянуть охраняемые декоративные травянистые многолетние растения, которые на данном этапе формально (согласно внутреннему документообороту института) входят в состав иных коллекций Ботанического сада УрО РАН – пионов, флоксов, лилейников, однако в широком смысле должны быть рассмотрены в составе группы декоративных интродуцентов. При анализе данных также использованы немногочисленные опубликованные работы, содержащие сведения по учету видов, выращиваемых *ex situ* на Среднем Урале [2-5, 9].

При составлении списков красно-книжных растений и сортировке видов опирались на официальные нормативные источники [6-8], справочники и сводки охраняемых растений [10-12]. Поскольку для унификации в статье латинские названия растений и систематическая принадлежность приводятся согласно номенклатуре растений «The Plant List» [13], то не все названия растений точно соответствуют своему наименованию в Красных книгах.

Результаты и обсуждение

Благодаря сортировке и систематизации накопленных данных, удалось очертить круг растений, которые являются наиболее ценной компонентой коллекции (табл. 1).

Таблица 1

Охраняемые виды как часть коллекции декоративных многолетников

	Количество семейств	Количество родов	Количество таксонов
1	2	3	4
Охраняемые представители коллекции	42	112	225
Коллекция декоративных многолетников	55	202	1079

Охраняемые представители коллекции принадлежат 42 семействам (35 цветковые, 7 папоротникообразные), 103 родам: 11 видов папоротников, 25 видов – *Caryophyllaceae*, 19 видов – *Ranunculaceae*, 16 видов – *Lamiaceae*, по 15 видов *Asparagaceae*, *Compositae*, 13 видов – *Campanulaceae*, 10 видов – *Amaryllidaceae*, по 9 видов – *Iridaceae*, *Primulaceae*, 8 видов – *Liliaceae* и прочие малочисленные семейства (63 вида). Ниже приводим список всех 213 охраняемых видов коллекции декоративных многолетников Ботанического сада УрО РАН. Внутривидовые таксоны, включая подвиды, формы, вариации, учитывали в составе вида, не выделяя их отдельно в списке.

Отдел *Pteridophyta*

Сем. *Athyriaceae*: *Athyrium filix-femina* (L.) Roth;

сем. *Aspleniaceae*: *Asplenium scolopendrium* L.;

сем. *Blechnaceae*: *Blechnum spicant* (L.) Sm.;

сем. *Cystopteridaceae*: *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman;

сем. *Dryopteridaceae*: *Dryopteris affinis* Fraser-Jenk., *D. filix-mas* (L.) Schott, *Polystichum braunii* (Spenn.) Fée, *P. aculeatum* (L.) Roth ex Mert.;

сем. *Onocleaceae*: *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.;

сем. *Pteridaceae*: *Adiantum pedatum* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.

Отдел Magnoliophyta

Сем. Amaryllidaceae: *Allium nutans* L., *A. obliquum* L., *A. caeruleum* Pall. *A. aflatanense* B. Fedtsch., *A. sphaerocephalon* L., *A. altaicum* Pall., *A. ledebourianum* Schult. & Schult.f., *A. moly* L., *A. rosenbachianum* Regel, *A. schoenoprasum* L.;

сем. Apiaceae: *Astrantia major* L., *Bupleurum aureum* Fisch. ex Hoffm., *Eryngium planum* L.;

сем. Apocynaceae: *Vinca minor* L., *Vincetoxicum hirundinaria* Medik.;

сем. Araceae: *Calla palustris* L., *Arisaema amurense* Maxim.;

сем. Aristolochiaceae: *Aristolochia clematitis* L., *Asarum europaeum* L.;

сем. Asparagaceae: *Asarum europaeum* L., *Asparagus officinalis* L., *Convallaria majalis* L., *Hosta albomarginata* (Hook.) Ohwi, *H. sieboldii* (Paxton) J.W. Ingram, *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, *Muscari armeniacum* Leichtlin ex Baker, *M. racemosum* Mill., *Ornithogalum fischerianum* Krasch., *O. umbellatum* L., *Puschkinia scilloides* Adams, *Polygonatum odoratum* (Mill.), *P. multiflorum* (L.) All., Druce, *Scilla siberica* Haw., *S. rosenii* K. Koch;

сем. Boraginaceae: *Brunnera sibirica* Steven, *B. macrophylla* (Adams) I.M. Johnst., *Onosma simplicissima* L., *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem., *P. officinalis* L.;

сем. Brassicaceae: *Aurinia saxatilis* (L.) Desv.;

сем. Campanulaceae: *Adenophora liliifolia* Ldb, *Campanula carpatica* Jacq., *C. glomerata* L., *C. komarovii* Maleev, *C. latifolia* L., *C. medium* L., *C. persicifolia* L., *C. punctata* Lam., *C. rapunculoides* L., *C. rotundifolia* L., *C. trachelium* L., *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf., *Platycodon grandiflorus* (Jacq.) A. DC.;

сем. Caryophyllaceae: *Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb., *D. andrzejowskianus* Kulcz., *D. arenarius* L., *D. carthusianorum* L., *Dianthus chinensis* L., *D. deltoides* L., *D. giganteiformis* Borbás, *D. glacialis* Haenke, *D. gratianopolitanus* Vill., *D. knappii* (Pant.) Asch. & Kanitz ex Borbas, *D. pallens* Sibth. & Sm., *D. plumarius* L., *D. spiculifolius* Schur, *D. squarrosus* M. Bieb., *D. superbus* L., *D. uralensis* Korsh., *Gypsophila elegans* M.Bieb., *G. pacifica* Kom., *G. paniculata* L., *Lychnis fulgens* Fisch., *Silene chalconica* (L.) E.H.L. Krause, *S. coronaria* (Desr.) Clairv. ex Rchb., *S. latifolia* Poir., *S. viscaria* (L.) Jess., *S. vulgaris* (Moench) Garcke;

сем. Colchicaceae: *Colchicum speciosum* Steven;

сем. Compositae: *Achillea millefolium* L., *A. ptarmica* L., *Aster alpinus* L., *A. amellus* L., *Bellis perennis* L., *Cota tinctoria* (L.) J. Gay, *Eupatorium maculatum* L., *Inula ensifolia* L., *I. helenium* L., *Ligularia sibirica* (L.) Cass., *Petasites spurius* (Retz.) Rchb., *Pyrethrum corymbosum* (L.) Scop., *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin, *R. serratuloides* (Georgi) Bobrov, *Saussurea salsa* (Pall. ex Pall.) Spreng.;

сем. Crassulaceae: *Rhodiola krylovii* Polozhij & Revjakina, *Sedum aizoon* L., *S. maximum* (L.) Suter;

сем. Cyperaceae: *Carex acuta* L., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Scirpus radicans* Schkuhr;

сем. Geraniaceae: *Geranium collinum* Stephan ex Willd., *G. macrorrhizum* L., *G. robertianum* L., *G. sanguineum* L.;

сем. Hypericaceae: *Hypericum ascyron* L., *H. ascyron* subsp. *gebleri* (Ledeb.) N. Robson, *H. perforatum* L.;

сем. Iridaceae: *Gladiolus imbricatus* L., *Iris ensata* Thunb., *I. pseudacorus* L., *I. pumila* L., *I. setosa* Pall., *I. sibirica* L., *I. spuria* subsp. *carthalinae* (Fomin) B. Mathew, *I. versicolor* L., *Sisyrinchium bermudiana* L.;

сем. Lamiaceae: *Ajuga reptans* L., *Glechoma hederacea* L., *Lamium galeobdolon* (L.) L., *L. maculatum* (L.) L., *Lavandula angustifolia* Mill., *Mentha suaveolens* Ehrh., *Nepeta × faassenii* Bergmans ex Stearn, *Origanum vulgare* L., *Phlomis tuberosa* (L.) Moench,

Prunella grandiflora (L.) Scholler, *P. laciniata* (L.) L., *P. vulgaris* L., *Salvia austriaca* Jacq., *S. tesquicola* Klok. & Pobed., *Stachys officinalis* (L.) Trevis., *Thymus serpyllum* L.;

сем. Leguminosae: *Astragalus cicer* L., *A. glycyphylloides* DC., *Trifolium montanum* L.;

сем. Liliaceae: *Erythronium sibiricum* (Fisch. & C.A. Mey.) Krylov, *Fritillaria meleagris* L., *Gagea lutea* (L.) Ker Gawl., *Lilium lancifolium* Thunb., *L. martagon* L., *Tulipa biebersteiniana* Schult. & Schult.f. (включая *T. riparia* Knjasev, Kulikov et Philippov), *T. greigii* Regel, *T. kaufmanniana* Regel.;

сем. Lythraceae: *Lythrum salicaria* L.;

сем. Paeoniaceae: *Paeonia anomala* L., *Paeonia tenuifolia* L., *Paeonia lactiflora* Pall.;

сем. Papaveraceae: *Corydalis bracteata* (Steph. ex Willd.) Pers., *C. solida* (L.) Clairv., *C. cava* subsp. *marschalliana* (Willd.) Hayek, *Papaver orientale* L.

сем. Plantaginaceae: *Veronica longifolia* L., *V. spicata* L., *V. spicata* subsp. *incana* (L.) Walters *Digitalis grandiflora* Mill.;

сем. Poaceae: *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Imperata cylindrica* (L.) Raeusch., *Melica transsilvanica* Schur, *Molinia caerulea* (L.) Moench;

сем. Polemoniaceae: *Polemonium caeruleum* L., *Phlox sibirica* L.;

сем. Primulaceae: *Lysimachia ciliata* L., *L. nummularia* L., *L. punctata* L., *Primula elatior* (L.) Hill (включая *P. elatior* subsp. *pallasii* W.W.Sm. & Forrest), *P. macrocalyx* Bunge, *P. scandinavica* Brunn, *P. stricta* Hornem., *P. veris* L., *P. vulgaris* Huds.;

Сем Ranunculaceae: *Aconitum napellus* L., *A. septentrionale* Koelle, *Actaea simplex* (DC.) Wormsk. ex Prantl, *Anemone altaica* Fisch. ex C.A. Mey., *A. dichotoma* L., *A. flavescens* Zucc., *A. hepatica* L. (включая *A. hepatica* var. *acuta* (Pursh) Pritz., *A. hepatica* var. *japonica* (Nakai) Ohwi), *A. nemorosa* L., *A. pulsatilla* L., *A. ranunculoides* L., *A. uralensis* Fisch. ex DC., *Aquilegia alpina* L., *A. vulgaris* L., *Delphinium elatum* L., *Ficaria verna* Huds., *Thalictrum aquilegifolium* L., *T. minus* L., *Trollius asiaticus* L., *T. europaeus* L.;

сем. Rosaceae: *Alchemilla xanthochlora* Rothm., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Sanguisorba minor* Scop, *S. officinalis* L.

сем. Rubiaceae: *Galium verum* L.;

сем. Saxifragaceae: *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch, *B. crassifolia* var. *pacifica* (Kom.) Kom. ex Nekt.

сем. Solanaceae: *Physochlaina physaloides* (L.) G. Don

сем. Typhaceae: *Sparganium erectum* L.

сем. Violaceae: *Viola odorata* L.;

сем. Xanthorrhoeaceae: *Hemerocallis minor* Mill., *H. yezoensis* Hara, *H. lilio-asphodelus* L.

В настоящее время в составе коллекции присутствуют 83 вида из различных категорий, указанных в Красной книге МСОП [1]. Из числа перечисленных выше растений коллекции, к категории LC (Least Concern) принадлежат 69 видов, то есть согласно официальным материалам МСОП, они находятся под наименьшей угрозой, также 8 видов попали в категорию DD (Data Deficient), то есть данных по ним недостаточно. Особенно ценными следует признать интродуценты из следующих категорий: EN (Endangered) находящийся в опасности – *Anemone uralensis* Fisch. ex DC., VU (Vulnerable) в уязвимом положении – *Anemone pulsatilla* L., NT (Near Threatened) близкие к уязвимому положению – *Allium altaicum* Pall., *Iris sibirica* L., *Primula scandinavica* Brunn, *Sparganium erectum* L. Возделывание большинства упомянутых видов требует соблюдения многих специфических условий агротехники.

Значительную часть полученного списка составляют охраняемые растения, упомянутые в региональных Красных книгах России, стран СНГ и близлежащих государств. Большое внимание при работе с коллекцией традиционно уделяется поддержанию интродукционных популяций растений Красной книги РФ (14 видов) [6]. В частности, в коллекции присутствуют растения, находящиеся под угрозой исчезновения – 2 вида (*Anemone pulsatilla* L., *Iris domestica* (L.) Goldblatt & Mabb.), сокращающиеся в численности – 3 вида (*Anemone uralensis* Fisch. ex DC., *Crocus speciosus* Bieb., *Colchicum speciosum* Steven), редкие – 9 видов (*Campanula komarovii* Maleev, *Erythronium sibiricum* (Fisch. & C.A. Mey.) Krylov, *Fritillaria meleagris* L., *Iris ensata* Thunb., *Iris pumila* L., *Lilium lancifolium* Thunb., *Paeonia tenuifolia* L., *P. lactiflora* Pall., *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin). На протяжении нескольких десятилетий на территории Ботанического сада УрО РАН поддерживали специфические условия для видов, которые ранее были внесены в Красную книгу РСФСР или СССР [7, 10]: *Allium altaicum* Pall., *Astrantia major* L., *Iris sibirica* L., *Lilium martagon* L., *Paeonia anomala* L., в результате чего были получены обширные устойчивые интродукционные популяции, и перечисленные красно-книжные виды вошли в практику озеленения на Среднем Урале [2-5].

Анализ ареалов распространения показал, что среди красно-книжных растений-интродуцентов 40 евро-азиатских видов, 25 представляют флору Сибири, 23 – Кавказа, 22 — Европы, в т.ч. Балкан, 19 — Дальнего Востока и Японии, 19 — Средиземноморья и Малой Азии, 11 — Северной Америки, 11 — Центральной и Юго-восточной Азии.

Охраняемые виды природной флоры Урала составляют 23,8% красно-книжных видов, представленных в коллекции. Перечислим охраняемые виды растений Свердловской области в коллекции: *Anemone uralensis* Fisch. ex DC., *Anemone flavescens* Zucc., *Asparagus officinalis* L., *Aster alpinus* L., *Astragalus glycyphylloides* DC., *Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb., *Digitalis grandiflora* Mill., *Iris sibirica* L., *Lilium martagon* L., *Paeonia anomala* L., *Phlox sibirica* L. Все образцы имеют природное происхождение, то есть были перенесены в коллекцию из естественных мест их произрастания, для каждого вида представлено не менее двух географических образцов.

Выводы

Анализ происхождения охраняемых видов коллекции позволил расширить представление о направлениях интродукционного поиска и очертить круг регионов-доноров. Перспективным для привлечения к первичному интродукционному испытанию можно считать виды флоры Сибири, Кавказа, Дальнего Востока и Северной Америки. Учет растений, их картирование на интродукционных и экспозиционных участках, а также многолетние наблюдения за охраняемыми видами позволили выделить 110 устойчивых интродукционных популяций, потенциал которых можно использовать для реинтродукции в естественные сообщества.

*Работа выполнена в рамках государственного задания
Ботанического сада УрО РАН*

Список литературы

1. Категории и критерии Красного списка МСОП. Версия 3.1. – МСОП, 2001. – 48 с. [Электронный ресурс] // URL: <https://portals.iucn.org/library/e/files/documents/RL-2001-001-Ru.pdf>
2. Киселева О.А. Интродукция редких травянистых растений на базе Ботанического сада УрО РАН // Бюллетень ГБС РАН. – Вып. 3. – 2017. – С.14-18.

3. Киселева О.А. Коллекция декоративных многолетних растений Ботанического сада УрО РАН // Перспективы развития и проблемы современной ботаники: материалы конференции. – Новосибирск. – 2018. – С. 98-101.

4. Киселева О.А. Проблемы интродукции луковичных растений на Среднем Урале. // Экология и география растений и растительных сообществ: материалы конференции. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та; Гуманитарный ун-т, 2018. – С. 404-408.

5. Киселева О.А., Сивкова Н.В. Интродукция эндемичных и реликтовых видов травянистых растений на Среднем Урале // Плодоводство и ягодоводство России. – 2019. – Т. 59. – С. 119-127.

6. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). – Тов-во научных изданий КМК, 2008. – 855 с.

7. Красная книга РСФСР. Растения. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 592 с.

8. Красная книга. [Электронный ресурс] // URL: <https://cicon.ru>.

9. Краткие итоги интродукции декоративных травянистых растений (Из опыта работы Ботанического сада Института экологии растений и животных) // Труды Института экологии растений и животных. – 1970. – Вып. 81. – 64 с.

10. Редкие и исчезающие виды флоры СССР, нуждающиеся в охране / Под ред. акад. А.Л. Тахтаджяна. – Л.: Наука, 1981. – 264 с.

11. Эндемичные растения Урала во флоре Свердловской области / П.В. Куликов, Н.В. Золотарева, Е.Е. Подгаевская; науч. ред. В.А. Мухин. – Екатеринбург: Гощинский, 2013. – 612 с.

12. The IUCN red list of threatened species. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.iucnredlist.org/>.

13. The Plant List, 2013. Version 1.1. Published on the Internet. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.theplantlist.org/>.

Статья поступила в редакцию 31.03.2020 г.

Kiseleva O.A. Red-listed plants in the ornamental herbaceous perennials collection of the Institute Botanic garden UB RAS // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – № 136. – P. 8-13

The inventory of the current status for the ornamental perennials collection of Institute Botanic garden UB RAS with clarification of composition and conservation status of the samples was carried out. A total of 213 red-book listed species (112 genera from 42 plant families) revealed to document the flora. The most valuable specimens of rare declining in number plants and endangered (under threat of extinction) species are noted.

Key words: *gene pool preservation; ornamental herbaceous plants; red-listed species*

УДК 582.675.1:57.085.23

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-14-23

**СОХРАНЕНИЕ РАСТЕНИЙ РЕДКИХ ЭНДЕМИКОВ ФЛОРЫ ГОРНОГО
КРЫМА *CREPIS PURPUREA* (WILLD.) M. BIEB.) И *SCROPHULARIA EXILIS*
POPL. В УСЛОВИЯХ ГЕНОБАНКА *IN VITRO***

**Ирина Вячеславовна Митрофанова, Наталия Николаевна Иванова,
Ольга Владимировна Митрофанова**

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, ул. Никитский спуск, 52
E-mail: nnivanova2017@yandex.ru

В статье впервые представлены результаты изучения особенностей сохранения в условиях генобанка *in vitro* в течение 12 месяцев эксплантов 2-х редких эндемичных видов. В исследования были включены микропобеги *Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb. (Asteraceae) и *Scrophularia exilis* Popl. (Scrophulariaceae), культивируемые *in vitro*. В качестве эксплантов для сохранения использовали сегменты микропобегов длиной 0,5-1,0 см. Экспланты помещали на агаризованную питательную среду по прописи ¼ МС, дополненную ингибиторами роста: 0,2 г/л хлорхлинхлорида ССС (BASF, Германия) и 60,0 г/л сахарозы (Panreac, Испания). В качестве контроля использовали среду ¼ МС, дополненную 60,0 г/л сахарозой без ретардантов. Культуральные сосуды помещали в холодильники с интенсивностью освещения 1,25-3,75 мкМ м⁻² с⁻¹ и температурой 4, 6, 8, 10 и 12°C. Растительный материал оценивали через 6 и 12 месяцев культивирования с помощью качественных и количественных характеристик эксплантов. Установлено, что сохранению жизнеспособности и снижению кинетики роста эксплантов *Crepis purpurea* и *Scrophularia exilis* в течение 12 месяцев депонирования в условиях генобанка *in vitro* наряду с низкой интенсивностью освещения и использованием питательной среды с ингибиторами роста способствовало воздействие температуры 4-6°C. У депонируемых эксплантов исследуемых генотипов при переносе в стандартные условия культивирования сохранялся морфогенетический потенциал и способность к регенерации микропобегов и микророзеток.

Ключевые слова: редкие эндемики; эксплант; осмотик; ретардант; депонирование; *in vitro*

Введение

Глобальное изменение климата на планете, активное сокращение ареалов обитания и полное исчезновение многих редких видов растений требует новых подходов к сохранению растительных ресурсов. В связи с этим основной задачей ботанических садов является сохранение биологического разнообразия, в том числе изучение и сохранение генетических ресурсов природной флоры [5, 9, 13]. В последние годы особое внимание уделяется редким эндемичным видам, у которых естественное возобновление в природных условиях затруднено. Одним из наиболее перспективных путей сохранения биоразнообразия растений является создание генобанков *in vitro*. Биотехнологические методы позволяют сохранять ценные редкие виды, а также единичные экземпляры в условиях *in vitro*, что является составной частью концепции сохранения биоразнообразия растительного мира [15, 17, 18]. В России в лаборатории биотехнологии и вирусологии растений Никитского ботанического сада проводятся многолетние системные исследования особенностей микроразмножения и сохранения в условиях *in vitro* реликтовых эндемиков флоры Горного Крыма [7]. Реликтовые эндемики представляют особый интерес как виды флоры с сокращающейся численностью и довольно низкой степенью возобновления в естественных условиях произрастания. *Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb. (Asteraceae) и *Scrophularia exilis* Popl. (Scrophulariaceae) по своей экологической природе относятся к облигатным петрофитам [8] и занесены в Красные книги РФ (2008) и Республики Крым (2015). Естественные ареалы этих видов располагаются в основном на открытых, хорошо освещенных горных

каменистых склонах, осыпях и в трещинах скал на высоте 400-1400 м над уровнем моря. Популяции облигатного гляреофита *S. exilis* локализованы всего лишь на двух осыпях южного макросклона Главной гряды в верхнем поясе Горного Крыма: Джунин-Кош и Шаган-Кая, а *S. purpurea* из-за своеобразной экологической приуроченности представлен локальными малочисленными популяциями на скалах Внутренней и Внешней гряды в среднем поясе Горного Крыма.

Целью данного исследования было изучение особенностей сохранения при низких положительных температурах в течение 12 месяцев растений *Crepis purpurea* и *Scrophularia exilis* в условиях *in vitro* для дальнейшего создания генобанка ценной генетической плазмы растений при низкой положительной температуре.

Объекты и методы исследования

Исследования выполняли в лаборатории биотехнологии и вирусологии растений отдела биологии развития растений, биотехнологии и биобезопасности ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН». В работе придерживались как общепринятых, так и разработанных в лаборатории биотехнологии и вирусологии растений методов [1, 5, 10].

Для депонирования использовали микропобеги *S. exilis* и микророзетки *S. purpurea*, культивируемых *in vitro* в течение 6-10 месяцев. В стерильных условиях вычленили сегменты микропобегов и микророзеток длиной 1,0 см без листьев. Далее экспланты в количестве 3-4 штук помещали в химические стаканы емкостью 100-150 мл на среду ¼ МС [19], дополненную ингибиторами роста: 0,2 г/л хлорхолинхлорида ССС (BASF, Германия) и 60 г/л сахарозы (Panreac, Испания). В состав среды ¼ МС были включены макро- и микроэлементы (Sigma, США), витамины (Sigma, США) и 9,0 г/л агара. Контроль – среда ¼ МС, дополненная 60 г/л сахарозы без ретардантов. Питательные среды автоклавировали при 120°C в течение 5 мин в стерилизаторе LAC 5060S (DAIHAN LABTECH, Южная Корея). Все операции проводили в стерильных условиях бокса биологической безопасности SC2 («ESCO», Сингапур). Культуральные сосуды закрывали фольгой и изолировали парафиновой плёнкой, чтобы не допустить высыхания среды во время депонирования. Сосуды помещали в специальные холодильные камеры марки LIEBHERR FKvsl 4113 (Австрия) с пониженной положительной температурой в интервале 4-12°C, интенсивностью освещения 1,25-3,75 мкМ м⁻² с⁻¹, фотопериодом 16 часов. При закладке эксплантов на депонирование записывали основные показатели: генотип, дата введения на депонирование, размер экспланта (длина), этап развития, температура хранения, питательная среда.

Опыты проводили трижды в десятикратной повторности. Растительный материал оценивали через 6 и 12 месяцев культивирования с помощью качественных и количественных характеристик эксплантов: окраска, состояние листьев и побегов, длина микропобега, количество адвентивных микропобегов, количество листьев на микропобеге, количество корней на микропобег, длина корня и жизнеспособность, изменение окраски питательной среды.

Для тестирования регенерационной способности сохраняемых растительных объектов через 12 месяцев сначала осуществляли предадаптацию растительного материала при 14,0-18,0°C путем переноса в климатическую камеру MLR-352-PE (Sanyo, Япония). После предадаптации экспланты культивировали в фитокапсулах.

Статистическая обработка данных проведена согласно общепринятым методам математической статистики при помощи стандартного пакета документов Microsoft Office Excel (2010).

Результаты и обсуждение

Ранее нами было установлено, что реализация морфогенетического потенциала двух видов реликтовых эндемиков в условиях *in vitro* проходила через прямой органогенез и адвентивное побегообразование [7].

Для индукции развития адвентивных почек и микропобегов наиболее эффективным оказалось введение в питательную среду 0,1 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК совместно с 0,1 мг/л ГК₃. После 3-го субкультивирования частота регенерации у всех исследуемых видов достигала 90-100% (рис. 1 А, 2 А). Для дальнейшего размножения использовали микрочеренкование полученных *in vitro* микропобегов и микророзеток на среде МС, дополненной 0,1 мг/л БАП или 0,1 мг/л БАП + 0,1 мг/л ИМК + 0,1 мг/л ГК₃.

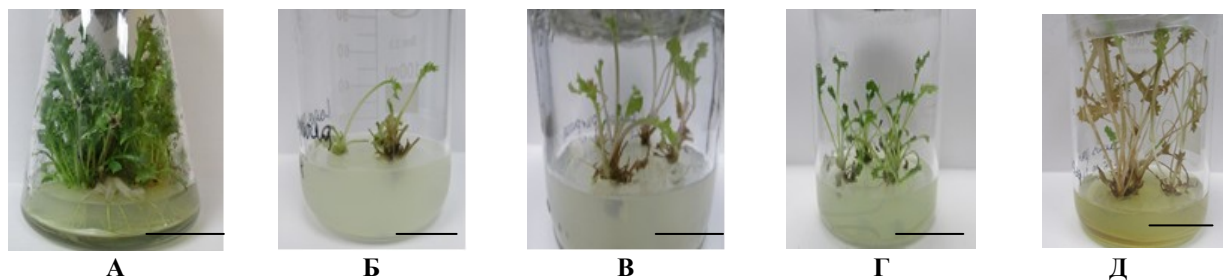


Рис. 1 Розетки *Crepis purpurea* в стандартных условиях культивирования (А), после 6 месяцев депонирования на среде ¼ МС, дополненной 60 г/л сахарозы и 0,2 г/л ССС при различной температуре: 4°C (Б), 6°C (В), 8°C (Г) и 10°C (Д). Масштаб 1,0 см

При микроразмножении происходило как развития основного побега, так и образование 4-7 адвентивных микропобегов или микророзеток. В процессе культивирования выявлено, что растения вида *Crepis purpurea* отличались повышенным синтезом вторичных метаболитов, что приводило к ингибированию клеточных делений в тканях экспланта, а также снижению жизнеспособности или полной гибели микрорастений. Данный аспект необходимо учитывать при закладке эксплантов на депонирование.

Известно, что длительность хранения образцов в генобанке зависит от вида и сорта растения. Важно определить период, по истечении которого необходимо проводить субкультивирование образцов в каждой конкретной группе растений. Это предотвратит потерю образцов при депонировании в условиях генобанка *in vitro* [10].

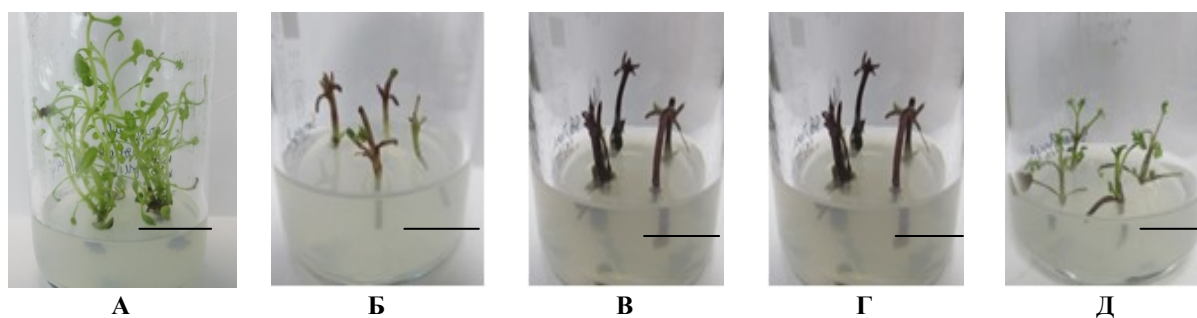


Рис. 2 Экспланты *Scrophularia exilisa* в стандартных условиях культивирования (А) и после 6 месяцев депонирования на среде ¼ МС с 60 г/л сахарозы и 0,2 г/л ССС при различной температуре: 4°C (Б), 6°C (В), 8°C (Г), 10°C (Д). Масштаб 1 см

Так, для долгосрочного сохранения культуры в условиях *in vitro* необходимо поддерживать физиологическую стабильность при изменении кинетики роста в сторону замедления. Длина микропобега, количество адвентивных микропобегов, количество междоузлий определяют кинетику роста растений. В наших исследованиях было использовано комплексное воздействие на эксплант пониженной температурой, интенсивностью освещения, внесением в питательную среду соединений – ингибиторов роста: осмотиков (сахароза) и ретардантов (ССС). Это было ранее успешно опробовано нами при разработке способов депонирования декоративных и эфиромасличных растений [2, 5, 6].

В процессе исследований при изменении морфометрических параметров эксплантов *Crepis purpurea* после 6 месяцев депонирования установлено, что их жизнеспособность на питательной среде $\frac{1}{4}$ МС, дополненной 0,2 г/л СССР и 60 г/л сахарозы при температуре 4,0°C и 6,0°C достигала 95,0-98,0% (рис. 3). Был отмечен незначительный рост микропобегов, образование 1-4 зеленых листьев на удлинённых черешках, а также дополнительных розеток в количестве 1-3 шт./эксплант (рис. 1 Б, В).

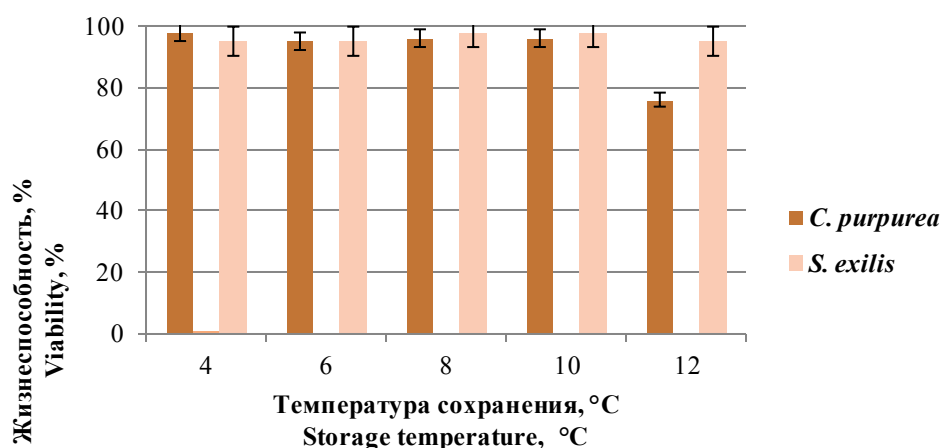


Рис. 3 Влияние температуры на жизнеспособность эксплантов двух видов редких эндемиков после 6 месяцев депонирования в генобанке *in vitro*

В течение 6 месяцев депонирования сохраняемые розетки оставались зелеными, при этом наблюдали единичные коричневые отмершие листья в нижней части розетки, что является характерным для онтогенеза этого растения признаком и отмечено нами при культивировании *C. purpurea* в условиях *in vitro*. Сохранение при 8,0-10,0°C способствовало формированию адвентивных почек и микророзеток в количестве 3-5 шт./эксплант, интенсивному росту листьев на длинных черешках длиной 3,0-5,0 см, образованию 1-2 корней длиной 4,0-5,0 см (рис. 1 Г, Д). Жизнеспособность эксплантов составила 90,0-94,0%. Одновременно отмечали изменение окраски питательной среды продуктами окисления полифенолов, усиливающееся с повышением температуры до 12,0°C. С увеличением периода хранения это в дальнейшем снижало физиологическую стабильность эксплантов. Депонирование при температуре 12,0°C способствовало в первые месяцы активному росту листьев, образованию дополнительных розеток и корней, а затем к их массовому подсыханию и гибели. Жизнеспособность сохраняли только корни и единичные адвентивные почки.

При температуре 4,0°C и 6,0°C экспланты *S. exilis* оставались жизнеспособными (95,0%) на протяжении 6 месяцев; наблюдали снижение кинетики роста в 3 раза по сравнению с контролем. Окраска микропобегов варьировала от зеленой до антоциановой (рис. 2 Б, В), удлинение побега составило 0,1-0,2 см. Отсутствовали

листья, дополнительные побеги и корни. При температуре 8,0°C констатировали сохранение жизнеспособности (рис. 3): снижение роста в 2 раза по сравнению с контролем, отсутствие дополнительных побегов, листьев и корней (рис. 2 Г). Образование 3-5 листьев, зеленую окраску побега, отсутствие дополнительных побегов и корней отмечали при сохранении при температуре 10,0°C (рис. 2 Д). Депонирование при температуре 12,0°C способствовало интенсивному росту побегов и образованию листьев, однако наряду с этим появились признаки усыхания верхушек побегов. Корни отсутствовали. Жизнеспособность достигала 95,0%.

Таким образом, сохранение физиологической жизнеспособности и заметное снижения кинетики роста эксплантов *S. exilis* в течение 6 месяцев происходило при температуре 4,0-10,0°C.

Проведенный скрининг депонируемых видов в течение 12 месяцев показал, что при низких положительных температурах жизнеспособность эксплантов оставалась высокой и составляла 85,0-95,0% (рис. 4). Наряду с этим наблюдали изменения морфометрических параметров эксплантов по истечении следующих 6 месяцев сохранения.

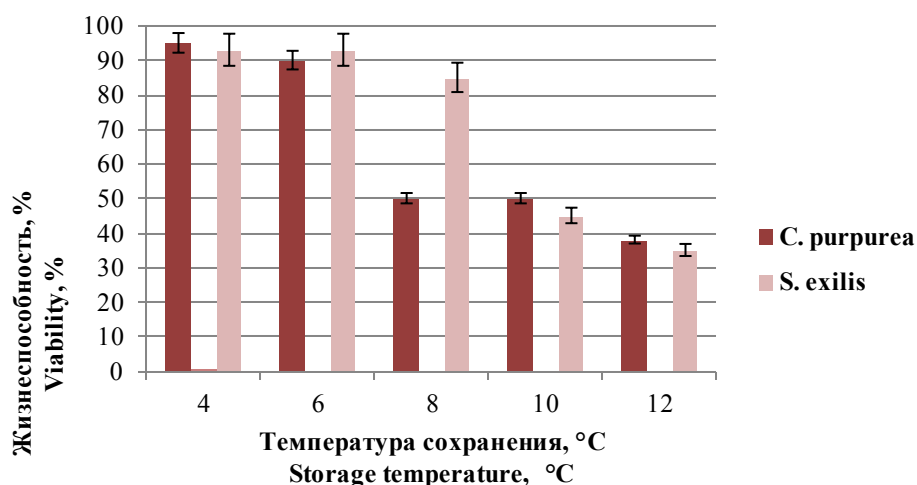


Рис. 4 Влияние температуры на жизнеспособность эксплантов 2-х редких эндемиков после 12 месяцев депонирования в генобанке *in vitro*

После 12 месяцев сохранения в генобанке *in vitro* растений *C. purpurea* при 4 и 6°C наблюдали незначительный рост побега (рис. 5 А, Б, табл. 1), наличие зеленых, гофрированных листьев в количестве 3,2-6,6 шт./побег (табл. 1). Отмечали образование 1-4,5 корней длиной 1,6-4,1 см. Питательная среда на протяжении 12 месяцев депонирования оставалась прозрачной при температуре 4,0°C и слегка окрашивалась при 6,0°C.

С ростом температуры сохранения до 8,0, 10,0 и 12,0°C у растений *C. purpurea* наблюдали снижение жизнеспособности до 45-50% (рис. 5 В, Г). Это сопровождалось изменением окраски листьев (7,6-10,4 шт./побег) с зеленой на желтую, а затем их полный некроз. Жизнеспособными оставались корни (4-5 шт.) длиной 5-7 см (рис. 5 В, Г, табл. 1). В основании побегов отмечали наличие 1-3 зеленых адвентивных почек. Наблюдали интенсивное окрашивание среды продуктами окисления фенолов, что также снижало жизнеспособность растений.

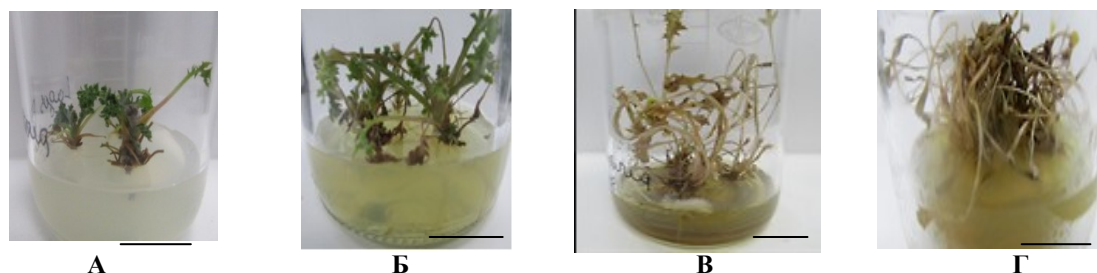


Рис. 5 Розетки листьев *C. purpurea* после 12 месяцев депонирования на среде $\frac{1}{4}$ МС с 60 г/л сахарозы и 0,2 г/л ССС при различной температуре: 4,0°C (А), 6,0°C (Б), 8,0°C (В) и 10,0°C (Г). Масштаб 1,0 см

Таблица 1
Морфометрические показатели растений *C. purpurea* и *S. exilis* после 12 месяцев депонирования при различной температуре на среде $\frac{1}{4}$ МС, дополненной 60,0 г/л сахарозы и 0,2 г/л ССС

Температура, °С	Длина побега, см	Кол-во листьев/побег, шт.	Кол-во дополнительных побегов, шт.	Кол-во корней/побег, шт.	Длина корня, см
<i>Crepis purpurea</i>					
4	0,88 ± 0,037	3,2±0,20	0	1,0	1,6±0,1
6	0,90 ± 0,024	6,6±0,24	1,0±0,0	4,5±0,4	4,1±0,4
8	1,0 ± 0,036	7,6±0,24	1,8±0,2	5,0±0,3	8,3±0,6
10	1,2 ± 0,032	10,4 ± 0,4	1,8±0,2	4,5±0,3	8,2±0,5
12	1,34 ± 0,024	9,8±0,7	2,4±0,24	4,5±0,5	8,5±0,6
<i>Scrophularia exilis</i>					
4	2,42±0,04	4,6±0,24	0	0	0
6	5,32±0,04	9,8±0,37	1,0±0,0	0	0
8	2,76±0,04	6,4±0,4	1,0±0,0	0	0
10	2,32±0,04	3,8±0,2	1,0±0,0	0	0
12	2,34±0,04	3,6±0,24	0	0	0

Жизнеспособность эксплантов *S. exilis* была высокой при сохранении образцов в течение 12 месяцев при температуре 4,0 и 6,0°C и составляла 93,0% (рис. 4). При температуре 4,0°C наблюдали снижение кинетики роста в 2 раза по сравнению с контролем, при 6,0°C – в 1,5 раза. Побеги длиной 2,4-5,3 см имели зелено-антоциановую окраску, количество листьев составило 4,8-9,8 шт./побег (рис. 6 А, Б; табл. 1). Образования корней не отмечено. Регенерацию адвентивных микропобегов наблюдали при температуре 6,0°C. Притательная среда на протяжении 12 месяцев оставалась прозрачной.

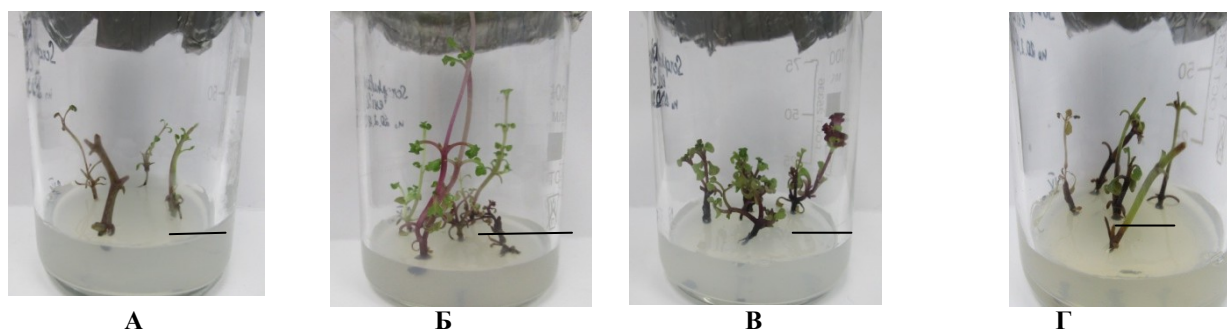


Рис. 6 Экспланты *S. exilis* после 12 месяцев депонирования на среде $\frac{1}{4}$ МС с 60,0 г/л сахарозы и 0,2 г/л ССС при различной температуре: 4,0°C (А), 6,0°C (Б), 8,0°C (В), 10,0°C (Г). Масштаб 1,0 см

При температуре 8,0°C происходило снижение жизнеспособности *S. exilis* после 12 месяцев депонирования до 85,0% (рис. 4). В этих условиях побеги имели антоциановую окраску, листья – зеленую окраску. Вместе с тем отмечали появление единичных дополнительных побегов и отсутствие корней (рис. 6 В). Сохранение эксплантов при 10°C и 12°C резко снижало жизнеспособность эксплантов (45,0%), что проявлялось в отмирании верхушек, а затем и всего побега (рис. 6 Г). Ризогенез не наблюдали. Исследования позволили выявить, что 50,0% эксплантов после 12 месяцев депонирования при температуре 10°C и 12°C были нежизнеспособными.

Представленные результаты согласуются с данными, полученными ранее для декоративных и плодовых культур. Так, в течение 12 месяцев депонирования растения розы эфиромасличной, хризантемы садовой и клематиса сохраняли высокую жизнеспособность, при этом отмечали снижение кинетики роста в 2-3 раза по сравнению с контролем на среде $\frac{1}{4}$ МС, дополненной 0,2 г/л ССС и 60,0 г/л сахарозы при температуре 4,0 и 6,0°C [2, 5, 11, 16]. Повышение температуры способствовало интенсивному росту побегов и снижению жизнеспособности, что выражалось в отмирании верхушек побегов и листьев. При сохранении субтропических плодовых культур для эксплантов инжира и хурмы восточной оптимальная температура была на уровне 8-10°C [7, 11]. Увеличение температуры сохранения до 12,0-14,0°C вызывало интенсивное выделение фенолов с питательную среду, приводило к резкому снижению жизнеспособности и гибели эксплантов.

Для ретестирования регенерационной способности растений по окончании 12 месяцев депонирования сначала осуществляли преадаптацию растительного материала путем переноса растительного материала в климатическую камеру с температурой 14,0-18,0°C. После преадаптации экспланты культивировали в стандартных условиях на специализированных питательных средах. Отмечали регенерацию микропобегов и микророзеток. Полученные растения визуально не имели морфологических отклонений. При этом морфометрические характеристики регенерантов в культуре *in vitro* после депонирования были выше, чем при постоянном культивировании в стандартных условиях *in vitro*.

Таким образом, проведенные исследования показали, что на процесс сохранения двух видов редких эндемиков *C. purpurea* и *S. exilis* может оказывать влияние комплекс таких абиотических факторов как низкая положительная температура, интенсивность освещения и концентрация ингибиторов роста, учитывая морфометрические характеристики депонируемых эксплантов.

Выводы

Таким образом, показана возможность сохранения растений *S. purpurea* и *S. exilis* в течение 12 месяцев в условиях генобанка *in vitro*. Эксперименты выявили способность растений сохранять морфогенетический потенциал при невысокой интенсивности ростовых процессов в течение года при комплексном использовании воздействия на депонирование эксплантов ряда абиотических факторов: пониженная положительная температура, низкая интенсивность освещения и наличие в питательной среде осмотиков и ретардантов.

Экспланты образовывали листья, корни, адвентивные и пазушные побеги при температуре 4,0 и 6,0°C на питательной среде ¼ МС, дополненной 60,0 г/л сахарозы и 0,2 г/л ССС. При этом наблюдали снижение кинетики роста в 1,5-2 раза по сравнению с контролем. При переносе в стандартные условия культивирования отмечали регенерацию микропобегов и микророзеток, что подтверждает сохранение морфогенетического потенциала.

Повышение температуры сохранения до 8-12°C оказывало негативное влияние на жизнеспособность изучаемых видов растений. В течение первых 6 месяцев отмечен интенсивный рост побегов и листьев. Однако затем наблюдали резкое снижение жизнеспособности при температуре 12,0°C до 38% у *S. purpurea* и 35% – у *S. exilis*, что сопровождалось некротическими процессами у листьев и верхушек микропобегов. Это оказывает негативное воздействие на продолжительность сохранения растительных целевых объектов в условиях генобанка *in vitro*.

Благодарность

Благодарим старшего научного сотрудника ФГБУН «НБС-ННЦ», к.б.н. Никифорова А.Р. за предоставленные семена редких эндемиков.

*Работа выполнена в рамках Госзадания № 0829-2019-0038 ФГБУН «НБС-ННЦ»
на уникальной научной установке «ФИТОБИОГЕН»*

Список литературы

1. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе: учеб. пособ. – М.: ФГК-ПРЕСС, 1999. – 160 с.
2. Иванова Н.Н., Митрофанова И.В., Жданова И.В. Особенности длительного сохранения *in vitro* розы эфиромасличной в виде медленно растущей коллекции // Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг.: материалы III Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. участием (Иркутск, 24–26 апреля 2019 г.). – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2019. – С. 62-66.
3. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М.В. Ломоносова; Гл. редкол.: Ю.П. Трутнев и др.; Сост. Р.В. Камелин и др. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 885 с.
4. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Отв. ред. А.В. Ена и А.В. Фатерыга. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – 480 с.
5. Митрофанова И.В. Соматический эмбриогенез и органогенез как основа биотехнологии получения и сохранения многолетних садовых культур. – К: Аграрна наука, 2011. – 344 с.
6. Митрофанова И.В., Митрофанова О.В., Иванова Н.Н., Браилко В.А., Лесникова-Седошенко Н.П. Моделирование контролируемых условий, необходимых для адаптации и длительного хранения растительного материала декоративных, ароматических и плодовых

культур в генобанке *in vitro*: методические рекомендации / Под общей редакцией И.В. Митрофановой. – Симферополь: ИТ "АРИАЛ", 2018. – 72 с.

7. Митрофанова И.В., Митрофанова О.В., Лесникова-Седошенко Н.П., Иванова Н.Н., Жданова И.В., Челомбит С.В., Кузьмина Т.Н., Никифоров А.Р., Руденко М.В. Биотехнологические приемы размножения некоторых представителей редких и эндемичных видов флоры Крыма: Методические рекомендации / Под общей редакцией И.В. Митрофановой. – Симферополь: ИТ "АРИАЛ", 2019а. – 49 с.

8. Никифоров А.Р. Биологические и морфологические особенности некоторых облигатных гляреофитов Горного Крыма // Ботан. журн. – 2018. – Т. 103. – № 8. – С. 968-980.

9. Никифоров А.Р., Никифорова А.А. Ритмологические различия в развитии растений *Lagoseris callicephala* и *Lagoseris purpurea* (Asteraceae) // Бюлл. ГНБС. – 2016. – Вып. 118. – С. 58-63.

10. Новикова Т. И. Использование биотехнологических подходов для сохранения биоразнообразия растений // Растительный мир Азиатской России. – 2013. – № 2 (12). – С. 119–128.

11. Основы создания генобанка *in vitro* видов, сортов и форм декоративных, ароматических и плодовых культур: Коллективная монография / Под ред. д.б.н. И.В. Митрофановой. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – 260 с.

12. Митрофанова И.В., Иванова Н.Н., Кузьмина Т.Н., Хохлов С.Ю. Клональное микроразмножение и сохранение в условиях *in vitro* двух сортов хурмы восточной (*Diospyros kaki* thunb.) // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019 б. – Т. 9. – Вып. 4 – С. 712–721. DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-4-712-721>

13. Митрофанова И.В., Иванова Н.Н., Митрофанова О.В., Лесникова-Седошенко Н.П. Особенности депонирования хризантемы садовой в условиях *in vitro* // Бюлл. ГНБС. – 2019. – Вып. 131. – С. 110-117. DOI: <https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.131.2019.15>

14. Belokurova V.B. Methods of biotechnology in system of efforts aimed at plant biodiversity preservation (Review) // Cytology and Genetics. – 2010. – Vol. 44. – N 3. – P. 174-185. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0095452710030096>

15. Cruz-Cruz C.A., González-Arناo M.T., Engelmann F. Biotechnology and Conservation of Plant Biodiversity // Resources. – 2013. – Vol. 2. – P. 73-95. DOI: 10.3390/resources2020073

16. Engelmann F. Biotechnology and Conservation of Plant Biodiversity // Resources. – 2013. – Vol. 2. – P. 73-95. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/resources2020073>

17. Mitrofanova I.V., Brailko V.A., Ivanova N.N., Mitrofanova O.V. Some special features of the conservation of valuable, essential oil rose cultivars: *in vitro* deposition and cryopreservation // Acta Horticulturae. – 2019. – Vol. 1234. – P 195-201. DOI: 10.17660/ActaHortic. 2019.1234.26

18. Molkanova O., Egorova D., Mitrofanova I. Preservation Characteristics of Valuable Plant Species in *In Vitro* Genebanks at Russian Botanical Gardens // *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. – 2018 a. – Vol. 58. – Suppl. 1. – P. 46 DOI: <https://doi.org/10.1007/s11627-018-9929-7>

19. Molkanova O., Shirnina I., Mitrofanova I. Conservation and micropropagation of rare and endemic species in genpool collection of the Russian Federation // *Journal of Biotechnology*. – 2018 b. – Vol. 280S. – P. 83-84 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotech.2018.06.274>

20. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with Tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant*. – 1962. – Vol. 15. – N 3. – P. 473-497. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>

Статья поступила в редакцию 29.03.2020 г.

Mitrofanova I.V., Ivanova N.N., Mitrofanova O.V. Rare endemic plants of the mountainous Crimea *Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb.) and *Scrophularia exilis* Popl. preservation under *in vitro* genebank conditions // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – № 136. – P. 14-23.

The article presents for the first time the results of a study of the preservation features of explants of 2 rare endemic species under the conditions of the *in vitro* genebank for 12 months. Microshoots of *Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb (Asteraceae) and *Scrophularia exilis* Popl. (Scrophulariaceae), cultured *in vitro* were included in the research. Microshoots' segments 0,5-1,0 cm long were used as explants for preservation. The explants were placed on an agarized culture medium with a recipe of ¼ MS supplemented with growth inhibitors: 0,2 g/l CCC chlorocholinchloride (BASF, Germany) and 60 g / l sucrose (Panreac, Spain). As a control, a medium of ¼ MS was used, supplemented with 60 g / l sucrose without retardants. Culture vessels were placed in refrigerators with a light intensity of 1.25-3.75 $\mu\text{M m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and a temperature of 4, 6, 8, 10 and 12,0°C. Plant material was evaluated after 6 and 12 months of cultivation using qualitative and quantitative characteristics of explants. It was found that the preservation of viability and reduction of growth kinetics of *Crepis purpurea* and *Scrophularia exilis* explants during 12 months of deposition in the *in vitro* genebank, along with low illumination intensity and the use of a nutrient medium with growth inhibitors, was facilitated by exposure to a temperature of 4,0-6,0°C. Conserved explants of the studied genotypes after transferring to standard culture conditions the morphogenetic potential and the ability to regenerate microshoots and microrosettes were remained.

Key words: rare endemics; explant; osmotic; retardant; deposition; *in vitro*

УДК 582.572:502.172 (477.61)

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-24-32

SCILLA SIBERICA HAW. (HYACINTHACEAE) В ВОСТОЧНОМ ДОНБАССЕ**Елена Ивановна Соколова**

ГОУ «Луганский национальный аграрный университет»,

91008, г. Луганск

E-mail: s-e-i@mail.ru

В статье дана характеристика *Scilla siberica* во флоре Донбасса (систематическое положение, географические, эколого-ценотические и биоморфологические особенности, популяционная структура). Впервые в Донбассе обнаружены растения *Scilla siberica* с фиолетовыми цветками (*var. phoeniceum* Gyt. (prov.)). Изучена хорология вида, составлены перечни известных местонахождений и картосхема распространения *Scilla siberica*. Установлено, что в Донбассе *Scilla siberica* произрастает в 146 локалитетах (из них 67 новых, выявленных автором статьи). Сделан вывод о том, что *Scilla siberica* произрастает повсеместно в подходящих для нее биотопах Донбасса и не требует именной охраны.

Ключевые слова: *Scilla siberica*; пролеска сибирская; популяция; новое местонахождение; Донбасс; Луганская область; Донецкая область

Введение

В настоящее время в Луганской Народной Республике (ЛНР) опубликовано первое электронное издание Красной книги ЛНР [7]. О необходимости охраны некоторых видов растений продолжают дискуссии. Так, пролеска сибирская (*Scilla siberica* Haw.) сейчас не включена ни в Красную книгу ЛНР [7], ни в Перечень охраняемых растений Луганской области [18]. Между тем, ранее этот вид был включен в Перечень охраняемых растений Луганской области [18]. Предложения по включению этого декоративного ранневесеннего эфемероида в списки охраняемых растений и сейчас поступают (в частности, на заседании Межведомственной комиссии по созданию Красной книги ЛНР от 20.09.2016). В Красных книгах соседних областей Российской Федерации (Ростовской, Белгородской и Воронежской), как и в Красной книге Донецкой области данный вид отсутствует. Между тем, в отдельных регионах России *Scilla siberica* подлежит охране [6 и др.]. Кроме того, относительно всех видов, которые имеют юридический статус охраны, или недавно его имели, должен проводиться мониторинг состояния их популяций в природе. В общем, для установления современного состояния вида *Scilla siberica* нужны специальные исследования, поэтому нашей задачей было проведение комплексного исследования состояния этого вида в пределах восточного Донбасса.

Объекты и методы исследования

Полевые исследования проводили в течение 19 лет с 2002 по 2020 гг. (в том числе популяционные – с 2009 г.) на территории восточного Донбасса (в границах бывших Луганской и Донецкой областей Украины). Гербарные сборы переданы в гербарий Луганского национального аграрного университета (акроним LNAU). Во время маршрутно-полевых исследований проводился поиск новых местонахождений, а также подтверждены отдельные местонахождения, известные по литературным и гербарным данным. Проработаны гербарные фонды Ботанического института им. В.Л. Комарова (LE), Института ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины (KW), Национального ботанического сада им. М.М. Гришка НАН Украины (KWH), Донецкого ботанического сада (DNZ), Луганского национального аграрного университета (LNAU) и Луганского национального педагогического университета им.

Тараса Шевченко. Флористические исследования территории проводились по общепринятым методикам маршрутно-экспедиционным и полустационарным способами [14]. Номенклатура таксонов растений приведена по сводкам [8, 11, 12, 27]. Популяционные исследования проводили согласно методик [16, 17, 19, 24] в период цветения – формирования плодов. Среднюю плотность растений определяли на 5 – 10 пробных участках площадью 1 кв.м. При исследовании возрастного состава популяций онтогенетические состояния *Scilla siberica* выделялись по методике [17] с дополнением [2].

Результаты и обсуждение

Согласно А. Тахтаджяна [31], род *Scilla* L. относится к подсемейству Hyacinthoideae, семейству Hyacinthaceae, порядку Amaryllidales, надпорядку Liliales, подклассу Liliidae, классу Liliopsida (Monocotyledons), отделу Magnoliophyta.

Scilla siberica Haw. (пролеска сибирская) была описана в 1804 г. Haworth, который ошибочно указал на произрастание вида в Сибири. Среди *S. siberica* выделяют следующие формы и разновидности, отличающиеся, преимущественно, цветом околоцветника: *S. siberica* Haw. var. *phoeniceum* Gryt. (Prov.), имеющая фиолетовые цветки, f. *albiflora* Bordz. с белыми цветками и f. *multipetala* Gryt. с махровыми цветками [1, 23]. На наш взгляд, разновидность var. *phoeniceum* Gryt. (prov.) также следовало отнести к форме. Среди белоцветковой формы (f. *albiflora*) могут встречаться особи с белыми (альбиносы) или синими (редко) пыльниками [1].

На основании собственных исследований природных популяций, гербарных материалов и литературных данных [1, 2, 5, 9, 13, 15, 20-23, 25, 26, 28 и др.], была изучена биоморфологическая характеристика пролески сибирской. Приведем особенности вида для изучаемого региона.

По данным наших исследований, в Донбассе *Scilla siberica* имеет высоту растений $24 \pm 1,5$ см (lim 13,5-40,0 см). Количество листьев обычно от 2 до 3, реже 4. Длина первого листа $21 \pm 0,1$ см (lim 17,0-24,0 см); ширина первого листа $0,9 \pm 1,5$ см (lim 0,4 – 1,8 см). Размеры второго листа обычно незначительно отличаются от первого. Длина листочков околоцветника $1,2 \pm 0,02$ см (lim 0,5-1,7 см). Высота луковицы $1,9 \pm 0,1$ см (lim 1,2-3,0 см); ширина $1,6 \pm 0,1$ см (lim 0,8-2,5 см). Количество цветков на растении зависит от количества сформировавшихся цветочных стрелок (от 1 до 5, чаще 2-3), что зависит от условий конкретного года и возраста растений. В условиях Донбасса количество цветков на растении $4,1 \pm 0,1$ шт (lim 1-9 шт). На территории Донбасса преобладают особи *S. siberica* с ярко-синими цветками, реже – голубыми, еще реже встречаются особи с белыми цветками и пыльниками (*S. siberica* Haw. f. *albiflora* Bordz.) и фиолетовыми цветками (*S. siberica* Haw. var. *phoeniceum* Gryt.). Ранее *S. siberica* var. *phoeniceum* указывалась в Украине только для Полтавской области [1]. В целом морфологические параметры *S. siberica* на Донбассе соответствуют норме реакции для данного вида.

Пролеска относится к эфемероидным растениям, надземная часть которых быстро развивается и быстро отмирает. Цветет в марте – мае. По данным наших исследований, в условиях Луганской области начало цветения *Scilla siberica* приходится на конец марта; массовое цветение обычно наблюдается в первой половине апреля. Весенний период вегетации *Scilla siberica* происходит при среднесуточной температуре воздуха в пределах от 0 до $+15,0^{\circ}\text{C}$; цветение – при температуре от $+7,0$ до $+15,0^{\circ}\text{C}$ [2]. При повышении температуры растения завядают.

В Донбассе пролеска произрастает в байрачных (основные породы – *Quercus robur* L. и *Fraxinus excelsior* L.) и пойменных лиственных лесах (основные породы – *Q. robur*, *Ulmus laevis* Pall., *F. excelsior*, *Populus nigra* L., *P. tremula* L.); встречается также в

сосновых лесонасаждениях (*Pinus sylvestris* L.). Редко произрастает на лугах. В лесах часто доминирует в ранневесеннем аспекте.

Вместе с *Scilla siberica* весенняя синюзия представлена такими видами как хохлатка плотная (*Corydalis solida* (L.) Clairv.), чистяк весенний (*Ficaria verna* Huds.), ветреница лютиковидная (*Anemone ranunculoides* L.), гусиный лук (*Gagea* sp.), тюльпан Бибириштейна (*Tulipa biebersteiniana* Schult. & Schult. (*T. quercetorum* Klokov & Zoz)), фиалка (*Viola* sp.) и др. Широко используется в культуре как декоративное растение.

Род *Scilla* включает около 50 видов, распространенных в Евразии и Средиземноморье и 4 вида в Южной Африке [10]. F. Speta [29, 30] разделил *S. bifolia*-agg. на 25 самостоятельных видов, с чем трудно согласиться. На территории Украины произрастают три вида пролески: пролеска осенняя (*Scilla autumnalis* L.), пролеска двулистная (*S. bifolia* L.) и пролеска сибирская (*S. siberica* Haw.) [1, 11, 23, 27].

Scilla siberica произрастает в Украине на территории Правобережной и Левобережной Лесостепи, Донецкой Лесостепи, Правобережной и Левобережной злаково-луговых Степях и Левобережной злаковой Степи, а также в Горном Крыму [11, 23]. В Донбассе из рода *Scilla* произрастает только *S. siberica* [1, 2, 11, 12, 23]. Сообщение о произрастании на территории Луганской области *S. bifolia* L. [4] сомнительно.

Сведения о распространенности *Scilla siberica* на территории Донбасса известны еще с середины XX века [23]. На сегодняшний день данные относительно количества известных местонахождений этого вида в Донбассе противоречивы. Так, О.М. Конопля, М.И. Исаева, М.И. Конопля и др. [5] для территории Луганской области указывают только 8 локалитетов этого вида. В этом же году В.Р. Маслова, Л.И. Лесняк, В.И. Мельник и др. [25] в картосхеме приводят 46 находок *S. siberica*. И.А. Грицай [1] для Луганской области указывает 34 местонахождения *S. siberica*, а В.А. Коваленко – 24 местонахождения [2].

Учитывая, что *Scilla siberica* долгое время была занесена в Перечень растений, охраняемых на территории Луганской области, и до сих пор вопрос о необходимости ее охраны является дискуссионным, необходимо было провести детальное исследование распространения этого вида. Нами такое исследование было осуществлено. С учетом литературных данных [1, 2, 5, 13, 15, 25, 26 и др.], анализа гербарных фондов, а также собственных исследований, были составлены картосхема (рис.) и перечень известных ранее и выявленных нами местонахождений *S. siberica* (табл. 1). В таблице 1 выделены жирным шрифтом локалитеты, которые были выявлены автором статьи (новые) и известные ранее, но подтвержденные автором (подтвержденные) местонахождения с указанием года исследования.

Таблица 1

Местонахождения *Scilla siberica* на территории Луганской области

№	Местонахождение	№	Местонахождение
<i>Антрацитовский район</i>			
1	2	3	4
1	с. Бобриково (KW)	2	с. Дьяково [5]
3	окрестности с. Западное [13]; окрестности с. Западное, Музей партизанской стоянки (подтвержденное , 2008)	4	окрестности с. Зеленодольское, балка Алексахина (новое , 2009)
5	окрестности пгт. Ивановка, балка Крепенькая (новое , 2008)	6	окрестности с. Колпаково, урочище Лбы, балка Каменка [13], (подтвержденное , 2009)
7	окрестности пгт. Красный Кут (новое , 2009);	8	окрестности с. Малониколаевка [13]
9	с. Штеровка (KWHA)	10	г. Ровеньки, заказник «Гремучий лес» (новое , 2009; LNAU)
<i>Беловодский район</i>			

Продолжение таблицы 1 / Continuation of the table 1

1	2	3	4
11	окрестности с. Городище, ботанический заказник «Юницкий» [15], (подтвержденное , 2009)	12	окрестности с. Городище, региональный ландшафтный парк «Беловодский» [15]
13	окрестности г. Беловодск, ботанический заказник «Стенки Лесковые» [15]	14	между г. Беловодском и с. Верхне-Богдановкой (KW)
15	окрестности с. Даниловка (новое , 2009)	16	окрестности с. Парневое (новое , 2009)
17	окрестности с. Раздолье, балка Волчий яр (новое , 2009, 2010)	18	окрестности с. Степовое (новое , 2009)
19	окрестности с. Третьяковка, балка Гаврилов яр (новое , 2009)		
Белокуракинский район			
20	с. Лозно-Александровка (DNZ) [5]	21	окрестности с. Тимошино (новое , 2007)
Краснодонский район			
22	окрестности с. Белоскелеватое [5]	23	окрестности с. Давыдо-Никольское [13]
24	с. Малый Суходол (KWHN)	25	окрестности с. Красное, балка Долгая (новое , 2009, 2010)
26	окрестности с. Нижнедеревечка (новое , 2008; LNAU)	27	окрестности с. Радостное (новое , 2009; LNAU)
28	окрестности пос. Хрящеватое (новое , 2009)	29	окрестности с. Пантелеевка, заказник «Урочище Скелеватое» (новое , 2009; LNAU)
Кременской район			
30	окрестности г. Кременная (DNZ; KW), [26, с. 297]	31	окрестности г. Рубежное [26, с. 297]
32	Серебрянское лесничество (окрестности с. Серебрянка Донецкой области) [26, с. 297]	33	Серебрянское лесничество (окрестности пос. Ямполь Донецкой области) [26, с. 297]
34	окрестности с. Новокраснянка [26, с. 297]	35	окрестности с. Червонопоповка [26, с. 297]
36	окрестности пгт. Боровское [26, с. 297]	37	окрестности с. Боровеньки [26, с. 297]
38	окрестности с. Червоная Диброва [26, с. 297]	39	окрестности с. Шипиловка [26, с. 297]
Лутугинский район			
40	окрестности пгт. Белое (новое , 2008; LNAU)	41	между селами Веселая Тарасовка и Гаево (новое , 2007)
42	окрестности пгт. Георгиевка (новое , 2007; LNAU); окрестности пгт. Георгиевка, ботанический памятник природы «Знаменский яр» (подтвержденное , 2007)	43	пос. Сборное, балка Крутенякая (новое , 2008; LNAU)
44	между селами Круглик и Лесное [13], (подтвержденное , 2009; LNAU)	45	окрестности пгт. Ленина, балка Борисовская (новое , 2007)
46	окрестности г. Лутугино (новое , 2007)	47	окрестности с. Новопавловка (новое , 2007)
48	окрестности с. Переможное, балка Конопляновская (новое , 2010; LNAU)	49	окрестности с. Першозвановка, балка Ореховая (KWHN, KW; подтвержденное , 2009); ж-д. ост. пункт 140 км (KW)
50	окрестности с. Роскошное, ботанический памятник природы Балка Плоская [15, 25], (подтвержденное , 2007–2019)	51	окрестности пгт. Успенка (KW)
52	окрестности с. Ушаковка (новое , 2007)	53	окрестности пос. Фабричный (новое , 2009)
54	окрестности пгт. Челюскинец, балка Безымянная (новое , 2007–2009)		
Марковский район			
55	окрестности с. Веселое (новое , 2010)	56	между селами Гераськовка и Рудовка, Старокожий лес (новое , 2009)
57	окрестности с. Кабычевка (новое , 2009; LNAU)	58	окрестности с. Курячовка (новое , 2007)
59	окрестности с. Лесная Поляна (новое , 2009)	60	окрестности с. Фартуковка, балка Осыковый яр (новое , 2009)
61	окрестности с. Просяное (новое , 2012)		
Меловской район			
62	окрестности с. Диброва (новое , 2010)	63	окрестности с. Заречное, пойменный лес реки Меловая (новое , 2009)

Продолжение таблицы 1 / Continuation of the table 1

1	2	3	4
64	с. Зориковка (новое , 2009; LNAU)	65	Луганский государственный природный заповедник, отделение Стрельцовская степь, окрестности с. Криничное (DNZ и др.; подтвержденное , 2010)
66	окрестности с. Никольское (новое , 2010)	67	окрестности с. Морозовка (новое , 2010)
68	окрестности с. Новоникольское (новое , 2010)	69	окрестности с. Червонная Заря (новое , 2010)
70	окрестности с. Шелестовка (новое , 2010)		
<i>Новоайдарский район</i>			
71	окрестности с. Айдар-Николаевка (новое , 2007)	72	окрестности с. Безгиново (новое , 2008; LNAU)
73	окрестности с. Деменково (новое , 2008)	74	окрестности пгт. Новоайдар (DNZ)
75	окрестности с. Спесивовка (новое , 2010)	76	окрестности с. Царевка, Царевский лес (новое , 2008; LNAU)
<i>Новопсковский район</i>			
77	окрестности с. Ганусовка (новое , 2007; LNAU)	78	окрестности с. Закопное (DNZ)
<i>Перевальский район</i>			
79	окрестности пгт. Ломоватка (новое , 2008; LNAU)		
<i>Попаснянский район</i>			
80	между селами Белая Гора и Боброво (новое , 2009)	81	г. Брянка (с. Замковка) (КВНА); г. Брянка (с. Павловка) [13]
82	окрестности пгт. Нижнее (новое , 2009)	83	окрестности г. Первомайск (новое , 2009)
84	окрестности г. Северодонецк (DNZ; подтвержденное , 2007)	85	окрестности г. Стаханов (КВНА); г. Стаханов, с. Алмазное [13]
86	окрестности с. Устиновка (новое , 2009)	87	окрестности пгт. Золотое (новое , 2008; LNAU)
<i>Сватовский район</i>			
88	пгт. Нижняя Дуванка [5]		
<i>Свердловский район</i>			
89	окрестности с. Медвежанка, ботанический заказник «Медвежанский» [15]	90	окрестности пгт. Нагольно-Тарасовка (KW; подтвержденное , 2007)
91	Луганский государственный природный заповедник, отделение Провальская степь, окрестности с. Провалье (DNZ и др.)	92	окрестности с. Провалье, ответвление балки Грушевой около долины Мокра [13]
<i>Славянск-Сербский район</i>			
93	окрестности с. Желтое (новое , 2009)	94	окрестности с. Кряковка (новое , 2009)
95	окрестности с. Крымское (новое , 2009)	96	между селами Петровеньки и Пахалевка (новое , 2009)
97	окрестности с. Паньковка [13], (подтвержденное , 2011–2020)	98	окрестности с. Суходол, балка Суходол (новое , 2009)
99	окрестности с. Трехизбенка (новое , 2009)	100	заказник «Веселогорский», окрестности с. Обозное (новое , 2011)
<i>Станично-Луганский район</i>			
101	окрестности с. Войтово (новое , 2009)	102	ж-д. ст. Кондрашевская-Новая, вторая терраса в сторону от с. Малиновое (DNZ); окрестности пгт. Станично-Луганское (подтвержденное , 2007)
103	окрестности с. Николаевка (новое , 2007–2010; LNAU)	104	ж-д. ст. Ново-Ильенка [5]
105	пгт. Петровка (DNZ); ж-д. пункт Огородный (DNZ)	106	окрестности с. Пионерское [13]
107	Луганский государственный природный заповедник, Станично-Луганское отделение, окрестности с. Песчаное [25]	108	между селами Чугинка, Золотаревка и Красный Деркул, ботанический памятник природы «Гришино» [15]
<i>Старобельский район</i>			
109	окрестности с. Лозововка (новое , 2008)	110	с. Раздольное (DNZ)

Окончание таблицы 1 / Continuation of the table 1

1	2	3	4
111	окрестности г. Старобельск [5]	112	с. Титаровка (новое, 2008)
<i>Троицкий район</i>			
113	окрестности с. Лантратовка (новое, 2009; LNAU)	114	с. Новочервоное [5], (KW)
115	окрестности пос. Приволье (новое, 2007)	116	окрестности пгт. Троицкое (новое, 2007)
117	г. Луганск { Большая Вергунка (ст. Веселенькая) (подтвержденное, 2007); Сучковая балка (подтвержденное, 2009); Калмыцкий яр (подтвержденное, 2015); Острая могила (подтвержденное, 2008, 2016; LNAU); с. Красный яр (подтвержденное, 2008; LNAU); парк им. М. Горького (подтвержденное, 2007; LNAU) }		

Проведенные исследования показали, что в настоящее время известно 117 местонахождений пролески сибирской на территории Луганской области (из них 67 новых, обнаруженных автором статьи локалитетов) (рис. 1).

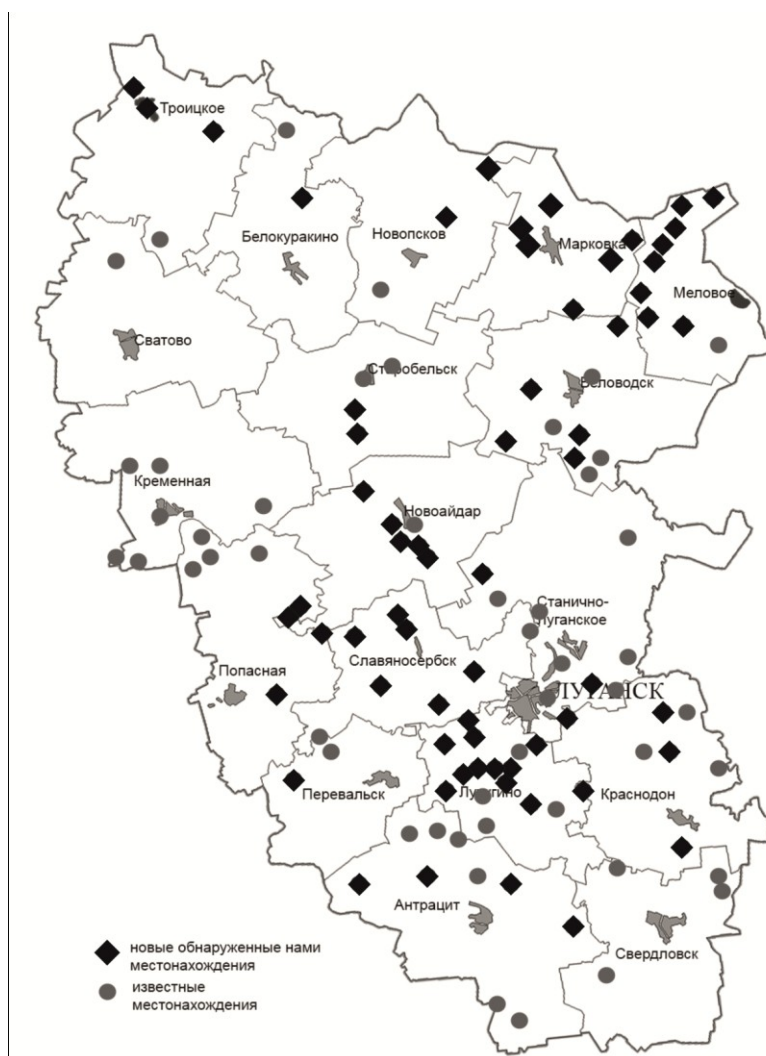


Рис. 1 Картограмма местонахождений *Scilla siberica* на территории Луганской области

Согласно предложенной Е.И. Соколовой и В.И. Чопиком [18] классификации видов по числу местонахождений в отдельной административной области (применительно к Украине) (табл. 2), *Scilla siberica* является широкораспространенным

(часто встречающимся) видом, так как число его известных местонахождений более 100. Пролеска повсеместно произрастает на территории всех восемнадцати административных районов области в соответствующих биотопах. Такие широко распространенные виды растений, как пролеска сибирская, не нуждаются в именной охране.

В пределах Луганской Народной Республики *Scilla siberica* произрастает в 48 местонахождениях. В Красную книгу Луганской Народной Республики заносятся виды, число известных достоверных местонахождений которых не превышает 5 [7]. Учитывая увеличение числа известных локалитетов можно сделать вывод о том, что заносить *S. siberica* в Красную книгу Луганской Народной Республики нет необходимости. В Донецкой области известно 29 местонахождений *Scilla siberica* [2], так что в Донецкой области данный вид также не требует именной охраны.

Таблица 2

Классификация видов по числу местонахождений в областях

Число местонахождений	Название группы (класса)
более 1 000	Виды очень широко распространенные (очень часто встречающиеся, фоновые)
100-999	Виды широко распространенные (часто встречающиеся)
10-99	Виды среднераспространенные (обычные)
2-9	Виды малораспространенные (редкие)
1	Виды очень малораспространенные (очень редкие)

Популяционные исследования *Scilla siberica* на территории Донбасса были проведены в 2008-2010 и 2018-2019 гг. Все изученные популяции оказались полночленными, возрастной спектр левосторонний. Плотность популяции изменялась от 20 до 300 особей/кв.м. (в среднем около 120 особей/кв.м.). Площадь популяций – от нескольких десятков до (чаще) нескольких сотен квадратных метров и более. Состояние большинства популяций отличное. Полученные данные в общем виде согласуются с данными популяционных исследований, выполненных другими авторами [1-3, 16].

Выводы

Проведенные исследования показали, что *Scilla siberica* на территории Луганщины является широко распространенным видом, произрастающим повсеместно в подходящих для нее биотопах. На сегодняшний день в Донбассе известно 146 местонахождений *Scilla siberica*, что уже само по себе свидетельствует об отсутствии необходимости ее индивидуальной охраны. Популяционные исследования подтвердили данное утверждение. В общем, исключение *Scilla siberica* из перечней охраняемых растений было правильным и своевременным решением. В настоящее время отсутствует необходимость особой охраны *Scilla siberica* как в масштабах Луганской и Донецкой областей, так и в пределах Луганской и Донецкой Народных Республик.

Список литературы

1. Грицай І.А. Рід *Scilla* у флорі рівнинної частини України (таксономія, географічні, еколого-ценотичні та біоморфологічні особливості, популяційна структура і стратегія): Дис. ... канд. біол. наук. – Полтава, 2010. – 203 с.
2. Коваленко В.О. Біологічні особливості *Scilla sibirica* Haw. і *Tulipa quercetorum* Klok. et Zoz (Liliaceae Juss.) в умовах південного сходу України: Дис. ... канд. біол. наук. – К., 2009. – 206 с.

3. Колесник А.В. Рід *Scilla* L. у флорі Українських Карпат (систематика, еколого-географічні, біологічні та популяційні особливості): Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – Ужгород, 2003. – 24 с.
4. Конопля О.М. Флора Луганської області. Анотований список судинних рослин. Частина 1. – Луганськ: Альма-матер, 2002. – 163 с.
5. Конопля О.М., Ісаєва М.І., Конопля М.І., Остапко В.М. Рідкісні й зникаючі рослини Луганської області. – Донецьк: УкрНТЕК, 2003. – 340 с.
6. Корженевский В.В., Бондарева Л.В. Пролеска сибирская *Scilla siberica* Haw. В кн.: Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Отв. ред. А.В. Ена и А.В. Фатерыга. – Симферополь: ООО «ИТ «Ариал», 2015. – С. 102.
7. Красная книга Луганской Народной Республики. Электронное издание / Под общ. ред. Е.И. Соколовой. – Луганск, Министерство природных ресурсов и экологической безопасности, 2017. – 185 с.
– <https://mprlnr.su/news/618-pervoe-elektronnoe-izdanie-krasnoy-knigi-luganskoy-narodnoy-respubliki-dostupno-na-sayte-minprirody-lnr.html>.
8. Маевский П.Ф. Флора Средней полосы европейской части России. 11-е изд. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 635 с.
9. Мордак Е.В. Пролески Советского Союза // Ботанический журнал. – 1970. – Т. 55. – № 9. – С. 1247 – 1259.
10. Мордак Е.В. Семейство лилейные (Liliaceae). В кн.: Жизнь растений: в 6 т. / [под ред. акад. АН СССР А.Л. Тахтаджяна]. Цветковые растения. – М.: Просвещение, 1982. – Т. 6. – С. 82-83.
11. Определитель высших растений Украины / Прокудин Ю.Н. (отв. ред.) и др. 2-е изд., стер., с незнач. доп. и испр. – К.: Фитосоциоцентр, 1999. – 548 с.
12. Остапко В.М., Бойко А.В., Мосякин С.Л. Сосудистые растения юго-востока Украины. – Донецк: Ноулидж, 2010. – 247 с.
13. Перегрим М.М. Рідкісні та зникаючі види флори Донецького кряжу: Дис. канд. ... біол. наук. – К., 2005. – 288 с.
14. Полевая геоботаника. В 4 томах. – М., Л.: Наука. – Т. 3. – 1963. – 356 с.
15. Природно-заповідний фонд Луганської області // О.А. Арапов (заг. ред.), Т.В. Сова, В.Б. Ференц, О.Ю. Иванченко. Довідник. 2-е вид., доп. і перероб. – Луганськ: ЛОД, 2008. – 168 с.
16. Работнов Т.А. Вопросы изучения популяций для целей фитоценологии // Проблемы ботаники. – Вып. 1. – 1950. – С. 465-483.
17. Работнов Т.А. Определение возрастного состава популяций видов в сообществе. В кн.: Полевая геоботаника. – М., Л.: Наука, 1964. – С. 132-145.
18. Соколова Е.И., Чопик В.И. Аутфитосозология: прошлое, настоящее и будущее. – Луганск: Виртуальная реальность, 2010. – 326 с.
19. Уранов А.А. Наблюдения на летней практике по ботанике. – М.: Просвещение, 1964. – 214 с.
20. Флора Европейской части СССР: в 8 т. / Под ред. А.А. Федорова. Род *Scilla* L. [обработ. Е. В. Мордак]. – Л.: Наука, 1979. – Т. 4. – 355 с.
21. Флора нижнего Поволжья / Отв. ред. А.К. Скворцов. – Т. 1. – М.: КМК, 2006. – 435 с.
22. Флора СССР: в 30 т. / Род *Scilla* L. [обработ. А.А. Гроссгейм]. – М., Л.: АН СССР, 1935. – Т. 4. – 758 с.
23. Флора УРСР. В 12 т. / ред. Котов М.І., Барбарич А.І. Рід *Scilla* L. [обработ. Є.І. Бордзіловський]. – К.: АН УРСР, 1950. – Т. 3. – 425 с.
24. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / Смирнова О.В. и др. – М.: Наука, 1976. – 217 с.

25. Червона книга Луганської області. Судинні рослини // Укл. Маслова В.Р., Лесняк Л.І., Мельник В.І. – Луганськ: Знання, 2003. – 280 с.
26. Шевченко Д.Ю. Флора та популяції рідкісних видів Кременського лісового масиву (Луганська область): Дис. канд. біол. наук. – К.: Нац. ботан. сад ім. М.М. Гришка, 2006. – 302 с.
27. Mosyakin S., Fedoronchuk M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. – Kiev, 1999. – 345 p.
28. *Scilla siberica* Haworth. Flora of North America.
[Электронный ресурс] // URL: www.eFloras.org.
29. Speta F. Die Gattungen *Scilla* L. s.str. und Prospero Salisb. im Panonischen Raum // Veröffentlichung der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Clusius-Forschungsgesellschaft Güssing. Güssing, 1982. – p. 1-19.
30. Speta F. Über die Herbstblühenden Scillen das Mittelmeerraumes // Linzer Biologische Beiträge. – 1986. – № 18/2. – p. 399-416.
31. Takhtajan A. Flowering Plants. Second edition. – St. Petersburg, Springer Science+Business Media B.V., 2009. – 871 p.

Стаття поступила в редакцію 10.10.2019 г.

Sokolova E.I. *Scilla siberica* (Hyacinthaceae) in the East of the Donbass region // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – №136. – P. 24-32.

The article is characterized of *Scilla siberica* in the Donbass region's flora (systematic position, geographic, ecological-cenotic and biomorphological features, population structure). It was the first time, when we discovered *Scilla siberica* with purple flowers in Donbass (var. *phoeniceum* Gryt. (prov.)). We studied the chorology of the species and spread mapping of *Scilla siberica* was made. We found out that *Scilla siberica* grows in 146 locations (67 of these locations were found by author). We also came to the conclusion that *Scilla siberica* occurs everywhere and do not need personal protection.

Key words: *Scilla siberica*; population; new location; Donbass region; Lugansk region; Donetsk region

ДЕНДРОЛОГИЯ И ДЕКОРАТИВНОЕ ЦВЕТОВОДСТВО

УДК 632.937.31 (571.513)

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-33-41

КРИТЕРИИ ПРИВЛЕЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ИНТРОДУКЦИИ В СТЕПНУЮ ЗОНУ ХАКАСИИ**Людмила Павловна Кравцова, Саглаана Айдыновна Саая**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии»,
655132, Республика Хакасия, г. Абакан
E-mail: lpkravzova@yandex.ru

На основании исследований, выполненных в 1995-2019 гг. обоснованы основные подходы к выбору критериев привлечения интродуцентов в засушливые условия Хакасии. Объекты исследований – 14 видов лекарственных растений семейства Lamiaceae Lindl. различных ареалов происхождения. При интродукции использовали метод сравнения климатов и общепринятые методики исследований. Наиболее перспективными источниками исходного материала являются виды, имеющие евроазиатский, сибирско-среднеазиатский, североамериканский ареалы; по поясно-зональному типу – лесостепные, горно-степные бореальные; по экологическому типу – виды из группы мезоксерофитов, ксеропетрофитов, обладающих широкой экологической амплитудой, требования, жизнедеятельности которых соответствуют условиям резко континентального климата Хакасии.

Ключевые слова: *лекарственные растения; выбор интродуцентов; природно-климатические зоны; зимостойкость; засухоустойчивость; экологическая группа, фазы развития растений*

Введение

Интродукцию растений отличает осмысленное овладение их полезными свойствами и качествами. Вид вводится в культуру, как в пределах его ареала, так и за его границами, поскольку в природе нет совершенно идентичных условий, и нормы реакции ограничивают адаптационные возможности вида не только в пределах ареала, но и вне его [11].

Прежде всего, интродукционная работа опирается на учение Н.И. Вавилова о подборе исходного материала, в основе которого лежит метод дифференциального ботанико-географического изучения интродуцентов. Согласно его учению, вид представляет собой сложную подвижную морфофизиологическую систему, связанную в своем генезисе с определенной средой и ареалом [9].

Одной из проблем в интродукционной работе является предварительный выбор интродуцентов. Для различных регионов характерны свои особенности почв, водные, температурные и световые режимы, поэтому интродуценты по своим свойствам должны соответствовать новым условиям. При интродукции растений из различных природно-климатических зон ботанические сады используют ряд разработанных методов и методических подходов [1], среди которых особое место занимает широко известная теория натурализации, под которой понимается перенос растения в тождественные климатические условия, не признавая процесса акклиматизации. Данный метод был доработан и назван «методом сравнения климатов», согласно которому к интродукции должны быть привлечены не только виды с близкими климатическими условиями пункта испытания, но и виды из более холодных мест [7].

В связи с этим, для сибирских условий основным критерием является зимостойкость привлекаемого для изучения растения, которая определяется главным

образом правильным подбором видов, исходных форм [12]. Кроме того, необходимо знание экологических требований и биологических особенностей видов.

Цель исследований – определить критерии привлечения природного генетического материала для интродукции в степную зону юга Средней Сибири.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в период с 1995 по 2019 гг. в ботаническом саду ФГБНУ «НИИ аграрных проблем Хакасии» на основе созданной коллекции лекарственных растений. Климат степной части республики резко континентальный, с большим колебанием суточных температур, возвратными заморозками в весенний период, ранними осенними заморозками (до $-5,0^{\circ}\text{C}$). Зимы морозные (средняя температура января -21°C), глубина снежного покрова составляет 15,0-17,0 см, в отдельные годы до 5,0 см, вследствие чего происходит глубокое промерзание почвы (до 3,0 м). Среднегодовое количество осадков достигает 320 мм. Жаркие дни приходятся на июль (до $+38,0^{\circ}\text{C}$) при относительной влажности воздуха 5,0-7,0%. Весна короткая, в мае дуют сильные ветры до 25-30 м/с. Осень длинная, теплая, часто сухая. Почва участка – каштановая, среднемошная, среднесуглинистого гранулометрического состава [4].

Для подбора критериев привлечения растений в интродукцию на примере видов семейства *Lamiaceae* Lindl., насчитывающего в коллекции 14 видов, использовали метод сравнения климатов [7]. Фенологические наблюдения проводили в соответствии с общепринятыми рекомендациями, оценивали зимостойкость [2] и засухоустойчивость [8].

Результаты и обсуждение

Ареалогический анализ показал, что из 14 видов этого семейства 28,7% – виды евро-азиатского происхождения, 21,4% – европейского, по 14,3% – североамериканского и европейско-сибирского и по 7,1% – европейско-кавказского, сибирско-среднеазиатского и монголо-даурско-маньчжурского ареалов (рис. 1).

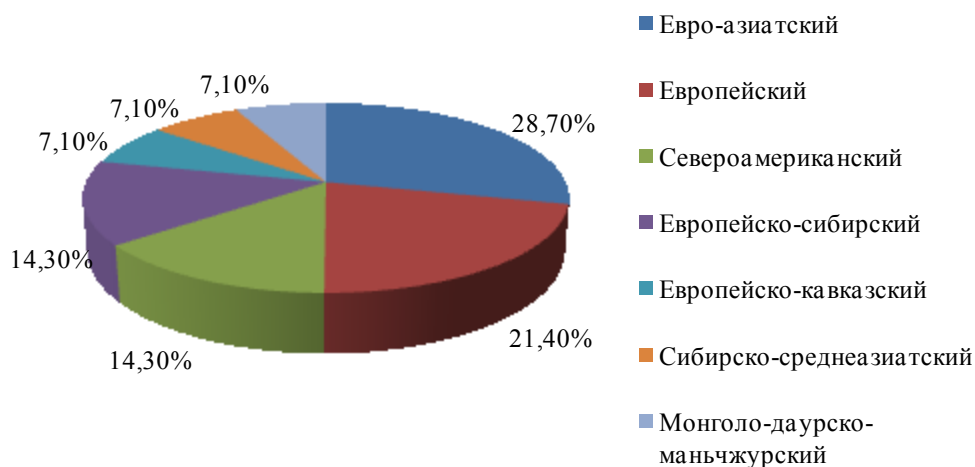


Рис. 1 Соотношение географических групп ареалов лекарственных растений семейства *Lamiaceae* Lindl.

Евро-азиатские виды охватывают значительные территории произрастания: *Origanum vulgare* – от Атлантики до Даурии; *Prunella vulgaris* – европейская часть России, Предкавказье, Сибирь, Дальний Восток; *Phlomis tuberosa* – центральная и восточная Европа, европейская часть России, Азия; *Hyssopus officinalis* – в диком виде встречается в Центральной, Восточной и Южной Европе, Западной Азии, на территории России растёт в Дагестане.

Местообитания *O. vulgare* – это сухие луга, степи, разреженные хвойные и березовые леса, их опушки и заросли кустарников. *P. vulgaris* произрастает на лугах, в лесах, на опушках, полях, пустырях; *Ph. tuberosa* – на степных склонах, остепнённых лугах, на сухих местах в агроценозах, в зарослях кустарников, на лугах, пустырях, по выходам известняка. *H. officinalis* в природных условиях растёт на сухих холмах и каменистых местах, предпочитает известковые почвы, полное освещение, умеренное увлажнение.

Из европейских видов *Salvia pratensis* встречается на всей территории Европы, растёт на сухих лугах, в светлых сосновых лесах, на полянах и опушках. *Salvia tesquicola* заходит восточным краем ареала в Западную Сибирь и Северный Казахстан. Обитает в степях, на сухих лугах, опушках, по окраинам дорог и полей, на пустырях, у жилья. *Betonica officinalis* распространена почти по всей Европе. Растёт в лесах, на опушках, полянах, в зарослях кустарников, на сыроватых лугах [15].

Lophanthus anisatus и *Monarda fistulosa* имеют североамериканское происхождение [3]. Флора Северной Америки и России (в частности Сибири) относится по А.Л. Тахтаджяну [14] к бореальному подцарству, что обуславливает общность флор этих регионов. Многие виды обладают широкой пластичностью, что позволяет им успешно произрастать почти на всей территории нашей страны, за исключением наиболее холодных ее районов.

Европейско-сибирские виды *Thymus serpyllum* и *Leonurus quinquelobatus* распространены на всей европейской части страны, в Сибири, Забайкалье. *T. serpyllum* растёт в сосняках, на их опушках, полянах, в степях, на песках, каменистых склонах. *L. quinquelobatus* встречается во всех областях на пустырях, мусорных местах, оврагах, придорожных полосах, населённых пунктах.

Европейско-кавказский вид *Salvia verticillata* доходит на востоке до Казахстана. В нашей стране произрастает в европейской части, на Северном Кавказе, на Алтае. Растёт в степях, на обочинах дорог, опушках, каменистых обнажениях и осыпях.

Ziziphora clinopodioides – сибирско-среднеазиатский вид встречается в Западной и Средней Сибири, в Средней Азии. Растёт на каменистых и скалистых берегах рек, каменистых и щебнистых склонах холмов и гор.

Scutellaria baicalensis встречается в Восточном Забайкалье, среднем Приамурье и юго-западном Приморье. Растёт на сухих каменистых и глинистых горных склонах, реже в степи, залежи [15].

Но использование географического критерия бывает затруднительным в связи с тем, что ареалы различных видов часто перекрываются или разрываются и поэтому применение данного метода не является абсолютно достоверным. «Метод сравнения климатов» предполагает знание сведений о температурных пределах, количестве осадков, длительности вегетационного периода и величине безморозного периода естественных мест обитания привлекаемых в интродукцию видов (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнительная характеристика основных климатических показателей ареалов
пронзростания видов**

Ареал распространения вида	Абсолютный <u>max</u> min, t°C	Количество осадков, мм	Вегетационный период, дни	Безморозны й период, дни
Северная Америка (умеренный пояс)	<u>от + 8 до + 24</u> от - 32 до 0	от 3000 до 500-250	-	-
Европа	<u>от + 2 до + 48</u> от - 20 и до - 52	от 1000- 2000 до 200	200- 225	80- 100
Европейская часть России	<u>+37</u> -47	от 450 до 600	180	-
Северный Кавказ	<u>+42</u> -37	от 550 до 1200	190- 200	150- 220
Западная Сибирь	<u>+45</u> -50	от 300 до 350	155- 160	100- 120
Средняя Сибирь	<u>+39</u> -44	от 300 до 600	150- 165	200
Восточная Сибирь	<u>+39</u> -50	до 500	110- 140	98
Амурская область	<u>от + 38 до + 42</u> от - 40 до - 44	от 1000 до 500	86- 134	57- 144
Забайкальский край	<u>+42</u> -38	от 200 до 600	120-160	80- 140
Приморский край	<u>+41</u> -49	от 550 до 920	—	150- 200
Средняя Азия	<u>+20</u> -20	от 210 до 1000	138-267	236
Северный Казахстан	<u>+21</u> -22	от 300 до 600	135- 170	-
Северный Китай	<u>28</u> -38	до 317	125-130	120-185
Алтайский край	<u>от + 40 до + 42</u> от - 50 до - 55	от 230 до 600-700	163- 178	120

Анализ основных климатических параметров естественных ареалов показывает, что амплитуда колебаний летних и зимних температур достигает от 40,0 до 100°C, количество осадков также имеет значительную разницу от 200 до 3000 мм. Длительность вегетационного периода изменяется от 86 до 267 дней.

В Хакасии максимальные температуры достигают + 38,0°C, минимальные – - 52,0. Амплитуда равна 90,0°C, то есть находится в диапазоне амплитуды температур природных ареалов видов, привлеченных в интродукцию. Годовое количество осадков не превышает 320 мм, что соответствует минимальным количествам практически всех природных ареалов. В Хакасии продолжительность безморозного периода (200 дней) совпадает с таковым Средней Азии, Приморским краем, Северным Кавказом.

Для полной адаптации видов в новых условиях важно нахождение видов с широким ареалом и диапазоном толерантности к условиям среды, такие растения лучше приспособляются. Так, европейский вид *S. pratensis* встречается на всей территории Европы. В целом в Западной Европе зима мягкая, в Восточной – морозная, с устойчивым снежным покровом. Средняя температура воздуха в июле достигает наивысших значений в Средиземноморье – от 28,0 до 30,0°C, в Прикаспии – от 24,0 до 26,0°C, наинизших – на островах Арктики, от 2,0 до 4,0°C. Абсолютный максимум температуры 48,0°C (Юг Пиренейского полуострова). Годовая сумма атмосферных

осадков в целом уменьшается с Запада на Восток. В приатлантических районах и на наветренных склонах гор она составляет 1000-2000 мм. В Восточной Европе, особенно на Юго-Востоке и Юге, сумма осадков снижается до 500-300 мм в год, а в Прикаспии до 200 мм и менее, 300-400 мм выпадает на большей части островов Арктики и на южном побережье Баренцева моря. На большей части Европы годовая сумма осадков превышает годовую величину испаряемости [6]. Следует отметить, что шалфеи занимают достаточно широкий ареал. Евроазиатский вид *Ph. tuberosa* занимает ареал от центральной Европы до Китая, *O. vulgare* – от Атлантики до Даурии с различными температурными режимами и количеством осадков. К тому же два последних вида входят в состав флоры Хакасии, поэтому они в условиях интродукции нормально растут и развиваются.

По экологической приуроченности большинство видов (табл. 2) являются мезоксерофитами, обладающими широкой экологической амплитудой, что способствует произрастанию их в разнообразных экологических нишах.

По габитусу растения *Sc. baicalensis*, *S. tesquicola*, *Th. serpyllum* и *L. quinquelobatus* в коллекции более мощные, чем в природе. Остальные виды не отличаются по размерам от растений в природных местообитаниях.

При интродукции растений одним из важных параметров является продолжительность вегетационного периода. Вегетационный период изучаемых видов составляет 156 – 187 дней: минимальный он у *Sc. baicalensis* и *Ph. tuberosa*. Полукустарники *H. officinalis*, *Z. clinopodioides*, *Th. serpyllum* до наступления устойчивых минусовых температур сохраняют стеблевые листья и их зеленую окраску, поэтому у них более продолжительный период вегетации – $186,4 \pm 6,4$ и $186,7 \pm 5,5$ дней. Длительность вегетации *L. quinquelobatus* составляет $193,0 \pm 3,0$ дней, вид в изучении находится всего три года, необходимо его дальнейшее наблюдение.

Самый короткий период цветения у *S. pratensis* – 18 дней. Длительным цветением отличаются *Z. clinopodioides*, *H. officinalis* и *Sc. baicalensis* – 72-80 дней.

Зимостойкость является решающим фактором для культивирования зимующих в грунте многолетников. По шкале зимостойкости всем видам присвоен I балл – растения наиболее зимостойкие, хорошо зимуют без укрытия.

Перенос растений в резко континентальный климат Хакасии сопряжен с засушливым климатом, в связи с этим рассматривалась засухоустойчивость растений. По степени засухоустойчивости четвертым баллом (растения засухоустойчивые) можно оценить только *Sc. baicalensis* и *S. tesquicola*: хорошо растут и развиваются без полива, засуху переносят без повреждения надземных органов, возможно преждевременное сбрасывание части листьев, почки и семена нормального развития, растения хорошо растут и цветут в следующий после засухи год.

Третий балл по оценке засухоустойчивости определен для остальных видов: растения средnezасухоустойчивые – удовлетворительно развиваются в обычные годы, в засушливые – изменяется ритм роста, частично повреждаются листья, требуется периодический полив.

Критериями устойчивости растений в новых агроклиматических условиях можно считать не только способность размножаться; сохранять природную жизненную форму, но и сохранять природные ритмические процессы, то есть феноритм. По срокам начала и окончания вегетации видов выделены следующие фенологические группы: рано начинающие и поздно оканчивающие вегетацию (РП), поздно начинающие и поздно оканчивающие (ПП), поздно отрастающие и рано оканчивающие (ПР). К последней группе относится *Ph. tuberosa*. У данного вида наиболее оптимальный ритм сезонного роста и развития. Начало весеннего отрастания у него начинается в третьей декаде апреля, а полное отмирание надземной массы происходит в третьей декаде

сентября. *L. quinquelobatus*, *Th. serpyllum*, *Z. clinopodioides* относятся к группе рано отрастающих и поздно оканчивающих вегетацию (РП). Остальные виды отнесены к группе поздно начинающих и поздно оканчивающих вегетацию (ПП).

Начало весеннего отрастания устойчиво начинается у *Sc. baicalensis*, *S. verticillata*, *L. quinquelobatus*, что подтверждается низкими показателями коэффициентов вариации – 9,7; 11,9 и 12,1%. Средняя степень изменчивости отрастания растений характерна для *S. tesquicola*, *Ph. tuberosa*, *L. anisatus* (V=15,5; 15,6; 16,1% соответственно). Начало вегетации остальных видов характеризуется высокой вариабельностью. Это связано с тем, что требования растений к абиотическим факторам определяются их наследственностью и происхождением из определенных природных зон [13]. Ранее были опубликованы сведения о влиянии метеорологических факторов на развитие растений семейства Lamiaceae Lindl. [10].

Таблица 2

Характеристика лекарственных растений семейства Lamiaceae L.

№ п/п	Вид	Ареал распространения вида	Экологическая группа	Высота в природе / в культуре, см	Длительность цветения, дней	Вегетационный период, дней	Засх., балл	Зимостойкость, балл
1	<i>Origanum vulgare</i> L.	Евро-азиатский	мезоксерофит	<u>30-70</u> 53-59	48,9±3,1	181,1±2,9	3	I
2	<i>Prunella vulgaris</i> L.	Евро-азиатский	мезофит	<u>8-50</u> 9-12	47,6±5,3	182,4±7,7	3	I
3	<i>Phlomis tuberosa</i> (L.) Moench	Евро-азиатский	мезоксерофит	<u>60-120</u> 84-105	39,7±3,8	155,6±5,6	3	I
4	<i>Hyssopus officinalis</i> L.	Евро-азиатский	ксеромезофит	<u>до 70 см</u> 54-62	73,2±2,8	186,4±6,4	3	I
5	<i>Salvia pratensis</i> L.	Европейский	мезоксерофит	<u>40-80</u> 54-63	17,8±1,6	162±6,4	3	I
6	<i>Salvia tesquicola</i> Klok. & Pobed.	Европейский	ксерофит	<u>30-60</u> 74	64,4±7,9	182,7±3,5	4	I
7	<i>Betonica officinalis</i> L.	Европейский	мезофит	<u>30-100</u> 65	43,0±2,2	179,5±12,6	3	I
8	<i>Lophanthus anisatus</i> Benth.	Североамериканский	мезоксерофит	<u>50-150</u> 111-144	58,8±2,5	165,9±2,8	3	I
9	<i>Monarda fistulosa</i> L.	Североамериканский	мезофит	<u>60-120</u> 83-102	57,4±2,9	172,8±5,9	3	I
10	<i>Thymus serpyllum</i> L.	Европейско-сибирский	ксеропетрофит	<u>2-10</u> 16-20	50,1±3,4	184,7±2,4	3	I
11	<i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib.	Европейско-сибирский	мезоксерофит	<u>60-120</u> 108-133	51,0±7,0	193,0±3,0	3	I
12	<i>Salvia verticillata</i> L.	Европейско-кавказский	ксерофит	<u>30-80</u> 40-47	33,0±4,4	165,7±3,3	3	I
13	<i>Ziziphora clinopodioides</i> Lam.	Сибирско-среднеазиатский	ксеропетрофит	<u>20-40</u> 35-40	71,8±5,8	186,7±5,5	3	I
14	<i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi	Монголо-даурско-маньчжурский	мезоксерофит	<u>50-60</u> 69-78	80,0±3,7	155,5±2,6	4	I

О стабильности наступления остальных фаз развития растений свидетельствуют очень низкие и низкие показатели коэффициентов вариации. Цветение растений обусловлено генетически и в малой степени зависит от условий года. Начало цветения *Ph. tuberosa*, *S. tesquicola* и *S. pratensis* во второй декаде июня обеспечивает ранние сроки плодоношения. Отрицательным фактором для формирования качественных семян остальных видов является жаркая и сухая погода в период цветения. Для снижения негативного влияния низкой влажности воздуха в особо жаркие дни проводятся поливы водопроводной водой. От начала вегетации до созревания семян у *S. pratensis* и *S. tesquicola* проходит 77 и 84 дня, соответственно. Позднее других видов, в первой декаде сентября, созревают семена североамериканских видов *M. fistulosa* и *L. anisatus* – 130-137 дней (табл. 3).

Таблица 3

Ритм развития лекарственных растений семейства Lamiaceae Lindl. в коллекции

№ п/п	Название вида	Весеннее отрастание	Начало цветения	Окончание цветения	Созревание семян	Полное отмирание
1	<i>Lophanthus anisatus</i>	$\frac{23.04 \pm 2.3}{16,1}$	$\frac{20.07 \pm 1.2}{3,3}$	$\frac{17.09 \pm 2.0}{3,6}$	$\frac{10.09 \pm 3.3}{5,9}$	$\frac{7.10 \pm 1.3}{2,0}$
2	<i>Monarda fistulosa</i>	$\frac{1.05 \pm 3.7}{22,3}$	$\frac{15.07 \pm 2.3}{6,0}$	$\frac{11.09 \pm 2.4}{7,7}$	$\frac{8.09 \pm 3.7}{7,0}$	$\frac{17.10 \pm 4.0}{5,9}$
3	<i>Hyssopus officinalis</i>	$\frac{26.04 \pm 4.5}{33,2}$	$\frac{9.07 \pm 1.9}{6,2}$	$\frac{16.09 \pm 6.4}{13,2}$	$\frac{23.08 \pm 4.0}{9,2}$	$\frac{26.10 \pm 3.0}{3,6}$
4	<i>Origanum vulgare</i>	$\frac{21.04 \pm 3.6}{34,9}$	$\frac{9.07 \pm 2.6}{9,7}$	$\frac{27.08 \pm 3.5}{8,5}$	$\frac{25.08 \pm 2.8}{6,5}$	$\frac{21.10 \pm 2.7}{3,9}$
5	<i>Prunella vulgaris</i>	$\frac{25.04 \pm 6.8}{29,7}$	$\frac{25.06 \pm 4.3}{9,7}$	$\frac{11.08 \pm 3.2}{5,2}$	$\frac{29.07 \pm 3.2}{4,3}$	$\frac{20.10 \pm 4.9}{5,4}$
6	<i>Salvia pratensis</i>	$\frac{26.04 \pm 6.8}{31,7}$	$\frac{12.06 \pm 2.7}{6,8}$	$\frac{30.06 \pm 3.4}{7,3}$	$\frac{12.07 \pm 2.9}{5,1}$	$\frac{22.10 \pm 2.9}{3,0}$
7	<i>Salvia verticillata</i>	$\frac{5.05 \pm 3.0}{11,9}$	$\frac{1.07 \pm 2.1}{4,7}$	$\frac{3.08 \pm 4.0}{6,8}$	$\frac{4.08 \pm 2.8}{4,7}$	$\frac{18.10 \pm 4.4}{4,7}$
8	<i>Betonica officinalis</i>	$\frac{24.04 \pm 5.8}{35,0}$	$\frac{1.07 \pm 1.5}{3,8}$	$\frac{13.08 \pm 2.5}{4,8}$	$\frac{16.08 \pm 2.0}{3,8}$	$\frac{24.10 \pm 3.3}{3,7}$
9	<i>Phlomis tuberosa</i>	$\frac{24.04 \pm 2.0}{15,6}$	$\frac{12.06 \pm 1.3}{5,6}$	$\frac{21.07 \pm 3.6}{10,6}$	$\frac{25.07 \pm 1.9}{5,5}$	$\frac{25.09 \pm 5.6}{10,0}$
10	<i>Thymus serpyllum</i>	$\frac{12.04 \pm 4.2}{27,3}$	$\frac{30.06 \pm 2.1}{4,6}$	$\frac{19.08 \pm 4.8}{7,8}$	$\frac{8.08 \pm 5.3}{9,3}$	$\frac{13.10 \pm 3.0}{3,7}$
11	<i>Salvia tesquicola</i>	$\frac{25.04 \pm 2.0}{15,5}$	$\frac{11.06 \pm 1.2}{5,2}$	$\frac{1.09 \pm 8.0}{17,7}$	$\frac{18.07 \pm 1.7}{5,2}$	$\frac{22.10 \pm 2.2}{2,8}$
12	<i>Leonurus quinquelobatus</i>	$\frac{11.04 \pm 3.0}{12,1}$	$\frac{26.06 \pm 0.9}{1,3}$	$\frac{14.08 \pm 7.2}{7,4}$	$\frac{12.08 \pm 7.8}{8,2}$	$\frac{24.10 \pm 5.0}{3,0}$
13	<i>Ziziphora clinopodioides</i>	$\frac{18.04 \pm 3.2}{31,6}$	$\frac{25.06 \pm 2.5}{10,2}$	$\frac{3.09 \pm 5.1}{12,2}$	$\frac{7.08 \pm 2.5}{7,3}$	$\frac{18.10 \pm 2.73,7}{7,3}$
14	<i>Scutellaria baicalensis</i>	$\frac{15.05 \pm 1.6}{9,7}$	$\frac{5.07 \pm 1.4}{5,3}$	$\frac{23.09 \pm 3.0}{6,3}$	$\frac{16.08 \pm 2.4}{6,7}$	$\frac{17.10 \pm 2.3}{3,6}$

Примечание: – в числителе средняя дата наступления фазы $\pm$ ошибка средней, в знаменателе – коэффициент вариации

Наличие самосева свидетельствует об адаптации вида в условиях интродукции. Массовый самосев отмечается ежегодно у *S. tesquicola*, который наблюдается не только непосредственно возле материнских растений, но и близлежащих делянок. Кроме того, незначительный самосев отмечается у *Sc. baicalensis*, *Ph. tuberosa* и *L. anisatus*.

Одним из критериев, определяющих устойчивость вида в культуре, является длительность его выращивания [5]. Средний возраст характеризуемых видов растений составляет 13,8 лет. Несмотря на неблагоприятные условия пункта интродукции –

малое количество осадков, низкую влажность воздуха в жаркий период времени, все изучаемые виды семейства *Lamiaceae* Lindl., при создании условий для роста и развития растений, соответствующих естественному обитанию вида, проходят полный цикл сезонного развития.

Выводы

Критериями подбора природного генетического материала лекарственных растений для интродукции в степную зону Хакасии на примере семейства *Lamiaceae* L. служат ареал распространения вида; максимальные и минимальные температуры воздуха природного ареала; экологическая группа; длительность вегетационного периода. Основным, лимитирующим интродукцию экологическим фактором, является дефицит влаги, отрицательное влияние которого можно смягчить проведением своевременных поливов, что обеспечит нормальный рост и развитие вида.

Наиболее перспективными источниками исходного материала для интродукции, экологически приспособленными к условиям Хакасии являются виды, имеющие евроазиатский, сибирско-среднеазиатский, североамериканский ареалы; по поясно-зональному типу – лесостепные, горно-степные бореальные; по экологическому типу – виды из группы мезоксерофитов, ксеропетрофитов, обладающих широкой экологической амплитудой, требования, жизнедеятельности которых соответствуют условиям резко континентального климата Хакасии.

Список литературы

1. Белюченко И.С., Мустафаев Б.А. Интродукция растений как метод расширения видового состава культурных фитоценозов в южных районах СНГ // *Экологический вестник Северного Кавказа*. – 2013. – Том 9. – № 4. – С. 73-89.
2. Верещагина И.В. Методика изучения интродуцированных многолетников // *Вопросы декоративного садоводства*. – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1964. – С. 41-46.
3. Гладышева О.В., Олейникова Е.М. Онтогенез и феноритмотипы пряно-ароматических интродуцентов в ЦЧР. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – 198 с.
4. Гордеева Г.Н. Итоги интродукции видов рода *Cotoneaster* Medik. в степных условиях Хакасии // *Вестник НГАУ*. – 2019. – № 3(52). – С. 26-32.
5. Данилова Н.С. Длительность выращивания многолетних травянистых растений в Якутском ботаническом саду // *Наука и образование*. – 2015 – № 4. – 120-124.
6. Европа: климат. – <http://geohyst.ru/node/2830>. – Searched on 11 November 2019.
7. Интродукция древесных растений в Сибири / Встовская Т.Н., Коропачинский И.Ю., Киселёва Т.И., Горбунов А.Б., Каракулов А.В., Лаптева Н.П. – Новосибирск: ГЕО, 2017. – 716 с.
8. Козловский Б.Л., Огородников А.Я. и др. Цветковые древесные растения ботанического сада Ростовского университета. – Ростов-на-Дону, 2000. – С. 15-16.
9. Концепция Н.И. Вавилова о виде как системе. – <http://www.zoofirma.ru/knigi/evol/7136-kontseptsija-n-n-vavilova-o-vide-kak-sisteme.html> – Searched on 27 February 2020.
10. Кравцова Л.П. Изучение фенологических особенностей лекарственных растений семейства *Lamiaceae* Lindl. при интродукции в Хакасии // *Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология. Экология»*. – 2019. – № 3 (55). – С. 123-129.

11. Методология сохранения биологического разнообразия растений в аридных условиях юга Средней Сибири / Сост.: Гордеева Г.Н., Кравцова Л.П., Мартынова М.А. – Абакан, 2019. – 58 с.
12. Резвякова С.В. Зимостойкость садовых культур различного эколого-географического происхождения (обзор) // Биология в сельском хозяйстве. – 2017. – № 1(14). – С. 12-19.
13. Соломенцева А.С., Лебедь Н.И., Колмукиди С.В., Межевова А.С. Подбор устойчивых видов *Rosa* L. для целей лесомелиорации, озеленения и использования в биотехнологии (на примере Волгоградской области) // Изв. вузов. Лесн. журн. – 2020. – № 1. С. 49- 62. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-1-49-62
14. Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. – Л, 1978.
15. Флора Сибири. Т. 11: *Rugelaceae* – *Lamiaceae* (*Labiatae*) / Сост. В.М. Доронькин, Н.К. Ковтонюк, В.В. Зуев и др.: в 14 т. – Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1997. – 296 с.

Статья поступила в редакцию 23.04.2020 г.

Kravtsova L.P., Saaja S.A. Criteria for attracting plants for introduction to the steppe zone of Khakassia // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – № 136. – P. 33-41.

Based on the research carried out in 1995-2019, the main approaches to the selection of criteria for attracting introduced species in the dry conditions of Khakassia are substantiated. The objects of research are 14 species of medicinal plants of the family *Lamiaceae* Lindl. different areas of origin. During the introduction, we used the method of comparing climates and generally accepted research methods. The most promising sources of source material are species that have Euro-Asian, Siberian-Central Asian, and North American ranges; by belt-zonal type – forest-steppe, mountain-steppe boreal; by ecological type - species from the group of mesoxerophytes, xerophytes that have wide ecological amplitude, the requirements of which correspond to the conditions of the sharply continental climate of Khakassia.

Key words: medicinal plants; choice of introduced species; natural and climatic zones; winter hardiness; drought resistance; ecological group, phases of plant development

УДК 581.331.2:58.036:582.475.2(470.22)
DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-42-48

МОРФОГЕНЕЗ ВЕГЕТАТИВНЫХ ПОЧЕК ВИДОВ *PICEA* (PINACEAE), ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ (КАРЕЛИЯ)

Иван Тарасович Кищенко, **Виталий Васильевич Тренин**

Петрозаводский государственный университет,
185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33
E-mail: ivanki@karelia.ru

Наблюдения проводились в Ботаническом саду Петрозаводского государственного университета, расположенном в таежной зоне. Объектами исследований служили 1 аборигенный и 5 интродуцированных видов: *Picea abies* (L.) Karst., *P. obovata* Ledeb., *P. mariana* Britt., *P. glauca* (Mill.) Britt., *P. pungens* Engelm., *P. omorica* (Purk.) Purk. Изучение морфогенеза в вегетативных почках проводили у осевых побегов с средней части кроны с момента начала набухания почек до прекращения заложения примордиев хвои (с мая по сентябрь). Растущие побеги срезали через 2-3 сут и фиксировали в смеси спирта и глицерина. За дату начала того или иного этапа принимали то время, когда он отмечался не менее чем у 30% почек. Установлено, что внутрипочечное развитие вегетативных органов у аборигенного вида *P. abies* и изученных интродуцированных видов рода *Picea* характеризуется сходными этапами: покоя, заложения кроющих чешуй и заложения примордиев хвои. Морфогенез вегетативных почек у *P. abies* по срокам опережает развитие почек у интродуцированных видов, что свидетельствует о значительно большей требовательности последних к температурному режиму. Продолжительность морфогенеза почек у всех изученных видов различается незначительно (131-137 сут). Однако морфогенез вегетативных почек аборигенного вида на 1-4 недели опережает по срокам развитие почек у интродуцированных видов. У видов, отличающихся сходством морфогенеза почек (*P. abies* и *P. glauca*), величина годового прироста побегов почти одинакова.

Ключевые слова: *Picea*; хвойные; вегетативные почки; морфогенез; интродукция

Введение

Изучение устойчивости интродуцированных видов растений к новым условиям существования не может ограничиваться наблюдениями за внешними морфологическими изменениями, возникающими в процессе роста и развития. Необходимо выяснение особенностей и внутренних изменений, происходящих в вегетативных и генеративных почках, а также в стробилах. Только отбором наиболее адаптированных к новым условиям особей, выращенных из семян местной интродукции, новый вид можно ввести в культуру [3-5]. При изучении адаптации интродуцированных растений крайне необходимо выяснение особенностей внутренних изменений, происходящих в почках, в первую очередь в вегетативных почках [6, 7]. У представителей рода *Picea* выделяется 3 этапа (фазы) развития органов: покоя, заложения кроющих чешуй и заложения примордиев хвои. У *P. abies* в условиях Московской и Вологодской областей фаза заложения кроющих чешуй начинается ранней весной и продолжается до второй-третьей декады июля [1]. Фаза заложения листовых образований длится с середины июля до сентября. В подзоне северной тайги России формирование покровных чешуй почки у ауксибласта *P. obovata* наблюдается в июне-начале июля, а заложение зачатков хвои начинается в конце июля и продолжается до конца вегетационного периода [2]. Среди других видов *Picea*, по которым имеются публикации по морфогенезу вегетативных почек, особый интерес представляет *P. glauca*, так как этот вид интродуцирован в Карелию. В таежной зоне Северной Америки фаза покоя у этой наблюдается с середины октября до конца апреля, фаза заложения кроющих чешуй почки — с конца апреля до конца июля, фаза инициации хвои — с начала августа до середины октября [10]. Исследователи отметили,

что фаза заложения кроющих чешуй по времени совпадает с периодом линейного роста побегов.

Целью настоящих исследований являлось изучение морфогенеза вегетативных чек интродуцированных в Карелию видов *Picea*.

Объект и методы исследований

Наблюдения проводились в 2002-2003 гг. в Ботаническом саду Петрозаводского государственного университета, расположенном в таежной зоне. Объектами исследований служили 1 аборигенный и 5 интродуцированных видов: *Picea abies* (L.) Karst., *P. obovata* Ledeb., *P. mariana* Britt., *P. glauca* (Mill.) Britton et al., *P. pungens* Engelm., *P. omorica* (Pane) Purk. Характеристика объектов исследований приведена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика объектов исследований

Species	Место происхождения саженцев (ботсад-город)	Возраст, лет	Средняя высота, м	Наличие семенения
<i>Picea glauca</i> (Mill.) Britton et al.	С.-Петербург	42	16,7	есть
<i>P. pungens</i> Engelm. f. <i>glauca</i> Regel.	С.-Петербург	45	16,2	есть
<i>P. obovata</i> Ledeb.	Минск	32	9,2	нет
<i>P. mariana</i> Britt.	Бухарест	28	7,1	нет
<i>P. omorica</i> (Pane) Purk.	Бухарест	28	5,8	нет
<i>P. abies</i> (L.) Karst.	Петрозаводск	31	8,4	нет

Примечание: здесь и далее приводятся средние данные за два года исследований

Изучение морфогенеза в вегетативных почках проводили у осевых побегов с юго-западной стороны средней части кроны с момента начала набухания почек до прекращения заложения примордиев хвои (с мая по сентябрь). Растущие побеги срезали через 2-3 сут и фиксировали в смеси спирта и глицерина (соотношение 3:1). Объем выборки по каждому этапу морфогенезу составлял 10 почек. За дату начала того или иного этапа принимали то время, когда он отмечался не менее чем у 30,0% почек. Препараты для анатомического исследования почек готовили по стандартной методике [9]. Применяли двойную фиксацию в глутаральдегиде и осмии, проводку через спирт и ацетон, заключение в эпоксидную смолу. Срезы толщиной около 1 мкм готовили на ультрамикротоме и окрашивали в 1%-м водном растворе метиленового синего.

Результаты и обсуждение

Результаты микроскопического изучения специально приготовленных препаратов показали, что у всех исследуемых видов рода *Picea* перед началом роста вегетативные почки имеют строение, описанное впервые И.Г. Серебряковым [6]. Почка представляет собой зачаточный побег с апексом, покрытым почечными чешуями (катафиллами). Внутрипочечное развитие начинается с увеличения размеров примордиев хвои и удлинения зачаточного стебля за счет интенсивного деления клеток сердцевинной меристемы. Ранее всего эти процессы начинаются у *P. abies* – 4 V, а позже всего – у *P. pungens* – 15 V (табл. 2). Наиболее близка к аборигенному виду по времени начала этих процессов *P. glauca* – 7 V. Аналогичная тенденция обнаружена и по срокам распускания вегетативных почек. Так, эта фенофаза у *P. abies* и *P. glauca* отмечается уже 20 и 23 V, а у *P. pungens* – лишь 4 VI. У других изучаемых видов она наблюдается 25-28 V.

К началу заложения терминальных дочерних почек инициальная часть апекса почки заметно увеличивается в объеме и принимает вид вытянутого конуса с закругленной верхушкой (рис. 1). Как и отмеченные выше процессы, данный этап ранее всего начинается у *P. abies* и *P. glauca* (25 и 28 V), а у остальных видов – на 11-20 сут. позже. Его продолжительность достигает 5-9 сут.

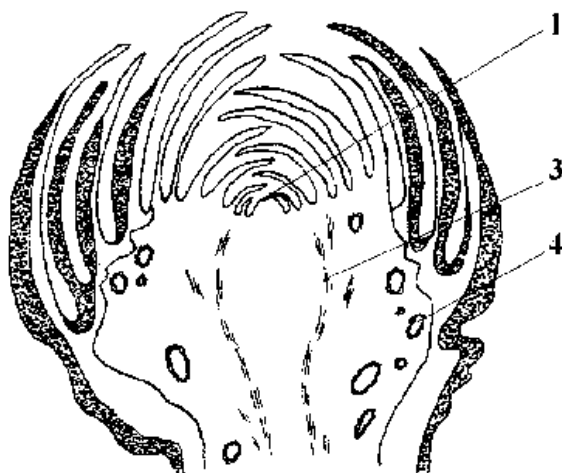


Рис. 1 Вегетативная почка *P. glauca* на этапе заложения катафиллов.

1 – конус нарастания; 2 – почечные чешуи; 3 – проводящие пучки стеблевой части почки;
4 – смоляные ходы

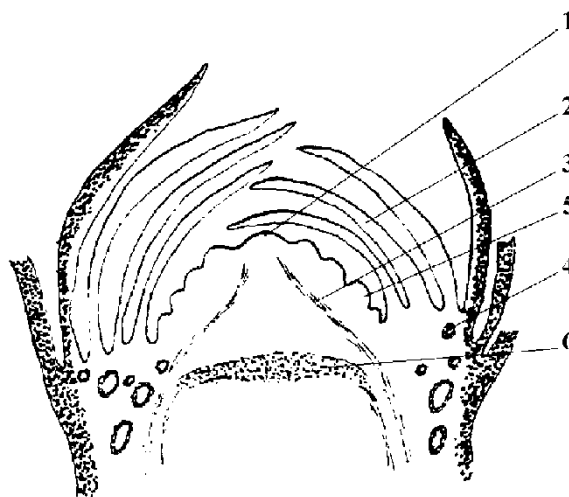
Заложение катафиллов терминальных дочерних почек начинается в нижней части апекса с формирования метамеров, имеющих значительно более широкое основание, чем у растущей хвои годовичного побега. В этот период времени верхняя часть апекса начинает приобретать полусферическую форму, что обусловливается активизацией как апикальных инициалей, так и центральных меристематических клеток. В дальнейшем увеличение размеров апекса происходит за счет роста и деления клеток периферической и сердцевинной меристем. В этот период молодая вегетативная почка состоит из стеблевой части, с расположенными на ней катафиллами и апексом (рис. 2). Катафиллы имеют заостренную верхушку, утолщены и несколько сплюснуты в поперечном сечении. Проводящие пучки закладываются базипетально чуть выше их оснований и характеризуются вполне развитыми ксилемными элементами. С обеих сторон проводящего пучка к основанию чешуи подходят по два узких смоляных канала. В этот период времени почти все клетки катафиллов представлены тонкостенными прозенхимными элементами, а в апексе хорошо видна зональность. При этом каких-либо выраженных различий в структуре почек между изучаемыми видами рода *Picea* не обнаружено.

По срокам начала формирования почечных чешуй *P. abies* и *P. glauca* (4–5 VI) на 2–3 сут опережают *P. obovata*, *P. mariana* и *P. omorica*. Позднее всего этот процесс начинается у *P. pungens* (12 VI). Наименьшая продолжительность периода формирования катафиллов характерна для *P. abies* (38 сут), а у других видов она достигает 49–52 сут.

Таблица 2

Этапы развития вегетативных почек у различных видов *Picea*

Виды	Начало внутрипо- чечного роста	Распуска -ние почек	Начало заложения терминаль- ных почек	Начало заложения катафиллов	Заложение примордиев хвои		Годи- чный прир- ост побег- а, см
					начало	окон- чание	
2002 г.							
<i>P. abies</i>	8 V	26 V	30 V	7 VI	13 VII	12 IX	8,7
<i>P. glauca</i>	13 V	29 V	2 VI	8 VI	20 VII	18 IX	9,4
<i>P. pungens</i>	25 V	8 VI	11 VI	16 VI	5 VIII	22 IX	6,2
<i>P. obovata</i>	18 V	1 VI	2 VI	9 VI	26 VII	25 IX	6,4
<i>P. mariana</i>	16 V	30 V	3 VI	9 VI	28 VII	27 IX	7,3
<i>P. omorica</i>	16 V	30 V	3 VI	10 VI	20 VII	27 IX	5,4
2003 г.							
<i>P. abies</i>	1 V	14 V	21 V	2 VI	12 VII	14 IX	8,9
<i>P. glauca</i>	2 V	18 V	24 V	3 VI	23 VII	23 IX	9,2
<i>P. pungens</i>	6 V	30 V	2 VI	9 VI	1 VIII	25 IX	5,7
<i>P. obovata</i>	5 V	21 V	20 VI	5 VI	24 VII	25 IX	6,2
<i>P. mariana</i>	4 V	25 V	30 VI	5 VI	26 VII	27 IX	6,5
<i>P. omorica</i>	4 V	26 V	29 VI	4 VI	26 VII	28 IX	5,2

Рис. 2 Вегетативная почка *P. glauca* в конце этапа формирования примордиев хвои:

1 – конус нарастания; 2 – почечные чешуи; 3 – проводящие пучки стеблевой части почки;
4 – смоляные ходы; 5 – примордии хвои; 6 – сердцевинная диафрагма

К началу заложения примордиев хвои апекс достигает максимальных размеров и имеет ясно выраженную цитогистологическую зональность. Зона инициалей представлена 2-3 слоями клеток. Периферическая меристема к этому времени увеличивается по толщине до 6-7 слоев клеток благодаря периклиальным делениям последних. Зачаточная хвоя формируется клетками именно этой меристемы, которые последовательно делятся периклиально и антиклинально. Примордии хвои закладываются в акропетальном направлении и имеют в это время форму полусферы. Одновременно с этим процессом начинается быстрое антиклинальное деление клеток сердцевинной меристемы, приводящее к удлинению зачаточного стебля.

Исследования показали, что наиболее ранние сроки начала формирования

примордиев хвои, так же как и других этапов морфогенеза почек, характерны для *P. abies* (12 VI). У других изучаемых видов данный этап начинается в третьей декаде июля, или на 9-22 сут позже.

К окончанию этапа заложения примордиев хвои меристематический апекс почки уменьшается в объеме, а зона периферической меристемы увеличивается. Никаких существенных различий в структуре почек между изучаемыми видами рода *Picea* в данный период не обнаружено. Как показывает рис. 3, к этому времени вегетативная почка покрыта хорошо развитыми чешуями и состоит из зачаточного побега новой генерации с листовыми примордиями. Зачаточный стебель имеет коническую форму. В его основании формируется сердцевинная диафрагма, состоящая из паренхимных клеток с утолщенными стенками. Выше ее по оси стебля образуется сердцевинная паренхима, окруженная целой системой прокамбиальных пучков. Строение вегетативной почки *P. abies* ранее подробно рассмотрено В.Б. Скупченко [7].

Исследованиями обнаружено, что раньше всех этап заложения примордиев хвои заканчивается у *P. abies* и *P. glauca* – 13 и 20 IX. У остальных изучаемых видов этот процесс прекращается 23-27 IX. Аналогичные этапы внутривершинного развития у *P. abies* и *P. obovata* выявлены ранее И. Д. Аникиевой и Е. Г. Мининой [1], В. Б. Скупченко [7]. Следует отметить, что за период наблюдения у всех объектов исследования к концу вегетации зимующие почки успевали полностью закончить свое развитие. Однако удлинение периода формирования почек у интродуцентов подвергает их опасности повреждения ранними осенними заморозками, которые в условиях южной Карелии могут наступать уже во второй декаде сентября. Самый короткий период образования примордиев хвои характерен для *P. pungens* (50 сут), а у остальных видов он составляет 60–63 сут.

Данные таблицы 2 позволяют сделать вывод, что сроки прохождения всех этапов внутривершинного развития изучаемых видов рода *Picea* довольно заметно варьируют по годам. По-видимому, это связано с соответствующими изменениями в погодных условиях. При этом наиболее заметно изменяются сроки начала внутривершинного развития и заложения терминальных почек, причем наименьшие различия отмечаются для *P. abies* и *P. glauca* (7-11 сут), а для других видов они достигают 27 сут.

Сравнение результатов наших исследований с данными по морфогенезу вегетативных почек, полученными другими авторами для *P. abies* [1], 1969 и *P. glauca* [10], . Некоторые этапы развития вегетативной почки *P. glauca* представлены на рис. 3.

Выводы

1. Внутривершинное развитие вегетативных органов у аборигенного вида *P. abies* и изученных интродуцированных видов рода *Picea* характеризуется сходными этапами: покоя, заложения кроющих чешуй и заложения примордиев хвои.

2. Морфогенез вегетативных почек у *P. abies* по срокам опережает развитие почек у интродуцированных видов, что свидетельствует о значительно большей требовательности последних к температурному режиму.

3. Продолжительность морфогенеза почек у всех изученных видов различается незначительно. У видов, отличающихся сходством морфогенеза почек (*P. abies* и *P. glauca*), величина годичного прироста побегов почти одинакова.

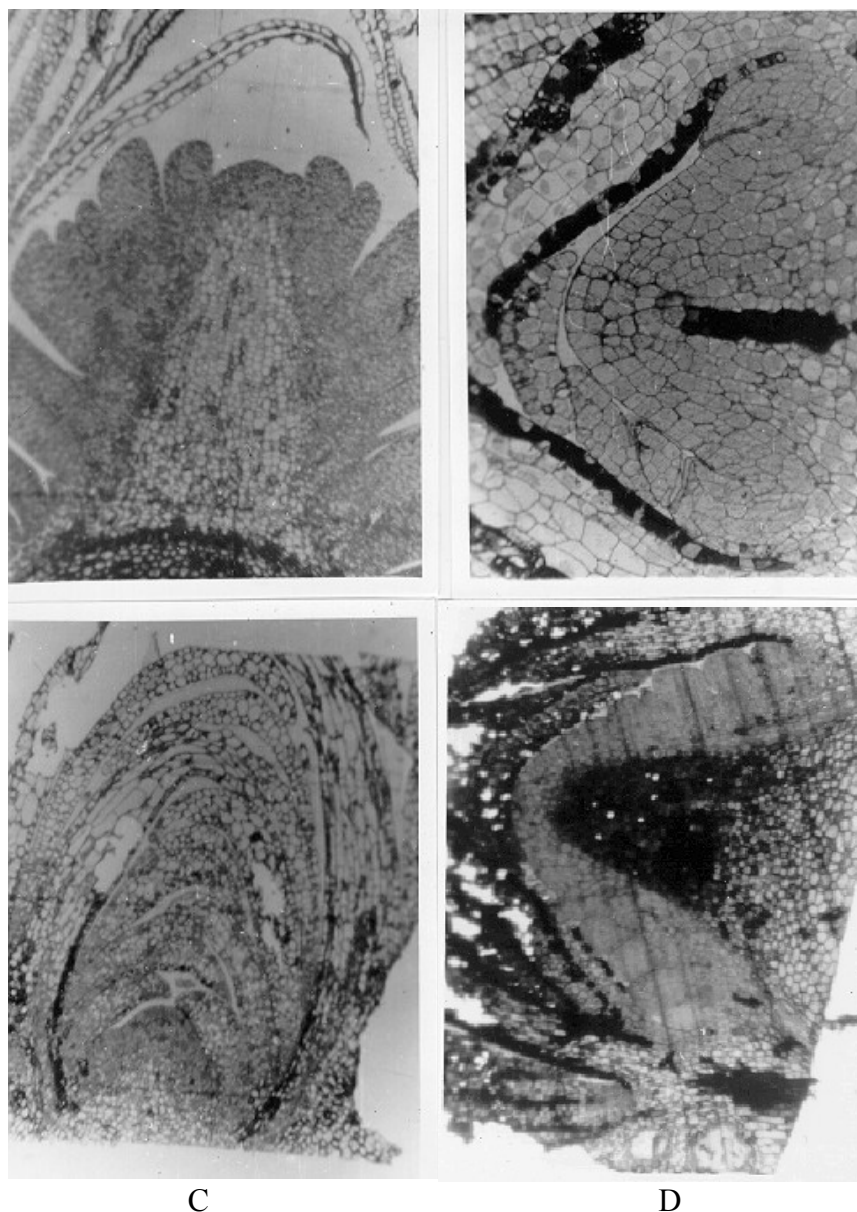


Рис. 3 Вегетативная почка *P. glauca* на разных этапах развития (2002 г.):
А – 16 III, В – 2 VI, В – 28 VII, Г – 8 IX (фото В. В. Тренина): А, В, С - х 90; D - х 200.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ (проект 18-44-100002 p_a)

Список литературы

1. Аникиева В.А., Минина Е.Г. О жизнедеятельности конуса нарастания у древесных пород в связи с сексуализацией побегов // Ботанический журнал. – 1969. – Т. 44. – № 7. – С. 907-915.
2. Артемов В.А. Морфогенез побегов Pinaceae (вступление в микрофенологию) // Научн. докл. Коми фил. АН СССР. Сыктывкар. – 1976. – № 24. – С. 57.
3. Елагин И.Н. Характерные особенности развития древесных пород Нечерноземья // Сезонная ритмика феноиндикаторов природы Нечерноземья. – Москва. – 1980. – 309 с.
4. Калуцкий К.К., Крылов Г.В., Болотов Н.А. Опыт и перспективы интродукции древесных растений в создании лесов будущего // Изв. вузов СССР. Лесной журнал. –

1981. – № 5. – 6-14.

5. Некрасов В.И. К определению положения интродуцентов в акклиматизационном процессе и их сравнительная оценка // Опыт интродукции древесных растений. – Москва. – 1975. – С. 16-79.

6. Серебряков И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений. – Москва. – 1952. – 392 с.

7. Скупченко В.Б. Морфофункциональная характеристика меристем почек ели, сосны, лиственницы и пихты в подзоне средней тайги Коми АССР // Биологические исследования на северо-востоке европейской части СССР. – Сыктывкар. – 1974. – С. 47-53.

8. Скупченко В.Б. Органогенез вегетативных и репродуктивных структур ели. – Ленинград. – 1985. – 80 с.

9. Укли Б. Электронная микроскопия для начинающих. – Москва. – 1982. – 101 с.

10. Owens J.N., Molder M., Longer H. Bud development in *Picea glauca*. I. Annual growth cycle of vegetative buds and shoot elongation as they relate to date and temperature sums // Can. J. Bot. – 1977. – № 21. – Pp. 228-245.

Статья поступила в редакцию 11.10.2019 г.

Kishchenko I.T., Trenin V.V. The morphogenesis of vegetative buds of *Picea* species (Pinaceae), introduced in the taiga zone (Karelia) // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – №136. – P. 42-48.

The observations were carried out in the Botanical garden of the Petrozavodsk state University, located in the taiga zone. Objects of research served 1 native and 5 introduced species: *Picea abies* (L.) Karst., *P. obovata* Ledeb., *P. mariana* Britt., *P. glauca* (Mill.) Britt., *P. pungens* Engelm., *P. omorica* (Pane) Purk. The study of morphogenesis in vegetative buds was carried out axial shoots from the middle part of the crown since the beginning of the bud swelling until the cessation of laying primordial needles (May to September). The growing shoots are cut off after 2-3 days and were fixed in a mixture of alcohol and glycerin. For the start date of a stage, took the time when it was noted in not less than 30% of the buds. It is established that intrarenal development of vegetative organs from the native species *P. abies* was studied and introduced species of the genus *Picea* characterized by similar phases: rest, laying cover scales and laying primordial needles. Morphogenesis of vegetative buds of *P. abies* on the timing ahead of the development of the bud in the introduced species, which indicates a much greater insistence of the latter to temperature. The duration of the morphogenesis of the buds in all studied types varies slightly (days 131-137). However, the morphogenesis of vegetative buds of native species for 1-4 weeks ahead in terms of development of the buds in introduced species with a similarity of morphogenesis of the bud (*P. abies* and *P. glauca*), the value of the annual increment of the shoots is almost the same.

Key words: *conifers; vegetative buds; morphogenesis; introductio.*

УДК [631.53:582.998.1]:575.1/2.082.542
DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-49-54

РАЗМНОЖЕНИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *ECHINACEA* MOENCH В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Ирина Леонидовна Крахмалева, Ольга Ивановна Молканова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук,
127276, Россия, г. Москва, Ботаническая ул., 4
E-mail: seglory@bk.ru

Проведено сравнение регенерационного потенциала эхинацеи гибридной сорта *Мама Миа* с отобранным соматоклональным вариантом с вариегатными листьями на этапах собственно микроразмножения и укоренения. Изучено влияние концентрации регулятора роста 6-БАП в среде MS на образование микророзеток на этапе собственно микроразмножения. Установлен наибольший морфогенетический потенциал у отборной формы, по сравнению с исходным сортом *Мама Миа*. Показано, что применение на этапе укоренения питательной среды $\frac{1}{2}$ MS с добавлением ИУК в концентрации 0,3 мг/л является оптимальным для эффективного развития корневой системы представителей рода *Echinacea*.

Ключевые слова: *Echinacea Moench*; клональное микроразмножение; соматоклональная изменчивость; морфогенетический потенциал.

Введение

Род Эхинацея (*Echinacea Moench*) семейства Астровые (*Asteraceae*) включает по различным данным от 9 до 10 видов. Эхинацея многолетнее травянистое растение, в естественных условиях произрастающее в субтропических и умеренных зонах Северной Америки [9, 11].

Эхинацея представляет большой интерес как декоративная культура. На основе скрещивания разных видов эхинацеи выведены многие сорта и гибриды с крупными махровыми и немахровыми соцветиями, разнообразной окраской от малиновой до зеленовато-кремовой, приятным ароматом, которые широко применяют в ландшафтном дизайне. В фармакологии и народной медицине используются 3 вида: *E. purpurea* (L.) Moench, *E. angustifolia* DC. и *E. pallida* (Nutt.) Nutt., которые являются эффективными источниками лекарственных средств. Препараты на основе эхинацеи обладают противовоспалительным действием, повышают защитные силы организма, являются модуляторами иммунной системы. Помимо этого эхинацея имеет ценность как кормовая, эфиромасличная и медоносная культура [9, 11].

Для сохранения сортовых признаков эхинацею размножают вегетативными способами: делением куста и черенкованием. Но эти методы не всегда позволяют получить необходимое количество посадочного материала в сжатые сроки. Поэтому в последнее время для размножения эхинацеи все чаще используют метод клонального микроразмножения, который позволяет неограниченно размножать и сохранять малораспространенные сорта и формы в условиях *in vitro*.

Не смотря на широкое использование эхинацеи, как лекарственного и декоративного растения, в российской и зарубежной литературе было опубликовано небольшое количество работ по изучению особенностей регенерации представителей рода *Echinacea* в культуре *in vitro*, причем большинство работ было посвящено особенностям роста и развития каллусной культуры [2, 12].

При длительном культивировании *in vitro* изолированных растительных тканей и клеток возможно появление морфологической и физиологической соматоклональной

изменчивости [3, 8]. Частота спонтанных мутаций при культивировании клеток растений варьирует в зависимости от таксона в пределах 10^{-5} – 10^{-8} [10]. Среди наиболее часто встречающихся изменений морфологических признаков можно отметить следующее: вариации окраски и формы листьев, цветков, высоты растений, числа и размеров листьев. С высокой частотой появляются растения-альбиносы, полностью или частично лишенные хлорофилла [7].

На этапе собственно микроразмножения в процессе регенерации эхинацеи гибридной сорта Mama Mia был отобран самоклональный вариант с вариегатными листьями. Особенности регенерации и реализации морфогенетического потенциала эхинацеи с вариегатными листьями в культуре *in vitro* не были изучены ранее.

Цель данного исследования – изучение особенностей морфогенеза и сравнение регенерационных способностей отборной формы с исходным сортом Mama Mia на этапах собственно микроразмножения и укоренения.

Объект и методы исследований

В процессе исследования использовали общепринятые приемы с культурой изолированных тканей и органов растений и методы, разработанные в лаборатории биотехнологии растений ГБС РАН [1, 5]. В качестве объектов исследования использовали эхинацею гибридную сорт Mama Mia и отборную форму с вариегатными листьями.

Были проведены исследования на этапе собственно микроразмножения с использованием питательной среды MS (Murashige and Skoog, 1962) [16] и добавлением 6-БАП (6-бензиламинопурина) в концентрации от 0,1 до 0,5 мг/л. В качестве контроля использовали питательную среду MS без регуляторов роста. Укоренение проводили на питательной среде $\frac{1}{2}$ MS дополненной ИУК (3-индолилуксусная кислота) и ИМК (индолил-3-масляная кислота) в концентрации 0,3 и 0,5 мг/л.

Регенеранты выращивали в течение 25 дней при освещении 1500-2000 лк, 16-часовом фотопериоде и температуре 21,0-24,0°C. Исследования проводили в трех повторностях, 10 эксплантов в каждом варианте.

Обработку полученных данных проводили по общепринятым методам статистического анализа с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2010 и PAST 2.17c.

Результаты и обсуждение

В настоящее время в коллекции растений *in vitro* лаборатории биотехнологии растений ФГБУН ГБС им. Н.В. Цицина РАН сохраняются и размножаются три сорта эхинацеи (*E. purpurea* Virgin, Pica Bella и гибрид (*E. paradoxa* (J.B.S. Norton) Britton x *E. purpurea* Ruby Giant) Mama Mia).

На этапе собственно микроразмножения при культивировании эхинацеи гибридной сорта Mama Mia на питательной среде MS с добавлением 6-БАП 0,8 мг/л была выделена отборная форма с вариегатными листьями. При субкультивировании отборная форма сохраняла пестрый рисунок неправильной формы на листовой пластинке (рис. 1, 2).

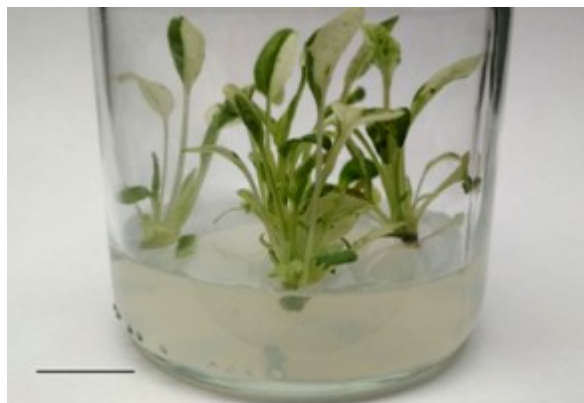


Рис. 1 Сомаклональный вариант с вариегатными листьями сорта Mama Mia в условиях *in vitro* (масштаб 1,0 см)



Рис. 2 Внешний вид вариегатных листьев у отборной формы сорта Mama Mia при культивировании *in vitro* (масштаб 1,0 см)

В настоящее время известно два сорта *E. purpurea* с пестрыми листьями: Sparkler и Prairie Frost. Интересно отметить, что сорт Sparkler был выведен в культуре тканей как самоклон *E. purpurea* сорта Ruby Giant, который является одной из родительских форм Mama Mia [13, 14].

В процессе культивирования была отмечена незначительная реверсия новообразовавшихся розеток с зеленой окраской листьев. Подобное явление наблюдали у вариегатных сортов *Hosta* и *Polemonium* [17].

Специфика клонального микроразмножения тесно связана с биологическими особенностями исходных растений. При разработке технологий клонального микроразмножения необходимо учитывать генотипическую специфичность растений, состав питательной среды и условия культивирования [4, 6, 15].

В результате проведенных исследований были выявлены различия в морфогенетическом потенциале отборной формы и сорта Mama Mia на этапе собственно микроразмножения (табл. 1).

С увеличением концентрации 6-БАП от 0,1 до 0,3 мг/л отборная форма характеризовалась большей регенерационной способностью по сравнению с исходным сортом. У Отборной формы максимальный коэффициент был получен при 6-БАП 0,3 мг/л ($4,67 \pm 0,26$ шт.), а при увеличении концентрации до 0,5 мг/л различий не было обнаружено.

Таблица 1

Влияние концентрации 6-БАП на формирование микророзеток *in vitro* эхинацеи гибридной

Концентрация 6-БАП, мг/л	Число микророзеток, шт.	
	Отборная форма	Мама Миа
0,0	1,74±0,18	1,62±0,11
0,1	2,85±0,21	2,40±0,14
0,2	3,68±0,14	2,43±0,17
0,3	4,67±0,26	3,86±0,26
0,4	4,32±0,28	3,81±0,35
0,5	4,40±0,30	4,94±0,37

Положительное влияние на число образовавшихся микророзеток при увеличении концентрации 6-БАП до 0,5 мг/л отмечено только у сорта Мама Миа (4,94±0,37 шт.).

Важно отметить, что при увеличении концентрации свыше 0,5 мг/л 6-БАП наблюдали морфологические отклонения: у отборной формы – уменьшение высоты микророзеток, обесцвечивание листовых пластинок, у сорта Мама Миа появлялись оводненные экспланты, что в дальнейшем снижало их способность к размножению и укоренению.

На этапе собственно микроразмножения при длительном культивировании (60 суток) у большинства эксплантов отборной формы и сорта Мама Миа наблюдали спонтанный ризогенез. На этапе укоренения с применением ауксинов ИУК и ИМК экспланты укоренялись уже через 2 недели. Наиболее развитую корневую систему (наибольшее количество корней и их длину) у отборной формы и сорта Мама Миа наблюдали на питательных средах ½ MS с добавлением ИУК, а при концентрации 0,3 мг/л частота ризогенеза была наибольшей (100 и 91 % соответственно) (табл. 2).

Таблица 2

Влияние типа и концентрации ауксинов на развитие корневой системы

Генотип	Тип ауксина	Концентрация ауксина, мг/л	Укоренение, %	Число корней, шт.	Длина корней, см
Отборная форма	ИУК	0,3	100	6,41±0,66	0,34±0,02
		0,5	81	6,33±0,88	0,27±0,02
	ИМК	0,3	84	2,42±0,28	0,19±0,02
		0,5	47	3,00±0,47	0,20±0,01
Мама Миа	ИУК	0,3	91	3,94±0,64	0,37±0,02
		0,5	82	5,05±0,60	0,33±0,02
	ИМК	0,3	63	1,97±0,26	0,20±0,01
		0,5	31	3,43±0,53	0,21±0,02

На этапе укоренения на питательной среде ½ MS с 0,3-0,5 мг/л ИУК у отборной формы и сорта Мама Миа наблюдали различия в формировании корневой системы. У отборной формы отмечено наибольшее число корней (6,41±0,66 и 6,33±0,88), при этом корни были тонкие и имели антоциановую окраску. Сорт Мама Миа отличался меньшим числом корней (3,94±0,64 и 5,05±0,60), но большей толщины со светло-зеленой окраской.

В настоящее время проводится опыт по сравнению адаптационной способности отборной формы и сорта Мама Миа и подбору оптимального почвенного субстрата в условиях *ex situ*.

Выводы

Проведена оценка регенерационного потенциала микрорастений эхинацеи гибридной сорта Мама Миа и выделенного соматоклонального варианта с вариегатными листьями. Установлено, что наибольшим морфогенетическим потенциалом характеризовалась отборная форма, по сравнению с исходным сортом Мама Миа.

В процессе исследования на этапе собственно микроразмножения выявлено отрицательное воздействие концентрации 6-БАП свыше 0,5 мг/л, при которой наблюдались морфологические отклонения.

Наиболее эффективно при культивировании отборной формы использовать 6-БАП в концентрации 0,2 мг/л, для сорта Мама Миа – 0,3 мг/л.

На этапе укоренения для лучшего развития корневой системы эхинацеи отборной формы и сорта Мама Миа наиболее эффективно использовать питательную среду $\frac{1}{2}$ MS с добавлением ИУК в концентрации 0,3 мг/л. Через 14 дней у отборной формы отмечено 100% укоренение микропобегов, у сорта Мама Миа – 91%. Выявлены различия в формировании корневой системы, что в дальнейшем может повлиять на приживаемость исследуемых объектов.

Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН (№18-118021490111-5)

Список литературы

1. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнология на их основе. – М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. – 160 с.
2. Дитченко Т.И., Вюйтрих А.Д. Разработка приемов депонирования *in vitro* каллусных культур эхинацеи пурпурной и эхинацеи бледной // Лекарственное растениеводство: от опыта прошлого к современным технологиям: материалы четвертой международной научно-практической интернет-конференции (Полтава, 14-15 мая 2015 г.). – Полтава, 2015. – С. 51-54
3. Лебедев В.Г., Азарова А.Б., Шестибратов К.А., Деменко В.И. Проявление соматоклональной изменчивости у микроразмноженных и трансгенных растений // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2012. – Вып. 1 – С. 153-163.
4. Молканова О.И., Королева О.В., Стахеева Т.С., Крахмалева И.Л., Мелещук Е.А. Совершенствование технологии клонального микроразмножения ценных плодовых и ягодных культур для производственных условий // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 9. – С. 66- 69.
5. Молканова О.И., Васильева О.Г., Коновалова Л.Н. Научные основы сохранения и воспроизводства генофонда ценных и редких видов растений в культуре *in vitro* // Бюллетень ГБС РАН. – 2015. – Вып. 201. – № 2. – С. 78-82.
6. Муратова С.А., Соловых Н.В., Терехов В.И. Индукция морфогенеза из изолированных соматических тканей растений. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского госагроуниверситета. 2011. – 107 с.
7. Назаренко Л.В., Долгих Ю.И., Загоскина Н.В., Г.Н. Ралдугина Г.Н. Биотехнология растений: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. – М.: Изд-во Юрайт, 2018. – 161 с.

8. *Расторгуев С.Л.* Изменчивость растений-регенерантов земляники, полученных методом тканевых культур // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2008. – Том 2. – №1(11). – С. 46-47.
9. *Сапарбаева Н.А.* Систематический обзор рода *Echinacea* Moench // Наука и новые технологии. – 2010. – № 1 – С. 56-58.
10. *Сидоров В.А.* Биотехнология растений. Клеточная селекция. – Киев: Наукова думка, 1990. – 280 с.
11. *Abbasi B.H., Saxena P.K., Murch S.J., Liu C.-Z.* *Echinacea* biotechnology: Challenges and opportunities // In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant. – 2007. – Vol. 43. – P. 481-492.
12. *Bertolli A., Lucchesini M., Grassi A., Mensuali Sodi A., Pacifici S., Pistelli L., Ruffoni B., Pistelli L.* Phytochemical characterisation of *in vitro* regenerated shoots of *Echinacea angustifolia* DC. // Acta Horticulturae. – 2009. – Vol. 812. – P. 257-264.
13. *Korlipara H.* *Echinacea purpurea* plant named ‘Sparkler’ // US Patent. – 2006. – № US PP17, 298 P2. – 3 p.
14. *Korlipara H.* *Echinacea* plant named ‘Mama Mia’ // US Patent. – 2012. – № US PP23, 172 P3. – 3 p.
15. *Molkanova O., Egorova D., Mitrofanova I.* Preservation Characteristics of Valuable Plant Species in In Vitro Genebanks At Russian Botanical Gardens // In Vitro. Cellular & Developmental Biology – Plant. – 2018. – Vol.54. – P. 546-547.
16. *Murashige T., Skoog F.* A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum. – 1962. – Vol. 15(3). – P. 473-497.
17. *Prakash J.* Micropropagation of ornamental perennials: progress and problems // Acta Horticulturae. – 2009. – Vol. 812. – P. 289-294.

Статья поступила в редакцию 20.05.2020 г.

Krakhmaleva I.L., Molkanova O.I. *In vitro* propagation of the genus *Echinacea* Moench representatives // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – № 136. – P. 49-54.

The regenerative capacity of *Echinacea* hybrid cultivar Mama Mia and the selected somaclonal variegated variant at the propagation and rooting stages was compared. The influence of the 6-BAP concentration in the MS culture medium on the microrosette formation at the propagation stage was studied. The highest morphogenetic potential of the selected form in comparison with the cultivar Mama Mia was found. It was shown that ½ MS culture medium supplemented with 0.3 mg/L IAA was the optimal medium for effective development of the root system of the genus *Echinacea* representatives at the rooting stage.

Key words: *Echinacea* Moench; clonal micropropagation; somaclonal variability; morphogenetic potential

УДК 635.9: 582.918. 3:581.145.2
DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-55-60

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН РАННЕЦВЕТУЩИХ РАСТЕНИЙ

Ольга Николаевна Курдюкова

Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина,
196605, Россия, г. Санкт-Петербург, Петербургское шоссе, 10,
E-mail: herbology8@gmail.com

Установлена семенная продуктивность 22 раннецветущих растений природной флоры Каменского геоботанического района, вводимых в культуру и используемых в озеленении. Показано, что фактическая средняя семенная продуктивность одной особи различных видов растений изменяется от 12 до 373 шт., а максимальная – от 20 до 448 шт. семян, что составляет от 10 до 90% потенциально возможной. У большинства видов высокая фактическая семенная продуктивность сочетается с высокой потенциальной продуктивностью. Полевая всхожесть семян всех видов растений была выше при посеве свежесобранными семенами в течение 5-14 сут после созревания. Хранение семян при температуре 18-20°С с последующим посевом их весной приводило к существенному снижению всхожести.

Ключевые слова: *раннецветущие растения; семенная продуктивность; всхожесть семян*

Введение

Успешное развитие цветоводства требует постоянного расширения ассортимента и разнообразия декоративных видов растений.

Наиболее доступным и распространенным способом этого считается интродукция дикорастущих видов как мировой, так и отечественной флоры [7, 11].

В последние годы для этого стали широко использовать раннецветущие дикорастущие виды местной флоры. Они гораздо лучше, чем виды традиционно интродуцируемые из ближнего и дальнего зарубежья, приспособлены к неблагоприятным погодным условиям, раньше зацветают, не страдают от конкуренции с древесно-кустарниковыми растениями, в течение многих лет хорошо сохраняют декоративные качества не требуя ежегодных пересадок, позволяют разнообразить цветочно-декоративные комбинации, использовать в течение лета-осени одну и ту же площадь различными однолетними культурами и т.д. [5, 6].

Поэтому их стали применять в декоративном садоводстве в виде одиночных или групповых посадок для обустройства палисадников, клумб, газонов, рокариев, бордюров и т.д. Многие из них издавна широко использовались в научной и народной медицине как лекарственные растения, содержащие ценные физиологически активные вещества [6, 7].

Они служат ценным исходным материалом для создания новых и улучшения существующих сортов и гибридов уже культивируемых видов [8].

Главное место в технологиях выращивания этих растений отводилось вегетативному размножению. Однако, многие из них слабо размножались вегетативным способом, а некоторые вегетативно и вовсе не размножались. К тому же изъятие их из природы резко сокращало численность и плотность популяций, тогда как семенное размножение в большинстве случаев позволяет получать большее количество посадочного материала [1, 7].

Но для успешного выращивания и последующего эффективного распространения или применения этих растений в практике зеленого строительства важное значение приобретают данные об их фактической семенной продуктивности и качественных показателях семян [4, 9].

Однако семенная продуктивность, урожайность семян и посевные качества большинства таких видов растений изучены недостаточно.

Цель работы – выявить особенности семенной продуктивности и всхожести семян самых распространенных ранневесенних красивоцветущих растений для использования в озеленении.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в течение 2016-2019 гг. на территории Каменского геоботанического района Донецкого геоботанического округа, занимающего территорию между точками с координатам: СЗ 48°25'N 38°12'E, СВ 48°26'N 40°20'E., ЮЗ 48°19'N 38°14'E, ЮВ 47°51'N 40°16'E.

Семенную продуктивность растений определяли в природных популяциях по общепринятым методикам на специально выделенных временных и постоянных участках, обозначенных вешками. Общее число учетных экземпляров составляло по 12–18 шт. в 4 повторностях. Площадь делянок определялась плотностью растений и составляла от 10 до 100 м² [3].

В качестве объектов исследования были взяты ранневесенние декоративно привлекательные виды-эфемероиды.

Показателем потенциальной семенной продуктивности было принято число зачатков на особь, а фактической семенной продуктивности – число реально образовавшихся семян на каждой особи за одно поколение [2].

За среднюю фактическую семенную продуктивность принимали среднее число семян из всех растений данного учетного ряда, а среднюю минимальную или максимальную – соответственно наименьшее или наибольшее число семян с одной особи каждого учетного ряда [3].

Полевую всхожесть свежесобранных семян определяли путем посева их на глубину 1,0-2,0 см в течение 5-14 сут после созревания и на 2,0-4,0 см весной, после годичного хранения в условиях комнатной температуры. Семена каждого вида по 50-100 шт. в четырехкратной повторности высевали на площадках размером 0,25 см² с наложением пластиковой сетки с диаметром ячеек 2,25 см² на степных (для степных видов) и лесных (для лесных видов) участках. Учет всхожести семян каждого вида определяли в течение всего периода появления всходов через каждые 7 сут.

Названия таксонов приведены в соответствии с базой данных «Catalogue of Life» [10].

Ошибки средних арифметических показателей величины семенной продуктивности устанавливали при помощи компьютерной программы «Microsoft Excel».

Результаты и обсуждение

Установлено, что вводимые в культуру и используемые в озеленении дикорастущие ранневесенние виды и отдельные их экземпляры существенно различались как по величине фактической и потенциальной семенной продуктивности, так и по характеру семенификации.

Высокими показателями потенциальной семенной продуктивности (от 128 до 751 шт. на особь) отличались 18 видов, средними (от 86 до 92 шт.) – два вида и низкими (менее 50 шт.) – три вида, тогда как высокая фактическая семенная продуктивность была свойственна лишь 7 видам, формирующим от 108 до 373 семян с растения, еще 8 видам – средняя, формировали от 56 до 93 шт. и 8 видам – низкая, менее 50 шт. семян с растения (табл. 1).

Самое большое число семян формировали *Viola odorata* L., *Ficaria verna* subsp. *calthifolia* (Rchb.) Nyman, *Fritillaria ruthenica* Wikstr. и другие, а наименьшее – *Asarum europaeum* L., *Crocus reticulatus* Steven ex Adam, *Convallaria majalis* L., *Bellevalia speciosa* Woronow ex Grossh. и другие.

У большинства видов высокая фактическая семенная продуктивность сочеталась с высокой потенциальной продуктивностью. В то же время у ряда растений отмечены существенные различия в размерах фактической и потенциальной семенной продуктивности. К тому же прослеживалась широкая внутривидовая изменчивость числа семян и семян, которая у *Corydalis cava* (L.) Schweigger & Koerte, *C. solida* (L.) Clairv., *Convallaria majalis*, *Scilla siberica* Andrews и другие превышала показатели между максимальной и минимальной фактической семенной продуктивностью в 7-31 раза.

Таблица 1

Семенная продуктивность ранневесенних эфемероидов,
шт. семян с 1 растения, 2016-2019 гг.

Вид	Потенциальная			Фактическая			Семенни- фика- ция, %
	мини- маль- ная	средняя	макси- маль- ная	мини- маль- ная	средняя	макси- маль- ная	
<i>Adonis vernalis</i> DC.	344	351±12	360	27	108±18	131	31
<i>Anemone ranunculoides</i> L.	28	30±4	38	14	27±2	26	90
<i>Asarum europaeum</i> L.	31	36±2	52	4	12±1	20	33
<i>Bellevalia speciosa</i> Woronow ex Grossh.	225	237±22	243	13	23±4	45	10
<i>Convallaria majalis</i> L.	63	178±18	157	4	17,6±7	44	10
<i>Corydalis cava</i> (L.) Schweigger & Koerte	277	305±28	331	9	138±7	276	45
<i>Corydalis solida</i> (L.) Clairv.	234	244±23	275	8	92±9	187	38
<i>Crocus reticulatus</i> Steven ex Adam	26	32±4	38	6	15±2	24	47
<i>Ficaria verna</i> subsp. <i>calthifolia</i> (Rchb.) Nyman	236	267±37	382	53	202±16	231	76
<i>Fritillaria meleagroides</i> Patr. ex Schult. & Schult.f.	129	134±11	141	62	70±3	98	52
<i>Fritillaria ruthenica</i> Wikstr.	190	212±16	249	75	154±10	291	73
<i>Hyacinthella leucophaea</i> (K.Koch) Schur	88	92±8	108	29	42±2	51	46
<i>Hyacinthella pallasiana</i> (Steven) Losinsk.	120	128±10	137	44	69±5	83	54
<i>Iris pumila</i> L.	152	163±13	181	10	56±6	92	34
<i>Muscari neglectum</i> Ten.	127	140±9	156	16	76±5	84	54
<i>Ornithogalum boucheanum</i> (Kunth) Asch.	706	751±53	792	69	148±16	183	19
<i>Ornithogalum orthophyllum</i> subsp. <i>kochii</i> (Parl.) Zahar.	298	303±27	314	44	120±9	148	40
<i>Pulmonaria obscura</i> Dumort.	238	244±12	280	12	48±2	72	20
<i>Scilla siberica</i> Andrews	78	86±4	91	7	34±2	49	40
<i>Tulipa sylvestris</i> subsp. <i>australis</i> (Link) Pamp.	128	137±9	156	22	86±8	119	63
<i>Tulipa suaveolens</i> Roth	181	206±18	239	24	93±11	137	45
<i>Viola odorata</i> L.	273	456±66	654	90	373±19	448	82

Причем число семян у всех видов растений изменялось сильнее, чем семяпочек. Высокий уровень изменчивости числа семяпочек (более 50) был характерен только для 7 видов, а средний (от 25 до 50) – для 6, тогда как число семян с растения – соответственно в 14 и 5 видов.

Реализовывалась потенциальная семенная продуктивность также по-разному. Процент семенификации изменялся от 10,0 до 90%. Устойчиво высоким он был у *Anemone ranunculoides* L., *Viola odorata*, *Ficaria verna* subsp. *calthifolia* и другие, достигая 63,0-90,0%, у *Adonis vologensis* DC., *Scilla siberica*, *Iris pumila* L. и др. отмечалось понижение этого показателя до 30,0-40,0%. Такие виды как *Convallaria majalis* и *Bellevallia speciosa* отличались самым низким коэффициентом семенификации, который не превышал 10,0%, что свидетельствовало очевидно о несоответствии условий обитания биологическим и экологическим потребностям этих видов.

Существенное значение для семенного возобновления растений при введении их в культуру и использовании в озеленении имеет не только величина семенной продуктивности, но и полевая всхожесть. У исследуемых видов, она существенно различалась. Лучшей всхожесть семян была при посеве свежесобранными семенами в течение не позже 5-14 суток после их созревания и уборки. В 14 видов (*Viola odorata*, *Corydalis solida*, *Scilla siberica* и другие) полевая всхожесть семян достигала 70,1-91,5%. В 6 видов (*Asarum europaeum*, *Pulmonaria obscura* Dumort., *Hyacinthella pallasiana* (Steven) Losinsk. и др.) она снижалась до 34,0–64,5%, а в 3 видов – не превышала 17,8% (табл. 2).

Таблица 2

Всхожесть семян (%) ранневесенних эфемероидов при посеве их осенью после уборки и весной, 2016-2018 гг.

Вид	Посев осенью	Посев весной
<i>Adonis vologensis</i> DC.	11,3	6,2
<i>Anemone ranunculoides</i> L.	82,3	21,1
<i>Asarum europaeum</i> L.	34,4	3,6
<i>Bellevallia speciosa</i> Woronow ex Grossh.	16,7	1,8
<i>Convallaria majalis</i> L.	17,8	4,3
<i>Corydalis cava</i> (L.) Schweigger & Koerte	82,3	21,4
<i>Corydalis solida</i> (L.) Clairv.	85,7	22,7
<i>Crocus reticulatus</i> Steven ex Adam	76,2	12,4
<i>Ficaria verna</i> subsp. <i>calthifolia</i> (Rchb.) Nyman	78,6	6,2
<i>Fritillaria meleagroides</i> Patrin ex Schult. & Schult.f.	63,9	49,1
<i>Fritillaria ruthenica</i> Wikstr.	75,5	68,3
<i>Hyacinthella leucophaea</i> (K.Koch) Schur	59,6	4,2
<i>Hyacinthella pallasiana</i> (Steven) Losinsk.	56,0	5,9
<i>Iris pumila</i> L.	64,4	16,6
<i>Muscari neglectum</i> Ten.	84,2	31,0
<i>Ornithogalum boucheanum</i> (Kunth) Asch.	77,6	54,0
<i>Ornithogalum orthophyllum</i> subsp. <i>kochii</i> (Parl.) Zahar.	81,1	58,7
<i>Pulmonaria obscura</i> Dumort.	38,0	9,0
<i>Scilla siberica</i> Andrews	88,8	23,5
<i>Tulipa sylvestris</i> subsp. <i>australis</i> (Link) Pamp.	74,6	19,5
<i>Tulipa suaveolens</i> Roth	78,0	26,3
<i>Viola odorata</i> L.	91,5	62,6

При этом, свежесобранные семена, высеянные осенью, в большинстве характеризовались практически полным отсутствием осеннего прорастания, что очевидно было обусловлено наличием физиологического типа покоя. Поэтому всходов

семян в течение осени не отмечалось, за исключением *Adonis vologensis* и *Scilla siberica*, часть семян которых прорастала в течение конца сентября-начала ноября, а затем в начале-середине апреля, что связано очевидно с наличием у них неглубокого физиологического покоя. Из других видов первыми в марте-начале апреля всходы давали *Ficaria verna* subsp. *calthifolia* и *Crocus reticulatus*. У большинства же видов (18) массовые всходы при высокой всхожести семян появлялись позже, в течение апреля. Это преимущественно *Viola odorata*, *Corydalis solida* и *C. cava*, *Fritillaria ruthenica* и другие. У *Muscari neglectum*, *Ornithogalum boucheanum* (Kunth) Asch., *Bellevallia speciosa*, *Convallaria majalis* и других – в конце апреля-начале мая (4).

У *Iris pumila* всходы были очень растянутыми, недружными и появлялись в апреле-мае (18,2%), а затем еще в течение 2 лет (14,4%).

При хранении семян в комнатных условиях при температуре 18,0-20,0°C и посеве их весной всхожесть подавляющего большинства видов (13) была в 1,3-3,9 раза ниже, чем при посеве осенью и не превышала 58,7%, а в 5 видов она была ниже в 9,3–14,2 раза. У *Fritillaria meleagroides* Patr. ex Schult. & Schult.f., *Ornithogalum orthophyllum* subsp. *kochii* (Parl.) Zahar. и *O. boucheanum*, *Viola odorata* всхожесть семян при весеннем сроке сева в сравнении с осенним была ниже на 23-32%, а в *Fritillaria ruthenica* – ниже на 7,2%.

Всходы всех растений при весеннем посеве семян в большинстве случаев были недружными, слабыми, появлялись в течение 12-48 суток и более, и, как следствие, часть их в дальнейшем погибала, а посевы были не выравненными и изреженными.

Выводы

В условиях Каменского геоботанического района при введении в культуру и использовании в озеленении дикорастущих ранневесенних растений на одной особи формируется в среднем от 12 до 373 шт. семян, что составляет от 10,0 до 90% потенциально возможной семенной продуктивности. Наибольшая семенная продуктивность присуща *Viola odorata* (373 шт.), *Ficaria verna* subsp. *calthifolia* (202), *Fritillaria ruthenica* (154), *Ornithogalum boucheanum* (148), а наименьшая – *Asarum europaeum* (12), *Crocus reticulatus* (15), *Convallaria majalis* (17).

Полевая всхожесть семян различных видов дикорастущих ранневесенних растений при посеве свежесобранными семенами в течение 5-14 суток после их созревания достигает от 11,3 до 91,5%, а при сборе и хранении семян в комнатных условиях при температуре 18,0-20,0°C с последующим посевом их весной приводит к снижению всхожести до 1,8-68,3%.

Список литературы

1. Глухов А.З., Хархота А.И., Прохорова С.И., Агурова И.В., Жуков С.П. Экоморфологический анализ раннецветущих видов растений в техногенных экотопах юго-востока Украины // Экологія та ноосферологія. – 2011. – Т.22. – № 3–4. – С. 48-57.
2. Курдюкова О.Н., Конопля Н.И. Семенная продуктивность и семена сорных растений. Монография. – СПб.: Свое издательство, 2018. – 200 с.
3. Курдюкова О.Н., Тыщук Е.П. Методика определения семенной продуктивности сорных растений // Растительные ресурсы. – 2019. – Т.55. – № 1. – С. 130-138.
4. Курдюкова О.Н., Тыщук Е.П. Семенная продуктивность и посевные качества семян растений рода *Fritillaria* // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы 13 международной конференции. (Сочи, 4-8 июня 2018 г.). – М.: РУДН, 2018. – С. 408-411.

5. Курдюкова О.Н. Семенная продуктивность некоторых редких растений // Проблемы ботаники: история и современность: материалы международной научной конференции, посвященной 130-летию со дня рождения проф. Б.М. Козо-Полянского, 80-летию со дня рождения проф. Хмелева, 9 научного совещания «Флора Средней России». – Воронеж, 2020. – С. 231-235.
6. Мельник В.І., Парубок М.І. Горицвіт весняний (*Adonis vernalis* L.) в Україні. – К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 163 с.
7. Остапко В.М., Павлова М.А. Интродукция декоративных луковичных геофитов природной флоры в Донбасс. – Донецк: ООО «Лебедь», 2005. – 132 с.
8. Петренко Н.А. Весенние цветы в саду. – М.: ЗАО «Фитон+», 2001. – 112 с.
9. Реут А.А. Коллекции растений ботанического сада как фактор сохранения ресурсных видов // Региональные ботанические исследования как основа сохранения биоразнообразия / Под ред. В.А. Агафонова. – Воронеж: Изд.- полиграф. центр «Научная книга», 2018. – С. 187-191.
10. *Catalogue of Life*: 2020-02-24: indexing the world's known species. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.catalogueoflife.org/col/details/>
11. Huang H., Zhang Z. The status and prospect of plant introduction and ex-situ conservation in China. *Biodiver*, 2012, 20: 559-571.

Статья поступила в редакцию 26.04.2020 г.

Kurdyukova O.N. The seed productivity and similarity of seeds of early flowering plants // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – № 136. – P. 55-60.

Seed productivity of 22 early flowering plants of the natural flora of the Kamensky geobotanical region, introduced into the culture and used in landscaping, has been established. It was shown that the actual average seed productivity of one individual of various plant species varies from 12 to 373 pcs., And the maximum – from 20 to 448 pcs. seeds, which is 10 to 90% of the potential. In most species, high actual seed productivity is combined with high potential productivity. Field germination of seeds of all plant species was higher when sowing with freshly harvested seeds within 5-14 days after ripening. Storage of seeds at a temperature of 18,0-20,0°C followed by sowing them in the spring led to a significant decrease in germination.

Key words: *early flowering plants; seed productivity; seed germination*

УДК 93: 582.772.2 (470.57-25)

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-61-66

КЛЕНЫ СЕКЦИИ *PALMATA* РАХ В ЮЖНО-УРАЛЬСКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ-ИНСТИТУТЕ

Надежда Александровна Рязанова

Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное
подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения
Уфимского федерального исследовательского центра
Российской академии наук, 450080, Россия, г. Уфа, ул. Менделеева, д.195, корп. 3
E-mail: nad-ryazanova@mail.ru

Представлены результаты изучения кленов секции *Palmata* в Южно-Уральском ботаническом саду-институте. Установлено, что в открытом грунте в условиях Башкирского Предуралья «японские клены» не сохраняют природную форму роста, находятся в ослабленном жизненном состоянии. Зимостойкость *Acer circinatum* составляет III – IV, *A. pseudosieboldianum* – III, *A. palmatum* при укрытии на зиму – II (III) балла. В озеленении региона они могут использоваться в условиях закрытого грунта в контейнерной культуре. В открытом грунте – при укрытии на зиму – *A. palmatum*, без укрытия – *A. circinatum* и *A. pseudosieboldianum*, культивары *A. palmatum* – только в контейнерной культуре.

Ключевые слова: интродукция; японские клены; сезонный ритм развития; жизненное состояние растений; ландшафтный дизайн; Уфа

Введение

В последние годы в России наблюдается повышенный интерес к японским садам, к искусству создания и выращивания бонсай и как следствие – к группе «японских кленов». Представители этой группы, виды и культивары секции *Palmata* Рах., отличаются разнообразием по величине, окраске и форме листьев [13]. Секция *Palmata* состоит из трех серий – *Palmata*, *Sinensia* и *Penninervia* и включает в себя 59 таксонов. Клены двух последних секций малоизвестны в Европе. Серия *Palmata* объединяет 15 таксонов (11 видов, 3 подвида и 1 разновидность). В естественных условиях это небольшие деревья или крупные кустарники. Листья с 5 – 13 долями, почти округлые. Цветки собраны в щитки по 5-25 шт., лепестки обычно белые, иногда красноватые. Соцветия по размерам меньше, чем у кленов секции *Sinensia*, цветоножки повисающие, у мужских цветков после увядания полностью опадают. Орешки с выступающими жилками [15].

Большинство представителей секции активно используются в ландшафтном дизайне в районах с теплым климатом (зона USDA 5-7). В России клены данной секции являются малораспространенными декоративными растениями. В условиях открытого грунта в ботанических садах и дендрариях чаще всего культивируются дальневосточный клен ложнозибольдов (*Acer pseudosieboldianum*) и североамериканский клен завитой (*A. circinatum*). В закрытом грунте – клен веерный или дланевидный (*A. palmatum*), клен японский (*A. japonicum*), клен Ширасавы (*A. shirasawanum*). Применение этих кленов в озеленении ограничено их слабой зимостойкостью. Так, в Подмосковье и Москве *A. palmatum* растет до уровня снегового покрова, сильно обмерзает даже при укрытии [7]. Благодаря потеплению климата стало возможным выращивание *A. palmatum* и *A. japonicum* в открытом грунте в условиях Санкт-Петербурга [2, 13]. В более теплом климате Ростова-на-Дону экземпляры *Acer palmatum* «среднезимостойки», «на ювенильной и имматурной стадии, укрытые на зиму, обмерзают выше укрытия, достигшие виргинильной и ранней генеративной (5 –

15 лет) – переносят холодные зимы и без укрытия, эпизодически цветут и дают качественные семена» [11, 12]. Целью нашего исследования была изучение кленов данной секции в условиях Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра РАН (далее ЮУБСИ УФИЦ РАН).

Объекты и методы исследования

Климат района проведения исследований (г. Уфа) континентальный, с продолжительной холодной зимой и умеренно теплым, а иногда и жарким летом, большой изменчивостью температуры воздуха, особенно весной и осенью. Среднегодовая температура воздуха +3,8°C, среднемесячная температура воздуха в январе -14,3°C, в июле +19,3°C; абсолютный минимум -53°C, абсолютный максимум +37°C; среднегодовое количество осадков – 580 мм (расчет по данным сайта «Погода и климат») [9]. По карте климатических зон USDA зимостойкости [7] г. Уфа расположен в зоне 3 (со средними многолетними минимальными температурами от -34,5 до -39,9°C). Почвы серые лесные, темно-серые лесные различной мощности, отличаются большой уплотненностью. Реакция почвенной среды слабокислая или близкая к нейтральной.

Объекты исследования – клены секции *Palmata* в коллекции ЮУБСИ (центральная часть Башкирского Предуралья). Классификация рода приведена в соответствии с зарубежной классификацией рода *Acer* L. [15], латинские названия приведены в соответствии с The Plant List [14]. Для изучения применялись стандартные методы исследований, принятые в ботанических садах. Для оценки жизненного состояния деревьев использовали методику В.А. Алексеева [1]. Фенологические наблюдения проводили в соответствии с «Методикой фенологических наблюдений в ботанических садах СССР» [8]. Массу 1000 шт. семян (однокрылаток) определяли по ГОСТ [3]. Зимостойкость интродуцированных видов клена определяли по 7-балльной шкале, разработанной в ГБС РАН [4].

Результаты и обсуждение

Попытки выращивания кленов секции *Palmata* в ЮУБСИ были начаты в 1940 году, когда по программе обмена семенами были получены *A. japonicum* и его вариации *A. japonicum* var. *laciniatum*, *A. japonicum* var. *micraphyllum*; *A. palmatum* и его форма *A. palmatum* var. *thunbergii* [11]. Всего испытывалось 103 образца 18 таксонов данной секции. К настоящему времени в коллекции 13 образцов 7 таксонов, из них 3 вида и 4 культивара.

Acer circinatum Pursh. (Клен завитой, рис. 1). Произрастает в североамериканском регионе распространения кленов. Ареал тянется с севера на юг вдоль побережья Тихого океана от южной Канады (Британская Колумбия) до северной Калифорнии, заходя в горы до 1000 м над уровнем моря. В природе кустарник или дерево до 12,0 м с округлой кроной, при интродукции в холодном климате принимает вид кустарника. Однолетние веточки блестящие, пурпурные. Листья в природе 6,0-12,0 см в диаметре, 7-9-лопастные, округлые в очертании, сверху ярко-зеленые, голые, в начале вегетации снизу опушенные; осенью окраска меняется от темно-красной до оранжевой. Лопасты острые, неравно-дваждыпильчатые [5]. Крылатки почти горизонтально распростерты, до 4,5 см длины, созревают в сентябре. Благодаря способности к вегетативному размножению, в природе этот клён довольно редко размножается семенами. В результате укоренения ветвей образует густые заросли [6]. В коллекции имеется 3 образца:

1) 3 экз. Получены семенами в 1970 г. из Польши. Растения в кустовидной форме, высотой до 1,0-1,2 м, длина листа составляет $6,7 \pm 0,27$ см, ширина листа

7,4±0,30 см, длина черешка 4,1±0,23 см. Жизненное состояние ослабленное. Ежегодно обмерзает до уровня снегового покрова.

2) 6 экз. 2012 года посадки. Саженцы получены в результате естественного вегетативного размножения экземпляров 1970-го года посадки (укоренение нижних боковых ветвей). Вегетация *A. circinatum* начинается в среднем 27.04±3 дня. Побеги начинают расти 04.05±2,6 дня. Начал цвести и плодоносить с 2013 г., образуются единичные цветки и плоды. Цветение начинается 14.05±6,4 и продолжается 7 – 8 дней. Начало созревания крылаток приходится на 02.10±2,5. Размеры крылатки: длина 3,2 см, ширина 1,1 см. Длина крыла 2,6 см, ширина крыла 1,1 см. Орешек (капсула) имеет длину 1,2 см, ширину 0,6 см, толщину 0,6 см. Масса 1000 шт. семян 73,3 г. Осенняя окраска листьев появляется 12.09±4,3. Листопад продолжается с 01.10±6,2 до 17.10±4,2. Вегетация продолжается в среднем 156±8,2 дней. Зимостойкость данного образца III-IV балла.

3) 3 экз. Получены из семян предыдущего образца, высота саженцев 13,0-17,0 см, диаметр стволика у основания 0,5-0,8 см.

4) 4 экз. Получены семенами из Германии (г. Дрезден) в 2016 г. Высота растений 0,48-0,64 м.



Рис. 1 Клен завитой



Рис. 2 Клен ложнозибольдов



Рис. 3 Клен веерный

***Acer pseudosieboldianum* (Pax) Kom.** (Клен ложнозибольдов, рис. 2). В природе произрастает на юге Приморского края российского Дальнего Востока и в соседних районах Китая и Кореи. Небольшое дерево 5,0-7,0 м высотой. Листья, округлые, пальчато-9-лопастные, реже 11-лопастные, разрезанные до половины листовой пластинки, размером 6,0-10,0 см. Молодые листья с обеих сторон мягко опушенные, позже голые, но снизу по жилкам и у основания листа (между жилками) волосистые; летом ярко-зеленые, осенью малиново-красные. Лопасты широко ланцетные, треугольно-заостренные, пильчатые или дваждыпильчатые. Цветки желтовато-белые, чашелистики пурпуровые. Крылатки до 2,0 см длины, расходящиеся под тупым углом, семенными гнезда выпуклые, с ясно выступающими немногочисленными жилками [5]. В результате механического повреждения к настоящему времени в коллекции остался 1 экз., саженцы были привезены из естественных мест произрастания (окрестности Владивостока). Находится в ослабленном жизненном состоянии. Высота растения 1,5 м. Параметры листьев соответствуют параметрам вида в естественных условиях произрастания: длина листа 8,0±0,30 см, ширина листа 8,7±0,32 см, длина черешка 3,3±0,16 см. Сезонный ритм развития: почки начинают набухать 18.04±3, разверзание (начало вегетации) – в среднем 23.04±3 дня. Побеги начинают расти 01.05±3 дня. С 2010 г. не цветет и не плодоносит. В предыдущие годы цветение начиналось в среднем 16.05±2,5 и продолжалось 6-7 дней, крылатки созревали к 02.10±2,5. Масса 1000 шт. семян 31,9±1,90

г. Осенняя окраска листьев появляется 10.09±4. Листопад наблюдается с 30.09±7 до 25.10±2. Вегетация продолжается в среднем 160±6 дней. Зимостойкость III балла.

Виды *A. circinatum* и *A. pseudosieboldianum* (рис. 1, рис. 2) могут использоваться для озеленения частных садов, в защищенных от северных ветров местах в качестве элементов японского сада, заменяя более теплолюбивый *A. palmatum*. Укрытия на зиму не требуется.

***Acer palmatum* Thunb.** (Клен веерный, или дланевидный, рис. 3). Естественный ареал распространения – Япония, Корея, Восточный и Центральный Китай. В природе данный вид – медленнорастущий кустарник или небольшое деревце до 8 м высотой, с округлой или зонтиковидной кроной. Побеги тонкие, голые, молодые зеленоватые или пурпурные. Листья диаметром 10,0-12,0 см, 5-9-пальчато-лопастные, на голых ярко-зеленых черешках. Весной – ярко-красные, летом – зеленые, осенью – пурпурные. Вид теплолюбив [5]. В большинстве литературных источников рекомендуется для 5-9 зоны USDA. В ЮУБСИ до 2012 г. вид выращивался только в условиях оранжереи. В качестве эксперимента в 2012 г. на участке рода *Acer* высажены 2 экземпляра, полученные вегетативным путем в 2009 г. Материнские растения привезены саженцами в 2000 г. из Сухумского ботанического сада и находятся в оранжерее. При черенковании укоренение составило 30,0%. Сезонный ритм развития в условиях открытого грунта: почки начинают набухать 19.04±3, разverzание (начало вегетации) происходит в среднем 25.04±3 дня. Побеги начинают расти 01.05±3 дня. Не цветет и не плодоносит. Осенняя окраска листьев появляется 21.09±10. Листопад наблюдается с 12.10±3 до 20.10±7. Вегетация продолжается в среднем 171±6 дней. Зимостойкость при укрытии на зиму II (III) балла, обмерзает 50-75% длины однолетнего прироста. Растения в ослабленном жизненном состоянии. Высота 1,7-1,8 м. Кроме вышеперечисленных в коллекции имеются саженцы этого вида, выращенные из семян, полученных по Международной программе обмена семенами. Растения находятся в контейнерной культуре, на зиму заносятся в производственную теплицу. 1) 1 экз., получен из семян из Германии, (г. Берлин) в 2011 г. Высота растения 0,7 м, диаметр кроны 0,95 м. Диаметр у основания ствола 2,1 см. 2) 2 экз., получены семенами в 2014 г. из Польши. Высота растений 0,75-0,8 м. Диаметр ствола у основания 1,1 см. 3) 2 экземпляра получены в мае 2019 г. сеянцами из Республики Крым (с. Оползневое). Растения высотой 0,21 и 0,52 см.

Наблюдаемое потепление климата и полученные результаты позволяют надеяться на получение более устойчивых экземпляров *A. palmatum* к условиям района проведения исследований. На основе имеющихся литературных данных и собственных наблюдений вид рекомендуется для выращивания в закрытом грунте, в контейнерной культуре, в открытом грунте – для одиночных и групповых посадок в защищенных местах при укрытии на зиму.

***Acer palmatum* ‘Atropurpureum’** (Клен веерный ‘Atropurpureum’) Медленнорастущий культивар. Кустарник или небольшое деревце до 3 – 4 м в высоту и диаметром кроны 2,0-3,0 м. Цветет после появления листьев, цветки красноватые. Плоды красные, декоративные. Листья 5-9-лопастные, при распускании ярко-красные, позже – темно-красные, пурпурные. Рекомендован для 5 зоны зимостойкости. В ЮУБСИ экземпляры, высаженные в 2017 г. на участок кленов в открытый грунт, погибли в результате повреждения мышами. Растения в контейнерной культуре (4 экз.) так же как и погибшие экземпляры, получены семенами в 2014 г. из Польши. Высота растений 0,29 – 0,65 м. Диаметр кроны от 0,12 до 0,39 м. Диаметр ствола у основания 0,4-0,8 см.

***Acer palmatum* ‘Satsuki beni’** (Клен веерный ‘Satsuki beni’). Крупный, прямостоячий, древовидный кустарник, высотой до 7,0-8,0 м. Листья 7-лопастные, при распускании лимонно-зеленые с красными кончиками, к середине лета становятся

зелеными, осенью – оранжево-красными. Рекомендуется для зон 5-9. В коллекции 2 экз., получены семенами из ботанического сада БФУ им. Канта, (г. Калининград) в 2014 г. Высота растений 0,44 и 0,52 м. Диаметр ствола у основания – 0,6 и 1,6 см, соответственно.

Acer palmatum 'Seiryu' (Клен веерный 'Seiryu'). Прямостоячий, вертикально растущий культивар клена веерного. Взрослое растение достигает 3,0-4,0 м. Листья ярко-зеленого цвета, глубоко-рассеченные, весной светло-зелёные с красноватыми краями, летом зелёные и осенью золотисто-жёлтые с оранжевыми и красными оттенками. Рекомендуется для зоны зимостойкости 5 (до -23°C). В ЮУБСИ 1 экземпляр в контейнерной культуре. Высота растения 0,95 м. Диаметр ствола у основания 1,3 см.

Acer japonicum 'Aconitifolium' (Клен японский 'Aconitifolium'). Культивар клена японского, достигающий 5,0-8,0 (12,0) м высоты. Листья глубоко, до основания разделенные, 7-11-лопастные с перисто-рассеченными лопастями, 15,0-20,0 см в диаметре; летом зеленые, осенью от желтых, оранжевых до пурпурных. Ценное растение для садов. Рекомендуется для зоны зимостойкости 6 (от -23,3 до -17,8° С). В коллекции 3 экземпляра в контейнерной культуре, выращены из семян, полученных по Международной программе обмена семенами из Польши. Высота растений 8,0-20,0 см. Диаметр стволика у основания 0,5 см.

Культивары *A. palmatum* более требовательны к условиям произрастания, в частности, к режиму полива и механическому составу почвы. Растения не переносят тяжелый по механическому составу грунт и его переувлажнение. При культивировании требуется соблюдение агротехники выращивания. В г. Уфе возможно использование только в контейнерной культуре.

Выводы

Таким образом, в условиях ЮУБСИ клены секции *Palmata* находятся в ослабленном жизненном состоянии. Клены *A. circinatum* и *A. pseudosieboldianum* цветут и плодоносят, образуя единичные цветки и плоды, *A. palmatum* и его культивары не цветут и не плодоносят. Размножение возможно только вегетативным путем. Зимостойкость *A. circinatum* III-IV, *A. pseudosieboldianum* – III, *A. palmatum* при укрытии на зиму – II (III) балла.

Клены секции *Palmata* – эффектные древесные растения с круглогодичной декоративностью. Вследствие низкой зимостойкости в регионе исследований использование их в ландшафтном озеленении в настоящее время ограничено. Однако полученные результаты позволяют рекомендовать выращивание *A. palmatum* в условиях г. Уфы, а также в близлежащих районах с похожим и более теплым климатом в одиночных и групповых посадках в закрытом грунте (оранжереи, зимние сады и т.д.); в контейнерной культуре; в открытом грунте – в защищенных частях садов при укрытии на зиму. Культивары *A. palmatum* – только в контейнерной культуре. Клены *A. circinatum* и *A. pseudosieboldianum* могут использоваться для озеленения частных садов также в защищенных от северных ветров местах в качестве элементов японского сада, заменяя более теплолюбивый *A. palmatum*. В этом случае использование укрытия на зиму не требуется.

Работа выполнена в рамках НИР «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» АААА-А18-118011990151-7

Список литературы

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. – 1989. – №4. – С. 51-57.
2. Волчанская А.В., Фирсов Г.А., Лаврентьев Н.В. Клен японский (*Acer japonicum* Thunb.) в Санкт-Петербурге // Вестник ОрелГАУ. – 2010. – №2 (23). – С. 68-72.
3. ГОСТ 13056.4-67. Семена деревьев и кустарников. Методы определения массы 1000 семян. – Введ. с 1.07.1968 г. – М.: Гос. ком. Стандартов СМ СССР, 1977. – 3 с.
4. Лапин П.И., Александрова М.С., Бородина Н.А. и др. Древесные растения Главного ботанического сада АН СССР. – М.: Наука, 1975. – 547 с.
5. Замятин Б.Н. Семейство Кленовые – *Aceraceae* Lindl // Деревья и кустарники СССР. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1958. – Т. 4. – С. 405-499.
6. Заповедники и национальные парки мира. Клен завитой. [Электронный ресурс] // URL: <http://reserves-park.ru/listvennye-derevya/sapindovye/1668-kljon-zavitoj.html> Дата обращения 30 января 2020 г.
7. Каталог древесных растений, выращиваемых в питомниках АППМ. – М.: АППМ, 2017 – С. 117-133.
8. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – М., 1975. – 28 с.
9. Температура воздуха и осадки по месяцам и годам: Уфа (Башкирия, Россия) [Электронный ресурс] // URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/28722.htm> Дата обращения 5 декабря 2019 г.
10. Рязанова Н.А., Путенихин В.П. Клены в Башкирском Предуралье: биологические особенности в условиях интродукции. – Уфа: АН РБ, Гилем, 2012. – 224 с.
11. Федоринова О.И., Козловский Б.Л., Куропятников М.В. Итоги интродукционного испытания видов рода клен (*Acer* L.) в Ботаническом саду Южного федерального университета. Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. – 172 с.
12. Федоринова О.И., Козловский Б.Л., Куропятников М.В. Результаты интродукции видов рода *Acer* L. в ботаническом саду ЮФУ // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион, 2013 – Серия Естественные науки. – №4. – С. 55-58.
13. Фирсов Г.А. Малораспространенные клены для небольшого сада // Цветоводство: научно-попул. иллюстрир. журнал. – 2013. – № 5. – С. 39-41.
14. *Acer* [Электронный ресурс] // URL: <http://www.theplantlist.org/tp11.1/search?q=Acer> Дата обращения 12.05.2020
15. Gelderen D.M. van, Jong de P. C., Oterdoom H.J. Maples of the World. Timber Press. – Portland, 1994. – 458 p.

Статья поступила в редакцию 07.02.2020

Ryazanova N.A. Maples of *Palmata* Pax section in South-Ural Botanical Garden-Institute // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – №136. – P. 61-66.

The results of studying maples of the *Palmata* section in the South-Ural Botanical Garden-Institute are presented. It is established that in the open ground «Japanese maples» do not preserve the natural form of growth; they are in a weakened state of life. The winter hardiness of *A. circinatum* is III-IV, *A. pseudosieboldianum* – III, and *A. palmatum* when sheltering for the winter is II (III) points. In the greening of the region can be used in covered ground conditions; in container culture; in open ground with shelter for the winter *A. palmatum*, without shelter *A. circinatum* and *A. pseudosieboldianum*; cultivars *A. palmatum* – only in container culture.

Key words: introduction; Japanese maple; seasonal rhythm of development; vital state of plants; landscape design; Ufa

УДК 635.9+634:631.5(470+213.1)

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-67-77

БИОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ХЕНОМЕЛЕСОВ (*CHAENOMELES* L.) В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ РОССИИ

Галина Александровна Солтани¹, Валентина Ивановна Маляровская²

¹ Сочинский национальный парк,
354002, Россия, г. Сочи, Курортный пр., 74
E-mail: soltany2004@yandex.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и
субтропических культур, 354002, Россия, г. Сочи, ул. Я. Фабрициуса
E-mail: malyarovskay@yandex.ru

В условиях сочинского Причерноморья определен таксономический состав рода *Chaenomeles* L. Сделано морфолого-биологическое описание и оценено плодоношение 19 таксонов. Для культивирования в зоне влажных субтропиков России представляют интерес декоративные сорта *Chaenomeles japonica*, *Ch. speciosa*, *Ch. × superba*, *Ch. × vilmoriniana*. Плодовых сортов не представлено. В качестве плодовой культуры рекомендуется *Ch. sinensis* и выявлена перспективная форма *Ch. × superba*. Сорт *Ch. speciosa* 'Kermesina' является универсальным и рекомендуется к использованию как в озеленении, так и в садоводстве.

Ключевые слова: *Chaenomeles*; плодоношение; Сочинское Причерноморье; декоративные сорта; универсальные сорта; плодовые формы

Введение

Культура хеномелеса в последние годы начинает набирать широкую популярность. Изучением этой нетрадиционной плодовой культуры занимаются в Крыму, на Кубани, в Центральной России, Сибири, а также в ближнем и дальнем зарубежье [5-8, 12].

В настоящее время хеномелес рассматривается и как декоративная, и как плодовая культура, имеющая сорта универсального типа [4]. Его характеризуют как неприхотливый, легко размножающийся кустарник, способный плодоносить уже на третий год выращивания. Для плодовых сортов хеномелеса период максимальной продуктивности отмечен с пяти лет, а урожайность до 5,0-10,0 (12,0) кг с куста [6].

Все виды и сорта *Chaenomeles* в зоне влажных субтропиков традиционно в настоящее время рассматриваются как декоративные [9-11], и только плоды *Ch. sinensis* С.К. Schneid. (прежнее название *Pseudocydonia sinensis* (Dum. Cours.) [22]) использовались для приготовления варенья, напитков и ликеров. Обилие экзотических декоративных и плодовых растений на Черноморском побережье Кавказа [2, 15] снижало перспективность хеномелеса, из-за возможности его выращивания в более северных районах.

Согласно современной систематике род *Chaenomeles* Lindl. насчитывает 5 восточноазиатских видов: *Ch. cathayensis* (Hemsl.) С.К. Schneid., *Ch. japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach, *Ch. sinensis* (Dum. Cours.) Koehne, *Ch. speciosa* (Sweet) Nakai, *Ch. thibetica* T.T. Yu. [19, 20]. Помимо природных видов различают пять межвидовых гибридов, возникших в культуре: *Ch. × californica* W.B. Clarke (1940), *Ch. × clarkiana* C. Weber (1963), *Ch. × superba* (Frahm) Rehder (1920), *Ch. × vedrariensis* hort. ex Vilm. (1906), *Ch. × vilmoriniana* C. Weber (1963).

Хеномелес включен садоводами в список двенадцати лучших кустарников для озеленения. Европейские, американские и японские селекционеры создали множество

декоративных сортов (более 550), которые отличаются по цвету, размеру, степени махровости цветков [23]. Около ста из них в настоящее время широко культивируются по всему миру [18].

Так, в ботанических садах и дендропарках России к 2000 году культивировалось 6 видов, 2 разновидности и более 23 сортов хеномелеса [3]. За последние годы в условиях Южного берега Крыма Комар-Темной Л.Д. сформирована признаковая коллекция из 44 селекционных форм и сортов хеномелеса [6]. В зоне влажных субтропиков России (сочинское Причерноморье) насчитывается более 20 сортов 6 видов [1]. Один вид древесный – *Ch. sinensis* и пять кустарниковых. Самый низкорослый и раноцветущий кустарниковый вид *Ch. japonica*, промежуточный – *Ch. speciosa* и высокорослый позднецветущий – *Ch. cathayensis*, а также их межвидовые гибриды *Ch. × superba* (*Ch. japonica* × *Ch. speciosa*) и *Ch. × vilmoriniana* (*Ch. cathayensis* × *Ch. speciosa*).

Первые хеномелесы были завезены на Черноморское побережье в Никитский ботанический сад в 1824 году, а в район Сочи в конце XIX века, при закладке парка «Дендрарий». В настоящее время самый старый экземпляр хеномелеса в сочинских дендропарках насчитывает около 125 лет. Большинство сортов *Chaenomeles* сочинского «Дендрария» были получены из европейских ботанических садов по безвалютному международному семенному обмену в 60-х годах XX века. В зоне влажных субтропиков России первый таксономический разбор хеномелеса по сортам был сделан Карпуном Ю.Н. [1], который использовал руководство по определению видов и сортов хеномелеса, составленное Г. Крюсманном [21]. Имеющиеся описания сортов очень краткие, что не исключает ошибку их идентификации, но позволяет глубже работать с коллекционным материалом. При определении сорта за основу нами были взяты помимо общих характеристик растений, их возраст и происхождение сорта [16].

В связи с выше сказанным, целью наших исследований было изучение биоресурсного потенциала хеномелеса (*Chaenomeles* L.) в условиях влажных субтропиков России.

Объекты и методы исследования

Наблюдения проводили в период с 2016 по 2019 гг. в дендропарках «Дендрарий», «Южные культуры» и городских скверах города Сочи. Фенологические наблюдения проведены по «Методике фенологических наблюдений в ботанических садах СССР» [13]. Оценку хозяйственно-биологических показателей проводили по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, применительно к красивоцветущим кустарникам [14]. Измерения проводили с помощью стандартной линейки и весов. Проведено морфолого-биологическое описание по "Методике проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Хеномелес (*Chaenomeles* Lindl.)" [17] и оценено плодоношение 19 таксонов, относящихся к 5 видам, 6 садовым формам, 12 сортам: *Ch. japonica* ('103', '114', '220a-niz', 'Maulei'), *Ch. sinensis*, *Ch. speciosa* ('Kermesina', 'Umbilicata'), *Ch. × superba* ('Ernst Finken', 'Juliet', 'Clementine', 'Abricot', '206-lim', '220a-mozh', 'Knap Hill Scarlet', 'Orange Trail', 'Perfecta', 'Roxana Forster'), *Ch. × vilmoriniana* ('Afterglow', 'Vedrariensis').

Результаты и обсуждение

Хеномелесы в зоне влажных субтропиков России представлены, в основном, сортами. В посадках присутствуют экземпляры семенного происхождения, что позволило нам выявить пять форм, отличающиеся по плодам.

Изученные сорта и формы хеномелесов имеют цветки белой, розовой, красной и оранжевой окраски. Самым крупноцветковым является 'Ernst Finken'. К высокорослым относятся 'Afterglow', 'Vedrariensis', 'Ernst Finken', к низкорослым – 'Clementine', 'Orange Trail' и все формы и сорта хеномелеса японского, к среднерослым – 'Kermesina'. Из наиболее декоративных сортов раннецветущими являются 'Kermesina', 'Clementine', среднего срока цветения – 'Afterglow', 'Ernst Finken', поздноцветущими – 'Vedrariensis', 'Orange Trail'.

Исследования показали, что форма плодов у хеномелесов самая разнообразная (рис. 1).



Рис. 1 Плоды хеномелесов

Далее приводим морфолого-биологическое описание сортов, форм и видов *Chaenomeles* Lindl.

'Abricot'. *Ch. × superba* 'Abricot' – х. *превосходный* 'Абрикот' (Абрикосовый). Низкорослый корнеотпрысковый кустарник. Высота 1,0 м, диаметр 1,3 м. Цветет с февраля по апрель с пиком цветения в середине марта. Цветение скудное. Цветы ярко-оранжевые, простые, одиночные, либо по два, редко по 3 – в пучках. Плодоношение умеренное, 12 плодов на куст. Средняя масса 25 г. Созревание – в конце сентября. Плоды округлые, сплюснутые, гладкие, желтые, длина 3 см, ширина 3,5 см.

'Afterglow'. *Ch. × vilmoriniana* 'Afterglow' – х. *Вильморена* 'Афтегло' (Сумерки). Высокий, густой, раскидистый, разрастающийся куст, с направленными вверх ветвями, высота 3 м, диаметр до 5,2 м. Цветет рано: в феврале – марте с пиком цветения во второй декаде февраля. Средне по обилию, в пучке 3-6 шт. Цветы простые, белые, при отцветании могут быть с розовыми точками и розоватым краем, 2,5-3,5 в диаметре и 2,0-3,0 см глубиной. Цветы повреждаются вредителями и болезнями: наблюдается выедание завязи, загнивание лепестков при спороношении грибов. Плодоношение скудное. Плод 5 x 4 см, округлый, неправильной формы с углублением на вершине. Средняя масса 40,0 г. Большая часть плодов поражена гнилями, поэтому опадают до созревания, которое возможно в октябре.

'Clementine'. *Ch. × superba* 'Clementine' – х. *превосходный* 'Клементина'. Невысокий, раскидистый, ветвистый, округлый кустарник 1,2 x 1,3 м. Ранний. Цветет в теплые зимы с конца ноября по апрель, с пиком цветения в феврале. Цветение обильное в многоцветковых пучках по 3-10 шт. Цветок простой, густо-красный, шаровидный, с вогнутыми лепестками, диаметр 2,0 см, глубина 1,5 см. Плодоношение умеренное. Созревание в октябре. Плоды разнообразной формы от яблоковидных ребристых ассиметричных 5,5 x 6,5 см с углублением на вершине (рис. 6) до продолговатых (яйцевидных) 4-7,5 x 4-6 см с разрастающейся вершиной (рис. 7). Так как чашечка

сохраняется, то она разрастается и выглядит как выступающее кольцо мякоти с выемкой на верхушке плода. Умеренное плодоношение (до 5 шт. на побеге), с наличием гнилых плодов, без осыпания. Средняя масса 68 г.

‘Ernst Finken’. *Ch. × superba* ‘Ernst Finken’ – х. превосходный ‘Эрнст Финкен’. Высокий, разрастающийся кустарник с густой кроной, высотой 3,5 м и диаметром 5,2 м. Цветёт обильно в феврале – марте, с пиком цветения в конце февраля. Цветки простые, темно-красные, крупные (4,0 x 1,5 см), почти плоские, по 1-3 в пучках. Созревание плодов в октябре. Плодоношение умеренное. Плод 5,0 x 5,0 см, неправильной формы, с углублением на вершине (рис. 8).

‘Juliet’. *Ch. × superba* ‘Juliet’ – х. превосходный ‘Джульет’. Высота 1,0 м, диаметр 1,5 м. Цветет с конца февраля до конца марта, скудно. Цветок простой, ярко-оранжевый, шаровидный, 5 лепестковый, диаметром 2,5 см, глубиной 2,0 см. Плод гладкий, липкий, 4,5 x 4,0 см, приплюснуто-округлый, с углублением на вершине, сужающийся к основанию, средняя масса 30 г. Созревает рано (в конце сентября).

‘Kermesina’. *Ch. speciosa* ‘Kermesina’ (1959 г.) – х. прекрасный ‘Кермезина’ (что означает Шарлаховый). Высокий раскидистый кустарник до 2,5 м. Цветёт обильно, до распускания листьев, с января по апрель. Пик цветения в конце февраля – начале марта. Цветки простые, розово-карминовые (рис. 2), 2,5-3,0 см в диаметре и до 3,0 см глубиной, колокольчатые, по 2-4 в пучках, тычинки бледные. Плодоношение умеренное, 10 шт. на куст. Не осыпается. Форма яблоковидная (рис. 2, 7), так как чашечка опадает, то на вершине образуется большое околочашечное углубление. Длина 4-6, ширина 5-6,6 см, масса 71-84 г. Наиболее крупные среди остальных хеномелесов, правильной яблоковидной формы. Желтые. Созревание в сентябре.



Рис. 2 Цветение и плодоношение *Ch. speciosa* ‘Kermesina’

‘Knap Hill Scarlet’. *Ch. × superba* ‘Knap Hill Scarlet’ – х. превосходный ‘Кнап Хилл Скарлет’ (что означает Алая из Кнап Холла). Низкорослый корнеотпрысковый кустарник. Высота 1,1 м, ширина 1,8 м. Цветет в марте – апреле, пик цветения приходится на середину марта. Цветение скудное. Цветок шаровидный, оранжевый, в диаметре 2-2,5 см, глубиной 2,0 см. Лепестки в основании внутри беловатые, лепестков от 5 до 8, цветки напоминают цветение граната. Созревание плодов в начале октября. Плод округло-асимметричный, 5,0 x 4,0 см, средняя масса 40,0 г, ребристый с углублением на вершине (рис. 8). Липкий.

‘Maulei’. *Ch. japonica* ‘Maulei’ – х. японский ‘Маулея’. Куст 0,8 м на 1,2 м. Цветок красноватый 3 см в диаметре. Цветет в марте. Плоды мелкие, 3,0 x 3,5 см, средняя масса 25,0 г, ребристые, с углублением на вершине (рис. 8), созревают в сентябре.

'Orange Trail. *Ch. × superba* 'Orange Trail' – х. *превосходный* 'Оранж Трейл' (что означает Оранжевый След). Низкорослый, округлый, кустарник, высотой 1,2 м, диаметром 1,4 м. Пик цветения во второй декаде марта. Цветок светло-оранжевый, шаровидный, 2,5 x 2 см, простой. Основание лепестков тонкое. Цветение обильное, по 2–3 цветка в сближенных пучках. Созревание плодов позднее, в октябре. Умеренное количество (меньше, чем у х. японского). Плод массой 21 г, гладкий, яблоковидный (рис. 8), 3,5 см длины и 4,0 см ширины с разросшейся вершиной.

'Perfecta'. *Ch. × superba* 'Perfecta' – х. *превосходный* 'Перфекта' (что означает Идеальный). Высокий колючий кустарник позднего срока цветения. Высота 3,5 м, диаметр 4,5 м. Цветёт с конца марта – в апреле. Цветки в густых плотных пучках по 2–5 штук на концах побегов. В начале цветения окраска лепестков бело-кремовая с розовым оттенком внешней стороны лепестков, к концу цветения – густо-розовая. Отдельные лепестки и цветки алого цвета, чем отличается от сорта 'Vedrariensis'. Цветок 3,5 см, глубиной 2,5 см. Лепестки вогнутые, морщинистые. Цветение умеренное. Созревание позднее, в октябре. Плодоношение скудное (три плода на кусте). Плод округлый, правильной формы с углублением на вершине (рис. 8), длиной 4,5, шириной 5,0 см, массой 40,0 г.

'Roxana Forster'. *Ch. × superba* 'Roxana Forster' – х. *превосходный* 'Роксана Фостер'. Низкорослый кустарник. Высота 1 м, диаметр 1,4 м. Среднего срока цветения: с начала марта – до мая. Пик цветения в конце марта. Цветение скудное. Цветы огненно-красные, диаметром 2 см, глубиной 2 см, собраны по 3 в пучках. Плодоношение в октябре. Плод округлый, ассиметричный с углублением на вершине, 3,5 x 4 см, массой 37 г.

'Umbilicata'. *Ch. speciosa* 'Umbilicata' – х. *прекрасный* 'Умбиликата' (что означает Пупырчатый). Высокий раскидистый кустарник до 3 м, с направленными вверх ветвями. Цветение распределено в кроне равномерно. Цветёт до распускания листьев, с февраля по апрель, с пиком цветения в первой декаде марта, средне по обилию. Цветки темно-розовые, простые, от светло- до темно-розовой окраски, по 2–4 в пучках. Цветок диаметром 3–3,5 см и глубиной 1,4–2,0 см. Форма ширококолокольчатая с широкими налегающими лепестками, отвернутыми при отцветании. Созревает в сентябре. Плодоношение скудное (4 плода на весь куст). Плод округлый (рис. 7), гладкий 4 x 3,5 см, жёлтый ароматный, страдает от гнилей. Масса плода 16–36 г.

'Vedrariensis'. *Ch. × vilmoriniana* 'Vedrariensis' – х. *Вильморена* 'Ведрарский'. Высокий, густой кустарник с направленными вверх ветвями. Высота 4,2 м. Позднего срока цветения (март – апрель). Цветет обильно. Цветок простой с широкими лепестками, при распускании зеленовато-белый, при отцветании розовый, в диаметре 2,5 см, глубиной 2,5 см. Цветы в пучках по 3–4 шт. Плоды овальные, бугорчатые, 8–10 x 5–7 см, с разрастающейся вершиной. Вес от 113 до 258 г, то есть иногда крупнее хеномелеса китайского (рис. 3). Плодоношение умеренное, массовое осыпание незрелых и недоразвитых плодов отмечено в сентябре. Созревание плодов – в октябре.

'103'. *Ch. japonica* '103' – х. *японский* '103'. Высота 1,2 м и диаметром 1,3 м. Цветет одновременно с распусканием листьев в марте. Цветки оранжево-красные, до 3,5 см в диаметре. Плоды эллипсоидные, суженные у основания и к вершине (4,5 x 4 см), с разросшейся вершиной, ребристые (рис. 6), масса 25–38 г. Раннего созревания (в сентябре).

'114'. *Ch. japonica* '114' – х. *японский* '114'. Корнеотпрысковый кустарник высотой 1 м и диаметром 1,5 м. Кора светло-коричневая. Цветение малоцветковое, одновременно с распусканием листьев в марте. Цветки оранжево-красные, до 3,5 см в диаметре, по 1–2 (3) в пучках. Плоды неправильной формы, ближе к округлой, ребристые (рис. 8), 4 x 4 см, масса 25–38 г, темно-желтые. Созревают в сентябре.



Рис. 3 Плоды of *Ch. x vilmoriniana* 'Vedrariensis' (справа) и *Ch. sinensis* (слева)

'206-lim'. *Ch. x superba* '206-lim' – х. превосходный '206-лим'. Корнеотпрысковый кустарник высотой 1 м и диаметром 1,5 м. Цветение во второй половине марта. Цветки оранжево-красные, до 3,5 см в диаметре. Плод крупный 6,5 x 5,5 см, лимонообразный, ребристый с разросшейся вершиной, средняя масса 37 г. Раннеспелый (в сентябре). Плодоносит обильно, не гниет и не осыпается. Урожайность до 1,6 кг с куста (рис. 4).



Рис. 4 Урожай плодов садовой формы '206-lim'

'220a-mozh'. *Ch. x superba* '220a-mozh' – х. превосходный '220а-мож'. Высота кроны 1 м, диаметр 1,1 м. Цветок красновато-розовый, 3 см в диаметре, простой 5 лепестковый. Цветет в марте до распускания листьев, обильно. Плодоношение позднее, обильное. Плод гладкий, яблоковидный (рис. 8), 5,5 x 5 см.

'220a-niz'. *Ch. japonica* '220a-niz' – х. японский '220а-низ'. Куст корнеотпрысковый, высотой 1 м, диаметром 1,5 м. Цветет одиночными цветками в течение года, массово при распускании листьев. Окраска оранжево-красноватая, цветок до 3,5 см в диаметре. Форма плода яблоковидная (рис. 7), суженная к вершине, 3,5 см длины и 4,3 см ширины, средняя масса 30 г. Плоды тёмно-желтые, ребристые, 12 шт. на кусте. Созревают в сентябре.

Ch. sinensis – *Ch. sinensis*. Высота дерева до 9,3 м, крона до 6 м. Цветки одиночные, светло-розовые, до 3.0 см в диаметре. Цветет в марте. Плоды крупные, 9 x 6 см, овальные, гладкие (рис. 1, 5). Средняя масса 110 г. Созревание в октябре. Урожайность до 20 кг с дерева. Плоды часто повреждаются гнилями и осыпаются.



Рис. 5 Плодоношение хеномелеса китайского

По срокам плодоношения различают ранние (сентябрьские) и поздние (октябрьские) сорта (рис. 6, табл. 1). Ранние сорта принадлежат хеномелесу японскому. В поздней группе х. прекрасный, х. Вильморена и х. китайский. Сорта гибридного х. превосходного могут быть как в ранней, так и в поздней группе.



Рис. 6 Виды и сорта хеномелеса разного срока созревания. Сверху-вниз, слева-направо: 'Vedrariensis', 'Clementina', 'Umbilicata' и 'Kermesina', '103' и 'Juliet' (2 шт.)

Вес плода не всегда коррелирует с его размером (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика плодов хеномелеса

Сорт	Средняя масса плода, грамм	Размер плода, (дл. × шир.) см	Форма	Срок созревания
'Abricot'	25	3 × 3,5	округлые, сплюснутые, гладкие,	в конце сентября
'Afterglow'	40	5 × 4	округлый, неправильной формы, с углублением на вершине	октябрь
'Maulea'	25	3 × 3,5	с углублением на вершине	в сентябре
'Vedrariensis'	169	8–10 × 5–7	бугорчатый, овальный, с разрастающейся верхушкой	в октябрь

'Ernst Finken'	50	5 × 5	обратнойцевидный, неправильной формы с углублением на вершине	в октябре
'Clementina'	68	5,5 × 6,5 4–7,5 × 4–6	разнообразной формы от яблоковидных, ребристых. ассиметричных с углублением на вершине до продолговатых с разрастающейся вершиной	в октябре
'Juliet'	30	4,5 × 4	гладкий, приплюснuto-округлый, с углублением на вершине, сужающийся к основанию, липкий	в конце сентября
'Kermezina'	77	4–6 × 5–6,6	правильной формы, яблоковидный, с углублением на вершине	в сентябре
'Knap Hill Scarlet'	40	5 × 4	округло-асимметричный, ребристый, с углублением на вершине, липкий	в начале октября
'Orange Trail'	21	3,5 × 4	гладкий, яблоковидный, с разросшейся вершиной	в октябре
'Perfecta'	40	4,5 × 5	округлый, правильной формы с углублением на вершине	в октябре
'Roxana Forster'	37	3,5 × 4	округлый, ассиметричный с углублением на вершине	в октябре.
'Umbilicata'	23	4 × 3,5	округлый, с углублением на вершине, гладкий	в сентябре
'103'	31	4,5 × 4	ребристый, овальный, суженный к обоим концам, с разросшейся вершиной	в сентябре
'114'	32	4 × 4	неправильной формы, ближе к округлой, ребристые	в сентябре
'206-lim'	37	6,5 × 5,5	лимонообразный, ребристый с разросшейся вершиной	в сентябре
'220a-mo zh'	75	5,5 × 5	гладкий, яблоковидный	в октябре
'220a-niz'	30	3,5 × 4,3	прижато-округлые, с углублением на вершине, ребристые	в сентябре
<i>Ch. sinensis</i>	110	9 × 6	овальный, гладкий	в октябре

Форма плодов гибридных видов и сортов варьирует (табл. 1, рис. 7, 8): симметричная и ассиметричная, от яблоковидной до продолговатой, с углублением на вершине и разросшейся вершиной. Они могут быть гладкими и ребристыми.



Рис. 7 Форма и размер плодов различных сортов и форм хеномелеса. Слева-направо – сорта 'Umbilicata', 'Clementina', 'Vedrariensis', 'Abricot', 'Kermezina', '220a-niz'



Рис. 8 Форма и размер плодов различных сортов и форм хеномелеса.
Верхний ряд – 'Orange Trail', 'Perfecta', 'Ernst Finken'.
Средний ряд – 'Maulea', '114', '220a-mozh'.
Нижний ряд – '206-lim', 'Juliet', 'Knap Hill Scarlet'

Масса плодов исследованных сортов хеномелесов варьировал от 21 до 169 грамм (рис. 1, табл. 1). Самые мелкие плоды у 'Abricot', 'Orange Trail' и 'Umbilicata', 'Maulea' (менее 29 г); среднего размера (30–40 г) – 'Juliet', '103', 'Roxana Forster', '206-lim', 'Perfecta'; крупного размера (50–80 г) – 'Ernst Finken', 'Clementina', 'Kermeszina'; очень крупные (от 100 до 250 г) у 'Vedrariensis'. Последние могут превосходить по размерам плоды *Ch. sinensis* (рис. 3).

Собрать зрелые плоды удалось только у х. китайского, 'Kermeszina' и '206-lim'. Остальные либо осыпались недозрелыми, либо сгнивали.

Выводы

Род хеномелес представлен в условиях влажных субтропиков России, в основном, декоративными сортами. В зоне влажных субтропиков России хеномелес это, прежде всего, декоративное растение. Продуктивность хеномелесов здесь значительно отличается от других регионов в худшую сторону. Его плодоношение варьирует от наличия единичных плодов на кусте до нескольких килограмм. Плоды отдельных сортов сильно поражаются болезнями, у других они страдают от вредителей.

Разнообразие растений семенного происхождения, показывает значительный биоресурсный потенциал культуры. Наше исследование подтвердило, что селекция плодовых сортов способно значительно повысить продуктивность хеномелесов. Форма, размер плода, сроки плодоношения являются значимыми признаками для проведения такой селекции.

Урожайным можно считать только х. китайский (до 20 кг с дерева). Помимо *Ch. sinensis*, наиболее перспективной в качестве плодовой культуры в условиях влажных субтропиков России является выделенная нами форма *Ch. × superba* '206-lim', отличающаяся хорошим плодоношением (до 1,6 кг с куста), отсутствием червивости, неосыпающимися плодами лимonoобразной формы. Универсальный сорт *Ch. speciosa* 'Kermeszina' рекомендуется к использованию в озеленении и садоводстве.

Список литературы

1. Карпун Ю.Н. Субтропическая декоративная дендрология: Справочник. – СПб: ВВМ, 2010. – 580 с.
2. Карпун Ю.Н., Коробов В.И., Коркешко А.А. и др. Каталог культивируемых древесных растений Северного Кавказа. – Сочи: Изд. СПбГУ, 2002. – 122 с.
3. Каталог культивируемых древесных растений России / Под ред. Ю.Н. Карпуна. Сочи-Петрозаводск, 1999. – 173 с.
4. Комар-Тёмная Л.Д. Критерии модели сорта и взаимосвязи хозяйственно ценных признаков хеномелеса в связи с селекцией // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – Т. 180. – № 3 (2019). – С. 71-75.
DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-71-75
5. Комар-Тёмная Л.Д. Современные направления переработки плодов хеномелеса // Сборник научных трудов ГНБС. – 2017. – Т. 144. – Ч. 2. – С. 125-131.
6. Комар-Тёмная Л.Д. Характеристика признаковой коллекции хеномелеса (*Chaenomeles* Lindl.) // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. – 2018. – Т. 20. – С. 52-64. DOI: 10.17581/bbgi2005
7. Комар-Тёмная Л.Д., Полонская А.К. Интродукционные испытания хеномелеса (*Chaenomeles* Lindl.) в качестве плодовой культуры в Крыму. В сб.: Интродукция нетрадиционных и редких растений: материалы УШ международной научно-методической конференции, Мичуринскнаучоград РФ (Воронеж, 8-12 июня 2008 г.). – Воронеж, 2008. – Т. 1. – с. 220-222.
8. Кумпан В.Н., Сухоцкая С.Г. Хеномелес японский – новая культура в Западной Сибири. – Омск: ОмГАУ, 2010. – 120 с.
9. Маляровская В.И. Биологический и хозяйственный потенциал красивоцветущих кустарников на черноморском побережье Кавказа // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2016. – № 59. – С. 74-80.
10. Маляровская В.И. Коллекция красивоцветущих кустарников во ВНИИЦИСК // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2017. – № 60. – С. 30-36.
11. Маляровская В.И. Комплексный подход в изучении декоративных растений на черноморском побережье Кавказа // В сб.: Биологическое разнообразие Кавказа и юга России: материалы XX Юбилейной международной научной конференции, посвященной памяти выдающегося ученого, доктора биологических наук, Заслуженного деятеля науки РД и РФ, академика Российской экологической академии, профессора Гайирбега Магомедовича Абдурахманова. – 2018. – с. 201-203.
12. Меженский В.Н. Хеномелес. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2004. – 62 с.
13. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР // Бюллетень Главного ботанического сада. – М.: Наука, 1979. – Вып. 113. – с. 3-8.
14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, М.: Колос, 1968. – с. 14-221.
15. Солтани Г.А. Результаты интродукции нетрадиционных растений со съедобными плодами на Черноморское побережье России // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2013. – № 49. – с. 127-133.
16. Солтани Г.А., Маляровская В.И. Результаты интродукции хеномелесов в зону влажных субтропиков России // Новости науки в АПК. – 2019. – Т. 1. – С. 137-140. DOI: 10.25930/dqsn-ej95
17. Сорокопудов В.Н., Куклина А.Г. Хеномелес (*Chaenomeles* Lindl.): разработка методики проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность // Ж-л Селекция, семеноводство и генетика. – 2015. – №3. – С. 33-37.

18. Хеномелес (айва японская) – сорта, посадка, размножение. Использование в ландшафтном дизайне. URL: <https://cabel-set.ru/en/dokumentaciya/henomeles-prekrasnyi-nikolin-henomeles-aiva-yaponskaya/> (дата обращения: 07.05.2020).

19. *Chaenomeles* in Flora of China. 2018. – Vol. 9. – P. 171. URL: <http://www.efloras.org> (дата обращения: 22.10.2018).

20. *Chaenomeles* in the Plant List. 2018. URL: <http://www.theplantlist.org/browse/A/Rosaceae/Chaenomeles> (дата обращения: 22.10.2018).

21. Krussmann G. Handbuch der Laubgehölze. Berlin. – Hamburg, 1976. – Vol. 1. – 113 p.

22. The Plant List. URL: <http://www.theplantlist.org/tp11.1/search?q=syringa> (Дата обращения: 01.02.2020)

23. Weber C. Cultivars in the genus *Chaenomeles* // *Arnoldia*. A continuation of the Bulletin of popular information of the Arnold Arboretum, Harvard University, 1963. - Vol. 23. – № 3. – p. 17-75 URL: <http://arnoldia.arboretum.harvard.edu/pdf/articles/1963-23--cultivars-in-the-genus-chaenomeles.pdf> (дата обращения: 22.10.2018).

Статья поступила в редакцию 02.06.2020 г.

Soltani G.A., Malyarovskaya V.I. Bioresource potential of chaenomeles (*Chaenomeles* L.) in the humid subtropics of Russia // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – №136. – P. 67-77.

The taxonomic composition of the genus *Chaenomeles* L. was determined in the conditions of the Sochi Black sea region. Morphological and biological description was made and fruiting was evaluated for 19 taxa. Decorative cultivars *Ch. japonica*, *Ch. speciosa*, *Ch. × superba*, *Ch. × vilmoriniana* are of interest for cultivation in the humid subtropical zone of Russia. Fruit cultivars are not represented. *Ch. sinensis* is recommended as a fruit crop of *Chaenomeles* and a promising form of *Ch. × superba* has been identified. The cultivar *Ch. speciosa* 'Kermesina' is universal and recommended for use in both gardening and fruit growing.

Key words: *Chaenomeles*; fruiting; Sochi Black sea region; decorative cultivars; universal cultivars; fruit forms

УДК 581.412

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-78-86

ОЦЕНКА ДЕКОРАТИВНОСТИ СОРТОВ РОДА *PAEONIA* L. В УСЛОВИЯХ КУЛЬТУРЫ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Елена Александровна Шарова¹, Ольга Юрьевна Брусницына²

¹ФГБУН Ботанический сад УрО РАН,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8-Марта, 202а

E-mail:

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный Аграрный университет»,
620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42

E-mail: madam.alva@mail.ru

В статье представлены результаты оценки декоративности 35 сортов пионов, произрастающих в культуре Ботанического сада УрО РАН (г. Екатеринбург, Средний Урал). Для оценки декоративных качеств использовали 100-бальную шкалу, в которую вошли следующие признаки: окраска, величина и форма цветка, махровость, прочность цветоноса, декоративность куста, обилие цветения, длительность цветения, аромат, оригинальность, состояние растения. В ходе работы полученные данные по декоративным признакам цветка пионов сравнивали с литературными источниками на соответствие основных характеристик сорта и для выявления отличительных качеств, характерных для растений Свердловской области Среднего Урала. В результате исследования были выделены 23 высокоперспективных и 12 перспективных сорта пионов, рекомендованных для озеленения территорий Свердловской области. Для высокоперспективных сортов пионов, интродуцированных на Средний Урал, приводится краткое описание с указанием основных декоративных признаков цветка.

Ключевые слова: *интродукция; пионы; биоразнообразие; травянистый пион; сорт*

Введение

Травянистые пионы являются популярной культурой, история выращивания которых насчитывает более полутора тысяч лет. В настоящее время по данным Международного регистра (APS) только травянистых пионов зарегистрировано около 5000 сортов [3]. Большая часть мирового сортимента выделена во Франции, Англии, Швейцарии, Америке, Японии и Китае. В последнее время широко ведутся работы по выведению новых сортов и в России. Следует отметить в этом направлении работы Л.Н. Мироновой и А.А. Реут из Уфимского Ботанического сада [7]. В Ботаническом саду УрО РАН (г. Екатеринбург) коллекция пионов насчитывает 10 видов и около 60 сортов, при этом, большинство из них происходит из Франции и США. Культивирование данных пионов в иных климатических условиях, в частности, на Среднем Урале, отличимых от условий страны производителя, может повлиять на проявление в не полной мере растением своих декоративных качеств. Поэтому целью данной работы являлось проведение комплексного сортоизучения пионов Ботанического сада УрО РАН с оценкой декоративных качеств для определения возможности их использования в озеленении территорий Свердловской области. Данная работа направлена на сохранение, изучение, проведение идентификационных испытаний сортов пионов на Среднем Урале и их внедрение в приусадебное садоводство и городское озеленение.

Объекты и методы исследования

В исследование были включены 35 сортов пионов, интродуцированных в Ботанический сад УрО РАН г. Екатеринбурга (табл. 1). Следует отметить, что 74% изучаемых сортов происходят из Франции и США в равных долях.

Таблица 1

Сорта пионов Ботанического сада УрО РАН (г. Екатеринбург, Средний Урал)

№ п/п	Название сорта	Автор, год регистрации, страна
1	2	3
1.	'Adonis'	Sass H., 1930, США
2.	'Alice Harding'	Lemoine, 1922, Франция
3.	'Anna Zahller'	Mains, 1956, США
4.	'Beautiful Senorita'	Klehman, 1999, США
5.	'Bev'	Krekler William H., 1975, США
6.	'Bowl of Beauty'	Hoogendoorn Aart, 1949, Нидерланды
7.	'Cendy Heart'	Bigger Myron D., 1961, США
8.	'Cora Stubbs'	Krekler William H., 1985, США
9.	'Comelia Shaylor'	Shaylor Egbert Jerome, 1917, Голландия
10.	'Couronne d'Or'	Calot, 1873, Франция
11.	'Duchesse de Nemours'	Calot, 1856, Франция
12.	'Edmond About'	Crousse, 1885, Франция
13.	'Edulis Superba'	Lemoine, 1824, Франция
14.	'Felix Crousse'	Crousse, 1881, Франция
15.	'Festiva Maxima'	Millez, 1851, Франция
16.	'Юбилей революции'	О.А. Кравченко, Л.С. Новикова, 1986, СССР
17.	'Konigin Wilhelmina'	Krelage, 1912, Нидерланды
18.	'Кубанская казачка'	О.А. Кравченко, Л.С. Новикова, 1982, СССР
19.	'M-me de Verneville'	Crousse Félix, 1885, Франция
20.	'Maria d'Hoyr'	Calot Jacques, 1883, Франция
21.	'Marchal Mac-Mahon'	Calot, 1867, Франция
22.	'Miss America'	Mann-van Steen, 1936, США
23.	'Mrs. Wilder Buncroft'	Nicholls, 1935, США
24.	'Находка'	В. Ф. Фомичёва, 1957, СССР
25.	'Nancy'	White, 1954, США
26.	'Памяти Вячеслава'	Ю.П. Потапов, 2009, Россия
27.	'Pierre Raignoux'	Desser, Meshin, 1890, Франция
28.	'Победа'	С.Д. Куполян, 1957, СССР
29.	'Подарок Цветоводам'	Н.С. Краснова, 1959, СССР
30.	'Princess Margaret'	Murawska A., 1960, США
31.	'Raspberry Rose'	Oten, 1956, США
32.	'Sarah Bernhardt'	Lemoine, 1906, Франция
33.	'Solange'	Lemoine, 1907, Франция
34.	'Tempest'	Auten Edward. 1931, США
35.	'Жемчужная Россыпь'	В.Ф. Горобец, И.А. Тыран, 1989, СССР

Для исследования было отобрано от 3 до 5 кустов каждого сорта. Интродуценты выращивались в Ботаническом саду с применением элементарной агротехники, заключающейся в удалении сорняков, рыхлении почвы и регулярным поливом. Растения, независимо от их происхождения, выращивали на открытых солнечных участках.

Для оценки декоративных качеств пионов существует множество шкал [1, 2, 4, 6, 8]. Однако, в нашем исследовании оценивались следующие декоративные признаки

пионов по 100-бальной шкале: окраска цветка (1-20 баллов), величина цветка (1-10 баллов), форма цветка (1-10 баллов), махровость (1-15 баллов), прочность цветоноса (1-5 баллов), декоративность куста (1-5 баллов), обилие цветения (1-5 баллов), длительность цветения (1-5 баллов), аромат (1-10 баллов), оригинальность (1-10 баллов), состояние растений (1-5 баллов). Также отмечали следующие метрические признаки: высота куста (см), количество цветоносов (шт.), диаметр цветка (см). Для измерения данных признаков использовали линейку, сантиметровую ленту и штангенциркуль.

Результаты и обсуждение

По результатам морфолого-биологических исследований в коллекции пионов Ботанического сада УрО РАН большинство сортов, а именно 16, имеют розовую окраску цветка, 10 сортов имеют красную окраску и 9 сортов – белую (табл. 2). Максимальным баллом были отмечены сорта с устойчивой окраской цветка в течении всей фазы цветения, которые составили 54% от общего количества исследуемых растений. По форме цветка преобладают розовидные пионы, которые составили 51,0%, остальные 49% распределили на 6 типов цветка: японский (Я), анемоподобный (А), махровый корончатый (К), махровый розовидный (Р), махровый полушаровидный (ПШ), немахровый (НМ).

Отдельно выделяли признак степени махровости цветка, который оценивали визуально. По данному признаку максимальный балл был отмечен у 43% сортов: 'Adonis', 'Alice Harding', 'Anna Zahller' и др. Минимальный балл был отмечен у сортов 'Beautiful Senorita', 'Bowl of Beauty', 'Cora Stubbs' и др. Степень выраженности данного признака непосредственно связана с типом и формой цветка.

В таблице 2 представлены основные характеристики декоративных качеств сортов пионов Ботанического сада УрО РАН как в описательных и числовых символах, так и в балльной системе. Отдельно указана суммарная оценка декоративности пионов в баллах по каждому сорту.

Таблица 2

Оценка декоративных качеств сортов пионов Ботанического сада УрО РАН

№ п/п	Название сорта	Окраска цветка	Величина цветка		Форма цветка		Махровость	Прочность цветоноса	Декоративность куста	Обилие цветения		Длительность цветения		Аромат	Оригинальность	Состояние растений	Суммарная оценка в баллах
			см	баллы	* тип	баллы				число генер. побегов, шт.	баллы	дни	баллы				
Максимальная оценка в баллах		20	10		10		15	5	5	5		5		10	10	5	100
1	'Adonis'	20	11	8	Р	9	15	4	5	2	3	19	5	10	10	4	93
2	'Alice Harding'	18	13	8	Р	9	15	4	4	7	5	12	5	10	9	4	91
3	'Anna Zahller'	20	15	10	ППШ	8	15	3	4	7	5	10	4	10	10	5	94

Продолжение таблицы 2

4	'Beautiful Senorita'	20	11	8	Я	10	10	5	5	4	4	9	4	15	10	4	95
5	'Bev'	15	13	8	ППШ	8	15	4	4	8	5	10	4	10	9	5	87
6	'Bowl of Beauty'	20	11	8	Я	10	10	5	5	5	4	11	5	8	10	4	89
7	'Cendy Heart'	18	15	10	Р	10	15	4	4	3	3	17	5	8	9	4	90
8	'Cora Stubbs'	20	12	8	А	10	10	5	5	8	5	6	4	10	10	5	92
9	'Cornelia Shaylor'	18	17	10	ППШ	8	15	4	4	4	4	11	5	8	9	5	90
10	'Couronne d'Or'	18	15	10	Р	10	13	4	4	3	3	6	4	10	9	4	89
11	'Duchesse de Nemours'	18	15	10	К	8	13	3	4	8	5	12	5	10	9	5	90
12	'Edmond About'	18	10	8	Р	10	15	4	5	5	4	13	5	10	9	5	93
13	'Edulis Superba'	20	12	8	К	10	15	5	5	5	4	5	3	10	10	5	95
14	'Felix Crousse'	18	13	8	ППШ	8	13	4	4	3	3	7	4	10	9	4	85
15	'Festiva Maxima'	20	11	8	Р	10	15	3	4	5	4	8	4	8	9	5	90
16	'Юбилей революции'	20	13	8	ППШ	8	13	5	5	5	4	8	4	8	9	5	89
17	'Konigin Wilhelmina'	18	13	8	Р	10	15	3	4	5	4	8	4	10	9	5	90
18	'Кубанская казачка'	18	18	10	Р	8	15	3	4	5	4	9	4	8	9	5	88
19	'M-me de Verneville'	20	15	10	Ш	10	15	3	4	5	4	8	4	10	9	5	94
20	'Maria d'Hoyr'	18	15	10	Р	10	15	4	4	8	5	11	5	8	9	4	92
21	'Marchal Mac-Mahon'	20	15	10	ППШ	8	13	5	5	6	5	7	4	10	10	5	95
22	'Miss America'	20	13	8	ППШ	8	13	5	5	3	3	9	4	15	10	4	95
23	'Mrs. Wilder Buncroft'	20	15	10	Я	10	10	5	5	8	5	5	3	10	9	5	92
24	'Находка'	18	15	10	НМ	8	10	4	4	5	4	12	5	8	10	4	85
25	'Nancy'	18	6	6	НМ	10	10	5	5	1	3	7	4	6	10	4	81
26	'Памяти Вячеслава'	20	11	8	Р	10	13	4	4	4	4	13	5	10	9	4	91
27	'Pierre Raignoux'	18	15	10	Р	10	13	4	5	5	4	11	5	8	9	4	90
28	'Победа'	20	11	8	Р	10	13	5	5	4	4	7	4	10	9	4	92
29	'Подарок цветоводам'	18	11	8	Р	10	13	5	5	2	3	9	4	8	9	4	87
30	'Princess Margaret'	20	18	10	Р	10	15	4	4	5	4	11	5	10	9	5	96
31	'Raspberry Rose'	20	11	8	Р	9	13	4	5	2	3	3	3	8	9	4	86
32	'Sarah Bernhardt'	18	16	10	Р	10	15	4	4	4	4	8	4	10	9	5	93
33	'Solange'	18	15	10	Р	10	13	4	4	2	3	4	3	10	10	4	89
34	'Tempest'	20	14	8	Р	10	13	5	5	2	3	9	4	10	10	5	93
35	'Жемчужная россыпь'	20	13	8	Я	8	10	5	5	3	3	13	5	10	10	5	89

Примечание: типы цветков: Я – японский, А – анемоподобный, К – махровый корончатый, Р – махровый розовидный, ППШ – махровый полусаровидный, НМ – немахровый

По величине цветка были выделены три группы сортов пионов:

1. Мелкоцветковые (диаметр цветка меньше или равен 11,0 см). В эту группу входят 10 сортов. Из них минимальным диаметром цветка 6,0 см обладает сорт 'Nancy', средний диаметр 10,0 см у сорта 'Edmond About', а у всех остальных диаметр достигает 11,0 см ('Adonis', 'Beautiful Senorita' и др.).

2. Среднецветковые (диаметр цветка от 12,0 до 15,0 см). В эту группу входит 21 сорт: с диаметром 12,0 см – 2 сорта ('Cora Stubbs', 'Edulis Superba'), 13,0 см – 7 сортов ('Alice Harding', 'Bev' и др.), 14,0 см – сорт 'Tempest', 15,0 см – 11 сортов ('Anna Zahller', 'Solange' и др.)

3. Крупноцветковые (диаметр цветка 16,0-18,0 см). В эту группу входит 4 сорта: минимальный диаметр цветка 16,0 см для этой группы характерен для сорта 'Sarah Bernhardt', максимальный диаметр цветка 18,0 см отмечен у сортов 'Кубанская казачка', 'Princess Margaret'.

При сравнении полученных данных с литературными, выявлено, что не все сорта в условиях местного климата соответствовали по величине цветка данным, полученным в Средней полосе России. Так, по Л.Н. Мироновой [9], 'Победа' (14 см), 'Adonis' (14 см) относились к группе сортов со средним цветком, в то время как в наших исследованиях они соответствовали группе сортов с мелким цветком. Сорта 'Bowl of Beauty' (19 см), 'Cora Stubbs' (16,0 см), 'Festiva Maxima' (18 см), 'Miss America' (18 см) относились к группе сортов с крупным цветком, в то время как в наших исследованиях 'Bowl of Beauty' (11 см) и 'Festiva Maxima' (11,0 см) относились к сортам с мелким цветком, а 'Cora Stubbs' (12,0 см), 'Miss America' (13,0 см) – к сортам со средним цветком. По данным Н.Я. Ипполитовой [5], диаметр цветка сорта 'Miss America' достигает 25 см, 'Nancy' – 17,0 см, 'Dushesse de Nemours' – 19,0 см. Все эти сорта имеют крупные цветки, но в климатических условиях Среднего Урала это мелкоцветковые и среднецветковые сорта.

Прочность цветоносов. Установлено, что 6 сортов имели слабые гибкие цветоносы (3 балла). Цветоносы средней прочности (4 балла) имели 16 сортов, а прочный цветонос (5 баллов) был отмечен у 13 сортов. Следовательно, цветоносами средней прочности и прочными характеризовались 83% от всех исследуемых объектов.

Высота куста. Сорта пионов в коллекции Ботанического сада УрО РАН по данному признаку были разделены на три группы:

1. Низкорослые (до 59 см). К этой группе относится только сорт 'Nancy' (40 см).

2. Среднерослые (от 60 до 89 см). Это самая многочисленная группа, которая составляет 29 сортов. Высота куста 60 см отмечена у 2 сортов ('Adonis', 'Bowl of Beauty'), а максимальная 88 см – у сорта 'Princess Margaret'. Все остальные сорта этой группы занимали промежуточное положение по высоте.

3. Высокорослые (от 90 см). К этой группе относится 5 сортов: минимальное значение показателя внутри группы 90 см у 2 сортов 'Cornelia Shaylor', 'Couronne d'Or', максимальное значение – 103 см у сорта 'Alice Harding' и два сорта 'Maria d'Hoyn' (93 см), 'Marchal Mac-Mahon' (94 см) с промежуточными значениями.

Таким образом, исследуемые растения большей частью представлены среднерослыми кустами, что составляет 83% от общего количества сортов.

При сравнении полученных данных с результатами исследований других ученых было выявлено, что сорт 'Nancy' может достигать 80 см [5], а в условиях Среднего Урала высота куста достигла только 40 см. По данным Н.Я. Ипполитовой к высокорослым растениям относятся сорта 'Bev' (90-95 см), 'Dushesse de Nemours' (100 см), но в условиях Среднего Урала данные сорта входят в среднерослую группу.

Аромат. Стоит отметить сорт 'Beautiful Senorita', который обладает приятным

тонким ароматом, и 'Miss America', который имеет насыщенный аромат. Также выявлено, что стойким ароматом обладают такие сорта, как, например, 'Adonis', 'Alice Harding', 'Bev' и др., которые отмечены высшим баллом в таблице 2.

Обилие цветения. В коллекции на данный момент немногие сорта отличаются большим количеством цветков во время массового цветения. Среди сортов с обильным массовым цветением (6-8 цветков) выделяются 'Mrs. Wilder Buncroft' и 'Maria d'Hoyt' (по 8 цветков), а также 'Marchal Mac-Mahon' (6 цветков).

Декоративность куста. Компактную форму куста, которая не распадалась от неблагоприятных погодных условий, имели 17 сортов пионов: 'Adonis', 'Beautiful Senorita', 'Победа', 'Подарок цветоводам' и др. Остальные 18 сортов имели раскидистую форму куста, которая еще больше распадалась от ветра, дождя и т.п. воздействия.

Состояние растений. Данный признак показывает степень адаптации растений к условиям Среднего Урала. Оценивали наличие заболеваний куста, облиственность куста, устойчивость к погодным условиям в течение всего вегетационного периода. Так, максимальную оценку по шкале получил 51% сортов, в том числе, 'Anna Zahller', 'Bev', 'Cora Stubbs' и др.

Длительность цветения. Исследуемые сорта пионов цветут от 4 до 19 дней. Наиболее продолжительным цветением (11-19 дней) обладают 13 сортов: 11 дней в фазе цветения находились 5 сортов ('Princess Margaret', 'Cornelia Shaylor' и др.), 19 дней – сорт 'Adonis'. Следует отметить, что массовое цветение пионов пришлось на июнь-июль.

В результате проведенного анализа, по суммарной оценке, декоративности пионов из коллекции Ботанического сада УрО РАН установлено, что наибольшее количество сортов, а именно 23, набрали более 90 баллов. Данные сорта в период исследования показали хорошие адаптивные качества, продолжительное и обильное цветение, сопровождающееся приятным ароматом. Следовательно, эти сорта можно отнести к высокоперспективным для озеленения. У остальных 12 сортов количество баллов варьировало от 81 до 89. Данный показатель достаточно высок, поэтому эти сорта можно отнести к группе перспективных, и также использовать для озеленения территории Свердловской области.

Характеристика высокоперспективных сортов приводится ниже.

'Cornelia Shaylor' (90 б.). Высота куста 90 см. Цветок нежно-розового оттенка, махровый, шаровидный. Диаметр цветка 17 см. Цветонос тонкий, гибкий. Аромат приятный душистый.

'Cendy Heart' (90 б.). Высота куста 73,0 см. Цветок белого и нежно – розового оттенка, розовидный, махровый. Диаметр цветка 15,0 см. Цветонос тонкий, гибкий. Аромат приятный душистый.

'Duchesse de Nemours' (90 б.). Высота куста 76 см. Цветок белого оттенка, корончатый. Диаметр цветка 12,0 см. Пестик бледно – зеленый с желтым рыльцем. Цветонос тонкий, гибкий. Аромат приятный слабый душистый.

'Festiva Maxima' (90 б.). Высота куста 80,0 см. Цветок белого оттенка с пурпурными мазками, махровый, розовидный. Диаметр цветка 11,0 см. Цветонос прочный. Аромат приятный душистый слабый.

'Konigin Wilhelmina' (90 б.). Высота куста 78,0 см. Цветок белого оттенка, махровый, розовидный. Диаметр цветка 13,0 см. Пестик зеленый с малиновым рыльцем, малозаметный. Тычинки желтые. Цветонос тонкий, гибкий. Аромат слабый приятный сладковатый.

'Pierre Raignoux' (90 б.). Высота куста 74,0 см. Цветок розового оттенка, розовидный. Диаметр цветка 15,0 см. Тычинки многочисленные, желтые. Цветонос тонкий, гибкий. Аромат приятный душистый слабый.

'Alice Harding' (91 б.). Высота куста 103,0 см. Цветок нежно-розового оттенка с белыми и пурпурными мазками, розовидный. Диаметр цветка 13,0 см. Пестик опушенный, кремового оттенка с малиновым рыльцем. Цветонос прочный. Аромат приятный душистый резкий.

'Pamjaty Vyacheslav' (91 б.). Высота куста 73,0 см. Цветок темно – малинового оттенка, розовидный. Диаметр цветка 11,0 см. Цветонос тонкий, гибкий. Аромат приятный слабый не сладкий.

'Maria d'Hoyn' (92 б.). Высота куста 93,0 см. Цветок с нежно-розовым оттенком, розовидный. Диаметр цветка 15,0 см. Цветонос прочный. Аромат приятный душистый слабый.

'Cora Stubbs' (92 б.). Высота куста 69,0 см. Цветок розового оттенка с кремовыми петалодиями, анемоновидный. Диаметр цветка 11,0 см. Пестик желтый с малиновым рыльцем. Цветонос прочный. Аромат приятный резкий.

'Mrs. Wilder Buncroft' (92 б.). Высота куста 84,0 см. Цветок насыщенного вишневого оттенка с кремовой каймой, японский. Диаметр цветка 15,0 см. Цветонос прочный. Аромат приятный душистый слабый.

'Pobeda' (92 б.). Высота куста 65,0 см. Цветок пурпурного оттенка, махровый, розовидный. Диаметр цветка 11,0 см. Цветонос прочный. Аромат приятный душистый резкий.

'Adonis' (93 б.). Высота куста 60,0 см. Цветок нежно – розового и кремового оттенка, махровый, розовидный. Диаметр цветка 11,0 см. Цветонос прочный. Аромат приятный сильный сладкий.

'Edmond About' (93 б.). Высота куста 72,0 см. Цветок нежно-розового оттенка, махровый, розовидный. Диаметр цветка 10,0 см. Цветонос тонкий, гибкий. Аромат приятный слабый душистый.

'Sarah Bernhardt' (93 б.). Высота куста 63,0 см. Цветок нежно-розового оттенка с белым основанием лепестков и каймой, розовидный. Диаметр цветка 16,0 см. Пестик бледно-зеленый. Тычинки крупные, ярко-желтые. Цветонос тонкий, гибкий. Аромат приятный душистый резкий.

'Tempest' (93 б.). Высота куста 80,0 см. Цветок насыщенно-бардового оттенка, махровый, розовидный. Диаметр цветка 14,0 см. Пестик слабовыраженный с пурпурным рыльцем. Тычинки ярко-желтые, немногочисленные. Цветонос прочный. Аромат приятный душистый сильный.

'Anna Zahller' (94 б.). Высота куста 81,0 см. Цветок насыщенного пурпурного оттенка, полушаровидный, полумахровый. Диаметр цветка 15 см. Пестик бледно-зеленый с малиновым рыльцем. Тычинки ярко-желтые, многочисленные. Цветонос тонкий, гибкий. Аромат приятный душистый сильный.

'M-me de Verneville' (94 б.). Высота куста 82,0 см. Цветок белого оттенка с малиновыми мазками, полушаровидный-бомбовидный, махровый. Диаметр цветка 15 см. Цветонос тонкий, гибкий. Аромат приятный душистый сильный.

'Beautiful Senorita' (95 б.). Высота куста 70,0 см. Цветок с ярко-розовыми лепестками, японский. Стаминодии желтые с розовыми мазками. Диаметр цветка 11,0 см. пестик желтовато-зеленый с розовым рыльцем. Цветонос тонкий, гибкий. Аромат приятный душистый экзотический.

'Edulis Superba' (95 б.). Высота куста 83,0 см. Цветок насыщенного розового оттенка, корончатый. Пестик бледно-зеленый с сиреневым рыльцем. Аромат легкий приятный, слегка резковатый.

'Marchal Mac-Mahon' (95 б.). Высота куста 94,0 см. Цветок пурпурного оттенка, полушаровидный, махровый. Диаметр цветка 15,0 см. Тычинки немногочисленные, желтые. Цветонос прочный. Аромат приятный душистый слабый.

'Miss America' (95 б.). Высота куста 66,0 см. Цветок белого оттенка, полушаровидный. Диаметр цветка 13,0 см. Пестик зеленый с желтым рыльцем. Тычинки многочисленные желтые. Цветонос тонкий, гибкий. Аромат приятный резкий цитрусовый.

'Princess Margaret' (96 б.). Высота куста 88,0 см. Цветок нежно-розового оттенка, махровый, розовидный. Диаметр цветка 18,0 см. Цветонос тонкий, гибкий. Тычинки немногочисленные, желтые. Аромат приятный душистый резкий.

Выводы

В результате многолетней интродукции на Среднем Урале установлено, что по качественным декоративным признакам сорта пионов имеют характерные, хорошо выраженные показатели, достаточные для идентификации, но различаются по количественным морфологическим характеристикам от аналогичных сортов, произрастающих в других регионах. В условиях Ботанического сада УрО РАН, (г. Екатеринбург) пионы демонстрируют высокие декоративные качества, что дает возможность рекомендовать их к выращиванию и использованию в озеленении территорий Свердловской области. Период наибольшей декоративности приходится на июнь-июль и связан с периодом цветения растений, который у отдельных сортов может длиться от 11 до 19 дней. Следует отметить, что 83 % исследуемых сортов – среднерослые растения с цветоносами высокой и средней прочности, 60 % сортов относится к среднецветковой группе. В результате суммарной оценки декоративности были выделены 23 высокоперспективных и 12 перспективных сортов пионов, адаптированных к сложным климатическим условиям Среднего Урала и городским условиям произрастания.

*Работа выполнена при поддержке ФНИ государственных академий наук
«Теоретические и методологические аспекты изучения и оценки адаптации
интродуцированных растений природной и культурной флоры» № АААА-А17-
117072810010-4*

Список литературы

1. Васильева М.Ю. Методические указания по первичному сортоизучению травянистого пиона. – М., 1972. – 26 с.
2. Горобец В.Ф. Интродукционное сортоизучение травянистых пионов // Интродукция и акклиматизация растений. Республиканский межведомственный сборник научных трудов. – 1991. – Вып. 13. – С. 10-15.
3. Ефимов С.В. Комплексное изучение и оценка морфологических признаков пиона (*Raeonia* L.) при интродукции // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия. – 2014. – Т. 27(66). – № 5. – С. 47-62.
4. Ефимов С.В. Методика комплексной оценки декоративности растений рода *Raeonia* L. для применения в озеленении // Вестник Нижегородского университета, сер. Биол. – 2004. – Вып. 2 (8) – С. 170-181.
5. Ипполитова Н.Я. Как правильно выращивать пионы // Сад, огород, цветник. – 2008. – № 6. – С. 26-53.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М. Колос, 1968. – С. 24-27.
7. Миронова Л.Н., Реут А.А. Краткие итоги селекции травянистых пионов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 2 (243). – С. 69-75.
8. Миронова Л.Н., Реут А.А. Сортоизучение пионов в ботаническом саду города Уфы. Ботанические сады в современном мире // Ботанические сады в современном

мире. Теоретические и практические исследования. – КМК, 2011. – С. 554-557.

9. Миронова Л.Н., Реут А.А. Пионы. Коллекции Ботанического сада-института УНЦ РАН. – Уфа. Башк.энцикл., 2017. – 152 с.

Статья поступила в редакцию 27.03.2020 г.

Sharova E.A., Brusnitsina O.Y. The assessment of the *Paeonia* L. cultivars' decorative value in planting // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – № 136. – P. 78-86.

The assessment of decorative value of 35 peony cultivars growing in the Botanical garden plantings (Ekaterinburg, Sverdlovsk region, the Central Urals) were presented. For assessment were used a 100-rating scale which included the following features: flower colour, flower size, flower shape, flower doubleness, peduncle strength, bush decorative value, flowering abundance, blooming duration, flower scent, plant distinction, plant condition. The obtained assessments were compared to the literature data to examine for compliance with the main flower characteristics of peony cultivar and to reveal distinguishing features for peony plants in Sverdlovsk region and the Central Urals. As a result, 23 peony high-opportunity cultivars and 12 appreciable cultivars were distinguished and recommended for landscape gardening in Sverdlovsk region. For high-opportunity peony cultivars introduced in the Central Urals a descriptive characteristic based on the main flower decorative features was compiled.

Key words: *introduction; peony; biodiversity; grassy peony; cultivar*

РЕПРОДУКТИВНАЯ БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 581.33

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-87-97

ГЕНЕЗИС СТРУКТУР ГЕНЕРАТИВНОЙ СФЕРЫ *PLATYCODON GRANDIFLORUS* (JACQ.) A.DC.

Светлана Васильевна Шевченко

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, 298648,
Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, ул. Никитский спуск, 52
E-mail: shevchenko_nbs@mail.ru

В статье приведены результаты изучения процессов развития мужских и женских генеративных структур (стенки микроспорангия, спорогенной ткани, семязачатка и зародышевого мешка, микро- и мегаспор, мужского и женского гаметофитов) редкого вида – *Platycodon grandiflorus* (Jacq.) A.DC (семейство Campanulaceae). Определены типы формирования элементов мужской и женской генеративной сферы (двудольный тип формирования стенки микроспорангия, симультанный тип образования тетрады микроспор, 3-клеточные зрелые пыльцевые зерна с 6 порами, Polygonum – тип формирования зародышевого мешка). Установлена высокая жизнеспособность пыльцевых зерен в период опыления и возможность получения полноценных семян при выращивании данного вида в культурфитоценозах Южного берега Крыма.

Ключевые слова: *Platycodon grandiflorus*; микроспорангий; микроспора; пыльцевое зерно; мегаспорангий; зародышевый мешок; семена

Введение

Одной из важнейших проблем современности является сохранение флоразнообразия, в том числе сохранение высоко декоративных и ресурсных растений. К таким ценным декоративным и лекарственным растениям можно отнести представителя семейства Campanulaceae ширококолокольчика крупноцветкового – *Platycodon grandiflorus*, в естественном виде произрастающего в Сибири, на Дальнем Востоке и в северо-западных областях Китая, Кореи и Японии. *Platycodon grandiflorus* – это многолетнее растение, с крупным ярко голубым цветком на верхушке побега и облиственным стеблем [12]. Корень мясистый, редьковидный, содержит млечный сок, благодаря которому растение используется как лекарственное. Вследствие хозяйственного освоения территорий произрастания вида, рекреационной нагрузки, массового сбора на букеты, а также заготовки лекарственного сырья численность вида снижается, в связи с чем он включен в сводку редких и исчезающих видов Амурской области и в ряд региональных Красных книг (Хабаровского края, Читинской области и др.). Благодаря высокой декоративности и с целью его сохранения вид культивируется во многих ботанических садах России (Благовещенск, Воронеж, Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск и др.), в Белоруссии, Латвии, странах Средней Азии, а также в коллекции лекарственных растений Никитского ботанического сада - Национального научного центра. В связи с перспективами широкого использования вида в декоративном садоводстве и как лекарственного растения представляется важным знание возможностей выращивания вида в различных регионах страны, определения типа размножения, а также адаптационного потенциала при различных условиях внешней среды. Целью данной работы было выявление особенностей формирования генеративных структур *Platycodon grandiflorus* для определения перспектив использования данного вида в озеленении Южного берега Крыма.

Объекты и методы исследований

Platycodon grandiflorus (Jacq.) A. DC. исследовали общепринятыми методами [5] в парковых фитоценозах Южного берега Крыма (Верхний парк НБС-ННЦ, парк Айвазовского (Партенит), коллекционный участок лекарственных растений НБС-ННЦ). Особенности эмбриологии изучали на постоянных препаратах, приготовленных по общепринятым методикам [10, 11]. Парафиновые срезы толщиной 10-12 мкм готовили на полуавтоматическом ротационном микротоме MRL-3000 (ООО «МедТехникаПоинт», Россия). Препараты окрашивали метилгрюнпиронином с подкраской алциановым синим по разработанной нами методике [16, 17]. Анализ препаратов осуществляли с помощью микроскопов Enamed2 и AxioScopeA.1 (Carl Zeiss, Германия). Микрофотографии сделаны с помощью цифрового фотоаппарата Canon A 550 и системы анализа изображения AxioCamERc5s (Carl Zeiss, Германия).

Результаты и обсуждение

Platycodon grandiflorus (Jacq.) A. DC. – это многолетнее травянистое растение. Стебель с крупным, одиночным цветком на конце и сизоватыми сидячими листьями, от основания восходящий или прямой, сильно облиственный, высотой до 50,0 см [12]. В условиях выращивания на Южном берегу Крыма *P. grandiflorus* цветет с конца июня до конца июля, плодоносит в августе. Цветки обычно верхушечные, чашечка седоватая, с прямыми, заостренными зубцами, венчик ярко голубой с ярко выраженными темными жилками. Встречаются формы с белыми цветками и с двумя кругами лепестков (рис. 1). Венчик крупный, диаметром до 7,0-8,0 см, разделенный на яйцевидные лопасти, значительно превышает размеры венчика колокольчиков (рис. 2).



Рис. 1 Общий вид растений *Platycodon grandiflorus*: А – форма с голубыми цветками, Б – форма с белыми цветками, В – форма с двумя кругами лепестков

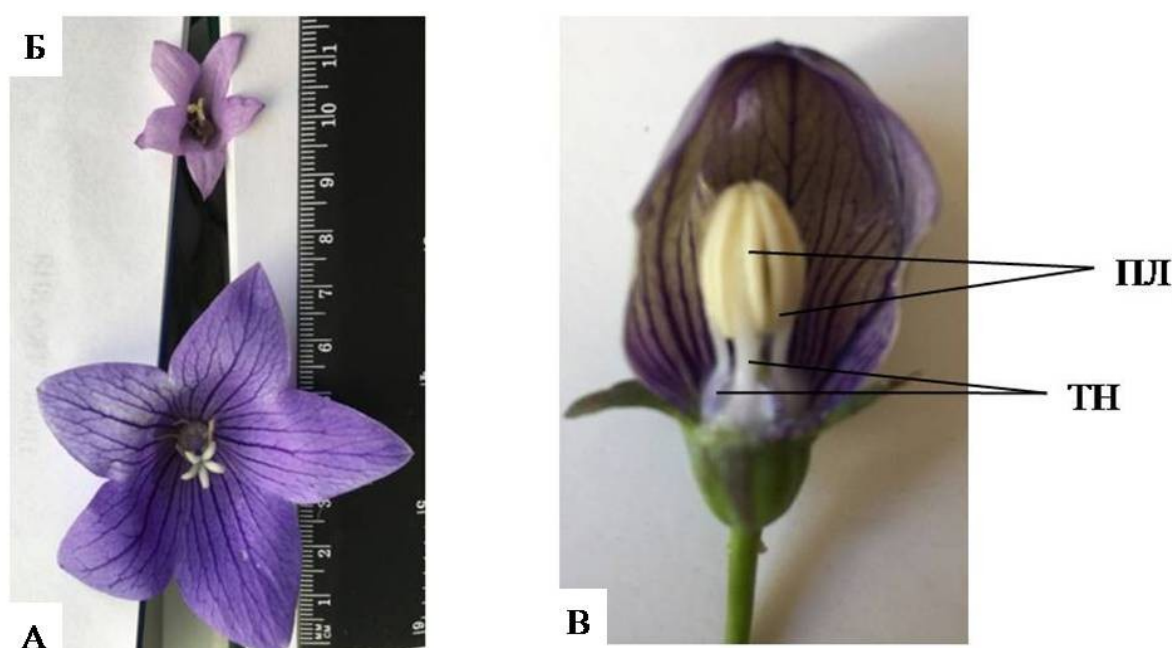


Рис. 2 Цветки *Platycodon grandiflorus* (А) и *Campanula pratensis* (Б), бутон *Platycodon grandiflorus* с частично удаленным венчиком (В) (ПЛ – пыльники, ТН – тычиночные нити)

Яркая окраска цветка *P. grandiflorus* и его размеры, значительно превышающие цветки других представителей семейства Campanulaceae (многие виды рода *Campanula*, *Adenophora*), привлекают различных насекомых.

Следует отметить, что *P. grandiflorus* очень красив не только в период цветения, но и в период бутонизации, поскольку бутоны его тоже окрашены и имеют необычную форму, напоминающую китайские фонарики (рис. 3).



Рис. 3 Цветки *Platycodon grandiflorus* на стадии бутонизации

Андроцей *P. grandiflorus* представлен 5 прямыми, равными тычинками, прикрепленными к основанию нектарного диска, и в закрытом бутоне плотно охватывающими столбик пестика. Тычиночные нити в два раза короче пыльников, имеют расширенные и опушенные основания, которые, как у колокольчиков и аденофоры [8, 18], смыкаясь, образуют купол с небольшими отверстиями,

способствующими насекомым достичь нектарный диск. Пыльник 4-гнездный, 2-тековый, стенка микроспorangия развивается по двудольному типу, и сформированная состоит из эпидермы, эндотеция, 3 средних слоев и однослойного секреторного тапетума. Сначала в субэпидермальном слое меристематического бугорка одна из инициальных, по определению И.И. Шамрова, (2008) или стловых (по определению Т.Б. Батыгиной (2014), клеток дифференцируется в археспорий, в результате деления которой образуются спорогенная и париетальная клетки. Дальнейшее развитие париетального слоя формирует стенку микроспorangия, что еще раз подтверждает мнение Т.Б. Батыгиной с соавторами (1963) о париетальном происхождении стенки микроспorangия и соответствует первой стадии ее формирования (по классификации И.И. Шамрова) [14]. Как и у многих других колокольчиковых [3, 4, 7, 8] в каждом из гнезд пыльника развивается плацентиоид (рис. 4). Спорогенная ткань обычно представлена 2-3 рядами клеток, иногда формируется только один ряд. Ко времени мейоза ряд клеток среднего слоя, примыкающий к тапетуму, дегенерирует, клетки тапетума вытягиваются радиально к центру микроспorangия, а клетки спорогенной ткани начинают обособляться. Следует заметить, что тапетум у *P. grandiflorus* имеет двойное происхождение – в стенке микроспorangия он образуется из париетальной ткани, а со стороны связника – из клеток паренхимы, клетки его значительно крупнее клеток тапетума в стенке микроспorangия (рис. 4).

Результатом мейоза является образование 4-ядерного ценоцита, на основе которого после цитокинеза возникают тетрады микроспор симультанного типа. На стадии дифференцирующего митоза стенка микроспorangия состоит из эпидермы, эндотеция, 2 средних слоев со сплюсненными клетками, при этом в клетках тапетума наблюдается деструкция, значительно уменьшается количество цитоплазмы и увеличивается вакуоль, которая занимает большую часть клеток, цитоплазма ее с ядром смещаются к центру микроспorangия (рис. 4 Б). Стенка зрелого пыльника *P. grandiflorus* представлена сплюсненными клетками эпидермы, покрытой толстой кутикулой, двуслойным, иногда трехслойным фиброзным эндотецием и остатками тапетума (рис. 5).

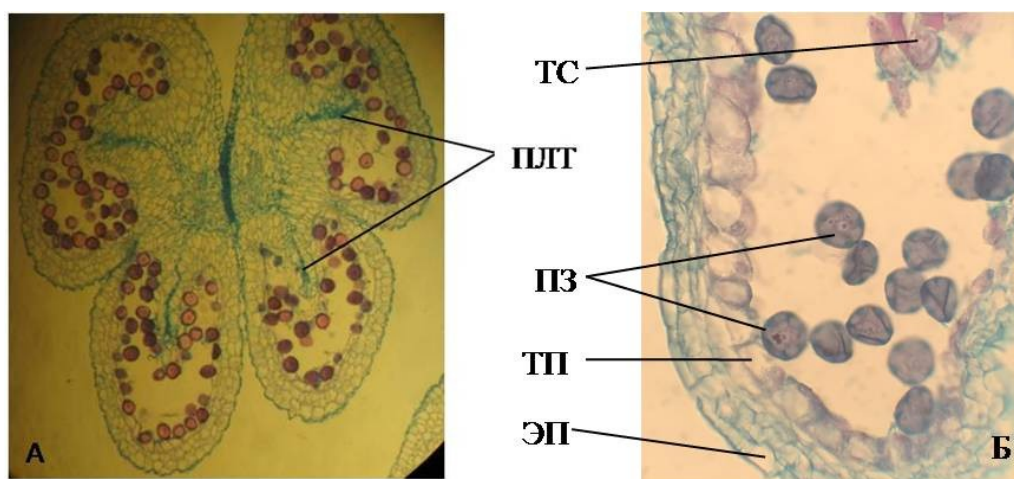


Рис. 4 Поперечный срез пыльника (А) и гнезда микроспorangия (Б) *Platycodon grandiflorus* (ПЛТ – плацентиоид, Т С – тапетум паренхимного происхождения, ЭП – эпидерма, Т П – тапетум париетального происхождения, СС – средние слои, Э – эндотеций)

Образовавшиеся в результате дифференцирующего митоза пыльцевые зерна *P. grandiflorus* крупные с ядром вегетативной клетки и генеративной клеткой в центре. Спермиогенез с образованием двух спермиев проходит в пыльцевом зерне. В период

опыления пыльцевые зерна 3-х клеточные, 25,0-30,0 мкм в диаметре, 6-бороздно-оровые, с очень малым количеством аномальных пыльцевых зерен (рис. 6). В отличие от этого Н.А. Жинкиной и Е.Е. Евдокимовой (2020) указано, что при выращивании данного вида в условиях Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН формируется 2-клеточная пыльца со значительным количеством аномалий. Следует отметить, что у многих видов семейства Campanulaceae пыльцевые зерна 2-клеточные и 3-поровые [6, 19].

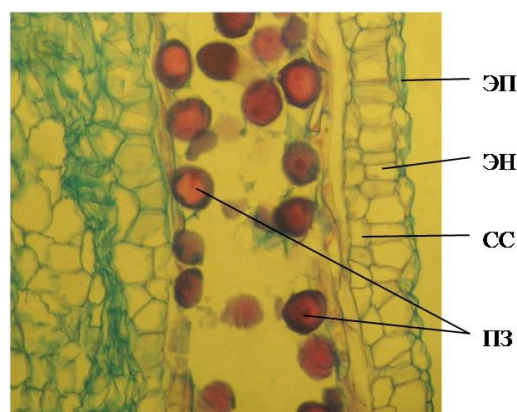


Рис. 5 Фрагмент микропорангия *P. grandiflorus* на стадии 2-клеточных пыльцевых зёрен

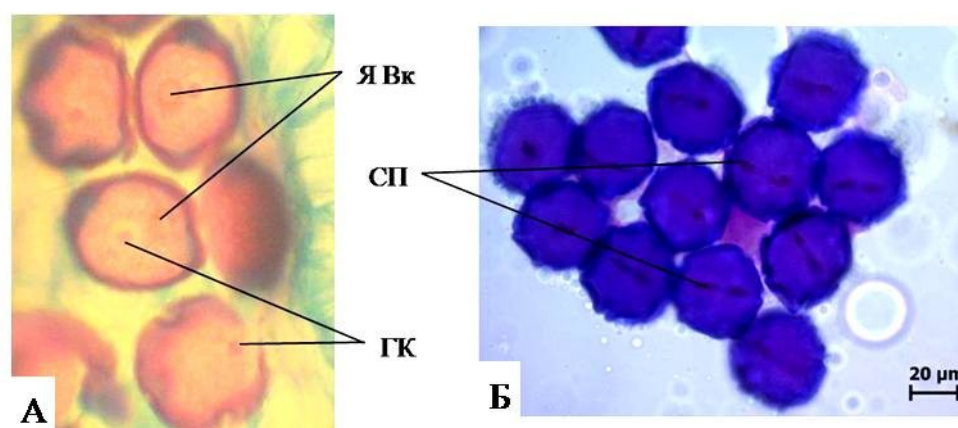


Рис. 6 Общий вид пыльцевых зерен *P. grandiflorus* на разных стадиях развития: А – на стадии 2 клеточных пыльцевых зерен, Б – на стадии 3 клеточных пыльцевых зерен; (ЯВк – ядро вегетативной клетки, ГК – генеративная клетка, СП – спермии)

Завязь *Platycodon grandiflorus* полунижняя, 5-гнездная, с множеством семязачатков, которые даже в одном гнезде развиваются асинхронно – одновременно можно наблюдать в гнезде семязачаток на стадии мегаспороцита и с тетрадой мегаспор. Семязачаток анатропный, унитегмальный, тенуинуцеллярный, по определению И.И. Шамрова, это медионуцеллярный тип семязачатка [15, 13]. Фуникулус короткий, имеются фуникулярный и плацентарный обтураторы – структуры секреторного типа, представленные одним рядом радиально вытянутых эпидермальных клеток. Плацентарный обтуратор расположен напротив микропиле и его клетки направлены к микропиле. Микропиле прямое, узкое, длинное. В результате срастания фуникулуса и интегумента образуется рафе. Сосудистый пучок доходит до халазы, формируется

интегументальный тапетум. Нуцеллус представлен только слоем эпидермы. Археспориальная клетка расположена в субэпидермальном слое и непосредственно преобразуется в мегаспороцит (рис. 7). В результате мейоза формируется обычно линейная тетрада мегаспор, хотя иногда встречаются и Т-образные тетрады. Зародышевый мешок чаще всего развивается из халазальной мегаспоры, изредка - из микропилярной или эпихалазальной. На стадии мейоза в семязачатке непосредственно под зародышевым мешком четко выражены 4 ряда удлиненных таблитчатых клеток гипостазы с утолщенными оболочками (рис. 7).

Зародышевый мешок удлинненный, 7-клеточный, яйцевой аппарат представлен яйцеклеткой и двумя синергидами с крючковидными отростками и нитчатым аппаратом. Микропилярная зона синергид расширена, в ней расположены ядра, халазальная зона удлинненная, зауженная. Полярные ядра расположены примерно в середине центральной клетки зародышевого мешка, сливаются до оплодотворения.

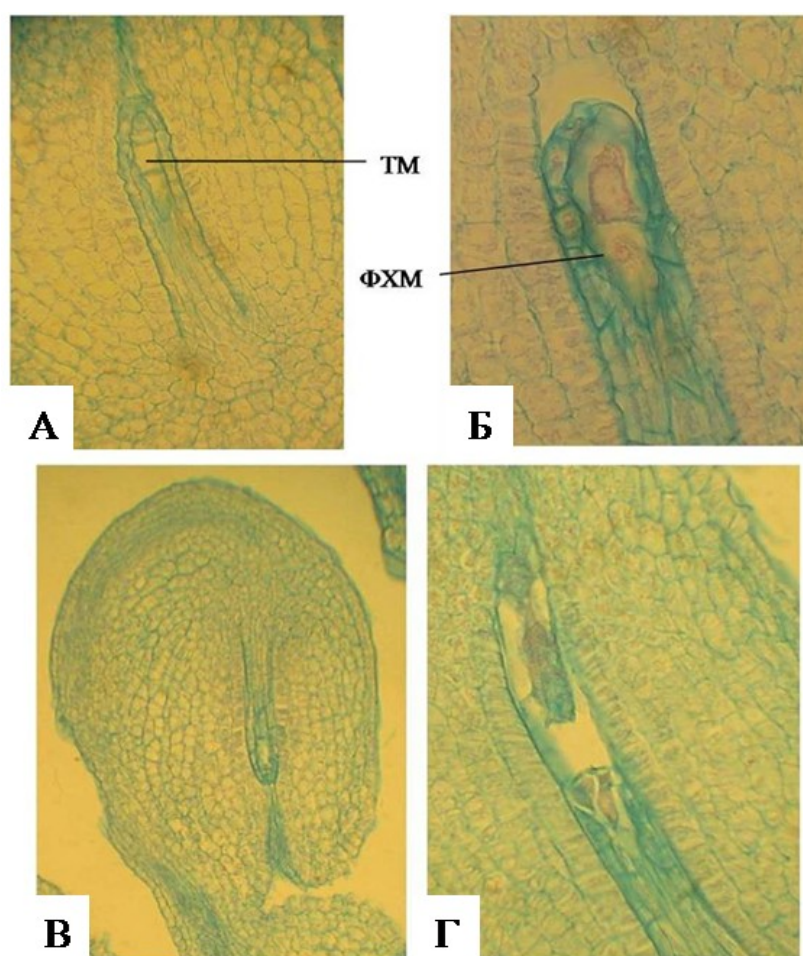


Рис. 7 Некоторые этапы формирования женской генеративной сферы *Platycodon grandiflorus*: А и Б – фрагменты семязачатка на стадии тетрады мегаспор; В – общий вид семязачатка; Г – общий вид зародышевого мешка; (ТМ – тетрада мегаспор; ФХМ – функционирующая халазальная мегаспора)

Антиподы состоят из 3 клеток, сохраняются довольно долго, дегенерируют после оплодотворения, их можно наблюдать после первого деления эндосперма. В условиях выращивания на Южном берегу Крыма *P. grandiflorus* цветет с конца июня до конца июля, плодоносит в августе. Яркая окраска цветка и его размеры, значительно

превышающие цветки других представителей семейства Campanulaceae (многие виды рода *Campanula*, *Adenophora*), привлекают различных насекомых.

Нектарник у данного вида внутрицветковый, расположен над завязью в виде диска. Пыльники вскрываются в закрытом цветке интрорзно, пестик в это время еще недоразвит и по мере его роста имеющиеся на пестике волоски снимают пыльцу из пыльников и выносят ее к верхушке цветка, некоторая часть пыльцы остается на насекомом. Насекомое, перелетая с одного цветка на другой, при движении к нектарному диску задевает раскрытые лопасти рыльца пестика. При этом оно оставляет пыльцу, находящуюся на его теле, и таким образом осуществляет опыление. То есть, *P. grandiflorus* относится к энтомофильным растениям, в полностью раскрытом цветке лопасти рыльца развернуты, а высохшие к этому времени пыльники завернуты вниз, что исключает возможность автогении и способствует аллогении (рис. 8).

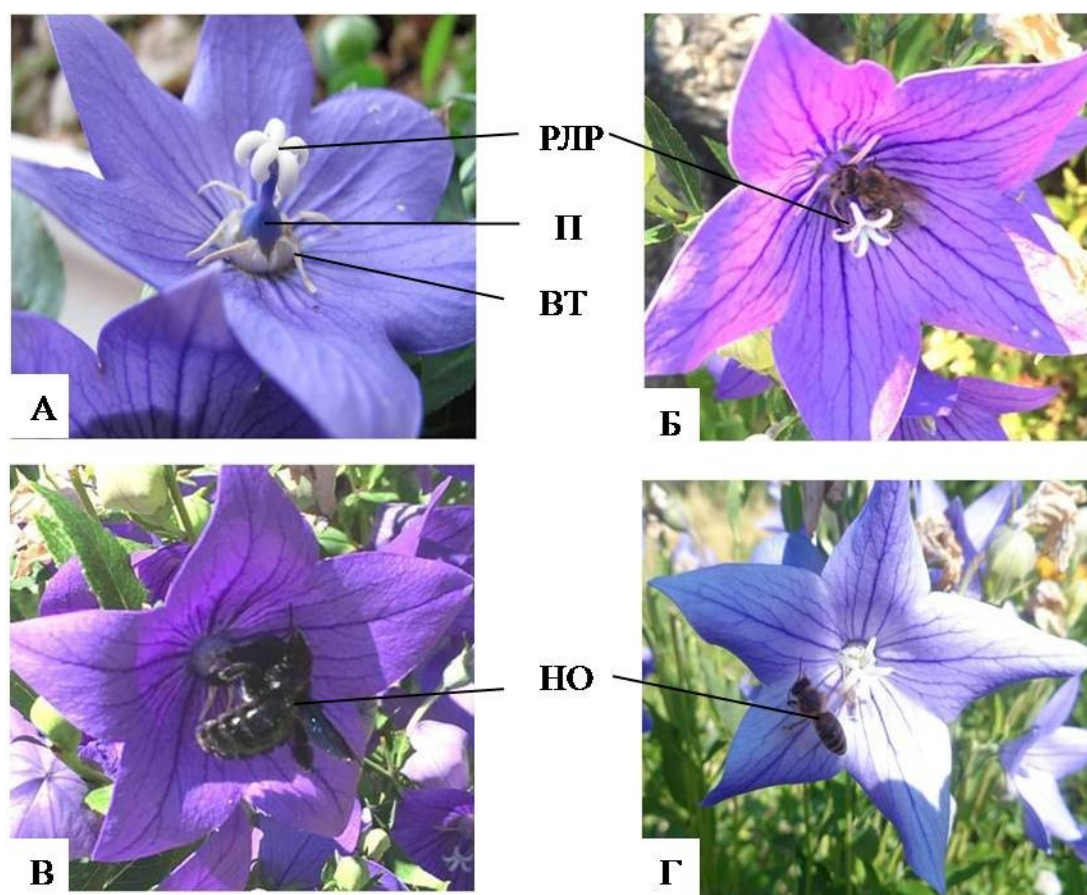


Рис. 8 Раскрытые цветки *Platycodon grandiflorus*: А – цветок с развернутыми лопастями рыльца (РЛР); Б, В и Г – цветки в период опыления с разными насекомыми-опылителями (П – пестик, ВТ – высохшие тычинки, НО – насекомые-опылители)

Эффективные процессы опыления и оплодотворения *Platycodon grandiflorus* обеспечивают развитие зародыша и эндосперма. Как и у некоторых видов колокольчиков [3, 9], эндосperm клеточный, первое деление его поперечное, с образованием двух клеток, последующее развитие которых приводит к образованию микропилярного и халазального гаусториев и в центральной части – собственно эндосперма. Микропилярный гаусторий обычно одноклеточный с крупным ядром и ядрышком, халазальный гаусторий двуклеточный (рис. 10, 11).

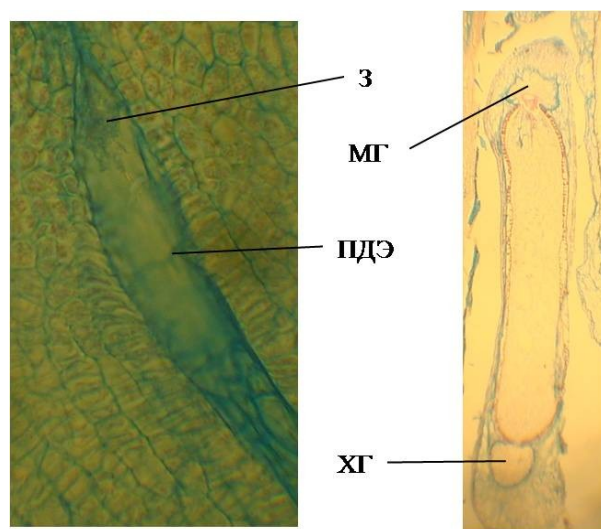


Рис. 9 Зигота (З), первое деление эндосперма (ПДЭ) и фрагмент семени *Platycodon grandiflorus* (МГ – микропилярный гаусторий, ХГ – халазальный гаусторий)

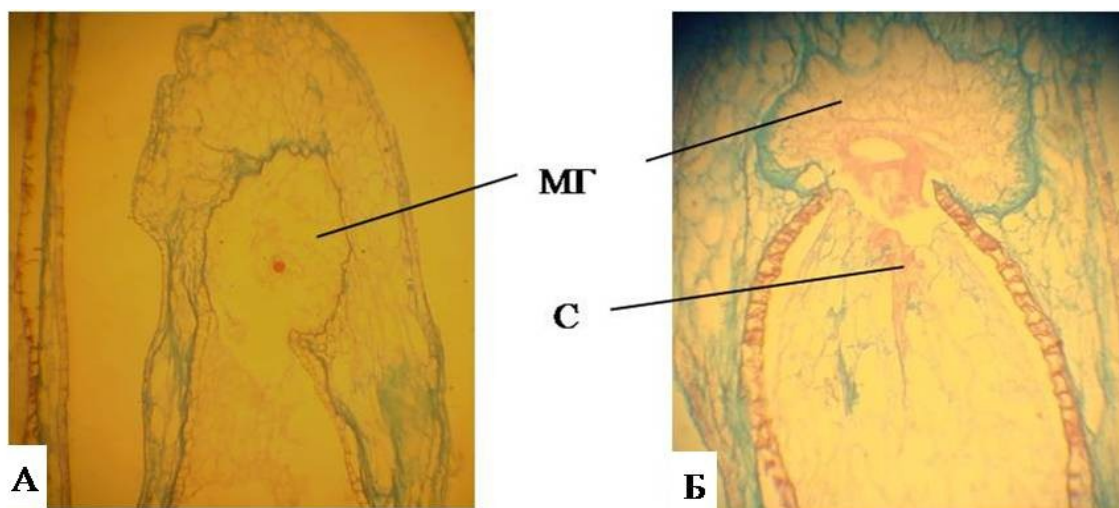


Рис. 10 Фрагменты семени *Platycodon grandiflorus* с эндоспермальным гаусторием (С – суспензор) (А – фрагмент микропилярной части семени с одноядерным гаусторием; Б – фрагмент микропилярной части семени с гаусторием и суспензором зародыша)

Оплодотворение у *P. grandiflorus* премитотического типа, после оплодотворения сначала делится ядро эндосперма, а зигота постепенно за счет деления базальной клетки и образования однорядного суспензора внедряется вглубь центральной клетки. Первые деления зиготы поперечные, и образующаяся тетрада клеток проэмбрио линейная, как и у других видов семейства Campanulaceae. В построении собственно зародыша принимают участие как базальная, так и апикальная клетки. Черты

формирования зародыша позволяют охарактеризовать его как Solanad-тип. Зрелый зародыш прямой, дифференцирован на органы (2 семядоли, апекс побега, гипокотиль и зародышевый корень), крупный и занимает 2/3 длины семени.

Образующийся плод – прямая, яйцевидная, вверх направленная коробочка с пятью отверстиями наверху для рассеивания семян (рис. 11). В условиях выращивания на Южном берегу Крыма семян формируется много, их жизнеспособность после стратификации в холодильнике течение месяца составляет около 95,0% (рис. 12), в отличие от Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова, где семена *P. grandiflorus* не завязываются совсем [4].



Рис. 11 Фрагмент побега *P. grandiflorus* с плодами (А), коробочки с семенами (Б) и семена (В)



Рис. 12 Прорастание семян *P. grandiflorus* через 12 (А) и через 21 сут после посева

Сравнивая особенности формирования генеративных структур *P. grandiflorus* при выращивании его в разных регионах следует отметить у них черты сходства и различий. У *P. grandiflorus*, выращиваемого на Южном берегу Крыма, спорогенная ткань микроспорангия чаще всего 3-слойная и только изредка однослойная. При выращивании вида в Ботаническом саду Петра Великого БИН РАН в эндотеции отсутствуют фиброзные утолщения [4], в условиях ЮБК формируется эндотеций с фиброзными утолщениями, и в период опыления пыльцевые зерна 3-клеточные, 6-бороздно-оровые с незначительным количеством аномальных. Эффективные процессы

опыления, оплодотворения и последующего развития приводят к образованию большого количества полноценных жизнеспособных семян.

Выводы

Таким образом, *P. grandiflorus* обладает основными чертами генеративных структур, которые характерны для многих представителей семейства Campanulaceae (двудольный тип формирования стенки микроспорангия, Polygonum-тип формирования зародышевого мешка, целлюлярный с гаусториями эндосперм, Solanad-тип эмбриогенеза). Однако вид имеет некоторые специфические черты, выделяющие его на фоне других: размеры цветка, форма и окрас бутонов, пятигнездную завязь и рыльце пестика с пятью лопастями в отличие от видов рода *Campanula* с трехгнездной завязью и трехлопастным рыльцем, крупные 3-клеточные шести бороздно-оровые пыльцевые зерна. Незначительное количество аномальных пыльцевых зерен в общей массе пыльцы в период опыления позволяет предположить высокую жизнеспособность и оплодотворяющую способность мужских генеративных структур. Формирование большой доли полноценных семян в общей их массе свидетельствует о высоком репродуктивном потенциале *P. grandiflorus*, возможности его семенного размножения и использования в озеленении парков Южного берега Крыма.

Работа выполнена в рамках НИР №0829-2019-0039

Список литературы

1. Батыгина Т.Б. Биология развития растений. Симфония жизни. – Санкт-Петербург. Издательство: ДЕАН. – 2014. – 764 с.
2. Батыгина Т.Б., Терехин Э.С., Алимова Г.К., Яковлев М.С. Генезис мужских спорангиев Gramineae и Ericaceae. – Бот. журн. – 1963. – Вып. 48 (8). – С. 1108-1120.
3. Жинкина Н.А. Сравнительная эмбриология представителей семейства Campanulaceae: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург. – 1995. – 17 с.
4. Жинкина Н.А., Е.Е. Евдокимова. Развитие пыльника у *Platycodon grandiflorus* (Campanulaceae) // Бот. журн. – 2020. – Т. 105. – №3. – С. 300-309.
5. Исиков В.П. Интродукция и селекция ароматических и лекарственных культур: методологические и методические аспекты / В.П. Исиков, В.Д. Работягов, Л.А. Хлыпенко, И.Е. Логвиненко, Л.А. Логвиненко, С.П. Кутько, Н.Н. Бакова, Н.В. Марко. – Ялта: НБС–ННЦ, 2009. – 110 с.
6. Камелина О.П. Систематическая эмбриология цветковых растений. Двудольные. – Барнаул: Изд-во «Артика». – 2009. – 501 с.
7. Камелина О.П., Жинкина Н.А. К эмбриологии *Ostrowskia magnifica* (Campanulaceae). Развитие мужских эмбриональных структур. – Бот. журн. – 1989. – Вып. 74 (1). – С.1293-1301.
8. Мирошниченко Н.Н. Особенности репродуктивной биологии некоторых видов рода *Campanula* L. Сборник научных трудов Гос. Никит. ботан. сада. – 2014. – Вып.139. – С. 136-146.
9. Мирошниченко Н.Н. Особенности развития и размножения *Campanula talievii* Juz. в Крыму // Бюлл. Гос. Никит. ботан. сада. – 2019. – Вып. 130. – С. 141-148.
10. Паушева З. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос. – 1990. – 283 с.
11. Ромейс Б. Микроскопическая техника. – М.: Изд-во иностр. лит-ры. – 1954. – 718 с.
12. Федоров А. А. Семейство Колокольчиковые – Campanulaceae / Флора СССР. В 30 т / Начато при рук. и под главн. редакцией акад. В. Л. Комарова; Ред. тома Б. К. Шишкин и Е. Г. Бобров. – М., Л.: Изд-во АН СССР. – 1957. – Т. XXIV. – С.126-450.

13. Шамров И.И. Семязачаток цветковых растений: строение, функции, происхождение / Под ред. Т.Б. Батыгиной. Товарищество научных изданий КМК: – Москва, 2008. – 350 с.

14. Шамров И.И., Анисимова Г.М., Бабро А.А. Формирование стенки микроспорангия пыльника и типизация тапетума покрытосеменных растений // Бот. журн. – 2019. – Т. 104. – №7. – С. 1001-1032.

15. Шамров И.И., Жинкина Н.А. Развитие семязачатка у *Azorina vidalii* (Campanulaceae) // Бот. журн. 1994. – Т. 79. – №6. – С. 19-34.

16. Шевченко С.В., Ругузов И.А., Ефремова Л.М. Методика окраски постоянных препаратов метиловым зеленым и пиронином // Бюлл. Гос. Никит. ботан. сада. – 1986. – Вып. 60. – С. 99-101.

17. Шевченко С.В., Чеботарь А.А. Особенности эмбриологии маслины европейской (*Olea europaea*) // Сборник трудов Никитского ботанического сада: Цитолого-эмбриологические исследования высших растений. – 1992. – Т. 113. – С. 52-61. – С. 52-61.

18. Шевченко С.В., Крайнюк Е.С. Биология развития и распространение *Adephora taurica* в Крыму // Ботанический журн. – 2019. – Т. 104. – №8. – С. 47-56.

19. Шевченко С.В., Мирошниченко Н.Н. Антэкологические аспекты репродуктивного процесса некоторых видов рода *Campanula* L. // Бюлл. Гос. Никит. ботан. сада. – 2013. – Вып. 109. – С. 69-79.

Статья поступила в редакцию 01.07.2020 г.

Shevchenko S.V. Genesis of the generative structures *Platycodon grandiflorus* (family Campanulaceae) // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – №136. – P. 87-97.

The article presents the research results of the genesis of the elements of the microsporangium wall, sporogenous tissue, microspores, megaspores, male and female gametophytes of the *Platycodon grandiflorus*. The types of formation of the structures mail generative sphere (dicotyledonous type of microsporangium wall formation, simultaneous type of the tetrad microspores development, 3-cells of the pollen grains with 6-th pores, Polygonum – type of the formation embryo sac) have been established. A high viability of pollen grains was established during pollination and possibility of obtaining complete seeds when growing this species in the conditions of the Southern Coast of the Crimea.

Key words: *Platycodon grandiflorus*; microsporangium; microspore; male gametophyte; pollen grains; female gametophyte; embryo sac; seeds

УДК 665.527.5(479.224)

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-98-107

**ПЕТИТГРЕЙНОВОЕ ЭФИРНОЕ МАСЛО СОРТОВ И ГИБРИДОВ
CITRUS LIMON (L.) OSBECK ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНЫХ
СУБТРОПИКОВ**

**Юрий Владимирович Плугатарь¹, Оксана Михайловна Шевчук¹, Дмитрий
Амиранович Сабекия², Сергей Александрович Феськов¹, Ирина Анатольевна
Федотова¹, Виталий Датинович Лейба³**

¹Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,
298648, Россия, г. Ялта, пгт. Никита, ул. Никитский спуск, 52
E-mail: oksana_shevchuk1970@mail.ru

²Институт сельского хозяйства Академии наук Абхазии, 384900, Россия,
Республика Абхазия, г. Сухум, ул. Гулия, 22
E-mail: Dima_Sabekia@mail.ru

³Абхазская научно-исследовательская лесная опытная станция,
384920, Россия, Республика Абхазия, г. Очамчира
E-mail: abnilos@rambler.ru

В статье представлены данные о содержании и компонентном составе петитгрейнового эфирного масла шести сортов и гибридов лимонов, произрастающих в открытом грунте в условиях влажного субтропического климата (Абхазия): *Citrus limon* (L.) Osbeck 'Одиши', *C. limon* 'Крупноплодный', гибриды *C. limon* 24517 и 31375, лиметта мелкоплодная (*Citrus limetta* Risso) и сладкий лимон (*C. limetta* 'Chontipico'). В листьях изучаемых сортов содержится от 0,18 до 0,42% эфирного масла (на сырую массу) соломенного цвета с лимонным ароматом. В эфирном масле сорта 'Крупноплодный', гибрида 24517 и лиметты мелкоплодной преобладают изомеры цитраля и D-лимонен, обуславливающие ярко выраженный лимонный аромат масла. Эфирное масло сорта 'Одиши' имеет лимонно-розовый аромат с цветочными нотками, что объясняется преобладанием в нем цитронеллала и цитронеллола. Похожие цветочные нотки характерны и для петитгрейнового масла сладкого лимона, мажорными компонентами которого являются линалоолицитронеллаль. Смешанным лимонно-цветочно-древесным ароматом обладает эфирное масло из листьев гибрида 31375, в котором кроме цитраля и линалоола присутствует сабинен. Самым высоким содержанием (0,42%) и качеством петитгрейнового масла характеризуется сорт 'Крупноплодный'.

Ключевые слова: петитгрейновое эфирное масло; компонентный состав; *Citrus limon* (L.) Osbeck; *Citrus limetta* Risso; лимонен; цитраль; аромат

Введение

Всестороннее изучение видов аборигенной флоры и интродуцентов позволяет определить направления их использования и выявить ресурсные виды – источники ценных биологически активных веществ. С 2015 г. Никитским ботаническим садом совместно с научными учреждениями Академии наук Республики Абхазия изучаются природные и культур фитocenозы Республики Абхазия (Черноморское побережье Кавказа) с целью выявления растений с высоким содержанием эфирного масла фармакологического и парфюмерного направления [3, 8].

Одной из основных промышленных культур в Абхазии являются цитрусовые. Коллекция цитрусовых культур ГНУ "Институт сельского хозяйства Академии наук Абхазии" (некогда Сухумской опытной станции ВИРа) на данный период, насчитывается более 95 сортов образцов. Основную долю ассортимента составляют мандарины, которые насчитывают 37 образцов; лимоны представлены 31 образцом; апельсины – 11;

грейпфруты и помпельмусы – 9 и другие виды цитрусовых составляют 7 образцов [6]. Среди разнообразия коллекционных цитрусовых культур особую группу перспективных для промышленного выращивания во влажной субтропической зоне составляют сорта и сортообразцы лимона (*Citrus limon* (L.) Osbeck), характеризующиеся морозоустойчивостью, низкорослостью и урожайностью: *C. limon* x Mejer, 'Новоафонский', 'Диоскурия', 'Одиши', 'Villa Franca' и др. [3, 5, 6].

Лимоны являются полифункциональной культурой [17], одним из направлений использования которой является получение петитгрейнового масла – эфирного масла, содержащегося в листьях и характеризующегося широким спектром свойств: бактерицидными, вирулицидными, фунгицидными, противопаразитарными, инсектицидными и лекарственными [12-14].

Петитгрейновое масло из листьев лимонов характеризуется высоким содержанием кислородсодержащих соединений: цитраля, лимонена, линалилацетата, линалола и др. [15-17]. Основным компонентом в эфирном масле из листьев лимона чаще всего является лимонен [12, 16], но компонентный состав варьирует в зависимости от региона выращивания множества других факторов (генетических, экологических и экспериментальных). Среди мажорных компонентов петитгрейнового масла из листьев лимона указываются гераниол [15], кариофиллен [8], β-пинен, цитронеллаль [11] и др.

Содержание эфирного масла в листьях лимона может достигать 0,5% и благодаря высокому содержанию цитраля обладает лимонным ароматом с присутствием розовых, цветочных, древесных ноток. Основными направлениями применения петитгрейна являются ароматическое, парфюмерно-косметологическое и медицинское. В парфюмерии широко используется померанцевое масло, получаемое из листьев и молодых побегов горького померанца (*Citrus aurantium* L.), промышленно возделываемого в Южной Америке и в странах Средиземноморья. Эфирное масло из листьев лимона, содержащее большое количество линалола обладает антиоксидантными и антибактериальными свойствами и может быть использовано для увеличения срока годности пищевых продуктов в качестве натурального консерванта, а цитралью отводится ведущая роль как активному компоненту против *Penicillium digitatum* и *P. italicum* [11, 13, 14].

Целью наших исследований было выявление содержания и компонентного состава петитгрейнового масла сортов и гибридов лимонов, выращиваемых в открытом грунте в условиях влажных субтропиков (Республика Абхазия).

Объекты и методы исследования

Объектами исследований были взяты шесть сортов и гибридов лимонов коллекции Института сельского хозяйства АНА, отличающихся высокой морозостойкостью: *Citrus limon* 'Одиши', 'Крупноплодный', гибриды 24517 и 31375, лиметта мелкоплодная (*Citrus limetta* Risso) и сладкий лимон (*Citrus limetta* 'Chontipico'), отличающиеся высокой зимостойкостью [2, 5, 6].

Citrus limon 'Одиши' – получен от скрещивания сорта 'Новоафонский' и *Poncirus trifoliata*. Деревья с густооблиственной кроной, достигающие высоты 3,0 м. Побеги зеленые, округлые. Верхняя часть растущих побегов зеленая, без антоциановой окраски. Колючки многочисленные, до 2,0 см. Листья 11,0 см длиной и 5,0 см шириной, яйцевидные, овальные, заостренные с клиновидным основанием. Плоды округлые до 8,0 см, массой до 100 г. Высокоурожайный и зимостойкий.

Citrus limon 'Крупноплодный'. Сорт селекции ВНИИЦиСК. Деревья среднерослые, густооблиственные, до 3,0 м в выс. Листья зеленые, сердцевидные, до 10,0-15,0 см длиной и 8,0 см шириной, заостренные. Плоды крупные (10,0x15,0 см), массой до 130 г.

Citrus limon гибрид 24517 – выведен на базе Института сельского хозяйства АНА. Дерево сильнорослое до 4,5 м высоты, со слабораскидистой, густооблиственной кроной. Встречаются колючки до 3,0 см. Листья, молодые побеги и цветки с лёгким антоциановым окрасом и сильным лимонным ароматом. Плоды продолговатой формы, с округлой вершиной и с выраженным соском. Масса плодов варьируется от 75 до 120 г, кожура шероховатая, блестящая, толщиной до 3,0-5,0 мм. При полной зрелости приобретают лимонно-жёлтую окраску. Высокоурожайный, морозоустойчивый.

Citrus limon гибрид 31375 – Сорт селекции ВНИИЦиСК. Дерево сильнорослое до 4,0 м высоты, со слабораскидистой, густооблиственной кроной. Встречаются колючки до 2,0-3,0 см. Листья и молодые побеги зеленые. Плоды продолговатой формы, лимонно-желтые. Масса плодов варьируется от 75,0 до 120,0 г. Высокоурожайный, морозоустойчивый.

Citrus limetta Risso (*Citrus medica* x *Citrus* × *aurantium*). Деревья кустовидные, высотой 2,0-3,0 м, с раскидистой, шаровидной кроной, средней облиственности. Листья средние или мелкие (11,0 см x 5,0 см), ланцетовидные, тонкие, со специфическим ароматом. Плоды овально-округлые, до 6,0 см. Масса 65,0 г. Промышленного значения не имеет. Морозоустойчивость низкая. Ремонтантная культура.

Citrus limetta Risso 'Chontipico'. Деревья среднерослые, 2,5-3,0 м высотой. Крона широкоовальная, густооблиственная. Побеги средней длины. Колючки толстые, короткие. Листья крупные (до 13,0 см длиной и 6,0 см шириной), продолговатые, зеленые. Плоды средние или крупные (100-110 г), овальные. Морозоустойчивость немного ниже лимона Меера. Ремонтантная культура.

Климат в Абхазии влажный субтропический. Число солнечного сияния за год достигает 2238 часов. Средняя температура воздуха в мае месяце составляет 16,4°C, за лето 23,8°C и в сентябре +22,2°C. Средняя влажность воздуха летом 80,0%. Количество осадков – до 1800 мм [9].

Массовую долю эфирного масла определяли в свежесобранных вызревших листьях (август, 2019 г.) методом гидродистилляции на аппаратах Гинзберга [1]. Компонентный состав эфирных масел определяли с помощью аппаратно-программного комплекса на базе хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2», оснащённого масс-спектрометрическим детектором. Колонка капиллярная CR – 5ms, длина 30,0 м, внутренний диаметр 0,25 мм. Фаза 5% фенил 95% полисилфениленсилоксан, толщина плёнки 0,25 мкм. Температура термостата программировалась от 75,0°C до 240°C со скоростью 4,0°C/мин. Температура испарителя 250°C. Газ носитель – гелий, скорость потока 1,0 мл /мин. Температура переходной линии 250,0°C. Температура источника ионов 200,0°C. Электронная ионизация 70 eV. Диапазон сканирования 20-450. Длительность скана 0,2. Идентификация выполнялась на основе сравнения полученных масс-спектров с данными библиотеки NIST 14 (Национальный Институт Стандартов и Технологий, США). Программа поиска и идентификации спектров MS Search (США). Индексы удерживания получены путём логарифмической интерполяции приведённых времён удерживания с использованием аналитического стандарта смеси реперных n-алканов Sigma-Aldrich (Швейцария) и аналитических стандартов Supelco (США). Массовая доля компонентов в пробе определена методом процентной нормализации [7, 10].

Результаты и обсуждение

Эфирное масло из листьев исследуемых сортов и гибридов лимонов имело соломенный цвет с ярко выраженным лимонным ароматом у сорта 'Крупноплодный', гибрида 24517 и лиметты мелкоплодной, с цветочными нотками у сорта 'Одиши' и сладкого лимона, с древесными нотками – у гибрида 31375.

Содержание эфирного масла колебалось от 0,18% на сырую массу (в пересчете 0,44% на сухой вес) у гибрида 24517, до 0,42% (1,43%) у сорта 'Крупноплодный'. В листьях сорт 'Одиши' накапливается 0,19% (0,45% в пересчете на абсолютно сухой вес), лиметты мелкоплодной – 0,22% (0,49%), сладкого лимона – 0,25% (0,97%). Как видим, самым высоким содержанием (почти в два раза выше остальных) характеризуется сорт 'Крупноплодный', накапливая эфирного масла в листьях почти столько же, сколько исследованный нами ранее сорт лимона 'Villa Franka', выращиваемый в этой же коллекции – 0,43% (1,28%) [4]. Основным компонентом эфирного масла исследуемых сортов и гибридов (за исключением сорта 'Одиши') является цитраль (табл. 1, см. рис.).

Самая высокая относительная массовая доля этого компонента у сорта 'Крупноплодный' (70,08%), гибрида 24517 (57,55%) и лиметты мелкоплодной (59,63%). Преобладание цитраля характерно и для других, исследованных ранее [4] сортов лимона данной коллекции, а именно сорта 'Ударник' (46%) и 'Villa Franka' (71,87%).

Цитраль является одним из основных, промышленно важных компонентов натуральных ароматических композиций с лимонным запахом. Представляет собой смесь транс-цитраля (гераниаль) и цис-цитраля (нераль). Цитраль, выделенный паровой дистилляцией из природных источников почти всегда содержит преобладающее количество гераниаля. Это связано с тем, что равновесие между этими формами сильно смещено в сторону образования более устойчивого гераниаля (транс-изомер). Некоторые эфирные масла (котовник лимонный, полынь лимонная) могут содержать в момент выделения преобладающее количество нералья, однако со временем нераль переходит в гераниаль, и через некоторое время эфирное масло уже содержит преобладающее количество гераниаля. В эфирном масле пяти исследуемых культур транс-цитраль (гераниаль) содержится в больших количествах по сравнению с цис-цитралем (табл. 1). Цитраль широко используется в промышленности для создания искусственных эфирных масел с лимонным запахом, а также для ароматизации мыл, парфюмерных композиций и косметических средств. Имеет приятный лимонный аромат.

Для них же характерно наличие D-лимонена (11,69%, 10,88% и 4,3%), который также характеризуется ярко выраженным лимонным запахом. Именно преобладание цитраля и D-лимонена обуславливают ярко выраженный лимонный аромат петитгрейнового масла этих цитрусовых культур и определяет перспективность его использования в ароматерапии, косметологии и фармацевтике.

Несколько ниже содержание цитраля и D-лимонена отмечено для гибрида 31375 и сладкого лимона (32,93% и 17,18%; 7,72% и 16,76%, соответственно). Для эфирного масла этих культур характерно также преобладание (сладкий лимон – 32,33%) или присутствие в существенном количестве (гибрид 31375-17,07%) линалоола и цитронеллала (24,21% и 10,24%, соответственно).

Цитронеллаль имеет лимонный запах, часто присутствует в эфирных маслах вместе с цитралем, является достаточно неустойчивым химическим соединением, при хранении легко подвергается разрушению, осмолению и полимеризации. Окисление на свету приводит к получению изопулегола и ментона. Линалоол придает эфирному маслу цветочные нотки (запах ландыша) и определяет его использование, в основном, в косметологии и ароматерапии.

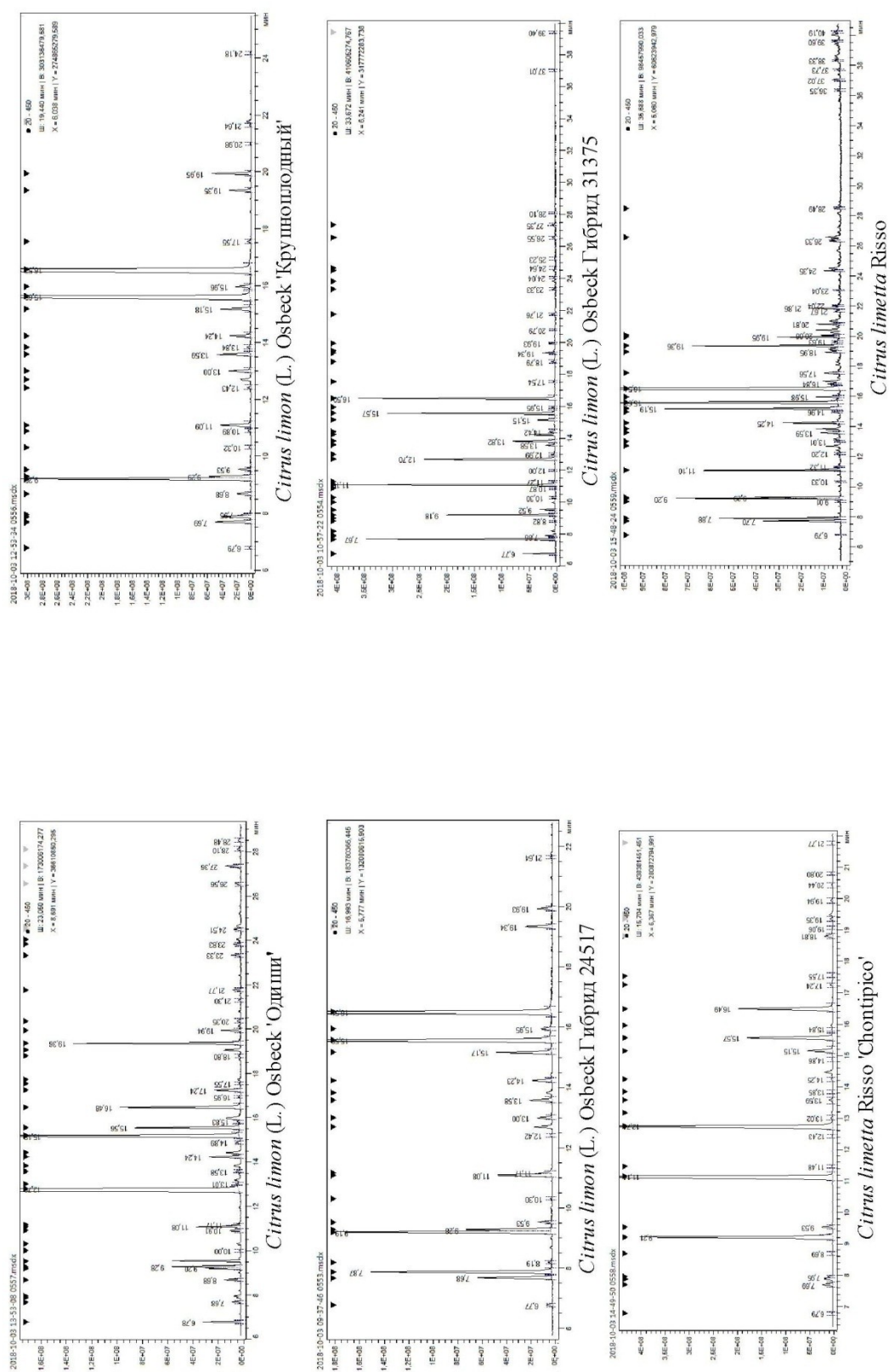
В петитгрейновом масле гибрида 31375 также высока доля сабинена – 12,58%. Это монотерпеновый углеводород туйя новой структуры встречается очень часто в различных эфирных маслах хвойных растений, и придает эфирному маслу данной культуры слабый, приятный древесный (хвойный) аромат.

Исключением из вышеприведенного является петитгрейновое масло сорта 'Одиши', для которого характерно очень низкое содержание цитраля (7,97%) и

Таблица 1

Основные компоненты петитгрейнового эфирного масла сортов и гибридов *Citrus limon* (L.) Osbeck

№	Компоненты	Индекс удерживания	Citrus limon (L.) Osbeck				Citrus limetta Risso 'Chontipico'	Citrus limetta Risso
			'Одиши'	'Крупно-плодный'	гибрид 31375	гибрид 24517		
			%					
1	α-пинен	945	1,00	0,07	2,04	0,27	0,08	0,13
2	сабинен	981	0,27	1,61	12,58	3,76	0,80	1,84
3	β-пинен	988	0,12	1,28	0,55	8,78	0,60	3,12
4	β-мирцен	990	0,17	0,32	0,57	-	0,36	-
5	октаналь	999	-	-	0,30	0,16	-	-
6	3-карен	1018	0,47	0,63	-	-	0,09	-
7	α-терпинен	1024	-	-	0,06	-	-	-
8	p-цимен	1030	-	0,44	0,17	-	-	0,10
9	D-лимонен	1037	0,97	11,69	7,72	10,88	16,76	4,30
10	1,8-цинеол	1040	2,13	1,60	-	4,03	-	2,16
11	β-оцимен	1049	1,98	0,51	0,98	0,61	0,82	-
12	γ-терпинен	1065	0,04	-	0,25	-	-	-
13	цис-сабинен гидрат	1075	0,14	0,10	0,31	0,08	-	-
14	α-терпинолен	1092	-	-	0,06	-	-	-
15	линалоол	1098	1,35	1,47	17,07	2,79	32,33	3,77
16	транс-сабинен гидрат	1104	-	-	0,24	-	-	-
17	нонараль	1111	0,25	-	-	0,54	-	-
18	цитраль	1143	-	0,17	-	-	0,09	-
19	цитронеллаль	1152	53,62	0,55	10,24	1,00	24,21	0,38
20	изонераль	1161	0,07	1,09	0,31	0,77	-	0,14
21	изопулегол	1166	-	-	-	-	0,10	-
22	изогераниаль	1178	0,16	1,66	0,72	1,27	0,32	0,51
23	терпинен- 4-ол	1185	0,24	0,15	3,53	0,30	0,06	0,75
24	α-терпинеол	1196	1,09	1,09	2,12	1,10	0,17	1,63
25	деканаль	1202	0,54	-	0,79	-	-	-
26	цитронелол	1226	15,39	-	1,46	-	2,35	-
27	нерол	1228		1,69	-	3,19		5,35
28	цис-цитраль	1240	3,65	31,81	14,69	25,97	7,92	24,47
29	гераниол	1252	-	0,73	0,25	0,51	0,15	0,71
30	транс-цитраль	1269	4,32	38,17	18,24	31,56	9,16	35,16
31	тимол	1290	0,91	-	-	-	0,26	-
32	карвакрол	1298	0,05	0,18	0,14	-	0,07	0,43
33	ундеканаль	1304	0,10	-	-	-	-	-
34	неоизопулегол гидрат	1339	0,09	-	0,39	-	0,77	-
35	лимонен-1,2-диол	1345	-	-	-	-	-	0,49
36	цитронеллил ацетат	1348	0,52	-	-	-	-	-
37	нерил ацетат	1357	5,32	1,05	0,91	1,45	0,24	4,04
38	изопулегол гидрат	1361	-	-	0,22	-	0,34	-
39	геранил ацетат	1375	0,61	1,87	0,46	0,78	-	1,70
40	α-копаен	1388	0,16	-	-	-	-	-
41	β-кариофиллен	1434	0,27	0,24	0,30	-	0,09	-
42	α-куркумен	1485	0,32	-	0,25	-	-	-
43	β-селинен	1500	0,26	-	0,23	-	-	-
44	α-мууролен	1508	0,14	-	0,14	-	-	-
45	γ-кадинен	1525	0,24	-	0,18	-	-	-
46	δ-Cadinene	1530	0,20	-	0,13	-	-	-
47	кариофиллен оксид	1595	0,26	-	0,24	-	-	0,35
48	розофолиол	1625	0,59	-	0,30	-	-	-
49	α-кадинол	1666	-	-	-	-	-	0,17
50	питол	2111	-	-	0,13	-	-	-
Обнаружено /идентифицировано			47/38	28/25	47/38	23/21	34/25	57/22

Рис. 1 Хроматограммы эфирного масла сортов и гибридов *Citrus limon* (L.) Osbeck

преобладания цитронеллала (53,56%) и цитронеллола (15,39%). Цитронеллол – терпеноидный спирт, придающий маслу аромат розы. Цитронеллол содержится в гераниевом (до 40%), розовом (до 50%) эфирном масле и используются для составления цветочных и парфюмерных композиций, пищевых эссенций, как сырьё для получения душистых веществ.

Существенное отличие компонентного состава эфирного масла из листьев сорта 'Одиши' возможно объясняется его гибридогенной природой, а именно участием в качестве родительской формы природного дикого лимона (*Poncirus trifoliata*).

Анализ биохимического состава исследуемых эфирных масел является важным для определения сроков и условий хранения (табл. 2).

Таблица 2

Органические соединения в петитгрейновом масле сортов и гибридов *Citrus*(L.) Osbeck

Органические соединения	Citrus limon (L.) Osbeck				Citrus limetta Risso 'Chontipico'	Citrus limetta Risso
	'Одиши'	'Крупно- плодный'	№ 31375	№ 24517		
	%					
ТЕРПЕНЫ						
МОНОТЕРПЕНЫ						
Ациклические монотерпены	2,15	0,83	1,55	0,61	1,18	-
Карбоциклические монотерпены:						
моноциклические монотерпены	3,58	13,41	8,26	14,91	16,76	6,56
бициклические монотерпены	2,00	3,69	15,72	12,89	1,57	5,09
ВСЕГО МОНОТЕРПЕНОВ	7,73	17,93	25,53	28,41	19,51	11,65
СЕСКВИТЕРПЕНЫ						
Карбоциклические сесквитерпены:						
моноциклические сесквитерпены	0,32	-	0,25	-	-	-
бициклические сесквитерпены	1,11	0,24	0,98	-	0,09	-
трициклические сесквитерпены	0,16	-	-	-	-	-
ВСЕГО СЕСКВИТЕРПЕНОВ	1,59	0,24	1,23	-	0,09	-
ВСЕГО ТЕРПЕНОВ	9,32	18,17	26,76	28,41	19,60	11,65
ТЕРПЕНОИДЫ						
СПИРТЫ	18,75	5,13	25,47	7,89	36,27	12,87
ОКСИДЫ	0,26	-	0,24	-	-	0,35
АЛЬДЕГИДЫ	62,71	73,45	45,29	61,4	41,61	60,66
ЭФИРЫ	6,45	2,92	1,37	2,23	0,24	5,74
ФЕНОЛЫ	0,96	0,18	0,14	-	0,33	0,43
КЕТОНЫ	-	-	-	-	0,09	-
ВСЕГО ТЕРПЕНОИДОВ	89,13	81,68	72,51	71,52	78,54	80,05
Количественное содержание всех идентифицированных компонентов	98,45	99,85	99,27	99,93	98,14	91,7

Терпены быстро испаряются, легко окисляются и распадаются, поэтому эфирные масла с большим содержанием терпенов не подлежат хранению более одного года. В данных эфирных маслах массовая доля терпенов составляет от 9,32% ('Одиши') до 26,76 и 28,41% (гибриды 31375 и 24517). Монотерпены представлены в эфирном масле гибридов 31375 (сабинен, лимонен) и 24517 (сабинен, лимонен, пинен), сладкого лимона (лимонен), сорта 'Крупноплодный' (лимонен). Присутствие этих органических соединений определяет антисептические, антибактериальные, противогрибковые, противовирусные свойства эфирного масла. Сесквитерпены в исследуемых эфирных маслах или полностью отсутствуют, или представлены в незначительных количествах (0,09-1,59%).

Удельный вес терпеноидов в исследуемых маслах колеблется от 71,0% (гибрид 24517) до 89,0% ('Одиши'). Среди веществ этой группы существенную долю занимают альдегиды (41,61-73,45%) и спирты (5,13-36,27%). Эфиры, фенолы и оксиды представлены в небольшом количестве (0,14-6,45%), кетоны практически полностью отсутствуют.

Спирты диффузны, легко испаряются, часто их аромат является ведущей нотой в аромате и определяют фармакологические свойства масла. В исследуемых маслах наиболее представлены спирты линалоол и цитронеллол. Самыми представленными являются альдегиды цитраль и цитронеллаль, определяющие лимонный аромат и антисептические свойства эфирного масла.

Выводы

Подводя итоги проведенного исследования, отмечаем следующее.

В листьях шести морозоустойчивых сортов и гибридов лимона, произрастающих в открытом грунте в условиях влажного субтропического климата (Республика Абхазия): 'Одиши', 'Крупноплодный', гибриды 24517 и 31375, лиметта мелкоплодная (*Citrus limetta*) и сладкий лимон (*Citrus limetta* 'Chontipico') содержится от 0,18 до 0,42% эфирного масла (на сырую массу) соломенного цвета с лимонным ароматом с цветочными и древесными нотками. В эфирном масле сорта 'Крупноплодный', гибрида 24517 и лиметты мелкоплодной преобладают изомеры цитраля (массовая доля составляет 70,08%, 57,55% и 59,63%, соответственно) и D-лимонен (11,69%, 10,88% и 4,3%), обуславливающие ярко выраженный лимонный аромат масла. Эфирное масло сорта 'Одиши' имеет лимонно-розовый аромат с цветочными нотками, что объясняется преобладанием в нем цитронеллала (53,62%) и цитронеллола (15,39%). Похожие цветочные нотки характерны и для петитгрейнового масла сладкого лимона, мажорными компонентами которого являются линалоол (32,33%) и цитронеллаль (24,21). Смешанным лимонно-цветочно-древесным ароматом обладает эфирное масло из листьев гибрида 31375, в котором кроме цитраля (32,39%) и линалоола (17,07%) присутствует сабинен (12,58%).

В биохимическом составе исследуемых эфирных масле наибольшим удельным весом характеризуются терпеноиды, а именно спирты (линалол и цитронеллол) и альдегиды (цитраль и цитронеллаль), которые обуславливают применение полученных петитгрейновых масел в ароматерапии, пищевой промышленности и фармакологии, а Низкая представленность терпенов определяет срок их хранения больше года.

Самым высоким содержанием (0,42%) и качеством (содержание цитраля+лимонена – 82,0%) масла характеризуется сорт лимона Крупноплодный, что позволяет отнести данный сорт (наряду с сортом 'Villa Franca' – содержание масла 0,42%, содержание цитраля+лимонена – 77,0% [4]) к перспективным промышленным культурам для выращивания в условиях влажных субтропиков с целью получения петитгрейнового масла.

Исследования выполнены на оборудовании ЦКП «Физиолого-биохимические исследования растительных объектов» (ФБИ РО) ФГБУН «НБС-ННЦ» (Ялта, Россия) в рамках НИР № 0829-2019-0039 и при поддержке гранта РФФИ № 19-54-4005

Список литературы

1. Биохимические методы анализа эфирномасличных растений и эфирных масел / Под ред. А.Н. Карпачёвой. – Симферополь: ВНИЭМК, 1972. – 107 с.
2. Горшков В.М., Фогель В.А., Кулян Р.В., Рындин А.В. Каталог цитрусовых культур. Коллекция ГНУ ВНИИЦиСК Россельхоз академии / Под ред. А.В. Рындина. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2013. – 91 с.
3. Плугатарь Ю.В., Шевчук О.М., Феськов С.А., Дмитриев Л.Б., Дмитриева В.Л., Лейба В.Д., Гулянян Т.А., Герасимчук В.Н. Компонентный состав эфирного масла *Thuja plicata* Donn ex D.Don, произрастающей на Южном берегу Крыма // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2019. – Т. 22, № 2. – С. 16-23. DOI: 10.29296/25877313-2019-02-03.
4. Плугатарь Ю.В., Шевчук О.М., Феськов С.А., Федотова И.А., Тарба Ф.Т., Лейба В.Д. Компонентный состав эфирного масла в листьях *Citrus limon* (L.) Osbeck при выращивании в разных условиях // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2019. – № 70. – С. 167-177. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-70-167-177
5. Рындин А.В., Кулян Р.В. Коллекция цитрусовых культур во влажных субтропиках России // Садоводство и виноградарство. – 2016. – № 5. – С. 24-30.
6. Сабекия Д.А. Ценные сорта цитрусовых культур для промышленного возделывания в условиях Абхазии // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2019. – № 70. – С. 69-76.
7. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. – Новосибирск: «Офсет», 2008. – 969 с.
8. Шевчук О.М., Феськов С.А., Кравченко Е.Н., Федотова И.А., Лейба В.Д., Коростылев А.А. Изогромактоновый хемотип *Perilla frutescens* (L.) Britt. var. *nankinensis* (Lour.) Britton // Бюллетень ГНБС. – 2020. – № 135. – С. 78-86.
9. Эбба Я.А., Дбар Р.С. Экологическая климатология и природные ландшафты Абхазии. – Сочи: «Папирус-М-Дизайн», 2007. – 324 с.
10. Adams R.P. Identification of essential oil compounds by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy // Allured Pub. Corp., USA. – 2007. – 804 p.
11. Hojjati M., Barzegar H. Chemical Composition and Biological Activities of Lemon (*Citrus limon*) Leaf Essential Oil // Nutrition and Food Sciences Research. – 2017. – Vol. 4(4). – P. 15-24. DOI: 10.29252/nfsr.4.4.3
12. Huang Y.H., Pu Z., Chen Q. The chemical composition of the leaf essential oils from 110 citrus species, cultivars, hybrids and varieties of Chinese origin // Perfumer and Flavorist. – 2000. – 25(1). – P. 53-66.
13. Ifesan B., Fashakin J., Ebosele F., Oyerinde A. Antioxidant and antimicrobial properties of selected plant leaves // European Journal of Medicinal Plants. – 2013. – 3(3). – 465 p.
14. Jing L., Lei Z., Li L., Xie R., Xi W., Guan Y., et al. Antifungal activity of citrus essential oils // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2014. – 62(14). – P. 3011-33.
15. Kamiyama S. Studies on leaf oils of Citrus species: Part I. Composition of leaf oils from Citrus unshiu, Citrus natsudaikai, Citrus kokitsu and Citrus limon // Agricultural and Biological Chemistry. – 1967. – 31(9). – P. 1091-1096.
16. Mondello L., Cotroneo A., Dugo G., Dugo P. Italian citrus petitgrain oils. Part IV. Composition of lemon petitgrain oil // Journal of Essential Oil Research. – 1997. – 9(5). – P. 495-508.
17. Tranchida P.Q., Bonaccorsi I., Dugo P., Mondello L., Dugo G. Analysis of Citrus essential oils: state of the art and future perspectives. A review // Flavour and Fragrance Journal. – 2012. – Vol. 27(2). – P. 98-123. DOI.org/10.1002/ffj.2089

Статья поступила в редакцию 02.11.2020 г.

Plygatar Yu.V., Shevchuk O.M., Sabekia D.A., Feskov S.A., Fedotova I.A. Leiba V.D. Petitgreine essential oil of *Citrus limon* (L.) Osbeck varieties and hybrids when growing in wet subtropic conditions// Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – №. 136. – P. 98-107.

The article presents data on the content and composition of petitgrain essential oil of six varieties and hybrids of lemon growing in open ground in a humid subtropical climate (Republic of Abkhazia): *Citrus limon* (L.) Osbeck 'Odishi', *C. limon* 'Large-fruited', hybrids *C. limon* 24517 and 31375, small-fruited limetta (*Citrus limetta* Risso) and sweet lemon (*C. limetta* 'Chontipico'). The leaves of the studied varieties contain from 0,18 to 0,42% of essential oil (wet weight) straw-colored with lemon aroma. In the essential oil of the 'Large-fruited' variety, hybrid 24517 and small-fruited lime, citral isomers and D-limonene predominate, which cause a pronounced lemon aroma of the oil. The 'Odishi' essential oil has a lemon-pink aroma with floral notes, which is explained by the predominance of citronellal and citronelol in it. Sweet lemon petitgrain oil has similar floral notes, with linalool and citronellal as the major components. A mixed lemon-floral-woody aroma is possessed by the essential oil from the leaves of hybrid 31375, in which, in addition to citral and linalool, sabinene is present. The 'Large-fruited' variety is characterized by the highest content (0,42%) and quality of petitgrain oil.

Key words: *petitgrain essential oil; component composition; Citrus limon* (L.) *Osbeck; Citrus limetta* *Risso; limonene; citral; aroma*

УДК 581.192/543:582.579.2

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-108-115

МОРФОБИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Оксана Олеговна Вронская, Оксана Леонидовна Цандекова

ФИЦ УУХ СО РАН, 650065, Россия, г. Кемерово,
пр-т Ленинградский 10
E-mail: oksana_vronski@mail.ru

В статье представлены результаты многолетних исследований по изучению адаптационного потенциала растений рода *Iris* семейства *Iridaceae* в условиях северной лесостепи Западной Сибири. Проведена оценка морфобиологических особенностей ирисов, определены сроки цветения и суммы положительных температур, необходимых для наступления таких фенологических фаз развития, как отрастание, бутонизация, цветение и плодоношение. Выявлена индикаторная роль фенольных соединений и пероксидазы в листьях ирисов в течение сезонного развития. Исследуемые показатели можно использовать в качестве информативного параметра оценки состояния растений для фитоиндикации и интродукции.

Ключевые слова: *Iris aphylla* (Ирис безлистный); *I. chrysographes* (И. золотисто-расписной); *I. halophila* (И. солелюбивый); *I. pseudacorus* (И. ложноаирный); *I. ruthenica* (И. русский); фенологические фазы; полифенольные соединения; пероксидаза

Введение

Адаптация растений к условиям среды происходит на основе изменчивости различных признаков их строения и функционирования. В частности, в процессе приспособления растительного организма к изменяющимся условиям внешней среды происходит преобразование структуры их вегетативных органов, которые чутко реагируют на разного рода отклонения гидротермических условий. В связи с этим изучение морфофизиологических особенностей того или иного вида позволяет понять многие стороны его адаптации, поскольку особенности строения растений очень часто коррелируют с процессами происходящими внутри растительного организма. В процессе адаптации растения претерпевают изменения биологически активных веществ, в том числе пероксидазы и фенольных соединений [1, 13]. Проблема адаптации растений в северной лесостепи Западной Сибири особенно актуальна, где специфические условия вегетационного периода обусловлены континентальным климатом. Растения рода *Iris* L. дают объективную реакцию на изменение условий окружающей среды. Ирисы обладают хорошей зимостойкостью, ранним цветением и декоративностью [3]. Они широко исследуются во многих регионах России и за рубежом [8, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 20].

Целью настоящей работы явилось изучение морфобиохимических особенностей ирисов в условиях северной лесостепи Западной Сибири.

Объекты и методы исследования

Работа проведена в 2012-2019 гг., в Кузбасском ботаническом саду. Объектом исследований служили многолетники рода *Iris* семейства *Iridaceae*: *I. aphylla* L. (Ирис безлистный), *I. chrysographes* Dykes (И. золотисто-расписной), *I. halophila* Pall. (И. солелюбивый), *I. pseudacorus* L. (И. ложноаирный), *I. ruthenica* Ker Gawl. (И. русский).

Климат района исследований – континентальный. Среднегодовая температура воздуха – 0,9°C. Наиболее высокая температура воздуха летом +35...+38°C., зимой – 57 °C. Первые весенние заморозки с 28 мая по 11 июня. Первые осенние заморозки с 26 августа по 14 сентября. Среднегодовое количество осадков – 450-500 мм. Высота снежного покрова от 47 до 72 см.

Фенологические наблюдения проводили согласно методике фенологических наблюдений, рекомендованной для ботанических садов [7]. Сумму положительных температур выше 0°C, определяли при использовании методических подходов [2]. Для биохимических анализов взяты надземные органы (листья) ирисов в следующие фазы вегетации: бутонизации, цветения, плодоношения. Определение активности пероксидазы определяли методом А.Н. Бояркина [4], фенольных соединений – по методу Левенталья-Нейбауера, который основан на легкой окисляемости фенолов калия перманганатом в присутствии индигосульфокислоты при комнатной температуре до появления золотисто-желтого окрашивания [6]. Повторность опытов трехкратная из смешанной пробы. Данные представлены в виде средних арифметических значений и их среднеквадратических (стандартных) ошибок. Статистическая обработка полученных данных и построение графиков выполнены с помощью стандартного пакета программ StatSoft STATISTICA 8.0. for Windows и Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и обсуждение

При изучении феноритмов роста и развития растений рода *Iris* выяснили, что начало отрастания наступало со второй декады апреля по вторую декаду мая, при сумме положительных температур 190-217°C. Первые бутоны у ирисов появлялись через 15-25 дней после отрастания, при сумме положительных температур 310-380 °C. Начало цветения у исследуемых видов наступало через 17-27 дней от начала бутонизации.

У *I. halophila* и *I. ruthenica* цветение первых цветков наступало в конце третьей декады мая – начале первой декады июня, при сумме положительных температур 313-389°C. В первой декаде июня отмечено начало цветения у *I. aphylla* при сумме положительных температур 412-543°C. Во второй декаде июня зацветали *I. chrysographes* и *I. pseudacorus* при сумме положительных температур 585-596°C. В среднем продолжительность цветения у ирисов составила 14-21 день (рис. 1).

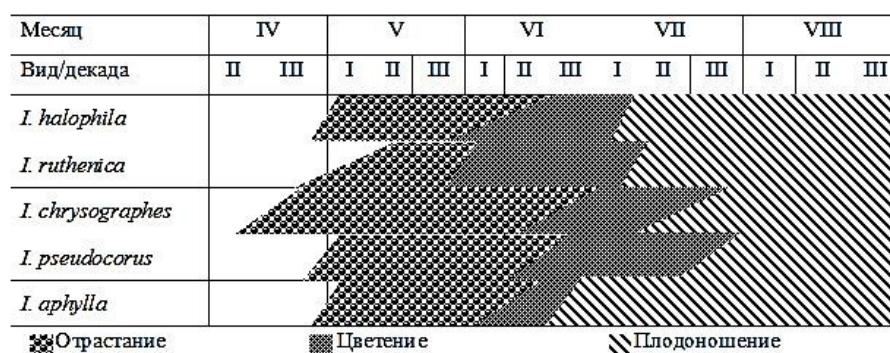


Рис. 1 Фенологические спектры видов рода *Iris* 2012-2019 гг.

Причем, продолжительность цветения зависила от гидротермических условий: в теплые и сухие периоды – короткая, во влажные (2013–2014 гг.) – продолжительная (табл. 1).

Таблица 1

Агроклиматические показатели вегетационных периодов 2012-2019 гг

Год	Сумма осадков, мм	Сумма температур выше 10°C	ГТК	Продолжительность вегетационного периода, дней	Характеристика тепло- и влагообеспеченности
2012	103,9	1972	0,53	125	Жаркий, засушливый
2013	384,5	2178	1,76	140	прохладный, избыточно увлажненный
2014	245,6	2145	1,14	138	прохладный, увлажненный
2015	197,6	2315	0,85	125	Жаркий, засушливый
2016	250,0	2493	1,00	135	Жаркий, увлажненный
2017	197,4	2305	0,85	131	Жаркий, засушливый
2018	123,6	1904	0,64	129	Жаркий, засушливый
2019	184,9	1961	0,94	137	Жаркий, засушливый

Примечание: ГТК – гидротермический коэффициент

Цветки раскрываются рано утром, а в жаркую и сухую погоду распускание бутонов наблюдается днем. Пыльцевые мешки раскрываются одновременно с распусканьем цветка или сразу после его распускания. Из пылевого мешка пыльца высыпается быстро, часто, к вечеру первого дня он становится пустым. Пыльца однородная, жизнеспособность пылевых зерен составляет 87,193,1% у всех ирисов. Продуктивность цветения ирисов зависит от продолжительности цветения одного цветка, которая составляет 3-7 дней.

Отмечены некоторые отличия по способности к плодоношению у разных видов ирисов: у *I. pseudacorus*, *I. ruthenica*, *I. chrysographes*, *I. aphylla* плоды завязывались и вызревали во все годы наблюдений, у *I. halophila* – плоды образовывались, но не вызревали в 2013, 2014 гг. Причиной могли стать невысокие температуры и большое количество влаги в период плодоношения.

Период вегетации у *I. aphylla*, *I. halophila*, *I. ruthenica*, *I. chrysographes* составлял от 116 дней и более, у *I. pseudacorus* – длинный (130 и более дней). Таким образом, продолжительность вегетационных периодов зависела от гидротермических условий: в теплые и сухие периоды – короткая, во влажные – длительная.

Морфометрические измерения вегетативных органов ирисов позволили разделить исследуемые ирисы по высоте на высокорослые (более 100 см): *I. pseudacorus*; среднерослые (60,0-90,0 см): *I. halophila* и *I. chrysographes*; низкорослые (20,0-50,0 см): *I. aphylla*, *I. ruthenica* (рис. 2). У всех ирисов наименьшая высота побегов наблюдалась в 2017 г., в связи с жарким и сухим летним периодом. В результате недостаточного увлажнения в период отрастания побегов, отмечено снижение высоты цветonoсных побегов у растений. Наиболее благоприятным для развития ирисов оказался вегетационный период 2018 года: 75,0% видов характеризовались наибольшей высотой побегов, так как отмечен стабильный переход температур через +5,0°C, который наступил в третьей декаде марта и через +10°C – в середине апреля.

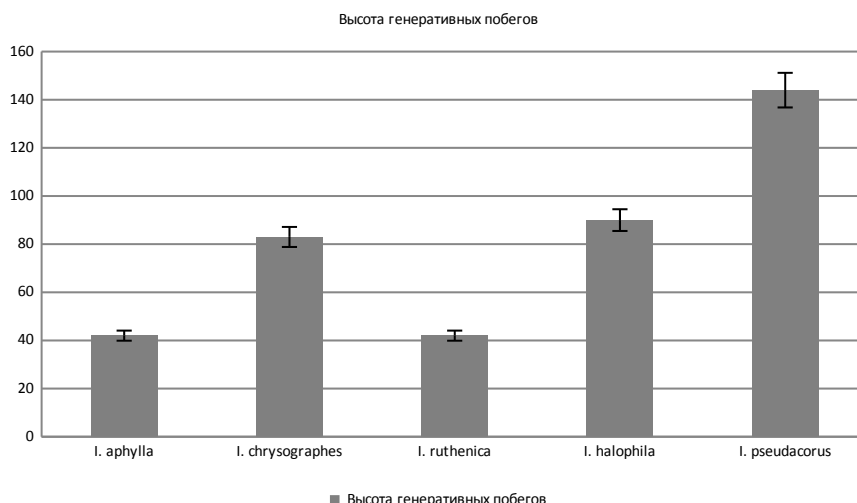


Рис. 2 Средняя высота генеративных побегов (см) ирисов 2012-2019 гг.

Совокупный анализ морфобиологических и биохимических показателей у ирисов выявил взаимную обусловленность этих параметров. Так ответом на процесс адаптации ирисов служит содержание фенольных соединений и ферментативная активность.

Метаболизм фенолов и деятельность пероксидаз в листьях ирисов находятся в тесной взаимосвязи, причем пероксидазы способствуют быстрому окислению первых. Когда процессы синтеза фенолов в растении интенсивнее, чем их окисление пероксидазами, то наблюдается увеличение содержания первых, и наоборот. Некоторые исследователи отмечают увеличение концентрации фенолов и уровня пероксидазы в ассимилирующих органах растений при неблагоприятных условиях и к концу вегетации [10, 5, 19]. Полученные нами результаты не противоречат литературным данным, согласно которым ирисы с высокой активностью пероксидазы содержат много полифенолов. Установлено, что в листьях декоративных многолетников рода *Iris* в течение вегетации повышалось содержание пероксидазы (до 13,69 ед. активности) и фенольных соединений (до 1,22%), особенно в фазы цветения и плодоношения.

Сравнительный анализ данных полифенольных соединений в листьях травянистых многолетников выявил индивидуальные различия у исследуемых видов. Установлено, что наибольшее содержание фенолов у всех исследуемых образцов отмечено в фазу плодоношения (0,89-1,47%), наименьшее – в фазу бутонизации (0,58-0,79%). В условиях северной лесостепи Западной Сибири в листьях *I. aphylla* и *I. halophilla* в течение вегетации выявлен наиболее высокий уровень их накопления (от 0,66 до 1,47%), что выше в 1,1-1,5 раза, чем у других видов. В листьях *I. pseudacorus* в течение вегетации концентрация фенолов ниже на 17-33%, чем в других исследуемых образцах (рис. 3).

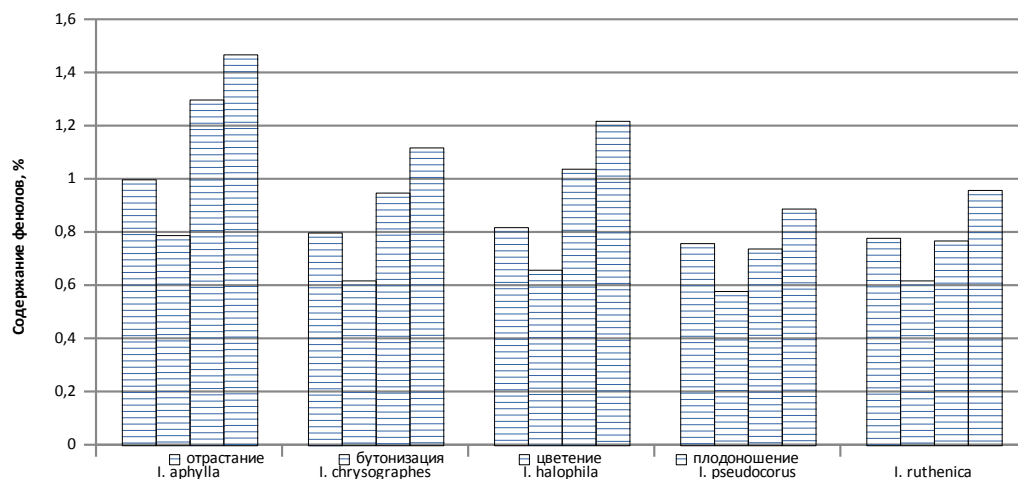


Рис. 3 Средний уровень содержания фенольных соединений в листьях декоративных многолетников рода *Iris* L. в течение вегетации

Наибольшее содержание фенолов у всех ирисов отмечено в фазу плодоношения (0,89-1,47%), наименьшее – в фазу бутонизации (0,58-0,79%). В листьях *I. ruthenica* в течение вегетации выявлен наиболее высокий уровень накопления исследуемого показателя (от 0,79 до 1,47%). У *I. aphylla* значения варьировали в пределах от 0,58 до 0,89%, что ниже на 17-52%, чем в образцах других видов.

На содержание полифенольных соединений в листьях ирисов оказывают влияние метеорологические условия исследуемых вегетационных периодов. Наибольшее количество фенолов наблюдалось в жаркие и засушливые годы (2012, 2015, 2017-2019 гг.), очевидно, при повышенной температуре происходит увеличение внутриклеточного образования активных форм кислорода, что приводит к возникновению окислительного стресса и включению защитных механизмов у растений.

Активность пероксидазы у ирисов к концу вегетационного периода возрастала, что связано с естественным старением растений (рис. 4). Отмечено, что ферментативная активность в листьях всех видов ирисов в течение вегетации варьировала в пределах от 0,58 до 13,69 ед. активности. В фазу бутонизации выявлены минимальные значения фермента у исследуемых образцов (0,58-8,12 ед. активности), в фазу плодоношения – максимальные значения (1,03-13,69 ед. активности).

Сравнительная характеристика многолетников показала, что в листьях *I. aphylla* и *I. halophila* отмечен наименьший уровень активности фермента (на 6-33%), в сравнении с другими видами ирисов. Наиболее высокая активность пероксидазы в течение вегетации отмечена в листьях *I. ruthenica* (9,39-13,69 ед. активности).

В условиях высокой температуры и засухи (2012, 2015, 2017-2019 гг.) наблюдалась повышенная активность пероксидазы.

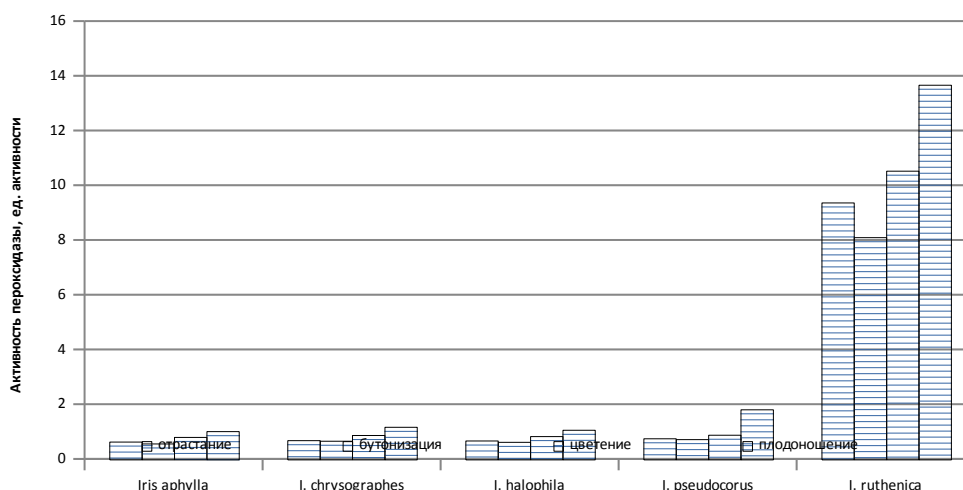


Рис. 4 Уровень активности пероксидазы в листьях травянистых растений рода *Iris* L. в течение вегетации

На основе полученных экспериментальных данных проведен анализ значений коэффициентов вариации биохимических показателей и расчет корреляционных связей между морфологическими и биохимическими показателями у исследуемых растений. У декоративных многолетников выявлена наибольшая однородность уровня фенольных соединений, т.е. меньшая изменчивость признака по сравнению с активностью пероксидазы. Оценка вариабельности исследуемых показателей выявила отличия коэффициентов вариации, рассчитанных для различных видов ирисов. У *I. ruthenica* отмечен наибольший разрыв в изменчивости по активности пероксидазы, в сравнении с другими видами. Наиболее тесная взаимосвязь обнаружена между содержанием фенолов и шириной листа; активностью пероксидазы и шириной листа; положительная корреляция – между активностью пероксидазы и диаметром куста.

Выводы

Исследования показали, что гидротермические условия северной лесостепи Западной Сибири специфически влияют на динамику накопления биохимических веществ и изменения морфометрических параметров представителей рода *Iris*. В жаркие и засушливые периоды наблюдалось уменьшение биоморфологических характеристик, увеличение активности полифенольных соединений и пероксидазы.

Изучены некоторые особенности адаптивных реакций растений в течение вегетации, которые выражались в изменении уровня накопления антиоксидантов в листьях *I. aphylla* и *I. halophila*, в сторону повышения содержания фенольных соединений до 1,5 раз, в сравнении с другими видами. *I. pseudocorus* характеризовался наиболее длительным периодом вегетации (130 и более дней) и низким накоплением вторичных метаболитов в листьях, относительно других видов ирисов.

Выявленные перестройки в функционировании морфобиохимической системы ирисов позволяют рассматривать их, как приспособительные и защитные реакции, направленные на их выживание в северной лесостепи Западной Сибири. Исследуемые показатели можно использовать в качестве информативного параметра для фитоиндикации и оценки состояния растений.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ УУХ СО РАН АААА-А17 - 117041410053-1 (проект № 0352-2016-0002) «Оценка состояния и охрана флористического разнообразия под влиянием антропогенных и техногенных факторов *in situ* и *ex situ*». На базе УНУ Интродукционный фонд КузБС № USU 508670

Список литературы

1. Андышева Е.В. Фенольные соединения *Dasiphora gorovoi* в природных и интродукционных условиях юга Приморского края. Материалы II Международной научной конференции «Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы». – Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, ИЦ Новосибирского ГАУ «Золотой колос». – 2015. – С. 56-59.
2. Гулинова Н.В. Методы агроклиматической обработки наблюдений: учебное пособие. – Л.: Гидрометеиздат. – 1974. – 151 с.
3. Долганова З.В. Пути повышения устойчивости представителей рода *Iris* L. к абиотическим стрессорам лесостепи Алтайского края. Плодоводство и ягодоводство в России. – 2012. – Т. 30. – С. 216-228.
4. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат. – 1987. – С. 41-43.
5. Карташов А.В., Радюкина Н.Л., Иванов Ю.В., Пашковский П.П., Шевякова Н.И., Кузнецов В.В. Роль систем антиоксидантной защиты при адаптации дикорастущих видов растений к солевому стрессу // Физиология растений. – 2008. – Т. 55. – С. 516-522.
6. Коренская И.М., Ивановская Н.П., Измалкова И.Е. Лекарственные растения и лекарственное растительное сырье, содержащие антраценпроизводные, простые фенолы, лигнаны, дубильные вещества. – Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та. – 2007. – С. 50-51.
7. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – М: Наука. – 1975. – 27 с.
8. Минжал М.Ш., Болдырев В.А. Морфометрические признаки семян некоторых видов рода *Iris* L. в Саратовской области. Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. – 2016. – Т. 16. – Вып. 4. – С. 404 – 410.
DOI: 10.18500/1816-9775-2016-16-4-404-410.
9. Набиева А.Ю., Елисафенко Т.В. Особенности размножения редких сибирских видов рода *Iris* L. – *I. Glaucescens* Bunge и *I. Bloudowii* Ledeb. в условиях культуры. Turczaninowia. – 2012. – № 15. – Т.1. – С. 80-84.
10. Рогожин В.В., Верхотуров В.В., Рогожина Т.В. Пероксидаза: строение и механизм действия. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. техн. ун-та. – 2004. – 200 с.
11. Bozena Mitic, Heidemarie Halbritter, Renata Sostaric, Toni Nikolic. Morphology of the genus *Iris* L. (Iridaceae) from Croatia and surrounding area: Taxonomic and phylogenetic implications. Plant Syst Evol. – 2013. – Vol. 299-271. – P. 288.
DOI 10.1007/s00606-012-0720-7
12. Colasante M., Mathew B. Species of natural hybrid origin and misinformation in the Irises: A reappraisal of the presence of *I. aphylla* L. in Italy. – 2008. – Vol. 142. – P. 172-178.
13. Guiyao Zhou, Qin Luo, Yajie Chen, Miao He, Lingyan Zhou, Douglas Frank, Yanghui He, Yuling Fu, Baocheng Zhang, Xuhui Zhou. Effects of livestock grazing on grassland carbon storage and release override impacts associated with global climate change. Global Change Biology. – 2018. – Vol. 25. – №3. – P. 1119-1132.

14. *Guvenç A.* Investigation on the seeds of *Iris spuria* L. subsp. *musulmanica* (fömin) takht. (Iridaceae). Turkish J. Pharm. Sci. – 2005. – № 2. – p. 125-136.
15. *Karpenko V. P.* Introduction history of species and varieties of genus *Iris* l. in Ukraine against the background of global trends. Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2015. – № 2. – С. 85-89.
16. *Khassanov F.O.* Taxonomic revision of the genus *Iris* L. (Iridaceae Juss.) for the flora of Central Asia. Stapfia. – 2012. – № 97. – P. 174-179.
17. *Oybak Donmez E, Isik S* (2008) Pollen morphology of Turkish Amaryllidaceae, Ixioliriaceae and Iridaceae. Grana. – 2008. – № 47. – P. 15-38.
18. *Tillie N., Chase M. W., Hall T.* Molecular studies in the genus *Iris* L.: a preliminary study. Annali di botanica. 2000. – P.105-112. DOI: 10.4462 / annbotrm-9068.
19. *Simova-Stoilova L., Demirevska K., Kingston-Smith A., Feller U.* Involvement of the leaf antioxidant system in the response to soil flooding in two *Trifolium* genotypes differing in their tolerance to waterlogging // Plant Science. –2012. – Vol. 183. – P. 43-49. DOI: 10.1016/j.plantsci.2011.11.006
20. *Wróblewska A., Brzosko E., Czamecha Ç., Nowosielski J.* High levels of genetic diversity in populations of *Iris aphylla* L. (Iridaceae), an endangered species in Poland. Bot. J. Linn. Soc. – 2003. – Vol. 142. – P. 65-72.

Статья поступила в редакцию 20.02.2020 г.

Vronskaya O.O., Zandekova O.L. Morphobiochemical features of plant adaptation in the Northern forest-steppe of Western Siberia // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – № 136. – P. 108-115.

The article presents the results of long-term research on the adaptive potential of plants of the genus *Iris* of the family Iridaceae in the Northern forest-steppe of Western Siberia. An assessment of the morphobiological features of irises was carried out, the timing of flowering and the amount of positive temperatures necessary for the onset of such phenological phases of development as regrowth, budding, flowering and fruiting were determined. The indicator role of phenolic compounds and peroxidase in iris leaves during seasonal development was revealed. The studied indicators can be used as an informative parameter for evaluating the state of plants for phyto-indication and introduction.

Key words: *Iris aphylla* (leafless iris); *I. chrysographes* (Golden-painted iris); *I. halophila* (salty-loving iris); *I. pseudacorus* (false-aired iris); *I. ruthenica* (Russian iris); phenological phases; polyphenolic compounds; peroxidase

УДК 674.031.925.2:631.576:577.164.2

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-116-120

АСКОРБИНОВАЯ КИСЛОТА В ПЛОДАХ И ЛИСТЬЯХ НЕКОТОРЫХ СОРТОВ ХУРМЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

Оксана Анатольевна Гребенникова, Владимир Анатольевич Мельников

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, Никитский спуск, 52
E-mail: oksanagrebennikova@yandex.ru

Представлены результаты содержания аскорбиновой кислоты в плодах и листьях 10 сортов хурмы, произрастающей в генофондовой коллекции Никитского ботанического сада. Установлено, что концентрация аскорбиновой кислоты в плодах хурмы технической зрелости составляет 19,8-56,3 мг/100 г, а потребительской зрелости – на 70,0-85,0% меньше (5,08-8,96 мг/100 г). В листьях хурмы содержится в 5-20 раз больше аскорбиновой кислоты, чем в плодах. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования листьев хурмы, как дополнительного источника витамина С. Максимальным содержанием аскорбиновой кислоты выделяются плоды сортов Виргинская Крупноплодная, Делишес, Сидлес и листья сортов Сидлес и Золотистая.

Ключевые слова: хурма; сорт; плоды; листья; аскорбиновая кислота

Введение

Хурма восточная (*Diospyros kaki* Thunb.) по совокупности хозяйственно ценных признаков занимает важное место среди плодовых культур и возделывается практически во всех странах субтропического пояса [12]. Хурма виргинская (*Diospyros virginiana* L.) является достаточно морозоустойчивым видом. Сорта, полученные в результате селекции хурмы виргинской позволяют получать урожай в регионах, где температура в зимний период может опускаться до минус 30°C [13].

Плоды хурмы отличаются высоким содержанием биологически активных веществ (БАВ): фенольных соединений, витаминов, пектиновых веществ, каротиноидов, сахаров, органических кислот, микро- и макроэлементов и др., благодаря чему заняли важное место в рационе питания населения и используются в народной медицине разных стран [1, 14, 15].

Аскорбиновая кислота, источником которой являются плоды хурмы, наряду с другими БАВ, представляет особый интерес ввиду невозможности ее синтеза в организме человека. Аскорбиновая кислота выполняет различные биохимические функции в организме человека, включая антиоксидантную, иммуностимулирующую, нейромодулирующую, противовирусную и т.д. [15]. Установлено, что источником витамина С являются не только плоды, но и листья хурмы. Выявлено, что в листьях хурмы содержится большее количество аскорбиновой кислоты, чем в плодах, и они даже находят применение при производстве фиточая [2, 4, 11]. При этом, имеющиеся в литературе данные по количественному содержанию аскорбиновой кислоты в плодах и листьях хурмы достаточно противоречивы, что связано с существенными колебаниями этого показателя в зависимости от сортовой принадлежности, агроэкологических условий и времени сбора [1, 2, 4, 6, 9, 11].

Таким образом, целью настоящей работы явилось изучение содержания аскорбиновой кислоты в плодах и листьях некоторых сортов восточной и виргинской хурмы, произрастающих в Никитском ботаническом саду, как дополнительного источника витамина С.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись листья и плоды 9 сортов и гибридных форм хурмы восточной произрастающих в генофондовой коллекции Никитского ботанического сада: Хиакуме (контроль), Айзу-Миширазу, Береговая 267, Делишес, Золотистая, Зорька 187, Мечта, Сидлес, Южная Красавица и 1 сорт хурмы виргинской – Виргинская Крупноплодная. Среди отобранных сортов по типу плодов к группе константных относятся: Айзу-Миширазу, Сидлес, Золотистая, Мечта, Южная Красавица, Виргинская Крупноплодная; к группе варьирующих – Береговая 267, Хиакуме, Зорька 187; к группе нетерпких – Делишес.

Климат характеризуется как сухие субтропики, среднегодовая температура составляет +13,7°C. Абсолютный минимум температуры воздуха -15°C, а средний из абсолютных минимумов -5,0...-7,0°C. Годовое количество осадков достигает 680-780 мм [8]. Генофондовая коллекция расположена в 200-250 метрах от берега Черного моря на высоте 40 метров над уровнем моря, на юго-восточном пологом склоне, с буровато-серыми, слабокарбонатными, мощными, средне-суглинистыми, средне-хрящеватыми почвами, плантажированными на 90-100 см. Схема посадки деревьев 6х6 метров. Полив регулярный [7] (рис. 1).



Рис. 1 Общий вид генофондовой коллекции хурмы в Никитском ботаническом саду

Сбор плодов для анализа проводили при достижении ими технической зрелости (первая декада октября) согласно методическим рекомендациям [3], листьев – при сборе плодов и непосредственно перед листопадом (первая и последняя декады октября). Содержание аскорбиновой кислоты определяли йодометрическим титрованием [10]. Повторность опытов трехкратная. Для статистической обработки, полученных данных использовали программное приложение STATISTICA 6.0.

Результаты и обсуждение

Содержание аскорбиновой кислоты в плодах хурмы урожая 2019 г., достигших технической (съемной) зрелости, в зависимости от сорта, колебалось в пределах от 19,8 мг/100 г у сорта Хиакуме (контроль) до 56,3 мг/100 г у сорта Виргинская Крупноплодная (табл. 1). Высоким содержанием данного витамина также отличался сорт Делишес (55,0 мг/100 г). Полученные результаты согласуются с литературными

данными по содержанию аскорбиновой кислоты в плодах хурмы, культивируемой в Абхазии, на Черноморском побережье Кавказа и в южных районах Краснодарского края [2, 6, 9].

Таблица 1

Содержание аскорбиновой кислоты в плодах хурмы

Сорт, форма	Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г	
	техническая зрелость	потребительская зрелость
Айзу-Миширазу	39,6±1,2	7,02±0,21
Береговая 267	21,1±0,6	5,26±0,16
Делишес	55,0±1,6	8,96±0,27
Золотистая	42,1±1,3	6,24±0,19
Зорька 187	38,5±1,2	6,98±0,21
Мечта	37,4±1,1	7,11±0,21
Сидлес	34,2±1,0	8,62±0,26
Хиакуме (контроль)	19,8±0,6	5,92±0,18
Южная Красавица	29,9±0,9	5,08±0,15
Виргинская Крупноплодная	56,3±1,6	8,90±0,27

При достижении потребительской зрелости после сбора и хранения, концентрация аскорбиновой кислоты в плодах хурмы разных сортов уменьшалась неодинаково. В зависимости от особенностей сорта, плоды хурмы от момента сбора до полного созревания теряли большую часть аскорбиновой кислоты (от 70% до 85%). К моменту достижения потребительской зрелости плодов, количество аскорбиновой кислоты, в зависимости от сорта, варьировало в интервале от 5,08 мг/100 г у сорта Южная Красавица до 8,96 мг/100 г у сорта Делишес, что существенно больше контроля (на 3,04 мг/100 г). Высокой концентрацией витамина С также выделялись зрелые плоды сортов Виргинская Крупноплодная (8,90 мг/100 г) и Сидлес (8,62 мг/100 г), превышая контрольный сорт Хиакуме на 2,98 мг/100 г и 2,70 мг/100 г соответственно.

Из литературных источников известно, что в листьях хурмы, выращенной на Черноморском побережье Кавказа содержание витамина С составляло до 55,2 мг/100 г [6], а выращенной в Грузии – 52,6% [4]. В листьях хурмы Никитского сада, собранных во время съема плодов, содержание аскорбиновой кислоты, в зависимости от сортовой принадлежности, составляло от 370 мг/100 г у сорта Мечта до 1710 мг/100 г у сорта Сидлес (табл. 2). С высокой концентрацией витамина С также выделялись листья сорта Золотистая (1079 мг/100 г). Следуя тенденциям развития рынка необходимо развивать и совершенствовать технологии переработки не только плодов, но и листьев для создания новых биологически ценных продуктов питания из хурмы, как, например, фиточай. Такой подход позволяет увеличить рентабельность возделывания хурмы, а также повысить уровень реализуемой продукции, произведённой в России [5]. Нами было проведено определение количества аскорбиновой кислоты в листьях, что позволило выделить сорта с наиболее высоким содержанием данного соединения для производства фиточаев. В листьях хурмы, собранных перед листопадом, концентрация аскорбиновой кислоты, в зависимости от сорта, понизилась на 18-87%, что в среднем составило 53% от содержания данного витамина, зафиксированного в начале октября (во время сбора плодов) (табл. 2). Несмотря на это, в листьях сортов Сидлес и Золотистая сохранилось максимальное содержание данного витамина, по сравнению с другими изученными сортами, (741 и 693 мг/100 г соответственно), превышая контрольный сорт практически в два раза.

Таблица 2

Содержание аскорбиновой кислоты в листьях хурмы

Сорт, форма	Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г	
	во время съема плодов (1 декада октября)	перед листопадом (3 декада октября)
Айзу-Миширазу	970±29	571±17
Береговая 267	884±26	113±3
Делишес	420±13	235±7
Золотистая	1079±32	693±20
Зорька 187	513±15	420±13
Мечта	370±11	246±7
Сидлес	1710±50	741±22
Хиакуме (контроль)	982±29	385±12
Южная Красавица	950±28	460±14
Виргинская Крупноплодная	792±24	453±13

Анализ полученных данных показал превышение содержания витамина С в листьях по сравнению с плодами в 5-20 раз.

Полученные результаты выявили целесообразность использования листьев хурмы, как дополнительного источника витамина С. Среди исследованных сортов по содержанию аскорбиновой кислоты наибольший интерес представляют листья хурмы сортов Сидлес и Золотистая.

Выводы

Выявлено, что в плодах хурмы технической зрелости содержится от 19,8 до 56,3 мг/100 г аскорбиновой кислоты. При созревании после сбора плоды хурмы теряют до 85,0% витамина С. В стадии потребительской зрелости хурмы концентрация аскорбиновой кислоты составляет от 5,08 до 8,96 мг/100 г. Максимальным содержанием витамина С выделяются плоды сортов Виргинская Крупноплодная, Делишес и Сидлес.

Установлено, что в листьях хурмы содержится в 5-20 раз больше аскорбиновой кислоты, чем в плодах. Полученные результаты выявили, что листья хурмы, культивируемой в Никитском ботаническом саду, могут служить дополнительным источником витамина С и компонентом для фиточаев. По накоплению витамина С наибольший интерес представляют листья хурмы сортов Сидлес и Золотистая.

Список литературы

1. Гафизов Г.К. Пищевая ценность и вкусовые качества плодов хурмы (обзор) // Web of Scholar. – 2016. – Т. 1. – № 1. – С. 54-57.
2. Кобляков В.В., Ченцова Е.С. Витамин С в плодах и листьях хурмы Прикубанской зоны плодводства // Новые нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы междунар. симпоз. – М.: РУДН, 2007. – С. 96-98.
3. Кривенцов В.И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. – Ялта, 1982. – 22 с.
4. Майсурадзе З.А., Такидзе Р.М., Майсурадзе Д.А., Джавелидзе Ц.А., Салуквадзе М.М. Производство чаеподобных продуктов из субтропической хурмы // Труды международной научной конференции «Проблемы безопасности пищевых продуктов». Грузинский государственный технический университет. – Тбилиси, 2008. – С. 257-258.

5. Мельников В.А., Хохлов С.Ю., Панюшкина Е.С., Мелкозерова Е.А. Биологически активные вещества в свежих плодах хурмы и продуктах их переработки // Плодоводство и ягодоводство России. – 2019. – №58. – С. 218-225.
6. Омаров М.Д. Биохимический состав плодов хурмы восточной (*Diospyros kaki*) и его значение // Садоводство и виноградарство. – 2012. – № 1. – С. 37-39.
7. Пасенков А.К. Итоги сортоизучения восточной хурмы в Никитском ботаническом саду // В кн.: Итоги сортоизучения восточной хурмы и маслины на Южном берегу Крыма. – Харьков, 1970. – С. 5-92.
8. Плугатарь Ю.В. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. – Симферополь: Ариал, 2015. – 164 с.
9. Причко Т.Г., Чалая Л.Д., Рябова А.С. Сравнительная оценка показателей качества плодов хурмы различных сортов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – №6. – С. 52-54.
10. Рихтер А.А. Использование в селекции взаимосвязей биохимических признаков // Труды Гос. Никитского ботанического сада. – 1999. – Т. 108. – С. 121-129.
11. Сурхаев Г.А., Сурхаева Г.М. Продукционный потенциал хурмы виргинской в листовых насаждениях // Научное обозрение. – 2018 – № 2. – С. 21-26.
12. Хохлов С.Ю. Оценка сортов хурмы в коллекции Никитского сада // Сборник научных трудов ГНБС. – 2015. – Т.140. – С. 206-220.
13. Хохлов С.Ю. Хурма / Субтропические плодовые и орехоплодные культуры: Монография // Под редакцией С.Ю. Хохлов, А.Н. Казас. – Ялта: «НБС-НИЦ», 2012. – С. 172-192.
14. Butt M.S., Sultan M.T., Aziz M., Naz A., Ahmed W., Kumar N., Imran M. Persimmon (*Diospyros kaki*) fruit: hidden phytochemicals and health claims // EXCLI Journal. – 2015. – Vol. 14. – P. 542-561.
15. Kashif M., Akhtar N., Mustafa R. An overview of dermatological and cosmeceutical benefits of *Diospyros kaki* and its phytoconstituents / Braz. J. Pharm. – 2017. – Vol. 27. – P. 650-662.

Статья поступила в редакцию 07.05.2020 г.

Grebennikova O.A., Melnikov V.A. Ascorbic acid in the fruits and leaves of some persimmon cultivars in the Southern Coast of the Crimea // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – №136. – P. 116-120.

The results of the ascorbic acid content in the fruits and leaves of 10 persimmon cultivars from the Nikitsky Botanical Gardens' collection are presented. It has been established that the concentration of ascorbic acid in technical persimmon fruits is 19,8-56,3 mg / 100 g, and in mature fruits it is 70-85% lower (5,08-8,96 mg / 100 g). Persimmon leaves contain 5-20 times more ascorbic acid than in fruits. The results showed the ability to use persimmon leaves as an additional source of vitamin C. The maximum content of ascorbic acid is allocated to the fruits of the cultivars Virginskaya Krupnoplodnaya, Delishes, Sidles and leaves of the cultivars Sidles and Zolotistaya.

Key words: persimmon; cultivar; fruits; leaves; ascorbic acid

УДК 518.48:633.87:635.15

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-121-129

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА СЕМЯН *JASMINUM FRUTICANS* L. НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ СЕМЯН ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ

Татьяна Николаевна Кузьмина, Татьяна Борисовна Губанова,
Екатерина Анатольевна Мелкозерова

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, Никитский спуск, 52
E-mail: tnkuzmina@rambler.ru

В связи с изучением влияния сочной оболочки семени (саркотесты) *Jasminum fruticans* L. (Oleaceae) на жизнеспособность семян, проведено исследование всхожести тест-объектов при различных объемных концентрациях (σ_B) экстракта зрелых семян. Установлено снижение всхожести семян редиса и кресс-салата при $\sigma_B=0,25$ (0,31 мг/мл ФС), 0,75 (0,92 мг/мл ФС) и 1 (1,22 мг/мл ФС). При $\sigma_B=0,50$ (0,61 мг/мл ФС) всхожесть у редиса и кресс-салата увеличивается, однако показатели не имеют статистически значимого различия по сравнению с контролем. Формирование аномальных проростков тест-объектов повышается с увеличением объемной концентрации экстракта, за исключением варианта $\sigma_B=0,50$. Наличие в саркотесте полифенольных соединений свидетельствует о ее регуляторной функции в процессе развития семени.

Ключевые слова: семена; всхожесть; тест-объект; семенная кожура; саркотеста; экстракт; фенольные соединения; дубильные вещества; *Jasminum fruticans*; Oleaceae

Введение

Одним из направлений репродуктивной биологии растений является изучение адаптаций, способствующих успешному семенному возобновлению вида [19]. Адаптивным механизмом, позволяющим семенам сохранять жизнеспособность даже при отсутствии условий, необходимых для роста зародыша, или при воздействии неблагоприятных факторов, является период покоя. Способность семени находится в состоянии органического покоя может быть обусловлена низкой физиологической активностью зародыша, особенностям организации и свойств покровов семени или наличием запасных питательных веществ, накапливающихся в эндосперме или перисперме семени. В связи с этим, выделяют экзогенный, эндогенный и комбинированный покой семян [15, 26], или, в соответствии с зарубежной классификацией, физиологический, морфологический, морфо-физиологический, физический и комбинированный [20]. Для семян растений, произрастающих в условиях субтропического климата с жарким засушливым летом и довольно мягкими зимами, как правило, характерен эндогенный покой, обусловлены сочетанием физиологического состояния зародыша и особенностями семенной кожуры [15]. К числу таких видов относится *Jasminum fruticans* L., или жасмин кустарниковый, – кустарник семейства Oleaceae [12, 27, 29]. На территории России вид произрастает в горных районах Южного берега Крыма, а также на черноморском побережье Кавказа [6]. *J. fruticans* является засухоустойчивым растением и рекомендуется в ряде районов не только как декоративное, но и для борьбы с эрозией почв [9, 27]. Для получения посадочного материала из семян необходимо учитывать адаптивные реакции растения, характерные для естественной среды его произрастания.

Известно, что плоды *J. fruticans* созревают в августе – сентябре [7]. Зрелое семя *J. fruticans* содержит дифференцированный зародыш, покрытый семенной кожурой, которая образована сочной оболочкой (саркотестой) и слоями механической ткани (склеротестой) [12]. Однако, семена, собранные сразу после созревания, имеют слабую

всхожест. Так, в ряде работ показано, что трехмесячная стратификация семян *J. fruticans* повышает их всхожест [27, 29]. Стимулирующий эффект оказывает также удаление саркотесты [12], что позволяет предположить её ингибирующее действие. Аналогичное действие саркотесты характерно для семян других таксонов, в частности у видов родов *Magnolia* L. (Magnoliaceae) [16], *Punica* L. (Punicaceae) [21, 28], а также у *Ginkgo biloba* L. (Ginkgoaceae) [22]. При этом в литературных источниках отсутствуют данные о биохимическом составе и свойствах веществ, содержащихся в саркотесте семян жасминов, что затрудняет объяснения адаптивной роли саркотесты и влияния веществ, содержащихся в ней, на продолжительность периода покоя семени.

Для оценки биологической активности веществ применяют метод биоиндикация, основанный на использовании тест-объектов [2, 13]. При исследовании растений в качестве тест-объектов используют семена быстро растущих растений, обладающих высокой чувствительностью к химическим соединениям. Как правило, для этих целей применяют кресс-салат и редис [1]. В связи с определением биологической роли саркотесты семян *J. fruticans*, целью данной работы было выявление характера влияния веществ, содержащихся в саркотесте на всхожест тест-объектов.

Объекты и методы исследования

Для получения водного экстракта брали зрелые семена *Jasminum fruticans* L. с сочной саркотестой. Экстракт готовили из расчета 1,0 г семян на 1,0 мл дистиллированной воды, после чего в течение суток его выдерживали в темноте. В качестве тест-объектов использовали семена редиса (*Raphanus sativus* var. *radicula* Pers.) ‘Жара’ и кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) ‘Забава’ (Brassicaceae). В каждом опыте оценивали всхожест 120 семян. Семена закладывали 4-х кратной повторности в чашки Петри. Фильтровальную бумагу, на которой проращивали семена, смачивали растворами, сделанными на основе полученного водного экстракта семян *J. fruticans*. Проращивание семян проводили на свету при температуре +20,0-22,0°C.

Сумму фенольных соединений (ФС), содержащихся в экстракте, определяли спектрофотометрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [14]. Качественный анализ содержания в экстрактах дубильных веществ (полифенолов) проводили 1%-ным раствором железоаммониевых квасцов [8].

Объемную концентрацию экстракта (σ_B) определяли по формуле:

$$\sigma_B = V_B/V,$$

где V_B – объем экстракта; V – общий объем раствора.

В эксперименте были использованы следующие варианты объемных концентраций:

I вариант – 4,0 мл экстракта ($\sigma_B = 1$) – 1,22 мг/мл ФС;

II вариант – 3,0 мл экстракта: 1,0 мл дист. воды ($\sigma_B = 0,75$) – 0,92 мг/мл ФС;

III вариант – 2,0 мл экстракта: 2,0 мл дист. воды ($\sigma_B = 0,5$) – 0,61 мг/мл ФС;

IV вариант – 1,0 мл экстракта: 3,0 мл дист. воды ($\sigma_B = 0,25$) – 0,31 мг/мл ФС.

В качестве контроля семена тест-объектов проращивали на дистиллированной воде. Всхожест определяли в процентах от количества заложенных в варианте семян, подсчитывая морфологически нормальные проростки на 7 сутки после закладки опыта. Также для каждого варианта учитывали количество аномальных проростков. Определение дефектов развития проводили по критериям аномальных проростков, характерных для представителей семейства Brassicaceae [3].

Статистическую обработку данных проводили с помощью программного приложения Statistica 10.0 (StatSoft. Ins., США). Оценку статистической значимости номинальных данных вариантных и контрольной проб делали по критерию χ^2 Пирсона с учетом поправки Йейтса. Статически значимыми приняты различия при $p < 0,05$ [5].

95,0% доверительный интервал (95,0% ДИ) рассчитывали по методу Уилсона с помощью онлайн-калькулятора (<http://vassarstats.net/prop1.html>).

Результаты и обсуждение

При проращивании семян на водном экстракте *J. fruticans* для редиса и кресс-салата прослеживается общая картина изменения всхожести в зависимости от объемной концентрации экстракта. При концентрации экстракта 0,25 всхожесть относительно контроля, показатели которого составляют для редиса 31,67% (95% ДИ: 24,03–40,45%) и кресс-салата 75,00 (95,0% ДИ: 66,56–81,89%) статистически значимо понижается до значений равных для редиса 13,33% (95,0% ДИ: 8,37–20,56%; $\chi^2=10,54$, $p=0,0012$; $n=120$) и 32,5% (95% ДИ: 24,78–41,31%; $\chi^2=41,90$, $p=0,0000$, $n=120$) для кресс-салата. Также статистически значимое снижение всхожести было отмечено для кресс-салата при концентрациях экстрактов 0,75 на 29,0% ($\chi^2=20,11$, $p=0,0000$; $n=120$) и при объемной концентрации 1 – на 40,0% ($\chi^2=37,19$, $p=0,0000$, $n=120$). У редиса статистически значимое снижение всхожести по сравнению с контролем зафиксировано при объемной концентрации 1 на 20,0% ($\chi^2=12,99$, $p=0,0003$, $n=120$). В тоже время при объемной концентрации 0,5 значения всхожести для тест-объектов (для редиса: 41,67% (95,0% ДИ: 33,24–50,62%), $\chi^2=2,17$, $p=0,1406$; $n=120$; для кресс-салата: 75% (95% ДИ: 66,56–81,89%), $\chi^2=0,02$, $p=0,8815$; $n=120$) не имеют значимых различий по сравнению с контролем (рис. 1).

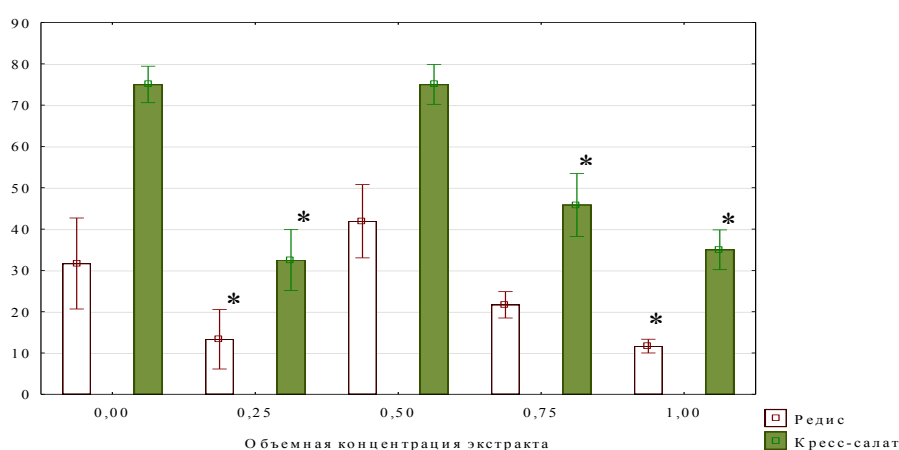


Рис. 1 Лабораторная всхожесть семян тест-объектов в зависимости от концентрации водного экстракта семян *J. fruticans*

* – статистически значимое различие в сравнении с контролем ($\sigma_B=0$) при $p<0,05$.
(по оси абсцисс – объемная концентрация экстракта; по оси ординат – всхожесть семян, %)

Таким образом, всхожесть семян тест-объектов при повышении концентрации экстракта семян *J. fruticans* имеет волнообразный характер, при котором снижение всхожести при низких концентрациях экстракта сменяется возобновлением ее показателей при повышении концентрации экстракта. Однако, дальнейшее увеличение концентрации оказывают ингибирующее влияние на всхожесть семян редиса и кресс-салата.

У проростков тест-объектов были выявлены случаи аномального развития, сопровождающиеся отсутствием первичного корня, деформацией гипокотилия, дегенеративными повреждениями семядолей, а также сочетание этих признаков. У редиса доминирующее количество тератоморфных проростков было связано с искривлением, деформацией гипокотилия. Доля таких проростков составила более 60%

от всех аномальных проростков. Аномалии проростков кресс-салата, как правило, были обусловлены сочетанием слабого развития корня и гипокотили (более 50% от общего числа аномальных проростков) (рис. 2).

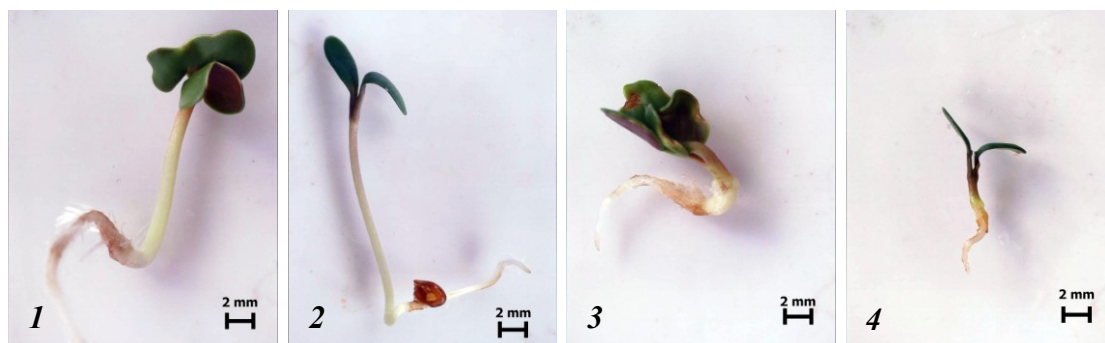


Рис. 2 Проростки редиса (*Raphanus sativus*) ‘Жара’ (1, 3) и кресс-салата (*Lepidium sativum*) ‘Забавка’ (2, 4) на 7 сутки: 1, 2 – нормальные; 3, 4 – аномальные проростки (3 – короткий изогнутый гипокотиль и поврежденные семядоли; 4 – укороченный гипокотиль и короткий слабый первичный корень)

Было установлено, что при концентрациях водного экстракта семян *J. fruticans* равной 0,5 и 0,75 доля аномальных проростков тест-объектов не имеет значимого отличия в сравнении с контрольным вариантом (редис: 55,0 (95% ДИ: 46,08–63,61%), кресс-салат: 18,33 (95% ДИ: 12,42–26,2%) и составляет для редиса 47,5% ($\chi^2=1,07$, $p=0,3016$, $n=120$) и 62,5% ($\chi^2=1,10$, $p=0,2942$, $n=120$) и для кресс-салата 17,20% и ($\chi^2=0,03$, $p=0,08663$, $n=120$) и 25,0% ($\chi^2=1,20$, $p=0,2727$, $n=120$) соответственно. Увеличение доли аномальных проростков отмечено при проращивании семян на растворах с концентрацией экстракта 0,25 и 1. Так, доля аномальных проростков кресс-салата при объемной концентрации 0,25 составила 39,17% (95% ДИ: 30,9–48,4; $\chi^2=11,72$, $p=0,0006$, $n=120$), а при концентрации 1 – 40% (95% ДИ: 31,68–48,94; $\chi^2=12,61$, $p=0,0004$, $n=120$). При концентрации 1 также увеличилось количество аномальных проростков у редиса (70,83% (95,0% ДИ: 62,15–78,22); $\chi^2=5,79$, $p=0,0162$, $n=120$) (рис. 3).

Таким образом, реакция проростков редиса и кресс-салата на изменение объемной концентрации экстракта семян *J. fruticans* имеет характер обратный всхожести: при снижении всхожести увеличивается количество проростков с дефектами развития. Однако, объемная концентрация экстракта 0,5 не оказывает статистически значимого влияния ни на всхожесть, ни на образование аномальных проростков.

Поскольку водорастворимые ФС относятся к полярной фракции, в которую в основном входят катехины и их конденсированные формы, была проведена качественная реакция на наличие дубильных веществ в экстрактах. В результате добавления 1% раствора железоаммониевых квасцов экстракт приобрел черно-зеленое окрашивание (рис. 4), что характерно для дубильных веществ конденсированной группы [8, 10].

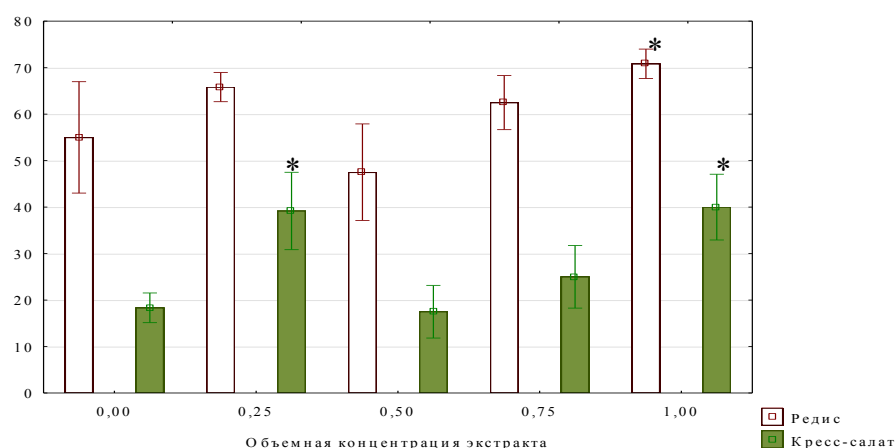


Рис. 3 Доля аномальных проростков тест-объектов в зависимости от объемной концентрации водного экстракта семян *J. fruticans*.
 * – статистически значимое различие при $p < 0,05$ в сравнении с контролем при объемной концентрации экстракта $\sigma_B = 0$. (по оси абсцисс – объемная концентрация экстракта; по оси ординат – доля аномальных проростков, %)



Рис. 4 Качественная реакция на дубильные вещества, содержащиеся в водном экстракте семян *Jasminum fruticans*: 1 – водный экстракт до внесения 1% раствора железоаммониевых квасцов; 2 – изменение окраски экстракта после добавления 1% раствора железоаммониевых квасцов

Характер действия водного экстракта семян *J. fruticans* на тест-объекты свидетельствует о его аллелопатическом влиянии на формирование проростков. При этом реакция тест-объектов не имеет строгой линейной зависимости от концентрации экстракта, а характеризуется чередованием снижения и повышения всхожести и формирования дефектов развития проростков. Усиление ингибирующего влияние аллелопатически активных экстрактов в низких концентрациях отмечено в ряде работ [4, 18]. Однако, однозначного объяснения этому явлению не приводится. В данном случае, выявленный характер влияния водных экстрактов на прорастание семян кресс-салата и редиса, вероятно, связан с их поликомпонентным составом и различной физиологической активностью индивидуальных компонентов. Поскольку известно, что разнонаправленное действие фенольных соединений в отношении регуляции роста, связано как с их концентрацией, так и со структурой. Фенольные вещества, содержащие ортогидроксильную группировку, ингибируют активность ИУК-оксидазы, а монофенолы и метадифенолы, наоборот, ее стимулируют. Фенольные соединения наряду с фитогормоном АБК входят в состав так называемого β -ингибиторного комплекса, который ответственен за физиологический покой, как семян и предотвращение их преждевременного прорастания [17, 25, 31, 32]. Отмеченное

увеличение тератоморф в вариантах опыта с объемным разведением 0,25 (0,31 мг/мл ФС) для кресс-салата и 0,75 (0,92 мг/мл ФС) для редиса и кресс-салата, может быть связано с разной чувствительностью тест-объектов. Кроме того, экзогенные ФС в зависимости от концентрации и индивидуальной чувствительности вида могут как стимулировать, так и ингибировать процессы деления и растяжения клеток.

Учитывая, что экстракт, полученный из семян *J. fruticans*, содержит дубильные вещества, накапливающиеся в саркотесте, что характерно так же для семян *Punica granatum* L. [23, 30], можно говорить об его физиологической активности. Известно, что полифенольные соединения оказывают как мембраностабилизирующее и цитозащитное действие, нейтрализуя негативное влияние свободных радикалов, накапливающихся в период стрессовых воздействий [17], так и могут вызывать ингибирующее влияние на основные физиологические процессы растения. Ингибирующее действие фенольных соединений связывают с их влиянием на проницаемость мембран клеток, процессы деления и растяжения клеток, поглощение клетками элементов минерального питания, а также на процессы фотосинтеза и дыхания, функционирование внутриклеточных ферментов и синтез белков и эндогенных гормонов [11, 24].

Вероятно, аналогичные процессы наблюдаются при воздействии полифенольных соединений, содержащихся в саркотесте семени *J. fruticans*. Высокая концентрация дубильных веществ в саркотесте семени предотвращает негативное влияние внешних факторов на зародыш, создавая условия для его физиологического созревания. В течение зимы под влиянием различных факторов, которыми могут быть как низкие температуры, так и окисление и вымывание дубильных соединений, происходит снижение физиологической активности ФС, и повышение концентраций ауксинов в семени *J. fruticans*, что создает условия для активизации ростовых процессов в зародыше и его прорастание.

Выводы

Таким образом, водный экстракт семян *J. fruticans* обладает аллелопатическим действием, волнообразный характер которого зависит от его концентрации. Показано статистически значимое снижение всхожести семян кресс-салата и редиса при объемных концентрациях водного экстракта семян *J. fruticans* 0,25, 0,75 и 1 по сравнению с контролем. При объемной концентрации 0,5 (0,61 мг/мл ФС) всхожесть семян повышается, однако статистически она не отличается от контрольного варианта.

Выявлены случаи формирования аномальных проростков. У редиса более 60% аномалий развития проростков связаны с деформацией гипокотилия, а у кресс-салата большая часть (более 50%) дефектов обусловлена сочетанием слабого развития, как гипокотилия, так и корня. В целом, в формировании аномалий развития зародыша в зависимости от концентрации экстракта семян *J. fruticans* наблюдается тенденция повышения доли дефектов развития с увеличением концентрации, за исключением варианта с концентрацией 0,5.

Качественная реакция водного экстракта семян *J. fruticans* подтвердила содержание в саркотесте дубильных веществ, которые представляют собой полифенольные соединения и являются физиологически активными. Наличие полифенолов в саркотесте семян *J. fruticans* свидетельствует о её регуляторной роли в период их физиологического покоя.

Благодарности

Биохимические исследования выполнены на оборудовании ЦКП «Физиолого-биохимические исследования растительных объектов» (ФБИ РО) ФГБУН "НБС-ННЦ" (Ялта, Россия)

Список литературы

1. Биомониторинг состояния окружающей среды: учебное пособие / Белюченко И.С., Федоненко Е.В., Смагина А.В. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 153 с.
2. Биотестирование: методические указания по выполнению лабораторных работ / Сост. Борисова С.Д. – Казань: Казан. Гос. Энерг. Ун-т, 2015. – 64 с.
3. Веллингтон П. Методика оценки проростков семян / П. Веллингтон. – М.: Колос, 1973. – 175 с.
4. Ганусяк А.П., Смагина Н.О., Пищурова В.С. Характеристика аллелопатической активности водорастворимых веществ *Halimione verrucifera* (M.Bieb.) Aellen. при термическом воздействии // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – Т. 5 (71). – № 4. – 2019. – С. 22-32.
5. Гашев С.Н., Бетляева Ф.Х., Лупинос М.Ю. Математические методы в биологии. Анализ биологических данных в системе Statistica. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 208 с.
6. Голубев В.Н. Биологическая флора Крыма. – Ялта: НБС-ННЦ, 1996. – 126 с.
7. Голубева И.В., Кузнецова С.И. Никитский ботанический сад: Путеводитель. – Симферополь: Таврия, 1981. – 96 с.
8. Государственная Фармакопея СССР. Одиннадцатое издание. – Вып 2. Общие методы анализа. Лекарственное сырье. – М.: Медицина, 1990. – 385 с.
9. Дикорастущие полезные растения Крыма: краткий справочник / Ред. Н. И. Рубцов. – Ялта, 1971. – 278 с.
10. Конарев В.Г. Цитохимия и гистохимия растений. – М.: Высшая школа. – 1966. – 319 с.
11. Кондратьев М.Н., Ларикова Ю.С. Фенолы в аллелопатических отношениях между растительными видами / М.Н. Кондратьев, Ю.С. Ларикова // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты: сборник научных статей по материалам X международного симпозиума (Москва, 14–19 мая 2018 г.). – М., 2018. – С. 199.
12. Кузьмина Т.Н. Характеристика и всхожесть семян *Jasminum fruticans* L. (Oleaceae) // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71). – № 3. – С. 22-32.
13. Ляшенко О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды: учебное пособие – СПб., 2012. – 67 с.
14. Методы технохимического контроля в виноделии. / Ред. В.Г. Гержикова – Симферополь: Таврида, 2002. – 259 с.
15. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н., Данилова М.Ф. Справочник по проращиванию покоящихся семян / Отв. ред. М.Ф. Данилова. – Л.: Наука, 1985. – 347 с.
16. Палагеча Р.М. Інтродукція, розмноження, акліматизація та впровадження магнолій в озеленення // Бюллетень Никитського ботанічного саду. – 2011. – Вып. 102. – С. 80-86.
17. Прусакова Л.Д., Кефели В.И., Белопухов С.Л., Вакуленко В.В., Кузнецова С.А. Роль фенольных соединений в растениях // Аргохимия. – 2008. – № 7. – С. 86-96.

18. *Рассохина И.И., Зейслер Н.А.* Влияние различных частей борщевика сосновского на всхожесть и интенсивность ростовых процессов культурных видов стимулирующий // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы XII международной научно-практической конференции молодых ученых (Красноярск, 8-9 апреля 2019 г.). – Красноярск, 2019. – С. 72-76.
19. *Шевченко С.В., Плугатарь Ю.В.* Репродуктивная биология цветковых растений и задачи рационального приропользования // *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation.* – 2019. – No. 3(152). – P. 15-25.
20. *Baskin J.M., Baskin C.C.* A classification system for seed dormancy // *Seed Science Research.* – 2004. – Vol. 14. – P. 1-16.
21. *Carvalho D.U. da Cruz M.A., Osipi E.A.F.* Germination of pomegranate seeds under sarcotesta extraction methods and drying // *Journal of Agricultural Science.* – 2017. – Vol. 9. – No. 10. – P. 198-204.
22. *Del Tredici P.* The phenology of sexual reproduction in *Ginkgo biloba*: Ecological and evolutionary implications // *The Botanical Review.* – 2007. – Vol. 73. – No 4. – P. 267-278.
23. *Fernandes L., Pereira J.A.C., López-Cortés I., Salazar D.M., Ramalhosa E.C.D.* Physicochemical changes and antioxidant activity of juice, skin, pellicle and seed of pomegranate (cv. Mollar de Elche) at different stages of ripening // *Food Technol. Biotechnol.* – 2015. – Vol. 53. – No 4. – P. 397-406. DOI:10.17113/ftb.53.04.15.3884.
24. *Jacob J., Sarada S.* Role of phenolics in allelopathic interactions // *Allelopathy Journal.* – 2012. – Vol. 29. – P. 215.
25. *Kefeli V.I., Kalevitch M.V., Borsari B.* Phenolic cycle in plants and environment // *Journal of Cell and Molecular Biology.* – 2003. – Vol. 2 (1). – P. 13-18.
26. *Nikolaeva M.G.* On criteria to use in studies of seed evolution // *Seed Science Research* – 2004. – Vol.14. – P. 315-320.
27. *Olmez Z., Temel F., Gokturk A., Yahyaoglu Z.* Effect of cold stratification treatments on germination of drought tolerant shrubs seeds // *Journal of Environmental Biology.* – 2007. – Vol. 28. – No 2. – P. 447-453.
28. *Osipi E.A.F., de Carvalho D.U., da Cruz M.A.* Sarcotesta removal methods and GA3 treatment on germination of *Punica granatum* L. seeds // *Biotemas.* – 2018. – Vol. 31. – No 2. – P. 1-8.
29. *Pipinis E., Milios E., Aslanidou M., Mavrokordopoulou O., Smiris P.* The effect of stratification on seed germination of *Jasminus fruticans* L. (Oleaceae): a contribution to a better insight on the species germination ecology // *International Journal of Botany.* – 2009. – Vol. 5. – No 2. – P. 181-185.
30. *Pujari K.H., Rane D.A.* Concept of seed hardness in pomegranate – I) Anatomical studies in soft and hard seeds of 'Muskat' pomegranate // *Proc. III IS on Pomegranate and Minor Mediterranean Fruits. Eds.: Zharrhe Yuan et al. Acta Hort. 1089, ISHS.* – 2015. – P. 97-108. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1089.11
31. *Wallace G., Fry S.* Phenolic components of the plant cell wall // *Int. Rev. Cytology.* – 1993. – Vol. 151 – P. 229-267.
32. *Winkel-Shirley B.* Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology // *Plant Physiol.* – 2001. – Vol. 126. – P. 485-493.

Статья поступила в редакцию 08.05.2020 г.

Kuzmina T.N., Gubanova T.B., Melkozerova E.A. Effect of *Jasminum fruticans* L. seed extract on the viability seeds of test objects // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – №136. – P. 121-129.

In connection with the study of the effect of the succulent seed coat (sarcotesta) of *Jasminum fruticans* L. (Oleaceae) on the viability of seeds, a study of the germination of test objects at different volume concentrations (σ_B) of mature seed extract was conducted 1; 0,75; 0,5; 0,25. The test objects were radish seeds (*Raphanus sativus* var. *radicula* Pers.) 'Zhara' and watercress (*Lepidium sativum* L.) 'Zabava' (Brassicaceae). The seeds were seeding on distilled water as the control. The volume content of phenolic compounds in the obtained extract solutions of various dilutions was determined. A qualitative reaction to tannins contained in *J. fruticans* seed extract was performed. The qualitative reaction confirmed the presence of a condensed group of polyphenolic compounds in the extract. A decrease in the germination of radish and watercress seeds was found at extract concentrations of 0,25 (0,31 mg/ml PC), 0,75 (0,92 mg/ml PC) and 1 (1,22 mg / ml PC). When $\sigma_B=0,50$ (0,61 mg/ml PC), the germination of radish and watercress increases, but the indicators do not have a statistically significant difference compared to the control. It is shown that the formation of abnormal sprouts of test objects increases with an increase in the volume concentration of the extract, with the exception of the variant $\sigma_B=0,50$. Radish has more than 60% of abnormal seedlings are associated with hypocotyl deformation. Watercress seedlings have hypocotyl abnormalities and root abnormalities (more than 50%) The observed pattern of changes in the germination of test objects seeds from the concentration of *J. fruticans* water seed extract indicates its allelopathic properties. The presence of phenolic compounds in the sarcotesta of *J. fruticans* indicates its regulatory function in the process of seed development.

Key words: seeds; germination; test object; seed coat; sarcotesta; extract; phenolic compounds; tannins; *Jasminum fruticans*; Oleaceae

УДК 631.6.02 (477. 75)

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-130-139

ОЦЕНКА ПРОЕКТОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

Елена Ивановна Ергина^{1,2}, Федор Федорович Адамень³,
Алена Федоровна Сташкина⁴

¹ Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Таврическая академия, 295007, Республика Крым, г. Симферополь, Пр. Вернадского, 4

E-mail: ergina65@mail.ru

² Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского
Институт экономики и управления, 295015, Республика Крым,
г. Симферополь, ул. Севастопольская, 21/4

E-mail: yergin@rambler.ru

³ Отдел РАН по взаимодействию с научными организациями Республики Крым и
города федерального значения Севастополя,
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита

E-mail: vitainviva@ukr.net

⁴ Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, ул. Никитский спуск, 52

E-mail: stashkina_alena@mail.ru

Развитие строительства, в том числе и дорожной инфраструктуры, добывающей промышленности на территории Крымского полуострова привело к росту площадей нарушенных земель, образовавшихся в результате разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом. Рекультивация таких участков на основании создания благоприятных условий для процессов самовосстановления почв, априори, обходится для землепользователей значительно дешевле. Поэтому актуальными становятся исследования скоростей почвообразования, в том числе, с использованием методов математического моделирования процессов формирования гумусового горизонта почв во времени. На примере Александровского месторождения пыльных известняков в Черноморском районе Республики Крым проведен расчет экономической эффективности проектов рекультивации нарушенных земель, которые свидетельствуют, что по показателю эффективности затрат рациональнее при рекультивации нарушенных земель Александровского карьера применять на практике модель проведения горнотехнических работ, которая предусматривает этап дальнейшего самозарастания рекультивируемых участков.

Ключевые слова: почвы; рекультивация; скорость почвообразования; оценка эффективности

Введение

При проведении рекультивации нарушенных земель, в настоящее время, реализуются различные технологии проведения регенерационных и рекультивационных работ: отсыпка ранее снятых плодородных слоев почвы (ПСП); нанесение потенциально плодородных пород (ППП), с дальнейшим залесением, либо залужением. При этом значительное внимание уделяется изучению влияния повышенных доз органических и минеральных удобрений, а также химической мелиорации: внесении в породы извести или золы на формирование почв и почвоподобных субстратов на поверхностях нарушенных земель.

В России в последние десятилетия значительное внимание уделяется исследованиям, характеризующим специфику почвообразования на поверхностях нарушенных земель техногенных ландшафтов, в том числе, изучению почвенно-экологического состояния, а также особенностям начального почвообразования на отвалах карьеров, брошенных землях с учетом эколого-генетических факторов среды [1-6].

В структуре открытой эксплуатации карьеров на месторождениях полезных ископаемых Крыма, требующих рекультивационных мероприятий существенное место принадлежит залежам строительных материалов: строительных известняков, мергеля, глин, суглинков, песка и песчано-гравийной смеси, изверженных горных пород, поваренной соли, солей брома и магния, бентонита и других полезных ископаемых. По статистическим данным Министерства экологии и природных ресурсов вскрышными работами на карьерах занято около 80% от общей площади антропогенно-преобразованных земель. Почти 4881 га земель находится в нарушенном состоянии, из них 1516 га – требуют рекультивации [7-8]. Это территории, где значительные площади занимают отвалы, выемки пород, образовавшиеся при добыче полезных ископаемых (железных руд, агрохимического сырья, строительных материалов: известняков, буга и щебня, песчано-гравийных смесей, кирпично-черепичного и керамического сырья и др.), при интенсивном мелиоративном, промышленном и жилищном строительстве и т.д. Рекультивация таких участков и создание необходимых условий для формирования почв на нарушенных или искусственно созданных поверхностях вместе с восстановительными сукцессиями зональной растительности, составляет основу восстановительной динамики экосистем, которая обходится для землепользователей значительно дешевле.

На поверхности нарушенных земель, вследствие естественного восстановления растительности образуются молодые почвы – эмбриоземы и техноземы. То есть после техногенной фазы формирования ландшафта формируется его каркасная основа: рельеф и породы. Восстановление растительного и почвенного покрова может происходить по двум основным направлениям [2]:

- в результате естественного восстановления растительности без улучшения техногенного субстрата на поверхности техногенных ландшафтов с развитием молодых почв – эмбриоземов, в которых почвенные свойства и режимы находятся на начальной стадии формирования;

- в процессе выполнения рекультивационных работ методами преобразования исходного техногенного субстрата, в результате которых создаются техноземы – почвоподобные образования с искусственно сформированным корнеобитаемым слоем.

При разработке мероприятий по рекультивации отвалов месторождений актуальной задачей становится исследование процессов формирования почв на нарушенных или искусственно созданных человеком поверхностях. При этом, необходимо учитывать такой важный методологический аспект, что экосистема, используя внутренние механизмы способна к процессу самовосстановления. Зональные условия протекания этих процессов неоднократно становились объектом почвенно-генетических и экономических исследований [3, 5, 8, 9].

В современных условиях и особенностях подготовки проектов рекультивации, длительной процедуре их согласования и утверждения требуются годы для начала работ по рекультивации нарушенных земель. И еще десятки лет для возвращения рекультивируемых участков в хозяйственное использование.

Использование разнообразных приемов по интенсификации процесса почвообразования: нанесение почв-реплантантов, биологической мелиорации и иных прогрессивных мероприятий, порой приводит к удорожанию работ по рекультивации

нарушенных земель [3-6, 10, 11]. Считаем, что наиболее экономически эффективными будут мероприятия, направленные на стимулирование процесса самовосстановления почв. Разработка системы мероприятий, направленных на стимулирование процессов почвообразования позволит активно включать рекультивированные земли в сельскохозяйственный оборот. При разработке стратегий рекультивации необходимо учесть тот факт, что рекультивация одного гектара земли по текущим ценам составляет от 800 000 руб./га до 2 000 000 руб./га – с учетом всей совокупности затрат. Поэтому, своевременным и актуальным станет экономический анализ эффективности мероприятий по рекультивации отвалов на основе учета скоростей естественного почвообразования.

В этих условиях при оценке рекультивационных проектов должны рассматриваться не только их социальные и экологические последствия, но и технические и финансово-экономические результаты [12]. В тоже время, финансово-экономические итоги отбора проектов для введения их в план рекультивационных мероприятий земельных ресурсов должны основываться как на оценке их соответствия стратегическим целям предприятия, так и на сравнении возможных альтернативных подходов к решению поставленных задач с использованием определенных критериев эффективности [13]. А информация, характеризующая рациональный проект, условия его реализации, должны содержаться в соответствующем обосновании, которое готовится в форме бизнес-плана.

Объекты и методы исследования

Из признанных методов оценки финансово-экономической эффективности различных инвестиционных проектов [10] для оценки рекультивационных мероприятий нарушенных земельных участков, по нашему мнению, возможно использование следующих:

- не учитывающих действие фактора времени и используемых как правило на этапе предварительного отбора проектов;
- основанных на учете действия фактора времени (дисконтировании или компаундировании) и служащих целям окончательного отбора лучших вариантов проекта по максимальной величине дохода из имеющихся альтернатив;
- основанных на учете действия фактора времени и служащих целям окончательного отбора лучших вариантов проекта по минимальной величине эксплуатационных и инвестиционных затрат из имеющихся альтернатив.

Основными финансово-экономическими показателями оценки рекультивационных проектов и аналогичных одноразовых мероприятий в рамках первого метода (то есть без учета действия фактора времени) являются:

- период окупаемости проекта (T_o);
- коэффициент эффективности инвестиций в проект (I_k).

Период окупаемости основан на оценке ликвидности вложенных в проект (мероприятие) средств и показывает, за какой период времени поступления от реализации проекта рекультивации покроют инвестиции в его осуществлению. Он определяется по формуле:

$$T_o = \frac{K}{D}, \quad (1)$$

$$D = \Pi_q + A, \quad (2)$$

где T_o – период окупаемости, годы (месяцы);

K – инвестиции в проект (мероприятия) рекультивации, руб.;

D – среднегодовой чистый денежный поток от проекта, руб.;

P_q – чистый среднегодовой доход от проекта, руб.;

A – среднегодовые амортизационные отчисления на вложенные в проект основные средства и нематериальные активы, руб.

Коэффициент эффективности инвестиций по величине обратен сроку окупаемости, характеризует отдачу от инвестированных в проект рекультивации средств и определяется по формуле:

$$I_K = \frac{D}{K}, \quad (3)$$

где I_K – коэффициент эффективности инвестиций.

Показатели в рамках первого метода имеет определенные недостатки:

- не учитывает поступления денежных потоков от проекта после срока его окупаемости;
- не учитывает действие фактора времени и поэтому не позволяет адекватно оценивать проекты с одинаковыми суммарными денежными потоками, но разным их распределением по годам.

На этапе окончательного формирования плана реализации почвенно-рекультивационных мероприятий земельных ресурсов с оцененными и предварительно отобранными альтернативными проектами используют второй и/или третий методы, которые основаны на учете действия фактора времени.

Второй метод основывается на отборе лучших вариантов рекультивационных работ по максимальной величине интегрального дохода и рассчитывается с помощью следующих основных показателей [14]:

- чистая приведенная стоимость проекта или его чистая современная стоимость (NPV);
- внутренняя норма доходности (IRR) проекта;
- индекс доходности (PI) проекта.

Чистую приведенную стоимость проекта определяют по формуле

$$NPV = \sum_{t=0}^m \frac{D_t}{(1+p)^t} - \sum_{t=0}^m \frac{K_t}{(1+p)^t}. \quad (4)$$

где NPV – чистая приведенная стоимость проекта, руб.;

t – порядковый номер года;

p – ставка дисконта, применяемая к проекту, по которой все разновременные денежные потоки приводятся к 0-м году;

K_t – инвестиции в t -му году, руб.;

m – продолжительность периода, в течение которого определяется NPV .

Проект считается целесообразным, если NPV имеет положительное значения, то есть дисконтированные чистые денежные потоки от проекта являются по величине большими, чем вложенные инвестиции. Это означает, что вложения в рекультивационные мероприятия обеспечат такой доход, который по величине будет больше или равен доходу, который обеспечивают вложения с нормальным уровнем рентабельности проектов аналогичного типа.

Внутренняя норма доходности (IRR), которую еще называют нормой рентабельности (порогом рентабельности), показывает тот уровень доходности проекта, при котором дисконтированные чистые денежные потоки равны начальным инвестициям, то есть его чистая приведенная стоимость равна нулю: $IRR = p$, при котором $NPV = 0$. Проекты можно принимать к исполнению, если уровень их IRR по величине будет выше, чем определенный руководством предприятия желаемый (нормальный) уровень рентабельности для проектов данного типа (с учетом степени их рискованности и уникальности). Иногда таким критерием считают показатель средневзвешенной стоимости капитала ($WACC$) предприятия. Если IRR проекта, ниже

установленного нормативного уровня рентабельности, то проект отвергают, так как инвестиции в проект не дадут минимальной отдачи.

Индекс доходности или иногда индекс рентабельности (PI) определяют, как отношение дисконтированного чистого денежного потока к дисконтированным инвестиционным расходам и вычисляют по формуле:

$$PI = \sum_{t=0}^m \frac{D_t}{(1+p)^t} : \sum_{t=0}^m \frac{K_t}{(1+p)^t}. \quad (5)$$

Проект считается эффективным, если индекс доходности больше 1.

Практика исчисления данных показателей эффективности рекультивационных проектов свидетельствуют, что их использование при оценке и анализе проектов этого типа весьма ограничено, так как расчет величины чистого денежного потока существенно затруднен.

Третий метод, основанный на отборе лучших вариантов рекультивационных работ по минимальной величине интегральных затрат, рассчитывают с помощью показателя эффективности затрат (EAC) [15, 16]. Он может применяться, когда существует два или более альтернативных (то есть конкурирующих или взаимоисключающих) варианта для получения одного и того же результата. Таким образом, выгоды от альтернативных вариантов определяются как равные, и для отбора проекта не надо производить длительные сложные расчеты положительного денежного потока. При анализе эффективности затрат правило принятия решения заключается в выборе такого варианта проекта, который имеет наименьшие затраты и дает одинаково желаемый результат. Помня, что все расходы и инвестиционные, и эксплуатационные – разновременные, в проекте реализации рекультивационных работ затраты следует привести в соответствие с эквивалентными годовыми расходами. Таким образом, расчет показателя эффективности затрат по альтернативным проектам осуществляют по формуле:

$$EAC = \left(\sum_{t=0}^m \frac{K_t}{(1+p)^t} + \sum_{t=0}^n \frac{AC_t}{(1+p)^t} \right) : \sum_{t=0}^n \frac{1}{(1+p)^t}, \quad (6)$$

где AC – среднегодовые эксплуатационные расходы по уходу за земельным участком после окончания рекультивационных работ;

p – ставка дисконта;

n – продолжительность периода, в течение которого осуществляется оценка эффективности работ, в том числе выполняются агротехнические работы по дальнейшему улучшению земельного участка.

Предпочтение при выборе одного из альтернативных проектов следует отдать тому из них, у которого показатель эффективности затрат по величине будет меньшим.

Оценка эффективности рекультивационных мероприятий проведена для участка Александровского месторождения пильных известняков, расположенного в Черноморском районе Республики Крым, на полуострове Тарханкут. Исходя из практики проведения мелиоративных работ оценку их эффективности можно осуществлять в рамках двух моделей рекультивационных проектов с минимальными финансово-экономическими затратами: горнотехнического с дальнейшим самозаращением рекультивируемых земельных участков под пастбищами и интеграционного, включающего как горнотехнический, так и биологический этапы с возможным проведением ряда агротехнических работ по дальнейшему улучшению пастбищ (дискование дернины, прикатывание катками, подсев травосмеси и т.д.).

Результаты и обсуждение

Синтетический анализ показывает неравномерную нагрузку размещения карьеров месторождений строительных материалов по административным районам Крыма и недостаток фактического материала по объемам современной рекультивации.

Эти проблемы объясняются резкой активизацией разработок залежей щебня, суглинков, песков и т.д., дефицит которых возник в связи со строительством дороги «Таврида». Тем не менее, для большинства районов при наличии доступных материалов [4, 7, 8], позволили нам составить карту-схему локализации требующих рекультивации нарушенных земель (рис. 1).

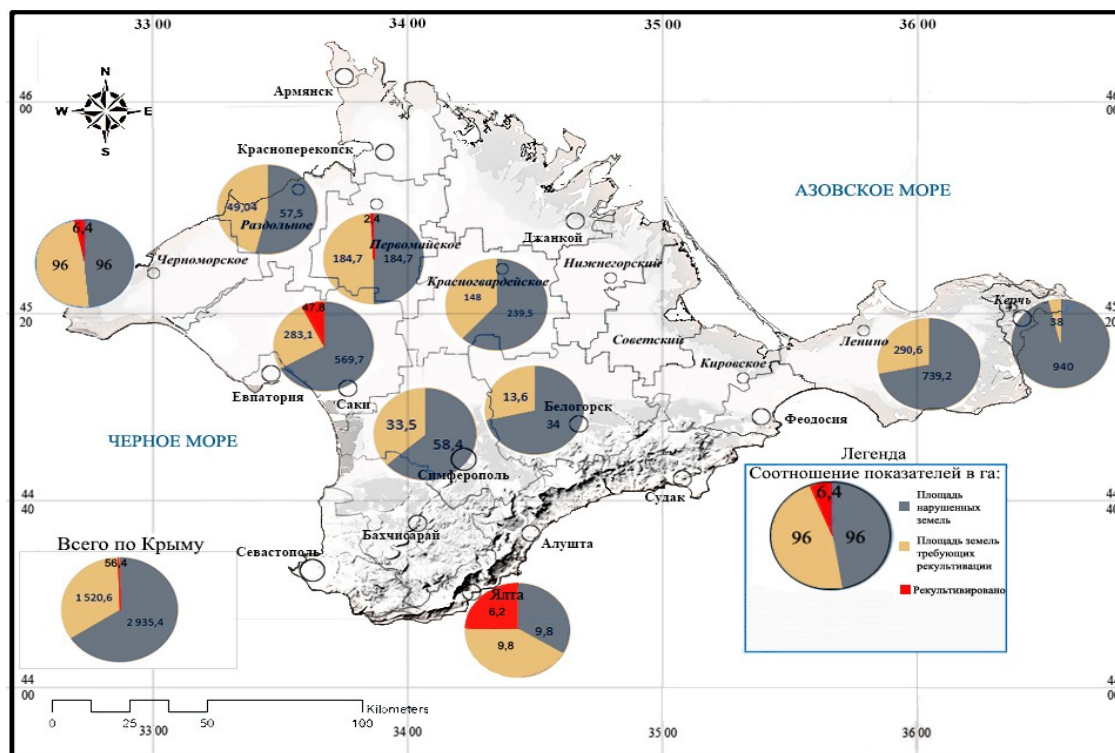


Рис. 1. Карта – схема состояния рекультивации нарушенных земель

Для оценки интенсивности процесса формирования гумусового горизонта почв на участках нарушенных земель целесообразно использовать полученные ранее модели формирования гумусового горизонта почв на ранних стадиях почвообразования (менее 200 лет). Для территории нарушенных земель, где основными почвообразующими породами являются в основном лессовидные глины, суглинки, красно-бурые и желто-бурые глины, модель формирования гумусового горизонта почв имеет вид [3]:

$$H = 162 \cdot \exp[-\exp(1.0 - 0.02 \cdot T)] \quad (7)$$

где H – мощность гумусового горизонта, мм;

T – время почвообразования, годы.

Исходя из модели (1) скорости почвообразования для разновозрастных почв, сформированных на рыхлых почвообразующих породах определяются по формуле [10]:

$$V = (-\lambda) \cdot H \cdot \exp(a + \lambda T) \cdot \exp[-\exp(a + \lambda T)], \quad (8)$$

где V – скорости почвообразования мм/год;

λ , a – коэффициенты характеризующие начальные условия почвообразования.

Согласно моделям (7) (8), в условиях Крымского полуострова на начальных этапах формирования почвы (от 10 до 50 лет), скорости почвообразования достигают максимальных значений 0,8-1,2 мм/год. В дальнейшем темпы формирования гумусового горизонта значительно снижаются от 0,8 мм/год через 100 лет от начала почвообразования до 0,2 мм/год через 200 лет, что обеспечивает формирование уже через 10 лет на поверхности пород почвы мощностью почти 20 мм; через 20 лет

мощность увеличивается до 26 мм, через 25 лет – 30 мм [3]. Это позволяет нам рекомендовать проводить рекультивацию нарушенных земель, учитывая естественные скорости почвообразования, т.е. проведение горно-технического этапа с дальнейшим самозарастанием участков. Анализ экономической эффективности таких моделей рекультивации позволит внести коррективы в разрабатываемые проекты.

Исходя из практики проведения мелиоративных работ оценку их эффективности можно осуществлять в рамках двух моделей рекультивационных проектов с минимальными финансово-экономическими затратами: горно-технического с дальнейшим самозарастанием рекультивируемых земельных участков под пастбищами и интеграционного, включающего как горно-технический, так и биологический этапы с возможным проведением ряда агротехнических работ по дальнейшему улучшению пастбищ. А именно:

- дискование дернины в 2-3 раза дисковыми боронами с одновременным боронованием тяжелыми зубowymi боронами на глубину 10,0-12,0 см;
- прикатывание тяжелыми катками;
- предпосевное и послепосевное прикатывание пастбища кольчатыми катками;
- подсев травосмеси, при котором снижается норма высева на 50%.

В рассматриваемом проекте рекультивации нарушенных земель участка Александровского месторождения пильных известняков, площадью 57,6 га предполагается, что в ближайшие пятьдесят лет дальнейшей эксплуатации земельного участка под выработанным месторождением его хозяйственное использование возможно только в качестве пастбища, которое не предполагает получение реальной продукции. Следовательно, в установленные сроки положительный денежный поток не будет сгенерирован. В последующие годы возможен с низким коэффициентом вероятности невысокий уровень положительного денежного потока при посеве однолетних и многолетних трав и малопродуктивных зерновых культур, поэтому величиной такого денежного потока можно пренебречь. Данные для расчета показателей эффективности рекультивационных проектов с минимальными финансово-экономическими затратами по Александровскому месторождению представлены в таблице 1.

Оценка Александровского месторождения пильных известняков в двух ранее представленных моделях рекультивации возможна на основе только третьей группы методов, а именно метода эффективности затрат, так как результат по величине чистого денежного потока будет либо отрицательный, что свидетельствует о неэффективности проектов (табл. 2), либо получить такой результат не представляется возможным, что также является негативным итогом его расчета. Следовательно, оценка финансово-экономической эффективности проектов рекультивации земельного участка Александровского карьера в целом по показателям и первой, и второй группы либо не определена (To , IRR , PI), либо равна нулю (I_k , NPV).

Оценка эффективности рекультивации нарушенных земель Александровского карьера по показателю эффективности затрат свидетельствует, что модель рекультивации земель на основе горно-технических работ с дальнейшим самозарастанием рекультивируемых участков более эффективна на 2 238 481 руб. или в 1,7 раза.

Таблица 1

**Исходные данные для оценки эффективности рекультивации Александровского карьера
(под пастбище)***

Показатели для оценки	Модели рекультивации	
	горно-технический этап с дальнейшим самозарастанием	интеграционный проект
Инвестиции в проект рекультивации, тыс. руб. – всего, в т.ч. по годам проекта	10753,65	27102,09
первоначальные инвестиции в осуществление проекта	10753,65	18309,3
инвестиции во 2-й год проекта	–	4370,97
инвестиции во 3-й год проекта	–	4421,52
Среднегодовой чистый денежный поток, руб.	–	–
Ставка дисконта, %	10	10
Продолжительность периода, в течение которого оценивается проект, лет	50	50
Среднегодовые эксплуатационные производственные затраты по уходу за пастбищем, тыс. руб.	–	173,7

* – все данные определены в ценах 2017 г.

Таблица 2

Показатели оценки эффективности рекультивации Александровского карьера*

Показатели оценки эффективности	Модели рекультивации	
	горно-технический этап с дальнейшим самозарастанием	горно-технический и биологический этапы
Период окупаемости проекта, годы	х	х
Коэффициент эффективности инвестиций в проект, %	–	–
Чистая приведенная стоимость проекта, руб.	–	–
Внутренняя норма рентабельности, %	х	х
Индекс доходности	х	х
Эффективность затрат, руб.	1 315 454	3 553 935

* – все расчеты произведены в ценах 2017 г.

Выводы

В условиях современной социально-экономической ситуации при проектировании и проведении мероприятий по рекультивации территории отвалов полезных ископаемых необходимо учитывать потенциал самовосстановления почв. При рекультивации отвалов в современных условиях Крыма скорость формирования гумусового горизонта почвы изменяется от 2,77 мм/год до 1,31 мм / год и за 20 лет формируется гумусовый горизонт, имеющий мощность более 2,0 см. Меры по интенсификации процесса почвообразования (внесение минеральных и органических удобрений, орошение и пр.), приводит к незначительному увеличению прироста мощности гумусового горизонта, что снижает экономическую эффективность проведения таких работ.

Оценка эффективности рекультивации нарушенных земель Александровского карьера показывает, что рациональнее применять на практике модель рекультивации земель на основе горнотехнических работ с дальнейшим самозарастанием рекультивируемых участков

Список литературы

1. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2010. – 224 с.
2. Двуреченский В.Г., Андроханов В.А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов Новокузнецкого промышленного комплекса // Живые и биокосные системы. – 2017. – № 20. – <http://www.jbks.ru/archive/issue-20/article-3>.
3. Ергина Е.И. Пространственно-временные закономерности процессов современного почвообразования на Крымском полуострове: монография. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017. – 224 с.
4. Ергина О.І., Вінник А.Л. Самовідновлення ґрунтів за рекультивації відвалів у АР Крим // Агроекологічний журнал. – 2014. – №2. – С. 50-53.
5. Ergina E.I. Modeling of the Development of Humus Horizons in Soils of Crimea // Eurasian Soil Science. – 2017. – Vol. 50. No. 1. – p. 14-19.
6. Ergina E.I., Bezuglova O.S. The energetic and thermodynamic characteristics of chernozems of Northern Azov region and Crimea Biogeosystem / Technique. – 2016. – Vol. 8. Is. 2. – p. 145-159.
7. Доклад «О состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2016 году». – Ижевск: ООО «Принт», 2017. – 300 с.
8. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики за 2015 г. // URL: http://meco.rk.gov.ru/rus/file/Doklad_o_sostojanii_i_ohrane_okruzhajushhej_sredy_Respubliki_Krym_v_2015.pdf.
9. Паиштецкий В., Ергин С., Ергина Е., Вердыш М., Капралова Е., Пирожок А. Эколого-экономические стратегии аграрного сектора Крыма // АПК экономика управление. – 2016. – №7. – С. 4-15.
10. Ергин С.М., Ергин Е.С. Функционирование рынка строительно-минерального сырья как цензового прототипа государственного протекционизма Формирование финансово-экономических механизмов хозяйствования Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции, ред. С.П. Кирильчук 2017. – Симферополь: ИТ АРИАЛ – С. 71-74.
11. Yong Zhong Su, Wen Zhi Zha, Pei Xi Su, Zhi Hui Zhang, Tao Wang, Raghuvanshi Ram. Ecological effects of desertification control and desertified land reclamation in an oasis–desert an ecotone in arid region: A case study in Hexi Corridor, northwest China Ecological Engineering. – Vol. 29. – Is. 2. – p. 117-124.
12. Федеральный закон об охране окружающей среды от 10.01.2002 г. №7-ФЗ / Федеральное собрание РФ. // URL: <http://docs.cntd.ru/document/901808297>.
13. Шарп У., Александер Г., Бэйли Дж. Инвестиции. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 1028 с.
14. The phenomenon of market economy: theoretical and methodological content – business innovations: monograph / under the editorship of Doctor of Economics, professor Sidorov V.A., Doctor of Economics, professor Yadgarov Ya.S. PhD in Economics, associate professor Chaplya V.V. – London: publishing house LSP. – 2019. – p. 505.
15. Ергин С.М., Ергина Е.И. Цензовый рынок как экономическая форма существования монополий // Вестник Академии знаний. – 2017. – № 23(4). – С. 79-90.
16. Ергин С.М. Субрегиональная дифференциация сельских территорий в Республике Крым / Феномен рыночного хозяйства: от истоков до наших дней. Бизнес, инновации, информационные технологии, моделирование: Сборник научных трудов VII Международной научно-практической конференции (Сочи, 27-31 марта 2019 г.) / Под ред. проф. Сидорова В.А. и проф. Ядгарова Я.С. – Майкоп: Издательство ЭЛИТ. – 2019. – С. 328-336.

Статья поступила в редакцию 19.11.2019 г.

Ergina E.I., Ergin S.M., Adamen F.F., Stashkina E.F. Evaluation of the disturbed lands recultivation projects in the Republic of the Crimea // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – № 136. – P. 130-139.

The development of the extractive industry on the territory of the Crimean Peninsula leads to an increase in the number of quarries and, consequently, to an increase in the area occupied by disturbed lands requiring recultivation. The reclamation of such land plots on the basis of creating the necessary conditions for the development on them of regenerative successions of zonal vegetation and ultimately the formation of soils is much cheaper for land users. Therefore, studies of the rates of soil formation, including using the methods of mathematical modeling of the processes of formation of the humus horizon of the soil over time, become relevant. Based on the example of the Alexandrovsky field of saw limestone in the Black Sea region of the Republic of the Crimea, the economic efficiency of reclamation of disturbed land was calculated. The results of the calculation showed that in terms of cost-effectiveness, it is more rational to use the mining engineering model with further self-overgrowing of the sites to be reclaimed when it comes to reclaiming disturbed lands of the Alexandrovsky career.

Key words: *soil; recultivation; rate of soil formation; effectiveness evaluation*

УДК 582.475: 630.228:577.12

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-136-140-147

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСОЗАЩИТНЫХ ПОЛОС С УЧАСТИЕМ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕТАБОЛИЗМА ВЕЩЕСТВ ВТОРИЧНОГО ОБМЕНА

Людмила Владимировна Полякова, Нина Федоровна Кузнецова

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», 394087, Россия, г. Воронеж, ул. Ломоносова, 105
E-mail: Polyakova_lv@mail.ru

Лес – один из наиболее эффективных механизмов для снижения концентрации CO_2 в атмосфере. Изучалась способность *Pinus sylvestris* произрастать в засушливых условиях (сухой бор – А1). Выявлено накопление флавонолов и проантоцианидинов в хвое, перидерме и флоэме побегов. Устойчивость к болезням и вредителям оказалась связанной со строением полимеризованной формы катехинов (проантоцианидинов). Эти соединения способны использовать волны УФ-Б для их синтеза и проявляют высокую антиоксидантную активность. Обсуждаются преимущества сосны по сравнению с тополем для создания лесных полос.

Ключевые слова: сосна обыкновенная; Среднерусская лесостепь; полезащитные лесные полосы; устойчивость; вторичные метаболиты

Введение

Полезащитное лесоразведение является эффективным и экологичным способом смягчения возрастающей в атмосфере концентрации CO_2 за счет увеличения запаса углерода в экосистемах, и связано с рядом проблем, в том числе и породного состава. Для оценки возможности депонирования атмосферного углерода в Китае проведено сравнительное изучение разных древесных пород, используемых для создания лесополос. По уровню депонирования углерода сосна красная китайская (*Pinus tabulaeformis*) оказалась на 30% более активной по сравнению с монокультурой тополя Давида (*Populus davidiana*) [12]. Большой опыт по подбору пород в нашей стране получен В.В. Докучаевым и его последователями в Каменной Степи. В число наиболее распространенных видов для лесополос входят также сосна и тополь. При облесении засушливого пояса Евразии наиболее оптимальной породой является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). Этот вид стрес-толерант обладает высокой средообразующей способностью, может формировать полнотные насаждения на песчаных почвах, меловых отложениях, мало потребляет воды и рационально использует ее в засуху. С середины XX века развитие Среднерусской лесостепи идет в направлении остепнения, и состояние сосновых насаждений прямо зависит от темпов изменения климата. К факторам, связанным с изменением климата, относится и возрастающая УФ-Б радиация (280-315 нм), вызывающая депрессию роста, изменение регуляции генов, включенных в общий метаболизм, фотосинтез, защиту от болезней и вредителей [15].

Оценку качества лесных культур принято проводить по интенсивности роста. Однако данный критерий практически не отражает изменчивость адаптивных признаков, от которых зависит формирование не только высоты насаждения, но и устойчивость к биотическим и абиотическим факторам. В качестве адаптивных признаков чаще всего изучаются особенности метаболизма веществ вторичного обмена [11]. Одна из наиболее изученных функций вторичных веществ – это защита растений

от патогенов и вредителей, УФ-Б-радиации, а также негативное влияние на ростовую активность, что связано с конкуренцией за включение углерода в первичные и вторичные метаболиты [9]. Цель исследования – оценить особенности накопления вторичных веществ, способствующих повышению устойчивости культур сосны, в том числе и лесополос, к среде обитания – оптимальных для сосны условиях В2 и стресс-условиях А1.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – географические культуры F_1 поколения, созданные в Изюмском гослесхозе в 1975 и 1991 гг. Тип лесорастительных условий 5- и 6-летних культур – В2 (свежая суборь) относится к наиболее оптимальным для развития сосны. Условия при типе А1 (сухой бор) являются для данного вида стрессовыми. Образцы хвои или луба отбирали с 35, 37 и 26 деревьев в рядах данных объектов, одновременно снимая ростовые показатели. Это позволило выборку деревьев в популяции (культуре F_1) разделить на группы: угнетенные особи – ростовые показатели ниже значений ($\bar{x}-1\sigma$), подчиненные – в пределах значений ($\bar{x}-1\sigma$), кодоминантные – в диапазоне ($\bar{x}+1\sigma$), доминантные – выше показателей ($\bar{x}+1\sigma$). Содержание веществ структуры проантоцианидинов (ПА) в свободной и связанной формах определяли по [14]; флавонолов (ФЛ) – по методу В.В. Беликова [1]; белка – по методу Г.А. Бузунс соавт. [2]. Вариационная статистика и корреляции выполнены с использованием программы Excel.

Результаты и обсуждение

Материалы исследования показали, что во всех культурах можно отметить заметное влияние уровня синтеза ФЛ и ПА как в хвое, так и лубе на ростовые характеристики деревьев (табл. 1).

Таблица 1

Структура популяции в географических культурах сосны обыкновенной 5-ти и 21-летнего возраста по содержанию в хвое вторичных веществ

Культура F_1	Ростовой показатель, м	ФЛ±m	CV %	ПА±m	CV%
5-летние культуры, высота	1,75±0,05	-	-	0,71±0,03	26,7
Угнетенная группа (8 дер.)	1,33±0,04	-	-	0,78±0,07*	25,6
Адаптивная - « - (20 дер.)	1,49±0,02	-	-	0,72±0,09	15,3
Доминантная - « - (7 дер.)	2,16±0,03	-	-	0,65±0,05*	20,0
6-летние культуры, прирост,	0,33±0,02	0,60±0,057*	58,0	0,43±0,05	69,0
Угнетенная группа (6 дер.)	0,13±0,02	1,06±0,15**	35,0	0,78±0,19**	61,0
Адаптивная - « - (22 дер.)	0,29±0,006	0,52±0,06	53,8	0,45±0,04	44,0
Доминантная - « - (11 дер.)	0,52±0,012	0,47±0,08**	59,0	0,25±0,04**	56,0
21-летний культуры, высота	4,33±0,18	0,26±0,02	46,0	0,91±0,07	39,0
Угнетенная группа (4 дер.)	3,15±0,155	0,36±0,055*	30,5	0,86±0,10*	23,0
Адаптивная - « - (18 дер.)	4,40±0,10	0,22±0,02	31,8	0,94±0,09	41,0
Доминантная - « - (4 дер.)	5,92±0,25	0,19±0,02*	21,0	0,68±0,14*	42,0

Примечания: Адаптивная группа особей включает подчиненные и кодоминантные.

Достоверность различий * $p \leq 0,05$; ** 0,01.

Вариабельность признака – CV%.

Приведенные в таблице 1 данные свидетельствуют, что деревья низкой ростовой активности (угнетенные) характеризовались наиболее высоким уровнем синтеза в хвое веществ группы ФЛ – превышение составляло в разных культурах от 12 до 70% от среднего популяционного уровня. Самый низкий уровень обеих групп веществ

оказался характерным для деревьев доминантных по ростовой активности и был ниже популяционного на 10-60%. Вариабельность флавоноидов (обе группы) наиболее высокая в молодом возрасте – CV, % составляет 50-60% в 5-6-летних культурах. К 21-летнему возрасту CV, % снижается до пониженного и среднего уровня – 20-40%. Вариабельность снижается, вероятно, вследствие элиминации особей, имеющих значительные отклонения от оптимального для данного местообитания уровня синтеза этих веществ (рис. 1).

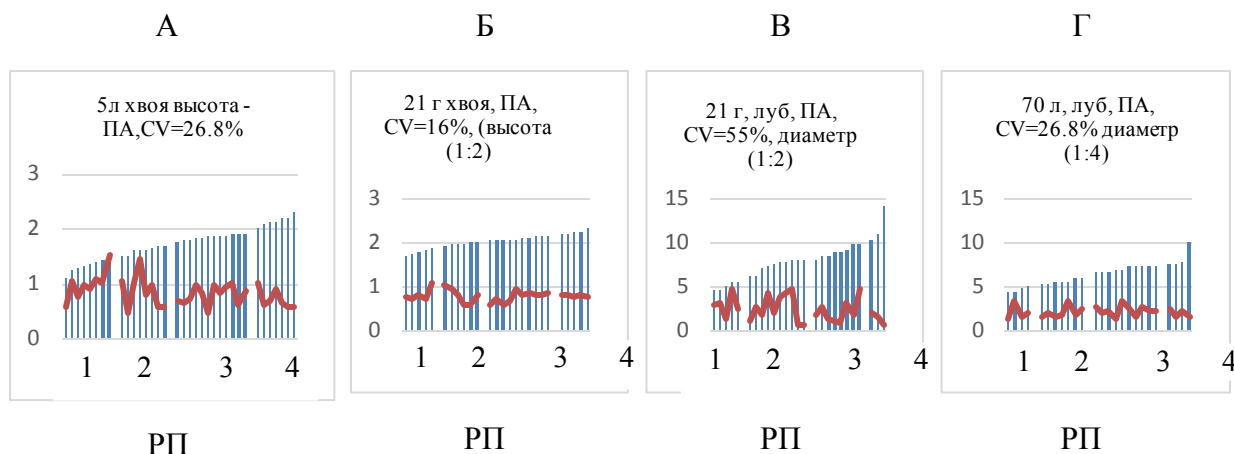


Рис. 1 Структура популяции культур сосны обыкновенной разного возраста в условиях В2, включает группы особей: угнетенные (1); подчиненные (2); кодоминантные (3); доминантные (4).

ПА - проантоцианидины; гистограмма – высота (Б), диаметр (А, В, Г) деревьев; графиком отражено содержание ПА в хвое и лубе индивидуальных деревьев.

РП – ростовой показатель ПА, %. Рубки ухода в культурах не проводятся

Рисунок 1 (А, Б) показывает, что содержание ПА в хвое 5-летних деревьев при вариабельности 27% снижается до 16% в 21-летних. Аналогичная динамика снижения вариабельности показателей содержания ПА в лубе деревьев отмечена также при сравнении 21- и 70-летних культур (рис. В, Г). В самой структуре популяции можно отметить, что в обеих тканях (хвоя и луб деревьев) наиболее заметные отклонения от среднего для популяции уровня характерны для группы угнетенных и подчиненных особей (1, 2 группы). Численность особей в этих группах с возрастом заметно снижается: по показателям ПА в хвое в 5-летнем возрасте культур пониженная ростовая активность отмечена для 16 особей – 47% от численности популяции, в 21-летнем – для 11 особей, что составляет -40% выборки. То есть, численность особей пониженной ростовой активности снизилась к 21-летнему возрасту на 7%, что, вероятно, отчасти может происходить за счет элиминации растений с наиболее заметными отклонениями в синтезе ПА в хвое. Аналогичная тенденция наблюдается и при анализе луба 21- и 70-летних деревьев. С возрастом снижается численность деревьев в подчиненной и угнетенной группах, но возрастает в группах кодоминантных и доминантных деревьев (3, 4 группы).

По концепции В.А. Драгавцева [3] общее жизненное состояние и устойчивость растений и их сообществ во многом определяется в системе взаимодействия генотип-среда (ВГС). Со стороны генотипа, согласно нашим представлениям, дифференциация на генотипы-лидеры и генотипы-аутсайдеры начинается в ходе полового воспроизведения на базе энергетической линии репродуктивного цикла [13]. Со стороны среды она усиливается при интеграции будущих растений в свою микронишу в момент выхода зародышей из состояния покоя при прорастании семян.

Доказано, что наиболее качественные леса формируются в центре ареала, из семян местного происхождения при условии, что их генофонд и лесорастительные условия экологической ниши совпадают. Влияние абиотического фактора отчетливо проявляется при смене условий произрастания культур – от оптимальных для сосны обыкновенной условий В2 на стрессовые засушливые условия А1 (табл. 2).

Таблица 2

Содержание белка и фенольных соединений в тканях деревьев сосны обыкновенной (август 1996 г.) (% от сухой массы ткани)

Культура F1	Белок	ФЛ, хвоя	ПА, хвоя	ФЛ, перидерма	ПА, перидерма	ПА, луб
5 лет, В2, H=1,64±0,07	7,52±0,11	0,19±0,01*	0,77±0,08	0,73±0,08*	1,05±0,06	0,8±0,05*
5 лет, А1, H=0,97±0,1	<u>7,62±0,12</u> 102	<u>0,32±0,02*</u> 168	<u>0,74±0,04</u> 96	<u>0,98±0,11*</u> 134	<u>1,23±0,08</u> 117	<u>0,96±0,07*</u> 120
21 год, В2, D=16,0±0,6	6,6±0,18	0,24±0,03	1,04±0,06	—	—	1,32±0,05*
21 год А1, D=7,6±0,4	<u>5,68±0,25</u> 89	<u>0,26±0,02</u> 108	<u>0,91±0,07</u> 87	—	—	<u>1,95±0,08*</u> 147

Примечания: H – средняя высота, м; D – диаметр, см.

Достоверность различий * $p \leq 0,05$.

В знаменателе – процент по отношению к аналогичному показателю культуры соответствующего возраста в условиях А1 к уровню содержания этих веществ в условиях В2.

содержание ФЛ и ПА в перидерме деревьев 21-летнего возраста не определялось.

Отличия в ростовой активности культур, созданных из семян местного климатипа (Изюмский лесхоз, Украина) и произрастающих в оптимальных для сосны условиях В2 и стресс-условиях А1, сопровождаются также разной активностью синтеза вторичных веществ в хвое, перидерме и лубе деревьев. Например, при заметном снижении ростовой активности деревьев в сухих условиях А1, в 5-летних культурах уровень синтеза ФЛ в хвое увеличивается на 68%, в перидерме побегов – на 34%, количество ПА в перидерме и флоэме (луб) возрастает на 17 и 20%, соответственно. В 21-летнем возрастесодержание ФЛ в хвое практически выравнивается, а во флоэме заметно возрастает синтез ПА – на 47% по сравнению с культурой, выращиваемой в условиях В2. То есть, снижение ростовой активности сопровождается заметным возрастанием активности синтеза вторичных веществ. Несмотря на снижение приживаемости культур в условиях А1 (с 80% в В2 до 50% в А1), сосна обыкновенная выдерживает эти стресс-условия и достигает к 21-летнему возрасту среднюю для района исследований высоту 4,4 м и диаметр 7,6 см. Можно добавить, что в этих условиях (А1) климатип сосны обыкновенной происхождения из Литвы (северо-западный климатип) показал среднюю высоту – 1,9 м при содержании ПА в хвое 1,3%. То-есть, местный климатип способен более успешно адаптироваться к стрессовым условиям среды на фоне высокой пластичности вторичных веществ. Содержание белка в хвое побегов в условиях В2 и А1 отличается незначительно.

В большинстве случаев корреляционный анализ выявлял заметную негативную связь между ростовыми показателями деревьев и накоплением в хвое или лубе веществ вторичного обмена (табл. 3).

Таблица 3

Корреляции Пирсона между ростовыми показателями деревьев сосны и содержанием в хвое и лубе разных групп флавоноидов

Культура	Высота - ФЛ	Высота - ПА	Диаметр - ФЛ	Диаметр - ПА
В 2, 5л, хвоя, (35 дер.)	–	-0,325*	–	–
В 2 6л, хвоя ПС, прирост, (37 дер.)	-0,372**	-0,448**	–	–
А 1, 21г, хвоя (26 дер.)	-0,335*	-0,321	-0,346*	-0,428**
В 2, 21 г, луб (27 дер.)	-	-0,046	-	-0,268

Примечание: Достоверность различий* ** $p \leq 0,05$; 0.01.

Считается, что рост и устойчивость являются результатом сложных взаимодействий между биохимическими, энергетическими и средовыми факторами [7]. Биосинтез вторичных веществ требует значительных энергетических затрат, при этом основное количество доступных растению ресурсов использует первичный метаболизм. Если ростовая активность является высокой, образование вторичных веществ может быть ограничено сокращением доступных для этих веществ субстратов [9]. Так как энергетический потенциал клеток апикальных и боковых меристем плюсовых деревьев по сравнению с минусовыми более высокий, то в онтогенезе это проявляется в возможности активнее использовать первичный метаболизм на повышение вегетативной продуктивности особи. Исходно более низкий энергетический уровень у минусовых деревьев не может обеспечить такую скорость ростовых процессов [13]. С другой стороны, интенсивность образования вторичных метаболитов усиливается с возрастом. Продолжительность жизни минусовых деревьев, как известно, меньше. Признаком более быстрого старения является то, что с возрастом их клетки начинают синтезировать все больше вторичных веществ.

Детальный анализ состояния индивидуальных деревьев по их устойчивости к биотическим повреждениям показал, что помимо общего содержания количественно ведущей группы вторичных веществ (ПА) имеют значение некоторые качественные особенности строения этой сложной группы, состоящий из простых и полимеризованных катехинов. К наиболее важным свойствам этих структур относятся их антиоксидантная активность, наиболее высокая характерна для (+) -катехина, несколько более низкая для (-) -эпигаллокатехина [8]. Участие этих компонентов в структуре ПА выявляется после проведения кислотного гидролиза экстракта хвои (или других тканей сосны) как антоцианидины соответствующей структуры гидроксирования кольца В молекулах этих веществ – дельфинидина (тригидроксирование кольца В, аналог (-) -эпигаллокатехина) и цианидина (дигидроксирование кольца В, аналог (+)-катехина) [8,14]. Только при повышенном уровне (+) -катехина в составе ПА проявляются защитные функции, как при заболевании шютте обыкновенным (*Lophodermium seditiosum*), так и устойчивости к сосновому шелкопряду (*Dendrolimus pini*) [5]. Анализ ANOVA показал достоверное влияние этого показателя на устойчивость к шютте об.: снижение уровня (+)-катехина в составе ПА проявилось в повышении восприимчивости к заболеванию, которое составило 6% для белгородского климатипа; 10% для местного (юго-восточный) и 60% для восточного (кокчетавский). Низкие коэффициенты вариации определяемых компонентов указывают на устойчивое сохранение особенностей структуры ПА, характерной для исходного материнского насаждения (табл. 4). Низкий уровень вариабельности дельфинидина (аналог (-)-эпигаллокатехина) в составе ПА после

проведения гидролиза экстракта хвои ($CV=2,0-5,0\%$), установлен для популяций *Pinus uncinata*, произрастающих во французских Альпах [14].

Таблица 4

Хроматографический анализ связанной формы ПА хвои климатипов сосны обыкновенной, показавших разную степень восприимчивости к заболеванию шютте обыкновенное

Климатип, (восприимчивость)	Д	С	% С	ANOVA	F крит.	F факт.
Белгородский (6%)	0,83+0,10 (12%)	0,47+0,03 (6,4%)	0,56+0,03 (5,3%)	Д	3,467	18,59*
Юго-вост (Измюм) (10%)	0,75+0,04 (5,3%)	0,23+0,03 (13%)	0,30+0,02 (6,6%)	С	3,467	327,35**
Восточный (Кокчетавский) (60%)	0,58=0,08 (13,7%)	0,12+0,03 (15%)	0,20+0,03 (15%)	% С	3,467	268,48**

Примечания: продукты гидролиза ПА: Д-дельфинидин, аналог (-)-эпигалло катехина; С – цианидин, аналог (+) – катехина; % С – отношение С: Д.

% восприимчивости климатипов указан в скобках

Анализ ANOVA – влияние происхождения климатипов на уровень синтеза компонентов в хвое.

Достоверность различий* ** $p \leq 0,05; 0,01$.

Данные таблицы 4 показывают очень высокий уровень отличий между культурами сосны разного происхождения. Низкий уровень вариабельности структур, обнаруживаемых после гидролиза в составе ПА, позволяет рассматривать показатель соотношения компонентов как наследуемый признак, определяемый особенностями материнского насаждения. Особенностью катехинов, составляющих основу ПА, является активное поглощение для их синтеза наиболее опасной УФ-Б части солнечного спектра (280-290 нм) [15]. Синтез наиболее распространенной в растениях группы ФЛ (кверцетин и его производные) осуществляется при менее опасной длине волны – 360,0 нм. Таким образом, вторичные метаболиты оказывают многофункциональное влияние на растительный организм, так как связаны с ростовыми показателями, функциями защиты от болезней, вредителей, а также от УФ-Б радиации. Вероятно, насаждения, которые рассматриваются как источники получения семенного материала, желательно оценивать с точки зрения накопления вторичных веществ на популяционном уровне, то есть уровне, закрепленном генетически в данном местообитании и данном материнском насаждении. При выборе древесных пород для создания ползащитных лесополос желательно использовать породы, синтезирующие в листьях заметное количество катехинов и ПА, учитывая способность этих структур поглощать УФ-Б радиацию и при определенной структуре полимерных ПА снижать восприимчивость культур к ряду распространенных болезней и вредителей. Однако, эти особенности вторичных метаболитов учитывается не всегда. Например, согласно инвестиционному проекту, разработанному в Москве в 2002 г., составленному для Воронежской области по теме «Поглощение парниковых газов лесополосами на сельскохозяйственных землях» [6], основную часть лесополос предполагается создавать из тополя (3350 га) и лишь незначительную часть из сосны (350 га). Авторы проекта, учитывая высокую ростовую активность видов тополя, не акцентируют внимание на ряде других не менее важных факторов: пониженная способность поглощать углекислый газ, а также на то, что создание плантаций тополя, выполняется, как правило, черенкованием. Это сопровождается некоторой потерей генетического разнообразия, необходимого для поддержания устойчивости насаждения. При этом, даже такой устойчивый вид, как тополь черный (*Populus nigra*), является восприимчивым к большому числу болезней и вредителей [10].

Выводы

Средообразующая роль полезащитных лесных полос, созданных в 50-80 гг. XX века на территории Среднерусской лесостепи, по значимости многократно возросла в связи с потеплением регионального климата, низким уровнем лесистости (ниже оптимума втрое), высокой распаханности земель ($\approx 70\%$), интенсивным в отличие от агроценозов углерод-депонирующим эффектом. Среди лесообразующих пород данного района сосна обыкновенная характеризуется наиболее высокой депонирующей способностью по сравнению с тополем. Помимо этого в листьях тополя не обнаружены свободные и полимеризованные катехины [4], активно синтезируемые в хвое, перидерме, лубе деревьев сосны. Это важно в плане сохранения устойчивости в условиях уменьшения озонового слоя и повышения уровня УФ-Б-радиации в атмосфере в условиях изменения климата. Интенсивность данных процессов в обоих типах лесополос зависит от морфометрических характеристик деревьев. Однако, из-за более низкой способности поддерживать экологический баланс, лесные полосы из тополя могут быть менее эффективными, чем лесополосы, созданные из сосны обыкновенной.

Список литературы

1. Беликов В.В. Оценка содержания флаванол-производных в плодах *Silybum marianum* (L.) Gaerth. // Растительные ресурсы. – 1985. – Вып. 3. – С. 350-358.
2. Бузун Г.А., Джемухадзе К.М., Милешко Л.Ф. Определение белка в растениях с помощью амидо-черного // Физиология растений. – 1982. – Т. 29. – С. 350-358.
3. Драгавцев В.А., Кучерена Н.В. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов. – СПб: Изд-во СЦДБ, 2008. – 86 с.
4. Лобанова И.Ю., Турецкая В.Ф. Выделение и изучение состава флавоноидов листьев осины обыкновенной // Химия растительного сырья. – 2011. – № 1. – С. 2-28.
5. Полякова Л.В., Журова П.Т. Роль фенольных соединений в устойчивости географических культур сосны обыкновенной // Лесоведение. – 2012. – № 1. – С. 22-28.
6. Стеценко А.В. рук. Проекта «Поглощение парниковых газов лесополосами на сельскохозяйственных землях». – Москва: Центр экологической политики России, 2002. – ISBN 5-88971-025-7.
7. Эзай К. Анатомия семенных растений. – Т. 1. – Москва: Мир, 1980. – 218 с.
8. Bors W., Michel Ch. Antioxidant capacity of flavanols and gallate esters: pulse radiolysis studies // Free Radical Biology and Medicine. – 1999. – Vol. 27. – P.1413-1426.
9. Caretto S., Linsalata G., Mita G., Lattanzio V. Carbon fluxes between primary metabolism and phenolic pathway in plant tissues under stress // Int. J. Mol. Sci. – 2015. – Vol. 16. – P. 26378-26394.
10. De Rigo D., Enescu C.M., Caudullo G. *Populus nigra* in Europe: distribution, habitat, usage and threats // <https://www.researchgate.net/publication/299470696> (2016).
11. Forrest I., Burg K., Klumpp R. Genetic markers: tools for identifying and characterizing Scots pine populations // Invest. Agr.: Sist. Recur. For. – 2000. – Vol. 9 (1). – P. 67-88.
12. Huitao Sh., Zhang W., Yang X., Liu X., Cao J., Zhao X., Chen X. Carbon storage capacity of different plantation types under sandstorm source control program in Hebei Province, China // Chinese Geographical Science. – 2014. – Vol. 24. – Is. 4. – P. 454-460.
13. Kuznetsova N.F. Introduction to the three-plane corpuscular-wave biology of forest tree species. – New York: Nova Science Publ. – 357 p.

14. *Laurenson J., Lebreton Ph.* Flavonoid variability within and between natural populations of *Pinus uncinata* // *Biochem. Syst. And Ecol.* – 1991. – Vol. 19 (9). – P. 659-664.

15. *Trost Sedej T.* Broadleaf and conifer tree responses to long-term enhanced UV-B radiation in outdoor experiments: a review // *Acta biologica Slovenica.* – 2014. – Vol. 57 (2). – P. 13-23.

Статья поступила в редакцию 03.02.2020 г.

Polyakova L.V., Kuznetsova N.F. Second metabolites of Scots pine and their role in increase resistance of forest belts // *Bull. Of the State Nikita Botan. Gard.* – 2020. – №136. – P. 140-147.

Forest is one of the most effective ways for mitigating elevated CO² concentration in the atmosphere. The ability of *Pinus sylvestris* to grow in A1 arid conditions was studied. The accumulation of flavonols and proanthocyanidins in the pine-needles, periderm and phloem of shoots has been established. Resistance to diseases and pests depended from the structure characteristics of the polymerized form of catechins (proanthocyanidins). These compounds are capable to use UV-B waves for their synthesis and show very high antioxidant activity. The advantages of pine for creating of a band of trees compared to poplar species are discussed.

Key words: *Scots pine; Central Russian forest-steppe; forest belts; resistance; second metabolites*

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Печатается по постановлению Ученого совета
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад –
Национальный научный центр РАН»
от 05.11.2020 г., протокол № 13

Подписано к печати 05.11.2020 г.

Дата выхода 07.12.2020 г.

Бюллетень ГНБС

Выпуск 136

Компьютерная вёрстка
Федотова Е.А.,
Чичканова Е.С.

<https://boolt.elpub.ru/jour>

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-71440 от 26 октября 2017 г.

Формат 210 х 297. Бумага офсетная – 80 г/м².
Печать ризографическая. Уч. -печат. л. 10. Тираж 200 экз. Заказ № 11А/17

Адрес учредителя и редакции:
298648, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта,
пгт Никита, спуск Никитский, 52
Телефон: +7 978 8059718
E-mail: redact-nbs@mail.ru

Цена – свободная

Отпечатано с оригинал-макета в типографии «ИТ «АРИАЛ»,
295034, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 31-а/2
тел.: +7 978 71 72 901, e-mail: it.arial@yandex.ru, www.arial.3652.ru