

СОДЕРЖАНИЕ

ФЛОРИСТИКА

<i>Меркер В. В.</i> Редкие виды сосудистых растений в Боровском бору Брединского района (Челябинская область)	3
---	---

ИНТРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ

<i>Иванова Л. А., Виравчева Л. Л., Иноземцева Е. С.</i> Интродукция тропических и субтропических растений в оранжереях Полярно-альпийского ботанического сада	13
<i>Кожевников А. П.</i> Интродукция и спонтанная гибридизация смородины черной (<i>Ribes nigrum</i> L.)	25

БОТАНИЧЕСКОЕ РЕСУРСОВЕДЕНИЕ

<i>Полуконова Н. В., Андреева А. А., Шаркова Е. А.</i> Исследование экстракта кирказона ломоносовидного (<i>Aristolochia clematitis</i>) по показателям активности колец балбидани и ядрышкового организатора полигенных хромосом	33
<i>Шереметьева А. С., Дурнова Н. А., Райкова С. В.</i> Сравнительный анализ антимикробной активности настоев календулы лекарственной (<i>Calendula officinalis</i> L.) и ромашки аптечной (<i>Chamomilla recutita</i> L.)	41

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ БИОЛОГИЯ

<i>Коробко В. В., Шевлягина О. Ф., Степанов С. А.</i> Влияние температуры на развитие фотосинтетического аппарата проростков твердой пшеницы	50
--	----

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

<i>Касаткин М. Ю., Загнухина Н. А., Степанов С. А.</i> Изменение спектральных характеристик тканей элементов фитомеров побега в онтогенезе пшеницы	58
<i>Старичкова Н. И., Дмитриенко В. В.</i> Изменение физиолого-морфологических параметров проростков пшеницы при действии липополисахарида бактерий рода <i>Azospirillum</i>	66

CONTENTS

FLORISTICS

<i>Merker V. V.</i> Rare species of vascular plants in the Boar of Bredinsky district (Chelyabinsk region)	3
--	---

INTRODUCTION OF PLANT

<i>Ivanova L. A., Viracheva L. L., Inozemtseva E. S.</i> Introduction tropical and subtropical plants in greenhouses of Polar Alpine Botanical Garden	13
<i>Kozhevnikov A. P.</i> The introduction and spontaneous hybridization of blackcurrant (<i>Ribes nigrum</i> L.)	25

BOTANICAL RESOURCES

<i>Polukonova N. V., Andreeva A. A., Sharkova E. A.</i> Investigation of the <i>Aristolochia clematitis</i> extract by analyzing the activity of the Balbiani rings and the nuclear organizer in polytene chromosomes	33
<i>Sheremetyeva A. S., Durnova N. A., Raykova S. V.</i> Sravnitelny analysis of antimicrobial activity of the infusion <i>Calendula officinalis</i> L. and <i>Chamomilla recutita</i> L.	41

AGRICULTURAL BIOLOGY

<i>Korobko V. V., Shevlyagina O. F., Stepanov S. A.</i> Influence of temperature on development of the photosynthetic device of sprouts of firm wheat	50
---	----

ANATOMY AND PHYSIOLOGY OF PLANTS

<i>Kasatkin M. Y., Zagnuhina N. A., Stepanov S. A.</i> Changes in the spectral characteristics of the tissues of shoot phytomers in the wheat ontogenesis	58
<i>Starichkova N. I., Dmitrienko V. V.</i> The changes of the physiological and morphological parameters of wheat seedlings under the action of lipopolysaccharide in bacteria of the genus <i>Azospirillum</i>	66

ФЛОРИСТИКА

УДК 582.31:502.753(571.65)

РЕДКИЕ ВИДЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В БОРОВСКОМ БОРУ БРЕДИНСКОГО РАЙОНА (ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В. В. Меркер

*Челябинский государственный университет
Россия, 454001, Челябинск, ул. Братьев Кашириных
E-mail: VMerker@rambler.ru*

Поступила в редакцию 15.09.2017 г.

Редкие виды сосудистых растений в Боровском бору Брединского района (Челябинская область). – Меркер В. В. – Дано краткое описание флоры и растительности особо охраняемой территории Брединского района Челябинской области – Боровской бор. Приведены сведения о находках на территории бора редких для флоры области видов, в том числе внесенных в региональную Красную книгу, дополняющие и уточняющие их распространение на Южном Урале. Подтверждена гербарным образцом находка нового для флоры области вида.

Ключевые слова: Красная книга, редкий вид, новая находка, особо охраняемая природная территория.

Rare species of vascular plants in the Boar of Bredinsky district (Chelyabinsk region). – Merker V. V. – The description of the flora and vegetation of the Borovo Boron (Bredinsky District, Chelyabinsk Region). Information is provided on the detection of rare species. A new species is presented for the flora of the region. All findings are confirmed by herbarium dues.

Key words: the Red Book, rare species, new find, specially protected natural area.

DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-3-3-12

В Брединском районе Челябинской области находится четыре особо

охраняемых природных территории (ООПТ) регионального значения: Брединский государственный природный биологический заказник и три памятника природы – Брединский и Боровской боры и геологическое обнажение горы Маячная (рис. 1).

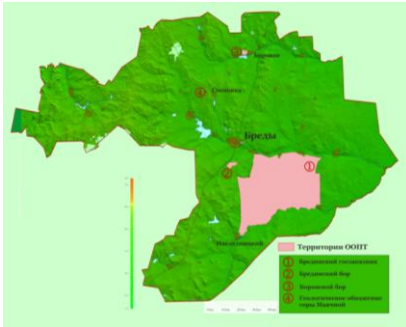


Рис. 1. Карта-схема размещения региональных ООПТ в Брединском районе

С 2016 года нами была начата инвентаризация флоры Брединского района – детальное изучение флористического разнообразия вышеуказанных ООПТ, каждая из которых посещалась нами дважды в каждый полевой сезон. Первые полученные данные о редких видах Брединского заказника нами уже опубликованы (Меркер, 2016). В

данной статье приводятся сведения о находках редких и охраняемых видов высших сосудистых растений на территории

Боровского бора, что актуально в связи с подготовкой новой редакции Красной книги Челябинской области (Итоги ведения ..., 2011).

Боровской островной сосновый бор является естественным лесным массивом на крайнем юге Челябинской области. Расположен в степной зоне области, примыкает непосредственно к западной окраине поселка Боровое (рис. 1, 2). Расстояние от пос. Бреды – 30 км, от Челябинска – 330 км. Площадь Боровского бора составляет 210.44 га (0.211 тыс. га).

Бор имеет статус ботанического памятника природы регионального значения и был организован в ООПТ решением исполнительного комитета Челябинского областного Совета народных депутатов от 13 августа 1991 года № 30-п.

Как и все островные сосновые боры лесостепной и степной зон в Челябинской области, расположенные на территории Зауральского пенепплена, Боровской бор является уникальным явлением южноуральской природы, реликтовой экосистемой плейстоценовой перигляциальной лесостепи. Боровской бор уникален еще и тем, что расположен практически на крайнем рубеже распространения сосновых насажде-

РЕДКИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ В БОРОВСКОМ БОРУ

ний в области, южнее в пределах нашей области – только Брединский бор (около 32 км к югу от Боровского бора) и юго-западнее – сосновые леса Картубайского бора, начинающиеся от широты села Полоцкое (Кизильский р-н) и протянувшиеся до северных районов Оренбуржья.

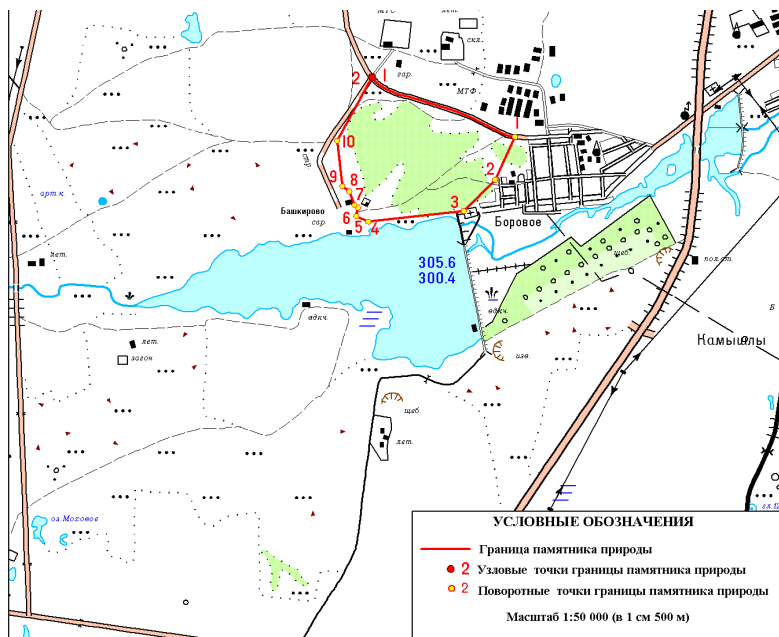


Рис. 2. Расположение Боровского бора относительно пос. Боровое и водохранилища на р. Камысты-Аят (Камышлы-Аят)

Согласно ботанико-географическому районированию территория Боровского бора, приуроченного к выходам гранитов, относится к району степей и островных боров Урало-Тобольского водораздела.

В Боровском бору абсолютные высоты невелики (отметки поверхности пенеплена – 320 – 355 м над уровнем моря), как и очень незначительны перепады высот местности: относительные превышения рельефа (возвышенности, сопки) в восточной и юго-западной частях бора не превышают 20 – 30 м. Рельеф в целом выровненный, пло-

ский, с небольшим протяженным уклоном к руслу р. Камысты-Аят (Камышлы-Аят).

Несмотря на указанные общие особенности, мезорельеф района расположения Боровского бора довольно сложен (небольшие увалы, холмы, ложбины и их элементы – склоны разной крутизны, плоские участки и пр.) и создает большую пестроту растительного покрова. Разнообразие растительного покрова бора обеспечивается также мозаичными грунтово-почвенными условиями. Таким образом, растительность бора по облику и составу оказывается тесно приуроченной к элементам рельефа (орографическим условиям), мощности и характеру почв, зависит от экспозиции склонов и пр.

Основой растительного покрова Боровского бора является сосновый лес (из *Pinus sylvestris*), в составе древесного яруса которого имеется примесь *Betula pendula*, менее значительная, на отдельных участках, – *Populus tremula*, совсем незначительная – *Larix sibirica* и *Tilia cordata* (!). Сосна успешно возобновляется не только под пологом, но и на минерализованных участках в отдалении от основного соснового массива. Отмечено также возобновление лиственницы и липы близ мест их произрастания. Подлесок составляют, преимущественно, типичные степные виды – *Spiraea hypericifolia* и *S. crenata*, *Cerasus fruticosa*, опушечно-лесные – *Rosa majalis* и *R. glabrifolia*, *Chamaecytisus ruthenicus*, *Genista tinctoria*, изредка в подлеске отмечаются *Cotoneaster melanocarpa*, *Sambucus sibirica*, *Sorbus aucuparia*, *Crataegus sanguinea*. Активно расселяется (преимущественно, в восточной части бора) *Malus baccata*, вероятно, издавна культивируемая в окрестных населенных пунктах.

Травяной покров состоит также, в основном, из типичных степных видов, но отмечены остепненно-луговые сообщества полян и опушек с господством лесных, луговых и лугово-степных элементов. В составе травяного яруса не только под пологом соснового бора, но и на степных открытых участках (полянах, редилах), наряду со степными, сохранилась примесь лесных видов, таких как *Antennaria dioica*, *Rubus saxatilis*, *Solidago virgaurea*, *Geum aleppicum*, *Calamagrostis arundinacea* и другие, что подтверждает палеогеографическую информацию и свидетельствует о том, что хвойные леса здесь были распространены и в предыдущие геологические периоды.

РЕДКИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ В БОРОВСКОМ БОРУ

В Боровском сосновом бору преобладают сухие остепненные типы леса, можно выделить остепненные злаково-разнотравные, мелкозлаковые, остепненные каменистые (по наиболее сухим и возвышенным участкам), мелкозлаково-полынные (с бедным видовым составом и разреженным травостоем, обычно в нижней части склонов южной экспозиции) и другие типы и варианты. На более пониженных и, соответственно, более увлажненных участках соснового леса (преимущественно в центральной, западной и юго-западной частях бора) представлены мезотрофные растительные сообщества с участием лесных и болотно-лесных видов (*Filipendula ulmaria*, *Salix cinerea* и др.).

На холмах и других возвышенностях бора, на их каменистых и щебнистых вершинах развиты небольшие участки петрофитных степей с характерной пятнистостью и разомкнутостью трав (рис. 3), в которых произрастает ряд редких петрофитно-степных видов: *Astragalus*



Рис. 3. Участок петрофитной степи на выходах карбонатных пород на южной окраине Боровского бора

tenuifolius, *Allium flavescens* и *A. tulipifolium*, *Linum perenne*, *Heli-chrysium arenarium*. Такие участ-

ки в Боровском бору имеются, в основном, на восточной и юго-западной окраинах. Ниже по склонам, с увеличением мощности рыхлых горизонтов почв, каменистые петрофитные степи сменяются сначала типчаково-полынными, затем – типчаково-ковыльными, а далее злаково-разнотравными. Для склонов характерны также заросли кустарников – *Spiraea crenata* и *S. hypericifolia*, *Cerasus fruticosa*, в которых неоднократно отмечены редкие виды – *Asparagus pallasii*, с извилистым, выющим по кустарникам, стеблем, и *A. inderiensis*. Также на склонах, преимущественно южной экспозиции, порой довольно обильно, встречаются экземпляры вида, очень редкого для степной зоны области – *Astragalus varius*.

Территория южной части бора в геологическом отношении представлена карбонатными породами палеозойского возраста, метаморфическими породами и фрагментами отложений морских мезозойских трансгрессий. В этих условиях сформировалась мозаичная и сложная

по своему составу кора выветривания. В результате на открытой безлесной территории на южной окраине бора представлены различные по минеральному и механическому составу типы почв, что породило мозаичную структуру растительных комплексов. Именно этот южный открытый солончаковый участок территории придает дополнительную уникальность Боровскому бору. На этом участке, имеющем форму клина, с протяженным уклоном к руслу р. Камысты-Аят, представлены солонцовые комплексы почв и растительности, а по небольшим возвышениям, окаймляющим открытый солонцовый участок с востока близ опушки, представлены незначительные по площади участки петрофитных степей (см. рис. 3).



Рис. 4. Участки солончаков, лишенные растительности, на фрагментах грубоскелетных кор выветривания на солончаковом степном участке южной окраины Боровского бора

На грубоскелетных корях выветривания, где присутствует высокий уровень инфильтрации, сформировались солончаки, лишенные растительности. На южной окраине бора такие выходы солончаков с обломочной крошкой карбонатных пород встречаются пятнами (рис. 4) и более протяженными участками (вероятно, на гребнях бывших искусственных противопожарных полос) (рис. 5). Эрозионная трансформация на месте бывших противопожарных полос (борозд) привела к формированию откры-

тых локальных ложбин стока с выположенными склонами-откосами, сформировавшимися в грубоскелетных карбонатных корях выветривания (см. рис. 5).

Часть площади солончаков имеет на поверхности твердый и растрескивающийся глинистый слой (рис. 6), на котором развиты небольшие скопления сообществ галофитов (см. рис. 6, 7) с площадками голого грунта. Большая часть солончаков (см. рис. 4, 5, 6) покрыта галофитной растительностью степей (в наиболее возвышенных верхней и средней частях солончакового клина), засоленных лугов (в его нижней части) и лугово-степными группировками с участием галофитов.

РЕДКИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ В БОРОВСКОМ БОРУ



Рис. 5. Лишенные растительного покрова склоны (откосы) локальных ложбин стока, сформировавшихся в грубоскелетных карбонатных породах выветривания на месте старых противопожарных полос



Рис. 6. Скопления сообществ галофитов (*Frankenia hirsuta*, *Halimione pedunculata*) на локальных участках, покрытых сцементированным глинистым слоем

Отмечены степные и полупустынные галофитные полукустарнички (*Atriplex cana* (второй (!) локалитет в степной зоне области),

Camphorosma monspeliaca, *Limonium suffruticosum*, *Frankenia hirsuta*, *Kochia prostrata*), встречаются также лебедовые сообщества (*Halimione verrucifera*, *H. pedunculata*) и бескильницевые луговые фрагменты (*Puccinellia tenuissima*, *P. hauptiana*, *P. gigantea*).



Рис. 7. Скопление *Halimione pedunculata* (вегетирующие растения) на локальном участке глинистой коры выветривания

В средней части склона распространены также тырсово-типчакowo-полынные сообщества с *Festuca valesiaca*, *Stipa capillata* и *S. pennata*, *Artemisia lerchiana*, *A. nitrosa*.

Засоленные луговые участки расположены в нижней части склона близ его незначительного перегиба. В их пределах отмечены редкие и охраняемые виды растений — *Tulipa biebersteiniana*, *Fritillaria meleagroides*, *Glycyrrhiza korshinskyi*, представленные в разнотравно-злаковом сообществе с преобладанием *Calamagrostis epigeios*, *Elytrigia repens*.

Ближе к реке (водохранилищу) соленость и влажность грунта (соленасыщенных глин) возрастает еще больше, здесь преобладают пред-

РЕДКИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ В БОРОВСКОМ БОРУ

ставители маревых – *Salicornia perennans*, виды лебеды (*Halimione verrucifera*, *H. pedunculata*), шведы (*Saueda* sp.) с островками полукустарничковых полыней (*Artemisia lerchiana*, *A. nitrosa*, *A. santonica*, *A. pauciflora*). Доминантами злаков здесь являются *Elytrigia repens*, *Calamagrostis epigeios* и различные виды *Puccinellia*. Мокрые солончаки распространены широкой полосой вдоль левобережья р. Камысты-Аят. Фрагменты солончаковых лугов чередуются здесь с площадками голого грунта и монодоминантными пятнами солероса. Основу травостоя на отдельных участках составляют декоративные *Limonium caspium* и *L. gmelinii*. Кроме доминирующих видов отмечены довольно редкие галофитные и галофитно-луговые виды: *Lepidium crassifolium*, *Astragalus sulcatus*, *Melilotus dentatus*, *Saussurea salsa*, *Glycyrrhiza korshinskyi*, *Asparagus inderiensis*, *Leymus paboanus*.

Галофитные сообщества в границах ООПТ Боровской бор пока относительно мало нарушены, но находятся на территории с довольно развитой дорожной сетью по периметру границы ООПТ и берегу водохранилища.

В составе флоры Боровского бора произрастают растения, внесенные ранее в Красную книгу Челябинской области (Красная книга..., 2005), а в настоящее время – в новый, утвержденный в 2014 году, основной список Красной книги в новой редакции (Постановление..., 2014). Всего в Боровском бору отмечено 7 «краснокнижных» видов, на которые распространяется законодательная охрана. Из них один вид – со статусом II категории: *Astragalus brachylobus* и 6 видов со статусом III категории: *Tulipa biebersteiniana*, *Fritillaria meleagroides*, *Asparagus inderiensis*, *A. pallasii*, *Linum perenne*, *Stipa pennata*. На территории Боровского бора произрастают редкие виды, нуждающиеся в особом внимании к их состоянию в природной среде, внесенные в приложение к Красной книге, таких видов четыре – *Limonium suffruticosum*, *Astragalus tenuifolius*, *Glycyrrhiza korshinskyi*, *Allium flavescens*. Стоит отметить в Боровском бору находки видов, ранее бывших в перечне приложения 2 Красной книги Челябинской области (Красная книга..., 2005), таких видов пять: *Ephedra distachya*, *Pulsatilla patens*, *Thermopsis schischkinii*, *Helichrysum arenarium*, *Allium tulipifolium*.

Обнаружен новый вид для флоры области – *Tanacetum santolina* C. Winkl. (24.06.2016, петрофитный участок в юго-восточной части Боровского бора, собр. В. В. Меркер, опр. М. С. Князев, CSUH).

Кроме того, заслуживают внимания данные о редких для флоры степной зоны области видах (Куликов, 2005), произрастающих на территории бора: *Atriplex cana* (второй локалитет вида в области), *Astragalus varius* (второй локалитет вида в области, и, по всей видимости, наиболее обширный по площади и численности особей), *Lepidium crassifolium*, *Camphorosma monspeliaca*, *Halimione verrucifera*, *Frankenia hirsuta*, *Gagea podolica*, *Limonium caspium*. Таким образом, Боровской бор, имеющий относительно небольшие размеры, обладает достаточно высоким уровнем репрезентативности флоры. Все находки подтверждены гербарными образцами (CSUH). Латинские названия таксонов даны по сводке С. К. Черепанова (Черепанов, 1995).

В заключение выражаю большую благодарность и признательность начальнику участка №5 ОГУ «ООПТ» В. П. Зарицкому и специалисту того же участка С. В. Аюпову за помощь при проведении полевых работ и за всемерное содействие в решении многочисленных организационных вопросов проведенных экспедиций.

Список литературы

Итоги ведения Красной книги Челябинской области за период 2006 – 2011 гг. Челябинск-Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2011. 54 с.

Красная книга Челябинской области: животные, растения, грибы. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. 450 с.

Куликов П. В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург-Миасс: Геотур, 2005. 537 с.

Меркер В. В. Охраняемые виды растений Брединского заказника (Челябинская область) // Актуальные вопросы современного естествознания Южного Урала: матер. Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2016. С. 137 – 147.

Постановление Правительства Челябинской области от 21.05.2014 №229-П «О внесении изменений в постановление Правительства Челябинской области от 22.04.2004 г. №35-П «Список редких и исчезающих растений Челябинской области» (вместе с «Перечнем объектов растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде»).

Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб: Мир и семья, 1995. 992 с.

ИНТРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 581.522.4:581.9(213.1/5)+58:069.029:63/234(470.21)

ИНТРОДУКЦИЯ ТРОПИЧЕСКИХ И СУБТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ В ОРАНЖЕРЕЯХ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Л. А. Иванова, Л. Л. Виравчева, Е. С. Иноземцева

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт
имени Н. А. Аврорина КНЦ РАН
Россия, 184200, Апатиты, Академгородок, д. 18^А
E-mail: ivanova_la@inbox.ru*

Поступила в редакцию 05.07.2017 г.

Интродукция тропических и субтропических растений в оранжереях Полярно-альпийского ботанического сада. – Иванова Л. А., Виравчева Л. Л., Иноземцева Е. С. – Представлены итоги интродукции тропических и субтропических растений в фондовых оранжереях Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН на 68° северной широты. По состоянию на март 2017 г., живые коллекции тропических и субтропических растений насчитывают 728 образцов, относящихся к 625 видам из 312 родов 109 семейств. Они являются центром первичной интродукции декоративных растений в Заполярье, служат богатейшим источником для разработки и обогащения зональных ассортиментов растений защищенного грунта и базой для проведения большой научно-просветительской работы, популяризации ботанических знаний. Фонды оранжерей включают растения, интродуцированные из различных областей земного шара, имеются представители многих морфологических (деревья – 82, кустарники – 168, полукустарники – 45 и травы – 330 вид) и экологических групп. Большая часть растений в коллекции находится в генеративном состоянии: цветут и плодоносят около 65% видов. Коллекции являются хранилищем редких и исчезающих растений. Около 20 видов внесены в Международную Красную книгу. Показано существующее видовое разнообразие семейств и жизненных форм. Приведен таксономический состав и длительность выращивания коллекционных растений. Представлен обзор экспозиций коллекции по экологическим группам и результаты географического анализа суккулентных

растений. Описаны условия и методика выращивания интродуцированных растений, позволяющая им сохранять признаки, характерные для их поведения в природных местообитаниях (восстановление популяций при помощи активного распространения семенами и спорами – самосевом или выводковыми почками). Изучение экологических и биологических особенностей интродуцированных растений, их хозяйственных и декоративных качеств, поиск и разработка приемов и методов размножения растений, особенностей культивирования применительно к местным условиям, способствовали разработке научно-обоснованных технологий выращивания декоративных растений защищенного грунта в условиях Мурманской области, введению в культуру 18 новых оранжейейно-срезочных и более 300 видов горшечных растений тропической и субтропической флоры.

Ключевые слова: альпийский сад, интродукция, тропические и субтропические растения, вид, род, семейство, образец, рост, фаза развития, лиана, суккулент.

Introduction tropical and subtropical plants in greenhouses of Polar Alpine Botanical Garden. – Ivanova L. A., Viracheva L. L., Inozemtseva E. S. – The results of introductions of tropical and subtropical plants in the stock greenhouses of the Polar-Alpine Botanical Garden Institute of KSC RAS at 68° northern latitude are presented. As of March 2017, living collections of tropical and subtropical plants have 728 specimens belonging to 625 species from 312 genera of 109 families. They are the center of the primary introduction of ornamental plants in the Arctic, serve as the richest source for the development and enrichment of zoned assortments of greenhouse plants and the basis for conducting large scientific and educational work, popularizing botanical knowledge. Greenhouse funds include plants introduced from different regions of the globe, there are representatives of many morphological ones (trees – 82, shrubs – 168, semishrubs – 45 and grasses – 330 species) and ecological groups. Most of the plants in the collection are in a generative state: about 65% of the flowers bloom and bear fruit. Collections are a repository of rare and endangered plants. About 20 species are listed in the International Red Book. The existing species diversity of families and life forms is shown. The taxonomic composition and duration of growing of collection plants are given. The review of the collection expositions on ecological groups and the results of the geographical analysis of succulent plants are presented. The conditions and methods of growing introduced plants are described, which allows them to retain characteristics characteristic of their behavior in natural habitats (restoration of populations by active propagation of seeds and spores – self-seed or brood kidneys). The study of ecological and biological features of introduced plants, their economic and decorative qualities, the search for and development of methods and methods of plant propagation, and the peculiarities of cultivation applied to local conditions, contributed to the development of scientifically grounded technologies for growing greenhouse decorative plants in the Murmansk region, introduction to culture 18 new greenhouse-cuttings and more than 300 species of potted plants of tropical and subtropical flora.

ИНТРОДУКЦИЯ ТРОПИЧЕСКИХ И СУБТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ

Key words: Alpine garden, introduction, tropical and subtropical plants, species, genus, family, sample, height, phase of growing, liana, succulent.

DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-3-13-24

Интродукционная работа и создание живых коллекций – главное направление деятельности ботанических садов. Она позволяет максимально охватить разнообразие растительного мира. Экспозиции оранжерей тропических и субтропических растений важны для садов; они представляют собой экспериментальные участки, организованные для получения максимального эффекта научной информации, в которых научно-исследовательские функции сочетаются с научно-просветительскими и производственными.

В настоящей работе, являющейся продолжением серии подобных работ, подводятся итоги интродукции тропических и субтропических растений в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН (ПАБСИ) за 2000 – 2016 гг.

Материалы и методы

ПАБСИ – единственный ботанический сад, расположенный в полярных широтах нашей страны (Мурманская область, 67° 30' с. ш. и 33° 40' в. д.). Климат региона определяется главным образом его полярным положением, что создает неблагоприятные условия для культивирования растений, как в открытом, так и защищенном грунте. Наиболее специфичен световой режим, по этой причине в период полярной ночи (с 10 декабря по 3 января) в оранжереях естественная освещенность отсутствует; в весенние месяцы (апрель-май), а также в период полярного дня (с 26 мая по 18 июня) в пасмурные дни ощущается ее недостаток. Для оптимизации системы дополнительного облучения растений используются лампы ДНаЗ-600 Reflacs/super и ДРИ-З-400, температуры и влажности воздуха – центральное отопление, автоматические форточки, электрообогрев, полив и опрыскивание.

Интродукция тропических и субтропических растений проводится в несколько этапов: 1 – поиск новых интересных декоративных видов, их первичное интродукционное изучение и испытание в устойчивой культуре; 2 – перевод вида из фазы первичных испытаний в фазу состоявшейся, удавшейся интродукции, где происходит хозяйственное освоение вида, разрабатывается агротехника его выращивания приме-

нительно к местным условиям. В качестве показателя успешности интродукции учитывалось цветение (в отдельных случаях – плодоношение); 3 – практическая рекомендация вида к его широкому «внедрению».

Проблемы повышения устойчивости интродуцируемых тропических и субтропических растений решаются комплексно, т.е. с привлечением специалистов-агрохимиков, физиологов, агрономов, специалистов по защите растений.

Номенклатура таксонов (семейств и родов) приводится в соответствии с системой А. Л. Тахтаджяна (1987), названия видов, родов в семействе *Cactaceae* – по сводке К. Бакеберга (Backeberg, 1977). Список суккулентных растений составлялся в соответствии со сводкой Г. Якобсена (Jacobsen, 1970). Жизненные формы растений указаны в соответствии с классификацией И. Г. Серебрякова (1962), Е. С. Смирновой (1969, 1974, 1976) и И. М. Васильевой и Р. А. Удаловой (2007).

Результаты и их обсуждение

Тропические и субтропические растения в экспозициях 2-х коллекционных теплиц размещены по географическому и систематическому признакам. В центральной части фондовой оранжереи представлена небольшая группа суккулентов, пальм, плодовых, хвойных и мексиканских растений, а также растения Африки, субтропиков Юго-Восточной Азии, Средиземноморья, Австралии и Новой Зеландии. По контуру теплицы размещены представители папоротников, семейств бегониевых, бромелиевых, гераниевых и декоративные растения, рекомендуемые для озеленения интерьеров и зимних садов Заполярья. В центре суккулентной теплицы на песчано-каменистой горке расположены представители флористических царств, подцарств и областей (Тахтаджан, 1978): Голарктического царства (Древнесредиземноморское, Мадреанское (Сонорское) подцарства), Палеотропического царства (Африканское, Мадагаскарское подцарства), Неотропического царства (Карибская, Бразильская, Андийская области), Капского царства (Капская область), Голантарктическое царство (Чилийско-Патагонская область).

Планомерная интродукция тропических и субтропических растений в ПАБСИ проводится, начиная с 1934 г. Семена и черенки выписываются по делектусам, издаваемым ботаническими учреждениями

ИНТРОДУКЦИЯ ТРОПИЧЕСКИХ И СУБТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ

России и стран ближнего и дальнего зарубежья. Живые растения в виде черенков, сеянцев и взрослых экземпляров поступают из коллекций ботанических садов, дендрариев и от многочисленных садоводов-любителей России ежегодно. Подавляющая часть коллекции (2/3 растений) выращена из живых растений, 1/3 – из семян (рис. 1).

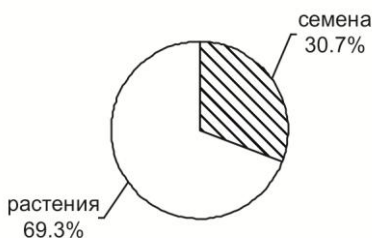


Рис. 1. Исходный материал коллекционных образцов

Фондовые оранжереи являются также хранилищем редких и исчезающих растений. Около 20 видов из коллекции внесены в Международную Красную книгу: *Aloë arborescens* Mill., *Cycas revoluta* L., *Dionea muscipula* Sol. ex J. Ellis, *Euphorbia grandicornis* Goebel, *Ginkgo biloba* L., *Psilotum nudum* (L.) P. Beauv., *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng и др. (Белоусова, Денисова, 1983). 63 вида растений коллекции используются в лечебных целях: *Hedera helix* L., *Kalanchoë daigremontiana* Hamet et Pen., *Ginkgo biloba*, *Ficus carica* L., *Piper nigrum* L., *Punica granatum* L., *Coffea arabica* L. и др.

Особое внимание уделяется репрезентативности и сохранению стабильности видов растений. Благодаря созданию оптимальных режимов температуры и влажности воздуха возраст коллекционных растений более чем 120 видов растений достигает 60 лет; наиболее многочисленную группу составляют растения 16 – 25-летнего возраста, самую малочисленную – 75-летние виды (рис. 2).

Первые растения закрытого грунта были завезены в Полярно-альпийский ботанический сад из Ботанического сада БИН (Санкт-Петербург) (Козупеева, Лештаева, 1979). С того времени в коллекции содержатся *Aloë arborescens*, *Aspidistra elatior* Blume, *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser., *Pittosporum tobira* (Thunb.) Ait., *Saxifraga sarmentosa* L. fil. «Старожилами» коллекции являются и 9 видов растений, интродуцированных в Заполярье до 1950 г.: *Aucuba japonica* Thunb., *Ficus elastica* Roxb. ex Hornem., *Ruscus aculeatus* L., *Hedera helix*, *Begonia corallina* Carr. cv. *Lucerna*, *Begonia credneri* Haage et

Schmidt, *Begonia* × *erythrophylla* Neumann, *Elaeagnus pungens* Thunb. и *Abutilon* × *hybridum* hort.

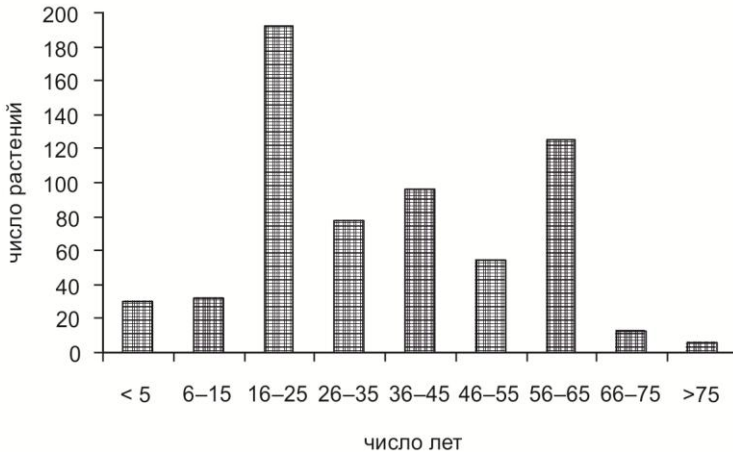


Рис. 2. Время нахождения растений в эксперименте

После опубликования итогов интродукции тропических и субтропических растений за период 1991 – 1999 гг. (Виравчева, Иванова, Кунакбаева, 2001) коллекция Сада пополнилась 8 новыми семействами (*Araucariaceae* F. Neger., *Bignoniaceae* Juss., *Droseraceae* Salisb., *Juncaceae* Juss., *Lentibulariaceae* Rich., *Nepenthaceae* Dumort., *Psilotaceae* Kanitz. и *Sarraceniaceae* Dum.), 30 родами и 74 видами, а также многочисленными подвидами, разновидностями и сортами интродуцированных растений.

В настоящее время она включает 728 образцов, относящихся к 625 видам из 312 родов 109 семейств (таблица). Количество образцов значительно превышает число видов, что связано с наличием одних и тех же видов растений, полученных из разных источников, а также таксонов внутривидового ранга: подвидов, разновидностей, форм и сортов.

При комплектовании коллекции учитывается многообразие жизненных форм тропических и субтропических растений (морфологический принцип). Согласно классификации И. Г. Серебрякова (1962) растения относятся к четырем основным жизненным формам:

ИНТРОДУКЦИЯ ТРОПИЧЕСКИХ И СУБТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ

Таксономический и численный состав оранжерейных тропических и субтропических растений коллекции закрытого грунта ПАБСИ

Семейство	Число родов	Число видов и таксонов внутри-видового ранга	Число образцов
1	2	3	4
<i>Acanthaceae</i> Juss.	8	11 (13)	13
<i>Adiantaceae</i> (C. Presl) Ching	1	3 (3)	3
<i>Agavaceae</i> Endl.	4	9 (11)	11
<i>Aizoaceae</i> Rudolphi	6	14 (14)	14
<i>Alliaceae</i> J.G. Agardh	1	2 (3)	3
<i>Amaranthaceae</i> Juss.	1	1 (1)	1
<i>Amaryllidaceae</i> Jaume St.-Hil.	13	18 (19)	19
<i>Annonaceae</i> Juss.	1	1 (1)	1
<i>Apocynaceae</i> Juss.	4	4 (4)	4
<i>Aquifoliaceae</i> Bartl.	1	1 (1)	1
<i>Araceae</i> Juss.	15	30 (39)	39
<i>Araliaceae</i> Juss.	7	9 (23)	23
<i>Araucariaceae</i> Henkel a. Hochsted	1	1 (1)	1
<i>Arecaceae</i> Sch.-Bip	9	13 (13)	13
<i>Asclepiadaceae</i> R. Br.	7	9 (10)	10
<i>Asparagaceae</i> Juss.	1	4 (4)	4
<i>Asphodelaceae</i> Juss.	6	27 (27)	27
<i>Aspidiaceae</i> S.F. Gray	1	1 (1)	1
<i>Aspleniaceae</i> Mett.	1	1 (1)	1
<i>Asteliaceae</i> Dum.	1	2 (4)	4
<i>Asteraceae</i> Dum.	5	8 (8)	8
<i>Aucubaceae</i> G.G. Agardh	1	1 (2)	2
<i>Balsaminaceae</i> A. Richard	1	1 (6)	6
<i>Basellaceae</i> Moquin-Tandon	1	1 (1)	1
<i>Begoniaceae</i> C.A. Agardh.	1	25 (26)	26
<i>Bignoniaceae</i> Juss.	3	3 (3)	3
<i>Blechnaceae</i> (C. Presl) Copel	1	1 (1)	1
<i>Bombacaceae</i> Kunth	1	1 (1)	1
<i>Bromeliaceae</i> Juss.	10	19 (19)	19
<i>Buxaceae</i> Dum.	2	2 (2)	2
<i>Cactaceae</i> Juss.	48	131 (140)	141
<i>Campanulaceae</i> Juss.	1	3 (4)	4
<i>Cannaceae</i> Juss.	1	2 (2)	2
<i>Capripholiaceae</i> Juss.	2	2 (2)	2
<i>Casuarinaceae</i> R. Br.	1	1 (1)	1
<i>Celastraceae</i> R. Br.	1	1 (4)	4

Продолжение таблицы

1	2	3	4
<i>Commelinaceae</i> R. Br.	5	10 (12)	12
<i>Convallariaceae</i> Horaninow	2	4 (4)	4
<i>Crassulaceae</i> A. DC.	6	42 (46)	46
<i>Cupressaceae</i> F. Neger	4	5 (6)	6
<i>Cycadaceae</i> L.A.S. Johnson	2	3 (3)	3
<i>Cyperaceae</i> Juss.	1	2 (2)	2
<i>Davalliaceae</i> Mett. et Frank	2	3 (6)	6
<i>Dennstaedtiaceae</i> Pichi-Serm.	2	2 (2)	2
<i>Dracaenaceae</i> Salisburi	2	8 (13)	13
<i>Droseraceae</i> Salisb.	2	3 (4)	4
<i>Elaeagnaceae</i> Juss.	1	1 (1)	1
<i>Ericaceae</i> Juss.	2	2 (7)	7
<i>Euphorbiaceae</i> Juss.	6	17 (21)	21
<i>Fabaceae</i> Lindley	3	3 (3)	3
<i>Funkiaceae</i> Horaninow	1	1 (1)	1
<i>Geraniaceae</i> Juss.	1	3 (10)	10
<i>Gesneriaceae</i> Dum.	10	13 (32)	32
<i>Ginkgoaceae</i> Lindl.	1	1 (1)	1
<i>Hyacinthaceae</i> Batsch	6	6 (6)	6
<i>Hydrangeaceae</i> Dum.	1	1 (3)	3
<i>Hypoxidaceae</i> R. Br.	1	1 (1)	1
<i>Juncaceae</i> Juss.	1	1 (1)	1
<i>Iridaceae</i> Juss.	1	2 (2)	2
<i>Lamiaceae</i> Lindl.	3	4 (4)	4
<i>Lauraceae</i> Juss.	3	4 (4)	4
<i>Lentibulariaceae</i> Rich.	1	1 (1)	1
<i>Magnoliaceae</i> Juss.	1	1 (1)	1
<i>Malpigiaceae</i> Juss.	1	1 (1)	1
<i>Malvaceae</i> Juss.	2	3 (4)	4
<i>Marantaceae</i> Petersen	4	8 (12)	12
<i>Moraceae</i> Link	1	11 (15)	15
<i>Myrsinaceae</i> R. Br.	1	1 (1)	1
<i>Myrtaceae</i> Juss.	4	6 (6)	6
<i>Nandinaceae</i> J.G. Agardh	1	1 (1)	1
<i>Nepenthaceae</i> Dum.	1	1 (1)	1
<i>Nolinaceae</i> Nakai	1	1 (1)	1
<i>Nyctaginaceae</i> Juss.	1	1 (1)	1
<i>Oleaceae</i> Hoffmannsegg et Link	2	3 (3)	3
<i>Onagraceae</i> Juss.	1	2 (15)	15

ИНТРОДУКЦИЯ ТРОПИЧЕСКИХ И СУБТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ

Окончание таблицы

1	2	3	4
<i>Orchidaceae</i> Juss.	2	3 (3)	3
<i>Oxalidaceae</i> Juss.	1	4 (4)	4
<i>Pandanaceae</i> R. Br.	1	1 (1)	1
<i>Passifloraceae</i> Juss.	1	2 (2)	2
<i>Phormiaceae</i> J.A. Agardh	1	2 (2)	2
<i>Phytolaccaceae</i> R. Br.	1	1 (1)	1
<i>Piperaceae</i> C.A. Agardh.	2	12 (15)	15
<i>Pittosporaceae</i> R. Br.	1	3 (3)	3
<i>Plumbaginaceae</i> Juss.	1	1 (1)	1
<i>Polygonaceae</i> Juss.	1	1 (1)	1
<i>Polypodiaceae</i> Bercht. et Presl	1	1 (2)	2
<i>Portulacaceae</i> Juss.	1	1 (1)	1
<i>Primulaceae</i> Vent.	1	2 (2)	2
<i>Proteaceae</i> Juss.	1	1 (1)	1
<i>Pteridaceae</i> Reichen.	2	5 (5)	5
<i>Punicaceae</i> Horaninov	1	1 (1)	1
<i>Rubiaceae</i> Juss.	1	1 (1)	1
<i>Ruscaceae</i> Hutchinson	1	1 (1)	1
<i>Rutaceae</i> Juss.	2	3 (4)	4
<i>Sarraceniaceae</i> Dum.	3	3 (3)	3
<i>Saxifragaceae</i> Juss.	2	2 (2)	2
<i>Selaginellaceae</i> Willkomm	1	1 (1)	1
<i>Simmondsiaceae</i> Takhtajan	1	1 (1)	1
<i>Solanaceae</i> Juss.	6	6 (6)	6
<i>Sterculiaceae</i> Bartling	1	2 (2)	2
<i>Strelitziaceae</i> Hutchinson	1	2 (2)	2
<i>Taxaceae</i> Lindl.	1	1 (1)	1
<i>Taxodiaceae</i> F. Neger	2	2 (2)	2
<i>Theaceae</i> D. Don	1	2 (2)	2
<i>Urticaceae</i> Juss.	2	2 (2)	2
<i>Verbenaceae</i> Jaume St.-Hil.	1	2 (2)	2
<i>Vitaceae</i> Juss.	3	3 (4)	4
<i>Zingiberaceae</i> Lindl.	2	3 (3)	4
Всего:	109	625 (726)	728

деревья – 82, кустарники – 168, полукустарники – 45 и травы – 330 (рис. 3). Среди этих растений 242 вида относятся к группе суккулентных растений и 36 – к лианам: травянистым – 13 и с одревесневающи-

ми стеблями – 23 (Смирнова, 1969, 1974, 1976; Васильева, Удалова, 2007).

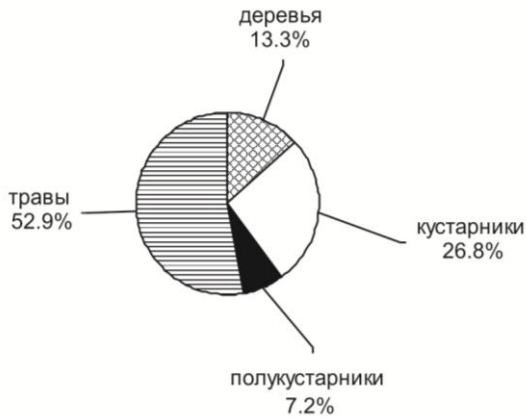


Рис. 3. Распределение коллекционных тропических и субтропических растений по жизненным формам

Большая часть растений в коллекции находится в генеративном состоянии: цветут и плодоносят около 65% видов (рис. 4).

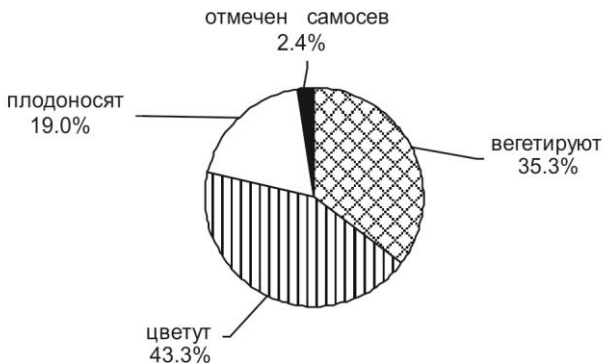


Рис. 4. Соотношение числа коллекционных образцов в зависимости от конечной фазы развития

ИНТРОДУКЦИЯ ТРОПИЧЕСКИХ И СУБТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ

Ежегодно дают всхожие семена и споры 134 вида растений; многие активно размножаются самосевом (*Phyllanthus grandifolius* L., *Calliandra bicolor* Benth, *Neomarica coerulea* (Ker-Gawl.) Sprague, *Plectranthus purpuratus* Harv., *Coffea arabica* L., *Selaginella emmeliana* van Gert и др.) или выводковыми почками (*Crassula cordata* Thunbg., *Kalanchoë daigremontiana* Hamet et Perr., *Kalanchoë laciniata* (L.) DC., *Kalanchoë tubiflora* (Harv.) Hamet).

Изучение экологических и биологических особенностей интродуцированных растений, их хозяйственных и декоративных качеств, поиск и разработка приемов и методов размножения растений, особенностей культивирования применительно к местным условиям, способствовали разработке научно-обоснованных технологий выращивания декоративных растений защищенного грунта в условиях Мурманской области, введению в культуру 18 новых оранжерейно-срезочных и более 300 видов горшечных растений тропической и субтропической флоры.

Выводы

1. С 2000 г. коллекционный фонд ПАБСИ пополнился 8 новыми семействами, 30 родами и 74 видами, а также многочисленными под-видами, разновидностями и сортами интродуцированных растений.

2. В настоящее время он включает 728 образцов, относящихся к 625 видам из 312 родов 109 семейств. Из них деревья составляют 82, кустарники – 168, полукустарники – 45 и травы – 330 вид; 242 вида относятся к группе суккулентных растений и 36 – к лианам: травянистым – 13 и с одревесневающими стеблями – 23 вида; 20 видов внесены в Международную Красную книгу, 63 – используются в лечебных целях.

3. Возраст более 120 растений в коллекции составляет 60 лет; наиболее многочисленной группой являются растения, содержащиеся в культуре 16 – 25 лет, а самой малочисленной – те виды, которые выращиваются в оранжерее 75 лет.

4. У некоторых коллекционных растений сохраняются особенности, характерные для их поведения в природных местообитаниях: наблюдается восстановление популяций при помощи активного распространения семенами и спорами – самосевом или выводковыми почками.

Список литературы

- Белоусова Л. С., Денисова Л. В. Редкие растения мира. М.: Лесн. пром., 1983. 344 с.
- Васильева И. М., Удалова Р. А. Суккуленты и другие ксерофиты в оранжереях Ботанического сада Ботанического института им. В. Л. Комарова (Коллекция растений аридных областей Земли). СПб.: Росток, 2007. 416 с.
- Виравева Л. Л., Иванова Л. А., Кунакбаева О. А. Оранжерейные тропические и субтропические растения Полярно-альпийского ботанического сада. Апатиты, 2001. 96 с.
- Козунеева Т. А., Леиштаева, А. А. Тропические и субтропические растения на Полярном Севере (Краткие итоги интродукции в оранжереях Полярно-Альпийского ботанического сада). Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1979. 150 с.
- Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.
- Смирнова Е. С. Типы морфологического строения вегетативной сферы // Тропические и субтропические растения. Фонды Главного ботанического сада АН СССР (*Marattiaceae-Marantaceae*). М.: Наука, 1969. С. 7 – 14.
- Смирнова Е. С. Типы морфологического строения вегетативной сферы // Тропические и субтропические растения. Фонды Главного ботанического сада АН СССР (*Orchidaceae-Begoniaceae*). М.: Наука, 1974. С. 197 – 203.
- Смирнова Е. С. Классификация морфологических типов цветковых растений // Тропические и субтропические растения. Фонды Главного ботанического сада АН СССР (*Cactaceae-Compositae*). М.: Наука, 1976. С. 132 – 135.
- Тахтаджян А. Л. Флористические области Земли. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. 248 с.
- Тахтаджян А. Л. Система магнолиофитов. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1987. 439 с.
- Backeberg G. Das Kakteenlexikon. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1977. 822 s.
- Jacobsen H. Das Sukkulantenlexikon. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1970. 589 s.

УДК 631.527

ИНТРОДУКЦИЯ И СПОНТАННАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ (*RIBES NIGRUM* L.)

А. П. Кожевников

*Уральский государственный лесотехнический университет
Россия, 620032, Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37*

Ботанический сад УрО РАН

Россия, 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

E-mail: kozhevnikova_gal@mail.ru

Поступила в редакцию 01.03.2017 г.

Интродукция и спонтанная гибридизация смородины черной (*Ribes nigrum* L.). – Кожевников А. П. – Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) является одним из полезных окультуренных видов. Приведены сведения о достижениях в его интродукции и селекции в XIX – XXI столетиях. Интродукция, отдаленная гибридизация и посев семян от свободного опыления зимостойких, урожайных и крупноплодных культиваров данного вида позволили отечественным селекционерам создать ряд выдающихся сортов, объединив географически разобщенный генофонд. Чаще других интродуцентов при отдаленной гибридизации использованы старые западноевропейские сорта ‘Голиаф’ и ‘Бредторп’. ‘Лия плодородная’ и ‘Неаполитанская’ долгое время входили в районированный ассортимент смородины черной на Урале и в Сибири. На Урале из интродуцентов отлично показал себя сорт ‘Краса Львова’ и местные сорта Т. В. Шагиной от спонтанной гибридизации сорта ‘Валовая’: ‘Буревестник’, ‘Фортуна’, ‘Доброхот’, ‘Мушкетер’ и др. Успех в селекции любой культуры определяется наличием и выбором необходимого исходного материала. В настоящее время ведущими селекционерами России собран и проанализирован практически весь генофонд черной смородины. Результативность отбора сеянцев достигается наличием большого количества исходных сортов различного происхождения. Из семян 10 районированных сортов Т. В. Шагиной (‘Азарт’, ‘Добрый Джинн’, ‘Воевода’, ‘Мушкетер’, ‘Вымпел’, ‘Глобус’, ‘Пилот’, ‘Фортуна’, ‘Напев Уральский’ и интродуцента ‘Краса Львова’) получено 11 сеянцев от свободного опыления с массой ягод 1.9 г, с урожайностью на второй год плодоношения до 1 кг. По вкусу ягоды, полученных форм, кисло-сладкие, как у материнских сортов. С помощью таксономического разделения по относительным параметрам (форма и величина листовых пластинок первых интродуцированных сортов смородины

черной лучших сортов уральской селекции и форм от их свободного опыления) установлены три самостоятельных группы культиваров. Интродукция и спонтанная гибридизация смородины черной способствуют сбалансированной устойчивости сортов к неблагоприятным факторам северных широт и сохранению ценных хозяйственных признаков у новых форм.

Ключевые слова: смородина черная, интродукция, спонтанная гибридизация, сорт, популяция, свободное опыление.

The introduction and spontaneous hybridization of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.). – Kozhevnikov A. P. – Blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) is one of the useful cultivated species. It is provided information about the achievements in its introduction and selection in the XIX–XXI centuries. Use of the introduction, hybridization and sowing seeds from the open pollination of winter – hardy, plentiful and large-fruited cultivars of this species allowed domestic breeders to create a number of outstanding cultivars, combining geographically disjuncted gene pool. Most of the other exotic species at distant hybridization are used the old Western cultivars ‘Goliah’ and ‘Bredtorp’. ‘Lia Plodородnaya’ and ‘Neapolitanskaya’ for a long time were in the zoned range of the blackcurrant in the Urals and Siberia. In the Urals proved to be a great the cultivar ‘Krasa Lvova’ among exotic species, and local cultivars of T. V. Shagina from spontaneous hybridization of the cultivar ‘Valovaya’. ‘Burevestnik’, ‘Fortuna’, ‘Dobrohot’, ‘Mushketer’, and others. Success in the breeding of any culture is determined by the presence and selection of necessary starting material. Currently, almost entire gene pool of black currant is collected and analyzed by the Russia's leading breeders. The seedlings selection efficiency is achieved by the presence of a large number of initial cultivars of various origins. From the seeds of 10 cultivars of T.V. Shagina (‘Azart’, ‘Dobry Dzhinn’, ‘Voevoda’, ‘Mushketer’, ‘Vympel’, ‘Globus’, ‘Pilot’, ‘Fortuna’, ‘Napev Uralsky’ and introduced species ‘Krasa Lvova’) are produced 11 seedlings from free pollination with a berries’ mass 1.9 g, with a productivity on the second year of fruiting up to 1 kg. The taste of the berries of produced forms is sweet and sour, like of the parent cultivars. With the help of taxonomic separation for the relative parameters (shape and size of the leaf blades of the first introduced cultivars of black currants, the best cultivars of the Ural breeding and forms of their free pollination) are revealed three distinct groups of cultivars. Successful cultivation of blackcurrants, involves the creation of cultivar-populations and introduction-populations, which contribute to spontaneous hybridization, balanced cultivar resistance to adverse factors of the northern latitudes and the preservation of valuable quality features in new forms.

Key words: blackcurrant, introduction, spontaneous hybridization, cultivar, population, open pollination.

DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-3-25-32

Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) является одним из полезных окультуренных видов, который состоит из европейского (*Ribes nigrum*

ИНТРОДУКЦИЯ И ГИБРИДИЗАЦИЯ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ

var. *europaeum*) и сибирского (*Ribes nigrum* var. *sibiricum* E. Wolf) подвидов. Ягоды и листья смородины черной ценятся за содержание в них витаминов С и Р. Смородина черная – основная высокозимостойкая, урожайная и скороплодная культура в северных широтах России. Ее недолговечность (жизненная форма – кустарник), нестабильность урожайности и устойчивости к неблагоприятным погодным условиям, болезням и вредителям целое столетие преодолевались поиском перспективных форм в природных условиях, методами интродукции, отдаленной гибридизацией и аналитической селекцией.

Цель исследований – использование опыта интродукции и спонтанной гибридизации смородины черной в получении ее новых форм.

Материал и методы

Методикой работы предусмотрены: 1) анализ селекционной работы с культурой смородины черной в России от исходных зарубежных до современных отечественных сортов; 2) получение перспективных форм смородины черной посевом семян от свободного опыления районированных сортов; 3) таксономическое разделение по относительным параметрам (форма и величина листовых пластинок первых интродуцированных сортов смородины черной, лучших сортов уральской селекции и форм от их свободного опыления). В состав западноевропейских сортов входили ‘Лия Плодородная’, ‘Неаполитанская’, ‘Голиаф’, ‘Боскопский Великан’, ‘Лакстона’, ‘Кент’, ‘Коронация’, ‘Граненая’ и ‘Восьмая Дэвисона’, уральские сорта (автор Т.В. Шагина) представляли ‘Добрый Джинн’, ‘Воевода’, ‘Вымпел’, ‘Пилот’, ‘Фортуна’, ‘Напев Уральский’, и интродуцент ‘Краса Львова’. Графическая дифференциация вышеперечисленных таксонов заключалась в следующем: по оси абсцисс – индекс формы листьев (отношение средней длины листьев каждого сорта и формы к средней ширине листьев – Д/Ш). По оси ординат – величина листовых пластинок (произведение средней длины листьев каждого сорта и формы на среднюю ширину листьев – Д×Ш). После того как точки, соответствующие относительным значениям параметров листьев, были внесены в систему координат, пограничные для каждого таксона точки соединялись замкнутой кривой. При этом применяли стандартные программы Microsoft Word и Microsoft Excel. Объектами исследования послужили пятилетние сеянцы смородины черной, полученные А. П. Кожевниковым в Бота-

ническом саду УрО РАН и доведенные до плодоношения на новой территории Сада лечебных культур УГЛТУ (Кожевников, 2015). Отбор перспективных сеянцев проведен по массе (г), диаметру (см), вкусу ягод (балл) и урожайности (кг/куст). В ходе работы выделено 9 формообразцов смородины.

Результаты и их обсуждение

Смородина черная на Урале хорошо переносит суровые зимы, превосходя по зимостойкости другие плодово-ягодные культуры, и при правильном уходе дает отличные урожаи. Ассортимент плодово-ягодных культур по Уралу впервые был установлен в 1936 г. на межкраевом совещании в г. Новосибирске. Основными сортами смородины черной по Свердловской области, проверенными на зимостойкость, высокую урожайность и качество плодов, являлись западноевропейские 'Лия Плодородная' и 'Неаполитанская'. Для широкого производственного испытания были рекомендованы 'Уральский Великан', 'Боскопский Великан', 'Лакстона' и 'Кент'. Сорт 'Лия Плодородная' получен Георгом Ли в Англии, в 1860 г. с массой ягод 0.7 г. 'Неаполитанская' – старый европейский сорт, неизвестного происхождения, с массой ягод 0.9 г. 'Уральский Великан' – выделен П. А. Диброва в 1936 г. из сеянцев Е. А. Лаптевой, с массой ягод 1.5 г. 'Боскопский Великан' (сеянец Хугендика), получен в Голландии, в конце XIX в., с массой ягод 1.4 г. 'Лакстона' – английский сорт, получен в Бедфорте в начале XX-го столетия. 'Кент' – английский сорт, полученный в конце XIX в., с массой ягод 0.9 г. (Диброва и др., 1947).

Появление сортовой черной смородины за рубежом относится к началу XIX в. В Россию первые иностранные сорта начали ввозить в середине XIX столетия. В. Сандерс создал на опытной станции в Канаде (Оттава) свыше тридцати морозостойких сортов. Из них в России известность получил только один, названный именем селекционера. Многие из своих сортов В. Сандерс получил в начале XX в. посевом семян сорта 'Неаполитанская'. В это же время Н. А. Иваницкий в Томске создал коллекцию из более сотни различных сортов смородины черной. Наибольшую ценность представляла смородина дикуша (охта, алданский виноград) (*Ribes dikuscha* Tisch), впервые введенная в культуру в Томске П. Н. Крыловым из семян, полученных Н. Ф. Кашенко из Якутска в 1894 г. Пионером по использованию в гибридизации вос-

ИНТРОДУКЦИЯ И ГИБРИДИЗАЦИЯ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ

точно-сибирской дикуши, был садовод-опытник И. Л. Худяков (1869 – 1939), уроженец Томской губернии. В своем саду, близ с. Раздольного (под Владивостоком), И. Л. Худяков, опылив ‘Лию Плодородную’ дикушей, вывел сорт ‘Приморский Чемпион’ с ярко выраженными признаками дикуши – первый зимостойкий сорт в России. Алтайская опытная станция в 30 – 40-е годы XX в. первая начала размножать этот сорт, выпустив свыше 200 тыс. саженцев, а также широко использовала его в работе по гибридизации с европейскими сортами и сибирской разновидностью черной смородины. Масса ягод лучших сортов черной смородины западноевропейской селекции колебалась около 1 г. Дикорастущая смородина черная сибирского подвида по массе ягод, достигала 2 г (Кащенко, 1963).

Началом селекционной работы по культуре черной смородины в СССР следует считать 1925 г., когда был организован отдел плодоводства при Всесоюзном институте прикладной ботаники и новых культур (позднее переименован в Всесоюзный институт растениеводства – ВИР), Научно-исследовательского института плодоводства имени И. В. Мичурина (1931 г.) и сеть зональных опытных станций этого института, приступивших к селекции черной смородины с 1933 – 1934 г.

Крупнейшие коллекции смородины черной были собраны на экспериментальной базе Всесоюзного института растениеводства в Павловске (под Ленинградом), на Алтайской плодово-ягодной зональной станции в Горно-Алтайске, на Красноярской, Минусинской, Новосибирской (Бердский опорный пункт), Челябинской и других опытных станциях.

Сорта, ценные по урожайности и зимостойкости (‘Приморский Чемпион’ и др.), широко использовались отечественными селекционерами как исходные родительские при посеве семян от свободного опыления. В 1923 г. И. Я. Магомет (Украина) получил засухоустойчивые и урожайные сеянцы сорта ‘Голиаф’. От этого же сорта в 1940 г. Н. К. Смольянинова выделила два сеянца. Из семян от свободного опыления сорта ‘Голиаф’ П.А. Диброва (Свердловск) получил сорт ‘Уральский Великан’. Р. И. Болотина (Башкирия), высевая семена западноевропейских сортов, отобрала несколько сеянцев в элиту, а также сеянец сорта ‘Русская Крупноплодная’ и два сеянца сорта ‘Черная Кисть’. Аналитическая селекция среди сеянцев дикорастущих форм черной смородины из различных районов Сибири проводилась актив-

но на Красноярской плодово-ягодной станции с 1926 г., где к 1938 г. создано 12 сортов, приспособленных к местным климатическим условиям. Первые сибирские сорта отличали морозостойкость, урожайность, десертный вкус ('Бурая', 'Ленская', 'Несравненная'), неосыпаемость ягод ('Красноярка № 606', 'Красноярский Великан', 'Ленская'). На Алтайской плодово-ягодной станции (ныне НИИ Садоводства Сибири имени М. А. Лисавенко) испытана богатейшая коллекция сеянцев дикорастущих форм азиатской части России. Отбор наиболее выдающихся сеянцев позволил выделить 53 растения (Павлова, 1955). Первые интродуцированные западноевропейские сорта смородины черной успешно использованы в получении сортов этой культуры в НИИ Садоводства Сибири с 1938 г. по 1984 г. (всего получено 77 сортов). Методом отдаленной гибридизации с участием зарубежных интродуцентов выведено 27 сортов. Чаще других в качестве исходного родительского сорта применен неизвестный европейский сорт. Восемь сортов получено с участием 'Голиафа', семь наиболее крупноплодных сортов ('Гармония', 'Ядреная', 'Лучия' и др.) – с 'Бредторпом'.

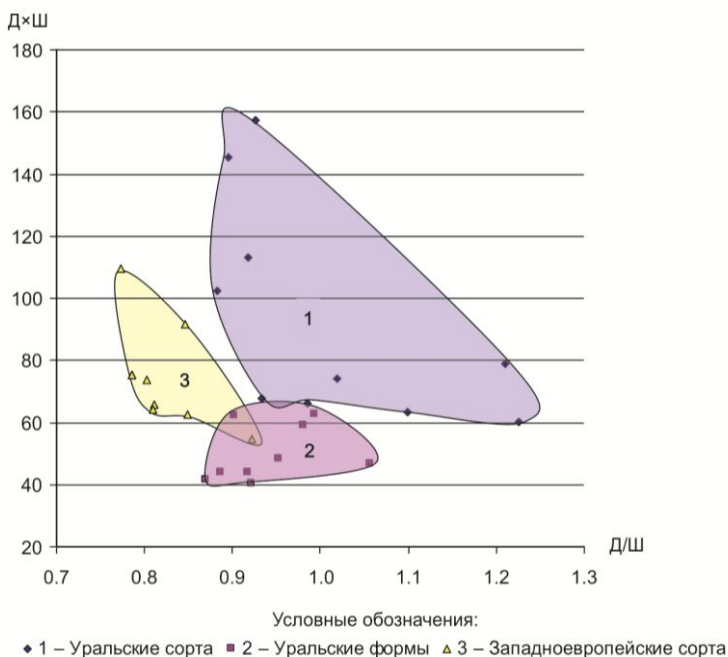
В Новосибирской зональной плодово-ягодной опытной станции с 1939 г. по 1980 г. из 29 сортов смородины 12 получены от гибридизации с использованием 'Бредторпа'. Пять сортов – с участием генотипа 'Голиафа'. Достижением селекционеров А. А. Потапенко, А. И. Дегтяревой и В. Н. Сорокопудова является сорт 'Памяти Потапенко' с использованием в качестве родительского сорта 'Бредторпа' (Помология, 2005).

Успех в селекции любой культуры определяется наличием и выбором необходимого исходного материала. В настоящее время ведущими селекционерами России собран и проанализирован практически весь генофонд черной смородины. Современные сорта представляют гибриды 3-х подвидов смородины черной – европейского, сибирского и скандинавского, а также с привлечением смородины дикуши и других видов. Результативность отбора сеянцев достигается наличием большого количества исходных сортов различного происхождения.

На Свердловской селекционной станции садоводства имени И. В. Мичурина селекционером Т. В. Шагиной создан ряд сортов, а также интродуцирован сорт 'Краса Львова', превосходящий местные сорта по некоторым хозяйственно-ценным признакам. Исходным сортом Т. В. Шагина выбрала 'Валовую' и на основе аналитической се-

ИНТРОДУКЦИЯ И ГИБРИДИЗАЦИЯ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ

лекции получила 14 сортов с высокой массой ягод разных сроков созревания, с десертным вкусом и т.д. ('Буревестник', 'Фортуна', 'Доброхот', 'Мушкетер' и др.). Сорт 'Валовая' получен в результате опыления сорта 'Крупная' смесью пыльцы сорта 'Хлудовская' и старого европейского сорта 'Бредторп'. Ягоды 'Валовой' округлой формы, чёрные, массой 5 – 6 г, кисло-сладкого вкуса. Сорт устойчив к мучнистой росе и почковому клещу. Зимостойкость и морозоустойчивость хорошая (Шагина, Батманова, 2011).



Форма и величина листовых пластинок западноевропейских, уральских сортов и форм черной смородины

Нами из семян 10 районированных сортов Т. В. Шагиной ('Азарт', 'Добрый Джинн', 'Воевода', 'Мушкетер', 'Вымпел', 'Глобус', 'Пилот', 'Фортуна', 'Напев Уральский' и интродукта 'Краса Львова') в 2008 г. получены 11 семян от свободного опыления. На второй год

плодоношения перспективными формами оказались сеянцы № 6 (масса ягод 1.9 г), № 8 и № 9 (1.8 г), по урожайности (до 1 кг) лидировали формы № 6 и № 8. По вкусу ягоды, изученных форм, кисло-сладкие, как у материнских сортов, уступают только сорту ‘Добрый Джинн’ со сладким вкусом ягод. Срок созревания ягод всех сеянцев – середина июля. С помощью таксономического разделения по относительным параметрам (форма и величина листовых пластинок первых интродуцированных сортов смородины черной, лучших сортов уральской селекции и форм от их свободного опыления) установлены три самостоятельных группы культиваров (рисунок).

Выводы

На основе интродуцированных в Россию первых семи западноевропейских сортов в начале XX столетия селекционерами получены крупноплодные отечественные сорта. Преимущество спонтанной гибридизации заключается в появлении у образовавшихся внутривидовых единиц баланса устойчивости к неблагоприятным факторам и ценных хозяйственных признаков – зимостойкости, стабильного урожая, крупноплодности и др. В отличие от получения синтетических сортов смородины черной, механически составленных из двух или нескольких чистых сортов, свободное опыление в коллекции подобранных генотипов формирует сорт-популяцию. Сорт-популяция участвует в периодическом свободном случайном скрещивании при экономически целесообразном сортообновлении. Процессы свободного перекрестного опыления происходят и в интродукционных популяциях.

Список литературы

- Диброва П. А., Гвоздюкова Н. И., Тамарова А. Ф. Плоды и ягоды Урала: Лучшие сорта плодово-ягодных культур Свердловской, Молотовской областей и Удмуртской АССР. Свердловск: Свердл. обл. гос. изд-во, 1947. 140 с.
- Кащенко Н. Ф. Сибирское садоводство. М.: Сельхозиздат., 1963. 216 с.
- Кожевников А. П. Теория и практика интродукции древесных растений. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 120 с.
- Павлова Н. М. Черная смородина. М.: Сельхозгиз., 1955. 277 с.
- Помология. Сибирские сорта плодовых и ягодных культур XX столетия. Новосибирск: Юпитер, 2005. 568с.
- Шагина Т. В., Батманова Е. М. Результаты селекции смородины черной на Среднем Урале // Аграрный вестник Урала, 2011. №1 (80). С. 63 – 64.

БОТАНИЧЕСКОЕ РЕСУРСОВЕДЕНИЕ

УДК 57.033

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКТА КИРКАЗОНА ЛОМОНОСОВИДНОГО (*ARISTOLOCHIA CLEMATITIS*) ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ АКТИВНОСТИ КОЛЕЦ БАЛЬБИНИ И ЯДРЫШКОВОГО ОРГАНИЗАТОРА ПОЛИТЕННЫХ ХРОМОСОМ

Н. В. Полуконова¹, А. А. Андреева¹, Е. А. Шаркова²

¹ Саратовский государственный медицинский университет
имени В. И. Разумовского

Россия, 410012, Саратов, Б. Казачья, 112

E-mail: polukonovanv@yandex.ru

² Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83

Поступила в редакцию 14.09.2017 г.

Исследование экстракта кирказона ломоносовидного (*Aristolochia clematidis*) по показателям активности колец бальбиани и ядрышкового организатора политенных хромосом. – Полуконова Н. В., Андреева А. А., Шаркова Е. А. – Исследованные концентрации экстракта кирказона ломоносовидного (*Aristolochia clematidis*) оказывали воздействие на функциональную активность политенных хромосом *Chironomus*. Активность всех колец Бальбиани (BR) наиболее подавлена при концентрации 1/10 от LC50, чем при 1/100 LC50. Активность ядрышкового организатора (NOR) более подавлена при концентрации 1/100 LC50. Размах варьирования показателя активности BRB в контроле значительно выше, чем при низкой концентрации. Минимальный размах наблюдается при высокой концентрации, что подчеркивает значительное влияние этой концентрации на функциональное состояние политенных хромосом. На фоне подавления функциональной активности политенных хромосом возникновение мутаций маловероятно, в связи с чем, водный раствор сухого спиртового экстракта кирказона, содержащий флавоноиды не оказывает цитотоксического эффекта в отношении

интерфазных хромосом эукариот.

Ключевые слова: кирказон ломоносовидный, флавоноиды, политенные хромосомы, ядрышковый организатор, кольца Бальбиани, *Chironomus*, цитотоксичность, LC50.

Investigation of the *Aristolochia clematitis* extract by analyzing the activity of the Balbiani rings and the nuclear organizer in polytene chromosomes. – Polukonova N. V., Andreeva A. A., Sharkova E. A. – The investigated concentrations of the Kirkozon lomonosome extract (*Aristolochia clematitis*) affect the functional activity of *Chironomus* polytene chromosomes. The activity of all Balbiani (BR) rings is most suppressed at a concentration of 1/10 of the LC50, rather than at 1/100 LC50. The activity of the nucleolar organizer (NOR) is more suppressed at a concentration of 1/100 LC50. The range of variation of the BRB activity index in the control is much higher than at a low concentration. The minimum range is observed at a high concentration. It indicates the significant effect of this concentration on the polytene chromosomes functional state. When the functional activity of polytene chromosomes is suppressed the occurrence of mutations is unlikely, therefore, the water solution of the Kirkozon dry alcohol extract containing flavonoids does not demonstrate cytotoxic effect on eukaryote interphase chromosomes.

Key words: *Aristolochia clematitis*, flavonoids, polytene chromosomes, nucleolar organizer, Balbiani rings, *Chironomus*, cytotoxicity, LC50.

DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-3-33-40

Алкалоидсодержащие ядовитые растения относятся к наиболее биологически активным, однако их можно применять только в незначительных количествах и под строгим контролем врача. К таким растениям относится Кирказон ломоносовидный (*Aristolochia clematitis*), водные извлечения которого обладают высокой токсичностью. Применение в качестве экстрагента 95% этилового спирта (Патент на изобретение RU 2482863 15.02.2012, Navolokin et al., 2012; Полуконова и др., 2013; Polukonova et al., 2014) позволяет получить не только не токсичный экстракт, но и обладающий полезными свойствами. Так, при исследовании экстрактов лекарственных растений, полученных данным способом, в т.ч. и из ядовитых, были выявлены противовоспалительное, жаропонижающее, антимикробное, противотуберкулезное, противоопухолевое свойства (Наволокин и др., 2013, 2015; Полуконова и др., 2015). В отношении Кирказона данный метод экстракции ранее не применялся. Нами была исследована и выявлена определенная активность экстракта Кирказона в отношении клеток эмбриона свиньи

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКТА КИРКАЗОНА ЛОМОНОСОВИДНОГО

(*SPEV-2*) (Андреева и др., 2016). Однако цитогенетическая активность экстракта кирказона ломоносовидного ранее не была изучена.

Цель работы – исследовать цитотоксическую активность экстракта Кирказона ломоносовидного (*Aristolochia clematitis*) по показателям активности колец бальбиани и ядрышкового организатора политенных хромосом *Chironomus*.

Политенные хромосомы (ПХ) у личинок хирономид *Chironomus*, находящиеся постоянно в интерфазном периоде, служат удобным объектом как для анализа микроэволюционных событий, происходящих в природных популяциях этой группы насекомых (Полуконова и др., 2013; Полуконова, 2003. Полуконова, Белянина, 2002.), так и для исследования изменений функциональной активности (ФА) хромосом эукариот в целом (Полуконова, Белянина, 2006; Федорова, Полуконова, 2008; Федорова и др., 2009 а, б; Полуконова, 2015). Были определены показатели функциональной активности политенных хромосом *Chironomus* для цито- и генотоксического исследования растительных экстрактов (Андреева и др., 2016). Использование политенных хромосом *Chironomus* в качестве модельного объекта для исследования цито- и генотоксичности растительных экстрактов удобно, т.к. личинок хирономид можно также использовать и для оценки токсичности экстрактов (Полуконова и др., 2014; Курчатова и др., 2014). Так, нами был определен класс токсичности водной и хлороформной фракций экстрактов Кирказона (Андреева и др., 2015).

Материал и методы

В работе использована трава Кирказона ломоносовидного, собранная в Лысогорском районе у с. Атаевка Саратовской обл. в июне 2015 г. Сырье хранили в чистом, сухом, темном, прохладном и проветриваемом месте, не зараженном амбарными вредителями, защищенном от воздействия прямых солнечных лучей. Экстракт травы Кирказона готовили способом, заявленным в патенте (Патент № 2482863).

Использованы личинки *Ch. plumosus* из озера Сазанка Саратовской обл., собранные в марте 2016 г. Всего исследовано 1000 личинок. До начала экспериментов личинок акклиматизировали в течение суток. Эксперименты проводили в кюветах объемом 250 мл, глубиной 5 см и площадью поверхности 102 см², при комнатной температуре, в непроточных условиях, без субстрата (во избежание адсорбции препарата на

поверхности частиц ила), в отстоянной водопроводной воде при $pH = 7$. LC_{50} экстракта кирказона определяли пробит-анализом (Коро-сов, Калинин, 2003). Для фиксации личинок использована спирт-уксусная смесь (96% этанол : ледяная уксусная кислота = 3:1). Препараты ПХ готовили по этилоорсеиновой методике. Временные препараты ПХ анализировали под световым микроскопом «Люмипам» при увеличении 7×60 .

Изменения функциональной активности (ФА) политенных хромосом (ПХ) исследовали по индексам: ядрышкового организатора (NOR) – отношение максимального диаметра к ширине интактного района 6 ПХ IV, колец Бальбиани – $BR_{1G}R$ и $BR_{2G}R$ – отношение максимального диаметра, соответственно, BR_{1G} и BR_{2G} к ширине интактного района 6 ПХ IV, BR_B – отношение максимального диаметра BR плеча B к ширине интактного района 17. Для нивелирования погрешностей (связанных со стрессовым воздействием на основе изменения температурных условий, отсутствия субстрата и пищи в период острого эксперимента) данные нормировались на контроль, т.е. значения индексов контроля принимались за единицу. При анализе цитогенетических эффектов Кирказона использовали концентрации $1/10 LC_{50}$ мг/мл при экспозиции 1 ч., $1/100 LC_{50}$ мг/мл при экспозиции 1 ч.; $1/10 LC_{50}$ мг/мл при экспозиции 24 часа, $1/100 LC_{50}$ мг/мл при экспозиции 24 часа. Статистическую обработку показателей функциональной активности политенных хромосом проводили в среде специализированных пакетов Excel, Statistica 6. Для характеристики группы использовали среднее арифметическое и стандартное отклонение.

Результаты и их обсуждение

Структура ПХ в контроле через 1 ч. достаточно четкая. Через 24 ч. в контроле наблюдается тенденция увеличения четкости дисковой структуры за счет снижения ФА ПХ и степени адсорбции красителя. В целом ПХ функционально активны, однако их активность снижена по сравнению с состоянием на 1 ч. ФА BR_B и $BR_{1G}R$ повышается к 24 ч. ФА $BR_{2G}R$ понижается к 24 ч. ФА NOR не меняется в течение суток (таблица).

Активность функциональных районов при концентрации $1/10$ мг/мл по сравнению с контролем 1 ч. ФА BR_B и $BR_{1G}R$ не меняется. ФА $BR_{2G}R$ и NOR увеличивается. Через 24 ч. ФА всех колец Бальбиани

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКТА КИРКАЗОНА ЛОМОНОСОВИДНОГО

(BRB, BR_{1G}R и BR_{2G}R) и NOR понижается. Активность функциональных районов при концентрации 1/10 мг/мл в зависимости от времени воздействия. За сутки воздействия экстракта в концентрации 1/10 мг/мл происходит подавление ФА всех участков ПХ.

Динамика функциональной активности колец Бальбиани и ядрышкового организатора

Показатели	Контроль 1 ч.	Концентрации		Контроль 24 ч.	Концентрации	
		1/10 LC ₅₀	1/100 LC ₅₀		1/10 LC ₅₀	1/100 LC ₅₀
BRB	1.12 – 2.00 X = 1.39 ± 0.65	1.30 – 1.80 X = 1.60 ± 0.77 P = 0.00001	0.97 – 2.40 X = 1.31 ± 0.16 P = 0.027	1.60 – 3.00 X = 2.07 ± 0.38	1.54 – 2.17 X = 1.91 ± 0.77 P = 0.00002	1.20 – 2.20 X = 1.83 ± 0.42 P = 0.00001
BR1GR	1.12 – 1.80 X = 1.34 ± 0.24	1.20 – 1.80 X = 1.56 ± 0.21 P = 0.002	1.20 – 2.00 X = 1.79 ± 0.22 P = 0.00001	1.23 – 2.25 X = 1.65 ± 0.35	1.15 – 2.14 X = 1.53 ± 0.28 P = 0.0014	1.10 – 1.70 X = 1.46 ± 0.24 P = 0.00004
BR2GR	1.5 – 2.00 X = 1.69 ± 0.26	1.60 – 2.50 X = 1.97 ± 0.26 P = 0.002	2.00 – 2.5 X = 2.10 ± 0.27 P = 0.000001	1.00 – 2.20 X = 1.58 ± 0.45	0.73 – 1.70 X = 1.50 ± 0.28 P = 0.0001	1.10 – 2.16 X = 1.50 ± 0.32 P = 0.027
NOR	2.60 – 3.80 X = 3.04 ± 0.61	3.75 – 5.70 X = 4.24 ± 0.55 P = 0.002	3.3 – 5.00 X = 4.67 ± 0.16 P = 0.00001	1.7 – 5.00 X = 3.22 ± 0.92	1.25 – 4.00 X = 2.70 ± 0.31 P = 0.00009	1.70 – 3.57 X = 2.84 ± 0.75 P = 0.007

ПХ жирным шрифтом выделены значения показателей с уровнем значимости $P < 0.05$

Активность функциональных районов при концентрации 1/100 мг/мл по сравнению с контролем 1 ч. ФА BRB не меняется. ФА BR_{2G}R уменьшается. ФА BR_{1G}R и NOR увеличивается. Через 24 ч. ФА колец

Бальбиани – *BRB*, *BR_{1G}R* и *NOR* понижается. ФА *BR_{2G}R* не меняется. ФА *BRB* повышается к 24 ч. *Активность функциональных районов при концентрации 1/100 мг/мл в зависимости от времени воздействия.* За сутки воздействия экстракта в концентрации 1/100 мг/мл происходит подавление ФА всех участков ПХ.

В результате обе исследованные концентрации экстракта оказывали воздействие на ФА ПХ. При этом ФА всех КБ наиболее подавлена при концентрации 1/10 мг/мл, чем при 1/100 мг/мл. В то время, как ФА *NOR* более подавлена при концентрации 1/100 мг/мл. Размах варьирования показателя ФА *BRB* в контроле значительно выше, чем при низкой концентрации. Минимальный размах наблюдается при высокой концентрации, что подчеркивает значительное влияние этой концентрации на функциональное состояние ПХ.

На фоне подавления функциональной активности ПХ возникновение мутаций маловероятно, в связи с чем, водный раствор сухого спиртового экстракта Кирказона, полученный указанным в патенте способом, не оказывает цитотоксического эффекта в отношении interfазных хромосом эукариот.

Список литературы

Андреева А. А., Гелевера Н. И., Шаркова Е. А., Полуконова А. В., Прилепский А. Ю., Полуконова Н. В. Сравнение активности экстрактов кирказона ломоносovidного (*Aristolochia clematitidis*) и кипрея узколистного (*Chamerion angustifolium*) на культуру клеток SPEV-2 // Саратов. науч.-мед. журн. 2016. Т. 12, № 2. С. 226.

Андреева А. А., Шаркова Е. А., Полуконова Н. В. Сравнительный токсикологический анализ водной и хлороформной фракций экстрактов кирказона ломоносovidного // Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы: матер. II Междунар. науч. конф. Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. аграр. ун-та. 2015. С. 179 – 181.

Андреева А. А., Шаркова Е. А., Полуконова Н. В. Показатели функциональной активности поличенных хромосом *Chironomus* для цито- и генотоксического исследования растительных экстрактов // Неделя науки – 2016: матер. Всерос. молодёжн. форума с междунар. участием. СПб.: Изд-во Петербург. гос. ун-та путей сообщений, 2016. С. 372 – 375.

Коросов А. В., Калинин Н. М. Количественные методы экологической токсикологии: учеб.-метод. пособие. Петрозаводск: Изд-во Петр. гос. ун-та, 2003. 56 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКТА КИРКАЗОНА ЛОМОНОСОВИДНОГО

Курчатова М. Н., Полуконова Н. В., Дурнова Н. А. Определение класса токсичности экстракта *Gratiola officinalis* L. с использованием нового тест-объекта – личинок *Chironomus riparius* // Токсикологический вестн. 2014. № 6. С. 40 – 43.

Наволокин Н. А., Полуконова Н. В., Маслякова Г. Н., Скворцова В. В., Байтман Т. П., Бучарская А. Б., Дурнова Н. А. Противоопухолевая активность растительных экстрактов, содержащих биофлавоноиды // Российский биотерапевтический журнал. 2013. Т. 12, № 2. С. 59 – 59а.

Наволокин Н. А., Скворцова В. В., Полуконова Н. В., Манаенкова Е. В., Панкратова Л. Э., Курчатова М. Н., Маслякова Г. Н., Дурнова Н. А. Противотуберкулезная активность экстракта аврана лекарственного (*Gratiola officinalis* L.) *in vitro* // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2015. Т. 78, № 4. С. 10 – 13.

Полуконова Н. В., Наволокин Н. А., Райкова С. В., Маслякова Г. Н., Бучарская А. Б., Дурнова Н. А., Шуб Г. М. Противовоспалительная, жаропонижающая и антимикробная активность флаваноидсодержащего экстракта аврана лекарственного (*Gratiola officinalis* L.) // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2015. Т. 78, № 1. С. 34 – 38.

Полуконова Н. В. Реконструкция этапов формирования кардиологической структуры популяций *Chironomus plumosus* и *C. usenicus* (Diptera, Chironomidae) субаридных территорий Прикаспийской низменности // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2003. № 2. С. 29.

Полуконова Н. В. Теоретические и прикладные аспекты исследования функциональной активности политенных хромосом под влиянием разных факторов // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2015. Т. 5, № 6. С. 929 – 939.

Полуконова Н. В., Беянина С. И. О возможности гибридогенеза в видообразовании комара-звонца *Chironomus usenicus* Loginova et Beljanina (Chironomidae, Diptera) // Генетика. 2002. Т. 38, №12. С. 1635 – 1640.

Полуконова Н. В., Беянина С. И. Цитогенетические эффекты ксенобиотиков у *Chironomus riparius* (Chironomidae, Diptera) // Саратов. научн.-мед. журн. 2006. Т. 2, № 3. С. 33 – 39.

Полуконова Н. В., Дурнова Н. А., Курчатова М. Н., Наволокин Н. А., Голиков А. Г. Химический анализ и способ получения новой биологически активной композиции из травы аврана лекарственного (*Gratiola officinalis* L.) // Химия растительного сырья. 2013. № 4. С. 165 – 173.

Полуконова Н. В., Кармоков М. Х. Микроэволюционные изменения в популяциях *Chironomus nuditaris* Str. (Keyl, 1962) (Chironomidae, Diptera) Центрального Кавказа // Генетика. 2013. Т. 49, № 2. С. 175 – 181.

Н. В. Полуконова, А. А. Андреева, Е. А. Шаркова

Полуконова Н. В., Курчатова М. Н., Дурнова Н. А. Применение нового тест-объекта личинок *Chironomus riparius* для оценки токсичности на примере экстракта *Gratiola officinalis* // Токсикологический вестник. 2014. С. 334.

Полуконова Н. В., Наволокин Н. А., Дурнова Н. А., Маслякова Г. Н., Бучарская А. Б. Способ получения сухого экстракта из растительного сырья, обладающего биологической активностью // Патент на изобретение RU 2482863 15.02.2012

Федорова И. А., Полуконова Н. В. Цитогенетические эффекты полулетальной концентрации (1c50) пилокарпина при воздействии на личинок *Chironomus* (Diptera, Chironomidae) // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2008. № 7. С. 76 – 79.

Федорова И. А., Полуконова Н. В., Петрова Н. В. Цитогенетические эффекты холинотропных препаратов при комбинированном действии на личинок *Chironomus plumosus* (Diptera) in vivo // Цитология. 2009 а. Т. 51, № 10. С. 849.

Фёдорова И. А., Полуконова Н. В., Дворецкий К. Н., Богословская С. И. Функциональная активность политенных хромосом *chironomus* (Diptera) под влиянием холинотропных препаратов и пилокарпина // Экологическая генетика. 2009 б. Т. VII, № 3. С. 44 – 52.

Navolokin N. A., Polukonova N. V., Maslyakova G. N., Bucharskaya A. B., Durnova N. A. Effect of extracts of *Gratiola officinalis* and *Zea mays* on the tumor and the morphology of the internal organs of rats with trasplanted liver cancer // Russian Open Medical Journal. 2012. Т. 1, № 2. С. 203.

Polukonova N. V., Kurchatova M. N., Navolokin N. A., Bucharskaya A. B., Durnova N. A., Maslyakova G. N. A new extraction method of bioflavanoids from poisonous plant (*Gratiola officinalis* L.) // Russian Open Medical Journal. 2014. Т. 3, № 3. С. 304.

УДК 615.322

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ НАСТОЕВ КАЛЕНДУЛЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ (*CALENDULA OFFICINALIS* L.) И РОМАШКИ АПТЕЧНОЙ (*CHAMOMILLA RECUTITA* L.)

А. С. Шереметьева, Н. А. Дурнова, С. В. Райкова

*Саратовский государственный медицинский университет
имени В. И. Разумовского*

Россия, 410012, Саратов, Б. Казачья, 112

E-mail: anna-sheremetyewa@yandex.ru

Поступила в редакцию 02.10.2017 г.

Сравнительный анализ антимикробной активности настоев календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.) и ромашки аптечной (*Chamomilla recutita* L.). – Шереметьева А. С., Дурнова Н. А., Райкова С. В. – Приводятся данные об антимикробной активности настоев лекарственных растений календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.) и ромашки аптечной (*Chamomilla recutita* L.). Качество сырья цветков календулы лекарственной (*flores Calendulae officinalis*) регламентируется Государственной Фармакопеей XIII ФС.2.5.0030.15 «Ноготков лекарственных цветки», цветков ромашки аптечной (*flores Chamomillae recutitae*) – ФС.2.5.0037.15 «Ромашки аптечной цветки». Лекарственное растительное сырье было получено из аптечной сети: цветки ноготков (*flores Calendulae*) фирмы ЗАО «Здоровье» и цветки ромашки (*flores Chamomillae*) фирмы ОАО «Красногорск-лекарства». Настояи цветков календулы лекарственной и цветков ромашки аптечной готовили согласно методике Государственной фармакопее XIII ОФС.1.4.1.0018.15 «Настои и отвары». Рабочие растворы делали из основного таким образом, чтобы получить ряд последовательных двукратных разведений (1:1; 1:2; 1:4; 1:8; 1:16). Антимикробная активность настоев исследовалась с использованием двух стандартных штаммов *Staphylococcus aureus* ATCC 29213: *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (*S. wood*) и *Staphylococcus aureus* ATCC 6538P (*S. 209P*), а также клинических штаммов стафилококков: 3-х культур метициллиночувствительных *Staphylococcus aureus* (MSSA) (*S. aureus* 33, *S. aureus* 34, *S. aureus* 35) и 3-х культур метициллинорезистентных *Staphylococcus aureus* (MRSA) (*S. aureus* 36, *S. aureus* 37, *S. aureus* 38). В ходе исследования было установлено, что настоей календулы обладает более сильной антимикробной активностью по сравнению с настоем ромашки.

В отношении стандартных культур *S. wood* и *S. 209P* МПК настоя календулы при разведении 1:8 и 1:4 соответственно по сравнению с настоем ромашки 1:4 и 1:1 соответственно. В отношении клинических метициллиночувствительных штаммов *Staphylococcus aureus* (MSSA) *S. aureus* 33, *S. aureus* 34, *S. aureus* 35 МПК настоя календулы при разведениях 1:4, 1:4 и 1:8 соответственно по сравнению с настоем ромашки, который не проявил антимикробной активности в отношении *S. aureus* 33, но показал МПК при разведениях 1:1 и 1:1 при воздействии на штаммы *S. aureus* 34, *S. aureus* 35. В отношении всех метициллинорезистентных штаммов *Staphylococcus aureus* (MRSA) настоя календулы лекарственной и ромашки аптечной не проявили антимикробной активности.

Ключевые слова: настой, календула лекарственная, ромашка аптечная, антимикробная активность, метициллиночувствительные штаммы стафилококков, метициллинорезистентные штаммы стафилококков.

Comparative analysis of antimicrobial activity of the infusion *Calendula officinalis* L. and *Chamomilla recutita* L. – Sheremetyeva A. S., Durnova N. A., Raykova S. V. – We cite the data about antimicrobial activity of infusions of medicinal plants: *Calendula officinalis* L. and *Chamomilla recutita* L. The quality of raw material of Flores *Calendulae officinalis* is regulated by State Pharmacopoeia XIII FA.2.5.0030.15 «Flowers of medical Marigold», and Flores *Chamomillae recutitae* FA.2.5.0037.15 «Flowers of pharmacy Chamomile». Medicinal vegetative raw material was obtained from the pharmacies: Flores *Calendulae*, CJSC «Health» and Flores *Chamomillae* JSC «Krasnogorskleksredstva». Infusions of flowers of medicinal *Calendulae* and flowers of pharmacy *Chamomillae* were prepared according to the method of the State Pharmacopoeia XIII CFA.1.4.1.0018.15 «Infusions and decoctions». Working solutions were made from the main ones so that we obtain the number of serial two-fold dilutions (1:1; 1:2; 1:4; 1:8; 1:16). Antimicrobial activity of the infusions was investigated by using two standard strains of *Staphylococcus aureus* ATCC 29213: *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (*S. wood*) and *Staphylococcus aureus* ATCC 6538P (*S. 209P*), and clinical strains of staphylococci: 3 crops of metitillinfeel *Staphylococcus aureus* (MSSA) (*S. aureus* 33, *S. aureus* 34, *S. aureus* 35) and 3 crops of metitillinrestance *Staphylococcus aureus* (MRSA) (*S. aureus* 36, *S. aureus* 37, *S. aureus* 38). The study found that infusions of *Calendulae* have stronger antimicrobial activity than infusions of *Chamomillae*. Minimal inhibitory concentration (MIC) of infusion of *Calendulae* at delution 1:8 beside infusion of *Chamomillae* 1:4 was ascertained to the standard cultures of *S. wood*. Minimal inhibitory concentration (MIC) of infusion of *Calendulae* at delution 1:4 beside infusion of *Chamomillae* 1:1 was ascertained to the standard cultures of *S. 209P*. Minimal inhibitory concentration (MIC) of infusion of *Calendulae* in dilutions 1:4, 1:4 and 1:8 was ascertained *S. aureus* 33, *S. aureus* 34, *S. aureus* 35 respectively. Minimal inhibitory concentration (MIC) of infusion of *Chamomillae* was ascertained in dilutions 1:1 and 1:1 under the influence of strains of *S. aureus* 34, *S. aureus* 35. In regard to *S. aureus* 33 infusion of *Chamomillae* didn't show antimicrobial activity. In regard to all the metitillinrestance of strains of *Staphylococcus aureus*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ

(MRSA) infusions of medicinal *Calendulae* and pharmacy *Chamomillae* didn't show antimicrobial activity.

Key words: infusion, *Calendula officinalis* L., *Chamomilla recutita* L., antimicrobial activity, metitillinfeer strains of staphylococci, methicillinresistance strains of staphylococci.

DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-3-41-49

Многие применяемые лекарственные растения изучены как с точки зрения химического анализа (Шарова, Куркин, 2007; Алякин и др., 2010; Дурнова и др., 2014; Полуконова и др., 2015; Романтеева и др., 2015; Андреева и др., 2016; Шереметьева и др., 2017), так и с точки зрения биологической активности, например, установлена антимикробная активность, для таких широко используемых лекарственных растений, как шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.) (Бубенчикова, 2010), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.) (Комарова и др., 2015), мята перечная (*Mentha piperita* L.) (Райкова и др., 2011), дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) (Кукина и др., 2011) и др., но исследования в этой области продолжаются, что позволяет выявить новые аспекты фармакологического действия, например, противотуберкулезного (Скворцова и др., 2015; Полуконова и др., 2017).

Так как в настоящее время многие микроорганизмы приобретают резистентность к существующим лекарственным препаратам (Батуринов и др., 2014; Дикке и др., 2016; Туркутюков, 2011), поиск терапевтически эффективных антимикробных средств не только синтетического, но и растительного происхождения, является актуальным. При этом даже известные на данный момент растительные средства, оказывающие антимикробное действие, остаются не изученными с точки зрения их возможного воздействия на клинические, в том числе и на антибиотикорезистентные штаммы микроорганизмов.

В качестве объекта исследования были выбраны: лекарственное растительное сырье календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.) и ромашки аптечной (*Chamomilla recutita* L.), цветки которых издавна используются в практической медицине. Нормативным документом, регламентирующим качество сырья, является ГФ XIII: для цветков календулы лекарственной (flores *Calendulae officinalis*) – ФС.2.5.0030.15 «Ноготков лекарственных цветки», а для цветков ромашки аптечной (flores *Chamomillae recutitae*) – ФС.2.5.0037.15 «Ро-

машки аптечной цветки». Настои этих растений обладают широким спектром фармакологической активности (Путырский, Прохоров, 2008), но антимикробное действие настоев этих растений на резистентные микроорганизмы не изучено (Афанасьева и др., 2016; Пахомова и др., 2015).

Цель работы – изучение противостафилококковой активности настоев календулы лекарственной и ромашки аптечной.

Материал и методы

Для приготовления настоев использовали аптечное сырье цветков календулы лекарственной фирмы (*flores Calendulae officinalis*) ЗАО «Здоровье» и цветков ромашки аптечной фирмы (*flores Chamomillae recutitae*) ОАО «Красногорсклексредства». Настои готовили согласно методике ГФХIII ОФС.1.4.1.0018.15.

Антимикробная активность определялась в отношении стандартных культур микроорганизмов *Staphylococcus aureus* ATCC 29213; *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (*S. wood*) и *Staphylococcus aureus* ATCC 6538P (*S. 209P*), а также в отношении клинических штаммов стафилококков (три метициллиночувствительных *S. aureus* (MSSA), три метициллинорезистентных *S. aureus* (MRSA)). Все штаммы взяты из музея живых культур кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии СГМУ.

Для детекции метициллинорезистентности применяли метод скрининга на плотной питательной среде Muller-Hinton с добавлением 4% NaCl и 6,0 мкг/мл оксациллина в соответствии с МУК 4.2.1890-04. Контролем служил посев испытуемых культур на агар Muller-Hinton с 4% NaCl без метициллиночувствительных и метициллинорезистентных стафилококков.

Определение МПК проводили в соответствии с МУК 4.2. 1890-04. Рабочие растворы готовили из основного с использованием жидкой питательной среды Muller-Hinton, таким образом, чтобы получить ряд последовательных двукратных разведений (1:1; 1:2; 1:4; 1:8; 1:16). Из суточных культур исследуемых штаммов готовили взвеси по стандарту мутности McFarland 1.0, доводя их до концентрации 2×10^6 КОЕ/мл. В каждую пробирку, содержащую определенную концентрацию изучаемого препарата, вносили по 0.1 мл такой бактериальной взвеси. Опыт сопровождался контрольным посевом бактериальной взвеси без

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ

экспозиции настоев. Из контрольных пробирок до начала инкубации производили высев на плотные питательные среды, доводя предварительно взвесь бактерий до концентрации 2×10^2 КОЕ/мл. Опытные и контрольные посевы встряхивали и инкубировали в термостате при температуре 37 °С в течение 24ч., после чего учитывали результаты опыта, отмечая последнюю пробирку с отчетливо выраженной задержкой роста. Количество вещества в этой пробирке расценивалось как минимальная подавляющая концентрация (МПК) для испытуемого штамма. Так как исходные рабочие растворы мутные, то для достоверности результатов эксперимента из предполагаемой пробирки с МПК настоя производили высев на плотные питательные среды, доводя предварительно взвесь бактерий до концентрации 2×10^2 КОЕ/мл.

Результаты и их обсуждение

Получены результаты воздействия настоев календулы лекарственной и ромашки аптечной в отношении двух стандартных штаммов *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 (*S. wood* и *S. 209p*), а также клинических штаммов стафилококков: трех культур метициллиночувствительных *Staphylococcus aureus* (MSSA) и трех культур метициллинорезистентных *Staphylococcus aureus* (MRSA) (табл. 1, табл. 2).

Таблица 1

Антимикробная активность настоя цветков *Calendulae officinalis*

Разведение	Тест-культура							
	<i>S. aureus</i>		<i>S. aureus</i> (MSSA)			<i>S. aureus</i> (MRSA)		
	<i>S. wood</i>	<i>S. 209P</i>	33	34	35	36	37	38
1:1	—	—	—	—	—	+	+	+
1:2	—	—	—	—	—	+	+	+
1:4	—	МПК	МПК	МПК	—	+	+	+
1:8	МПК	+	+	+	МПК	+	+	+
1:16	+	+	+	+	+	+	+	+

«+» – рост есть; «МПК» – минимальная подавляющая концентрация;

«—» – бактерицидное или бактериостатическое действие

Настой цветков календулы подавлял рост колоний стандартных штаммов стафилококков, оказывая более сильное воздействие на *S. wood*. Бактерицидное действие на *S. wood* установлено при разведениях 1:1, 1:2, 1:4, а на *S. 209P* при разведениях 1:1, 1:2.

Таблица 2

Антимикробная активность настоя цветков *Chamomillae recutitae*

Разведение	Тест-культура							
	<i>S. aureus</i>		<i>S. aureus</i> (MSSA)			<i>S. aureus</i> (MRSA)		
	<i>S. wood</i>	<i>S. 209P</i>	33	34	35	36	37	38
1:1	–	МПК	+	МПК	МПК	+	+	+
1:2	–	+	+	+	+	+	+	+
1:4	МПК	+	+	+	+	+	+	+
1:8	+	+	+	+	+	+	+	+
1:16	+	+	+	+	+	+	+	+

«+» – рост есть; «МПК» – минимальная подавляющая концентрация;

«–» – бактерицидное или бактериостатическое действие

Исследование влияния настоя календулы на клинические метициллиночувствительные штаммы *S. aureus* (MSSA) показало бактерицидное действие в отношении всех культур (*S. aureus* 33 и *S. aureus* 34 при разведениях 1:1, 1:2), но наибольшая активность установлена в отношении *S. aureus* 35 (при разведениях 1:1, 1:2, 1:4). В отношении клинических метициллинорезистентных штаммов *S. aureus* (MRSA) антимикробная активность настоя календулы не установлена: наблюдали рост колоний во всех разведениях (см. табл. 1).

Настой цветков ромашки проявил антимикробную активность в отношении стандартных штаммов стафилококков, оказывая более сильное воздействие на *S. wood*. В отношении *S. wood* установлено бактерицидное действие настоя ромашки при разведениях 1:1, 1:2, а в отношении *S. 209P* – бактериостатическое при разведении 1:1.

Настой ромашки подавлял рост колоний *S. aureus* 34, *S. aureus* 35 клинических метициллиночувствительных штаммов *S. aureus* (MSSA). В отношении этих штаммов установлено бактериостатическое действие при разведении 1:1, а в отношении *S. aureus* 33 настоем ромашки не проявил антимикробную активность. Для клинических метициллинорезистентных штаммов *S. aureus* (MRSA) антимикробная активность настоя ромашки не установлена: наблюдали рост колоний во всех разведениях (см. табл. 2).

По результатам эксперимента была установлена минимальная подавляющая концентрация настоев в отношении испытуемых штаммов стафилококков (табл. 3).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ

Таблица 3

Значения МПК для настоев цветков *Calendulae officinalis*
и цветков *Chamomillae recutitae*

Тест-культура		МПК календулы лекарственной	МПК ромашки аптечной
<i>S. aureus</i>	<i>S. wood</i>	1:8	1:4
	<i>S. 209P</i>	1:4	1:1
<i>S. aureus</i> MSSA	33	1:4	—
	34	1:4	1:1
	35	1:8	1:1
<i>S. aureus</i> MRSA	36	—	—
	37	—	—
	38	—	—

«—» – МПК не установлена, т.к. рост стафилококков наблюдался во всех разведениях.

Настой цветков календулы показал более сильную антимикробную активность в отношении стандартных штаммов стафилококков по сравнению с настоем цветков ромашки. В отношении *S. wood* МПК настоя календулы наблюдалась в разведении 1:8, а у настоя ромашки – 1:4. При воздействии на *S. 209P* МПК настоя календулы установлена при разведении 1:4 по сравнению с настоем ромашки (1:1).

Исследование влияния настоев на клинические метициллиночувствительные штаммы *S. aureus* (MSSA) также показало более сильную антимикробную активность настоев календулы. Наибольшую активность настой календулы проявил в отношении *S. aureus* 35 (МПК наблюдалась в разведении 1:8), а при воздействии на культуры *S. aureus* 34 и *S. aureus* 35 настой продемонстрировал одинаковый эффект (МПК в разведении 1:4). Настой ромашки проявил низкую антимикробную активность. При воздействии на штамм *S. aureus* 34 и *S. aureus* 35 зафиксирована МПК в разведении 1:1, а в отношении *S. aureus* 33 настой не оказал антимикробного действия.

Настой обоих растений в отношении метициллинорезистентных штаммов *S. aureus* (MRSA) не проявили антимикробной активности.

Выводы

Оба исследуемых настоя проявили противостафилококковую активность, при этом настой календулы лекарственной обладает более

выраженной противостафилококковой активностью, чем настой ромашки аптечной как в отношении стандартных, так и в отношении клинических метициллиночувствительных штаммов стафилококков.

Оба исследуемых настоя не обладают противостафилококковой активностью в отношении клинических метициллинорезистентных штаммов стафилококков.

Список литературы

Алякин А. А., Ефремов А. А., Качин С. В., Данилова О. О. Фракционный состав эфирного масла душицы обыкновенной Красноярского края // Химия растительного сырья. 2010. № 1. С. 99 – 104.

Андреева В. Ю., Исайкина Н. В., Цыбукова Т. Н., Петрова Е. В. Изучение элементного состава плодов калины обыкновенной и рябины обыкновенной различными современными методами // Химия растительного сырья. 2016. № 1. С. 177 – 180.

Афанасьева П. В., Куркина А. В., Куркин В. А., Лямин А. В., Жестков А. В. Определение антимикробной активности извлечений цветков календулы лекарственной // Фармация и фармакология. 2016. Т. 4, № 2 (15). С. 60 – 70.

Батуринов В. А., Щетинин Е. В., Батурина М. В., Афанасьев Н. Е., Байчорова А. Р., Мальцева В. С. Резистентность возбудителей респираторных инфекций и интенсивность потребления противомикробных средств в амбулаторной практике // Медицинский алфавит. 2014. Т. 2, № 11. С. 40 – 43.

Бубенчикова В. Н., Кондратова Ю. А. Изучение фармакологической активности шалфея блестящего // Кубанский научный медицинский вестник. 2010. № 7 (121). С. 38 – 40.

Дикке Г. Б., Семятов С. М., Союнов М. А. Профилактика инфекционных осложнений в эпоху антибиотикорезистентности // Доктор.Ру. 2016. № 8 – 9 (125 – 126). С. 26 – 31.

Дурнова Н. А., Романтеева Ю. В., Ковтун А. Н. Химический состав эфирного масла *Thymus marshallianus* Willd. и *Thymus pallasiianus* Н. Вг., произрастающих на территории Саратовской области // Химия растительного сырья. 2014. №2. С. 115 – 119.

Комарова Е. Э., Пластун В. О., Райкова С. В., Дурнова Н. А. Изучение антимикробной активности водного раствора спиртового экстракта травы одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) // Бюл. Бот. сада Саратов. гос. ун-та. 2015. №13. С. 68 – 74.

Кукина В. М., Осолодченко Т. П., Дмитриевский Д. І. Дослідження антимікробної властивості густого екстракту листя дуба черешчатого // Вісник фармації. 2011. № 1. С. 20 – 22.

МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. Методические указания».

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ

Пахомова Е. Е., Пахомова А. Е., Пахомова Ю. В., Карабинцева Н. О., Овсянко Е. В. Оценка ранозаживляющего, антимикробного, противовоспалительного эффектов эфирных масел // Медицина и образование в Сибири. 2015. № 6. С. 70.

Полуконова Н. В., Наволокин Н. А., Маслякова Г. Н., Бучарская А. Б., Панкратова Л. Э., Манаенкова Е. В., Курчатова М. Н., Скворцова В. В., Дурнова Н. А. Активность экстракта аврана лекарственного (*Gratiola officinalis* L.) в отношении *M. tuberculosis* // Бюллетень медицинских интернет конференций. 2017. Т. 7, № 2. С. 581 – 584.

Полуконова Н. В., Наволокин Н. А., Райкова С. В., Маслякова Г. Н., Бучарская А. Б., Дурнова Н. А., Шуб Г. М. Противовоспалительная, жаропонижающая и антимикробная активность флаваноидсодержащего экстракта аврана лекарственного (*Gratiola officinalis* L.) // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2015. Т. 78, № 1. С. 34 – 38.

Путырский И. Н., Прохоров В. Н. Лекарственные растения. 2-е изд., стереотип. Мн.: Книжный дом, 2008. 704 с.

Райкова С. В., Голиков А. Г., Шуб Г. М., Дурнова Н. А., Шаповал О. Г., Рахметова А. Ю. Антимикробная активность эфирного масла мяты перечной (*Mentha piperita* L.) // Саратов. науч.-мед. журн. 2011. Т. 7, № 4. С. 787 – 790.

Романтеева Ю. В., Дурнова Н. А., Зараева Н. В. Фитохимический анализ травы лапчатки серебристой (*Potentilla argentea*), произрастающей в пос. Чардым Саратовской области // Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы: матер. II Междунар. науч. конф. Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. аграр. ун-та. 2015. С. 120 – 122.

Скворцова В. В., Наволокин Н. А., Полуконова Н. В., Манаенкова Е. В., Панкратова Л. Э., Курчатова М. А., Маслякова Г. Н., Дурнова Н. А. Противотуберкулезная активность экстракта бессмертника песчаного (*Helichrysum arenarium*) *in vitro* // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2015. Т. 78, № 2. С. 30 – 33.

Туркутюков В. Б. Молекулярно-генетический мониторинг резистентности микроорганизмов к антибиотикам // Тихоокеанский медицинский журнал. 2011. № 2. С. 28 – 31.

Шарова О. В., Куркин В. А. Флавоноиды цветков календулы лекарственной // Химия растительного сырья. 2007. № 1. С. 65 – 68.

Шереметьева А. С., Дурнова Н. А., Березуцкий М. А. Содержание эфирных масел в траве разных видов рода Тимьян (*Thymus* L.) // Бюл. Бот. сада Саратов. гос. ун-та. 2017. Т. 15, № 2. С. 15 – 19.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ БИОЛОГИЯ

УДК 581.144

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАЗВИТИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРОРОСТКОВ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

В. В. Коробко, О. Ф. Шевлягина, С. А. Степанов

*Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: v.v.korobko@mail.ru*

Поступила в редакцию 25.09.2017 г.

Влияние температуры на развитие фотосинтетического аппарата проростков твердой пшеницы. – Коробко В. В., Шевлягина О. Ф., Степанов С. А. – Объектом исследования служили проростки 18 сортов яровой твердой пшеницы *Triticum durum* L. Культивирование осуществлялось при температуре 15 ± 1 °C и 20 ± 2 °C. Для изучения влияния температурного фактора на развитие фотосинтетического аппарата проростков использовали следующие показатели: длину пластинки и влагалища первого листа, количественное содержание пигментов (хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов), соотношение пигментов (хлорофиллов *a* и *b*, хлорофиллов и каротиноидов) в пластинке первого листа проростка. На основании исследования влияния температурного фактора на количественное содержание пигментов в пластинке первого листа проростков установлено, что реакция сортов твердой яровой пшеницы на изменение температурного режима культивирования является сортоспецифичной. Выделены сорта, для которых характерно более высокое содержание хлорофиллов при температуре культивирования 15 ± 1 °C – Луч 25, Краснокутка 12, Аннушка, Харьковская 23, Елизаветинская, Валентина, Гордеиформе 432, Саратовская 57, Крассар, Оренбургская 10, Николаша. Установлено, что температура 20 ± 2 °C способствует увеличению соотношения хлорофиллов *a/b* у проростков сортов Краснокутка 12, Памяти Чеховича, Оренбургская 10, Аннушка, Кубанка, Алейская, Николаша, Луч 25. У других исследованных сортов в данных условиях соотношение зеленых пигментов снижается. Выявлено, что температура 15 ± 1 °C оказывает положительный эффект на содержание каротиноидов в пластинке первого

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ

листа сортов Лилёк, Луч 25, ND 600, Памяти Чеховича, Безенчукская 210, Крассар. Температура 15 ± 1 °C явилась более благоприятной для роста и пластинки, и влагалища первого листа проростков сортов Краснокутка 12, НИК, Николаша, Оренбургская 10, Памяти Чеховича, НИК. Для роста первого листа остальных изученных нами сортов более благоприятной оказалась температура 20 ± 2 °C.

Ключевые слова: пшеница, рост, развитие, хлорофиллы, каротиноиды.

Influence of temperature on development of the photosynthetic device of sprouts of firm wheat. – Korobko V. V., Shevlyagina O. F., Stepanov S. A. – As object of research sprouts of 18 grades of summer wheat *Triticum durum* L. served. Cultivation it was carried out at temperature 15 ± 1 °C and 20 ± 2 °C. For studying of influence of the temperature factor on development of the photosynthetic device of sprouts used following indicators: length of a plate and a vagina of the first sheet, the quantitative maintenance of pigments (a chlorophyll and b, carotenoids), a parity of pigments (a chlorophyll and b, a chlorophyll and carotenoids) in a plate of the first sheet of a sprout. On the basis of research of influence of the temperature factor on the quantitative maintenance of pigments in a plate of the first sheet of sprouts, it is established, that reaction of grades of firm spring wheat to change of a temperature cultivation mode is variety-specific. Grades for which higher maintenance of a chlorophyll is characteristic at cultivation temperature 15 ± 1 °C are allocated are grades the Luch 25, Krasnokutka 12, Annuschka, Kharkov 23, Elizavetinsky, Valentina, Gordeiformi 432, Saratov 57, Krassar, Orenburg 10, Nicolascha. It is established, that the temperature 20 ± 2 °C promotes increase in a parity of a chlorophyll a/b at sprouts of grades Krasnokutka 12, Memory Chechovich, Orenburg 10, Annuschka, Cubanka, Alejsky, Nicolascha, Luch 25. At other investigated grades in the given conditions the parity of green pigments decreases. It is established, that to temperature 15 ± 1 °C renders a positive effect on the carotenoids maintenance in a plate of the first sheet of grades Lilek, Luch 25, ND 600, Memory Chechovich, Bezenchuksky 210, Krassar. The temperature 15 ± 1 °C was favorable for growth and a plate, and a vagina of the first sheet of sprouts of grades Krasnokutka 12, NIK, Nicolascha, Orenburg 10, Memories Chechovich, NIK. For growth of the first sheet of other grades studied by us more favorable there was a temperature 20 ± 2 °C.

Key words: wheat, growth, development, chlorophyll, carotenoid.

DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-3-50-57

Твердая пшеница по своей значимости является второй культурой после мягкой и занимает 8% от мировых посевов пшеницы. В последние десятилетия ее посевы сокращаются, и одной из основных причин этого является более высокая по сравнению с мягкой пшеницей требовательность к условиям культивирования. Тем не менее, в России твердая пшеница является важной продовольственной и экономически

ценной культурой, поэтому интерес к изучению сортовых особенностей роста и развития этой культуры под влиянием различных факторов окружающей среды возрастает (Степанов и др., 2008; Коробко, Кособрюхова, 2010).

Материал и методы

Исследования проведены в 2017 году на кафедре микробиологии и физиологии Саратовского национального исследовательского государственного университета. Объектом исследования служили проростки яровой твердой пшеницы *Triticum durum* L. 18 сортов. Для изучения влияния температуры проводили посадку зерновок в стаканчики, заполненные вермикулитом. Культивирование осуществлялось в климатоканере при двух температурных режимах: 15 ± 1 °C и 20 ± 2 °C (данные значения температуры лежат в пределах оптимального для роста и развития пшеницы температурного интервала). Через 14 дней от начала эксперимента определяли содержание хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов (Даштоян и др., 2008) и измеряли длину влагалища и пластинки первого листа проростка. Результаты исследований подвергались статистической обработке в табличном процессоре Excel пакета MS Office 2010.

Результаты и их обсуждение

Изменение температуры культивирования проростков в оптимальных для пшеницы пределах оказало влияние на рост первого листа в длину. Температура 15 ± 1 °C явилась благоприятной для роста пластинки и влагалища первого листа проростков сортов Краснокутка 12, НИК, Николаша, Оренбургская 10, Памяти Чеховича, НИК. Положительный эффект в условиях культивирования при этой температуре отмечен в отношении листового влагалища проростков сорта Саратовская 57, тогда как длина листовой пластинки на 11% меньше, чем при более высокой температуре. Для роста первого листа остальных изученных нами сортов более благоприятной оказалась температура 20 ± 2 °C. (рис.1, 2).

Следует отметить, что при различных режимах культивирования соотношение длины пластинки и влагалища большинства сортов остается неизменным: у сорта Алейская пластинка составила 80 – 81% от длины листа, у сорта НИК – 75 – 76%, у остальных сортов – от 60 до

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ

70%. Исключение составили сорт Памяти Чеховича (длина пластинки составляет 57% от длины листа при $15 \pm 1^\circ\text{C}$ и 73% – при более высокой температуре) и Саратовская 57 (длина пластинки составляет 62% от длины листа при $15 \pm 1^\circ\text{C}$ и 78% – при более высокой температуре).

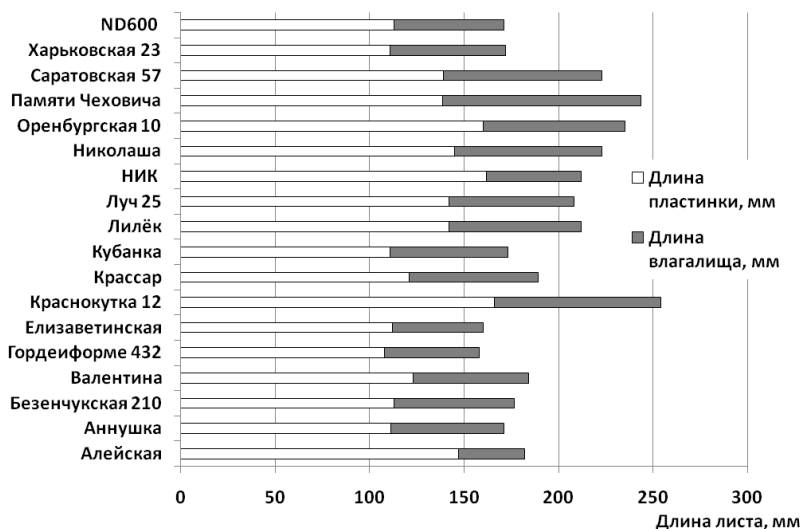


Рис. 1. Длина первого листа проростков твердой пшеницы при температуре культивирования $15 \pm 1^\circ\text{C}$

Проведенное исследование позволяет разделить изученные сорта на две группы. К первой группе можно отнести сорта, для которых характерно более высокое содержание хлорофилла *a* в пластинке первого листа проростков при температуре культивирования $15 \pm 1^\circ\text{C}$ – это сорта Лилёк, Луч 25, Краснокутка 12, Аннушка, Харьковская 23, Елизаветинская, Валентина, Гордеиформе 432, Саратовская 57, Крассар, Оренбургская 10, Николаша. Количественное содержание хлорофилла *b* в пластинке первого листа проростков этих сортов, культивированных при температуре $15 \pm 1^\circ\text{C}$ также превышает аналогичные значения при более высокой температуре. Исключение составил сорт

Лилёк, для которого повышение температуры культивирования до $20 \pm 2^\circ\text{C}$ сопровождалось повышением хлорофилла *b* в 1.6 раза (таблица).

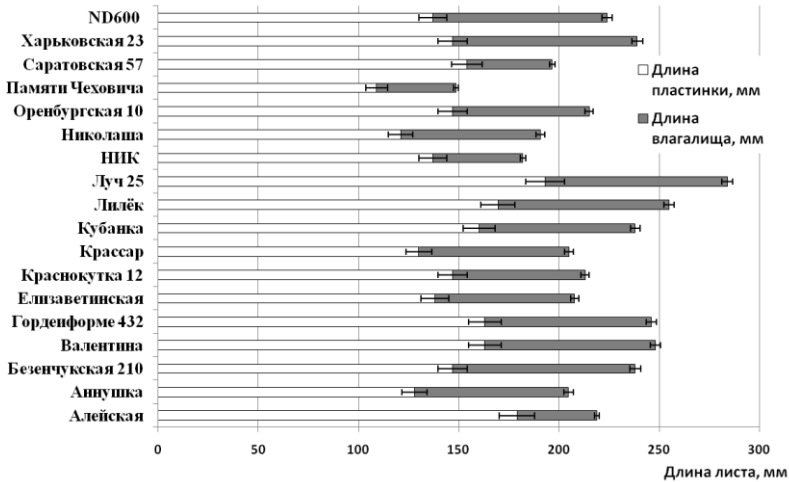


Рис. 2. Длина первого листа проростков твердой пшеницы при температуре культивирования $20 \pm 2^\circ\text{C}$

Ко второй группе относятся сорта, для которых снижение температуры культивирования негативно отразилось на содержании зеленых пигментов. В значительной степени этот эффект проявился у сортов ND 600 и Памяти Чеховича: культивирование растений при температуре $15 \pm 1^\circ\text{C}$ привело к снижению количества хлорофилла *a* на 27% и 20% по сравнению с проростками, культивированными при $20 \pm 2^\circ\text{C}$. У сортов Кубанка, Безенчукская 210, Алейская и НИК наблюдается понижение количества хлорофилла *a* на 7 – 10%. Понижение температуры культивирования проростков этой группы сортов до $15 \pm 1^\circ\text{C}$ приводит к снижению содержания хлорофилла *b* на 25 – 30% у проростков сортов Безенчукская 210 и ND 600, у других сортов этой группы – на 4 – 11%.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ

Влияние температуры культивирования на количественное содержание пигментов в пластинке первого листа проростков яровой твердой пшеницы

Название сорта	Температура культивирования 15 ± 1 °C			Температура культивирования 20 ± 2 °C		
	Суммарное содержание хлорофиллов <i>a</i> и <i>b</i> , мг/г сух. м.	<i>a/b</i>	Соотношение хлорофиллов и каротиноидов	Суммарное содержание хлорофиллов <i>a</i> и <i>b</i> , мг/г сух. м.	<i>a/b</i>	Соотношение хлорофиллов и каротиноидов
Лилёк	7.92	3.52	3.65	6.92	1.36	4.96
Луч 25	9.66	2.63	4.36	5.44	3.97	3.88
Красноутка 12	7.11	2.97	3.97	6.74	3.55	3.68
Аннушка	8.52	2.90	3.71	7.41	3.09	4.00
ND600	6.39	3.50	4.24	8.82	3.33	4.15
НИК	7.70	3.41	3.41	8.45	3.28	3.96
Памяти Чеховича	6.11	2.60	3.78	7.36	2.97	3.83
Безенчукская 210	7.44	3.74	3.83	8.57	3.12	3.75
Харьковская 23	10.04	3.29	4.19	8.48	3.12	3.98
Елизаветинская	10.35	3.68	3.48	7.82	2.59	4.17
Валентина	8.40	3.04	3.74	6.88	2.73	3.98
Кубанка	7.02	3.31	3.42	7.70	3.54	3.51
Гордеиформе 432	8.88	4.04	4.06	7.03	4.05	4.07
Саратовская 57	10.49	3.40	3.65	8.10	3.09	3.85
Крассар	9.64	3.75	4.31	8.37	3.41	3.48
Оренбургская 10	3.18	2.63	4.20	6.93	3.81	3.71
Алейская	3.63	2.40	3.75	3.73	2.33	4.16
Николаша	3.48	1.92	3.83	3.70	1.62	3.42

Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* обуславливает приспособленность к интенсивному освещению; чем больше это отношение, тем меньше растения приспособлены к пониженной интенсивности

освещения (Андрианова, Тарчевский, 2000). Установлено, что у некоторых изученных нами сортов твердой пшеницы наблюдается повышение соотношения хлорофилла *a/b* в условиях более высокой температуры культивирования. Максимальным значением данного показателя характеризуются проростки сорта Луч 25; соотношение зеленых пигментов у проростков, выращенных при 20 ± 2 °C в 1.5 раза выше при 15 ± 1 °C. Повышение температуры приводит к увеличению соотношения хлорофилла *a/b* у проростков сортов Краснокутка 12, Памяти Чеховича, Оренбургская 10 на 14 – 20%, у сортов Аннушка, Кубанка, Алейская, Николаша – на 3 – 6%. У других сортов в условиях более высокой температуры соотношение зеленых пигментов снижается (см. таблицу).

Установлено, что более низкая температура культивирования оказывает положительный эффект на содержание каротиноидов в пластинке первого листа таких сортов твердой пшеницы, как Лилёк, Луч 25, ND 600, Памяти Чеховича, Безенчукская 210, Крассар. Для проростков сортов Краснокутка 12, Кубанка, Алейская различия в количественном содержании каротиноидов в условиях эксперимента явились статистически не достоверными. У растений других исследованных нами сортов твердой пшеницы отмечено повышение содержания каротиноидов при температуре культивирования 20 ± 2 °C.

Одним из показателей, характеризующих активность фотосинтетического аппарата растений, является соотношение количественного содержания хлорофиллов и каротиноидов. У ряда изученных сортов (Памяти Чеховича, Кубанка, Безенчукская 210, Саратовская 57) этот показатель меняется незначительно при изменении температуры культивирования. Для проростков других сортов – Луч 25, Краснокутка 12, ND 600, Харьковская 23, Крассар, Оренбургская 10, Николаша – характерно повышение соотношения пигментов при более низкой температуре. В большей степени эта особенность проявляется у сорта Крассар: соотношение хлорофиллов и каротиноидов при 15 ± 1 °C составило 4.3, тогда как при 20 ± 2 °C – 3.5. У проростков других исследованных нами сортов твердой пшеницы более высокое значение соотношения зеленых пигментов и каротиноидов первого листа отмечено при температуре культивирования 20 ± 2 °C (см. таблицу).

Таким образом, на основании исследования влияния температурного фактора на количественное содержание пигментов в пластинке

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ

первого листа проростков установлено, что реакция сортов твердой яровой пшеницы на изменение температурного режима культивирования является сортоспецифичной. Определены сорта, которые на понижение температуры культивирования реагируют снижением содержания хлорофиллов и каротиноидов: ND 600, Памяти Чеховича, Безенчукская 210, Кубанка. У проростков сортов Крассар и Краснокутка понижение содержание зеленых пигментов сопровождается возрастанием количества каротиноидов. Для сорта Харьковская 23 при более низкой температуре характерно увеличение всех показателей – количества зеленых пигментов, каротиноидов, соотношения хлорофиллов *a* и *b*, хлорофиллов и каротиноидов.

Список литературы

Алиев Д. А., Азизов И. В., Казибекова Э. Г. Фотосинтетическая способность и развитие хлоропластов в онтогенезе пшеницы. Баку: Элм, 1988. 116 с.

Андреанова Ю. Е., Тарчевский И. А. Хлорофилл и продуктивность растений. М.: Наука, 2000. 135 с.

Даштова Ю. В., Меринова Н. В., Степанов С. А. Метамерная изменчивость состава и содержания пигментов фотосинтеза листьев пшеницы // Вестн. Сарат. гос. аграр. ун-та. 2008. № 2. С. 24 – 25.

Коробко В. В., Кособрюхова О. Е. Влияние засоления на некоторые физиологические процессы растений твердой яровой пшеницы // Актуальные проблемы современной науки и образования. Естественные науки: матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Уфа: Изд-во Баш. гос. ун-та, 2010. Т. 1. С. 624 – 628.

Степанов С. А., Танайлова Е. А., Горюнов А. А. Развитие листьев зародыша зерновок яровой пшеницы // Вестн. Сарат. гос. аграр. ун-та. 2008. № 8. С. 29 – 32.

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 633.11:[581.823+581.824]+578.686

ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТКАНЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ФИТОМЕРОВ ПОБЕГА В ОНТОГЕНЕЗЕ ПШЕНИЦЫ

М. Ю. Касаткин, Н. А. Загнухина, С. А. Степанов

*Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: kasatkinmy@info.sgu.ru*

Поступила в редакцию 25.09.2017 г.

Изменение спектральных характеристик тканей элементов фитомеров побега в онтогенезе пшеницы. – Касаткин М. Ю., Загнухина Н. А., Степанов С. А. – Цитофотометрическим методом исследовались оптические свойства тканей эпикотили, узла колосонесущего междоузлия и колосонесущее междоузлие яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Оценивалась спектральная характеристика осевого пропускания света области от 380 до 750 нм паренхимой, тканями проводящего пучка, колленхимой и склеренхимой. Установлена тканевая специфичность оптических свойств разных анатомических структур и их изменение в ходе онтогенеза. Эпикотиль в фенофазу отгиба 4-го листа в паренхиме коры имеет небольшую область поглощения при 430 и 450 нм. В склеренхиме обнаружена область поглощения при 460 нм. В конце вегетации в паренхиме коры эпикотили происходило смещение области поглощения к 410 нм. В склеренхиме исчезает область поглощения при 460 нм. Исследование узла колосонесущего междоузлия в фенофазу отгиба 4-го листа в начале вегетации установило в его паренхиме чёткие спектры поглощения пигментов фотосинтетического аппарата при 430, 480 и 680 нм, сохраняющиеся к концу вегетации. Отмечено многократное (в 2 – 3 раза) повышение оптической плотности тканей узла колосонесущего междоузлия, которое объясняется оптическим экранированием физиологически важных структур растения. Делается вывод о том, что оптические свойства исследованных структур имеют тканеспецифичность и проявляют зональную приуроченность. Значительные изменения спектральных характеристик тканей узла колосонесущего междоузлия связывают с особой чувствительностью

ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ОНТОГЕНЕЗЕ

их клеточных структур к действию светового фактора. Делается предположение о значимости поддержания константности светового градиента в узловой зоне побега пшеницы и о высокой активности анатомо-морфологических перестроек её клеток в процессе онтогенеза.

Ключевые слова: яровая пшеница, стебель, оптические свойства, проводящий пучок, колленхима, склеренхима.

Changes in the spectral characteristics of the tissues of shoot phytomers in the wheat ontogenesis. – Kasatkin M. Y., Zagnumina N. A., Stepanov S. A. – The optical properties of the tissues of the epicotyl, the node of the head internode, and the head internode of spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.) were studied by the cytophotometric method. The spectral characteristic of the axial light transmission of the region from 380 to 750 nm was studied by parenchyma, by the tissues of the vascular bundle, by collenchyma and sclerenchyma. The tissue specificity of the optical properties of different anatomical structures and their change during ontogenesis is established. Epicotyl in the bending of the 4th leaf phenophase in the cortical parenchyma has a small absorption region at 430 and 450 nm. In sclerenchyma, an absorption region was observed at 460 nm. At the end of vegetation, the absorption region shifted to 410 nm in the epicotyl bark parenchyma. In sclerenchyma, the absorption region disappears at 460 nm. The study of the node of the head internode in the bending of the 4th leaf phenophase at the beginning of the vegetation established in its parenchyma the clear absorption spectra of the pigments of the photosynthetic apparatus at 430, 480, and 680 nm, remaining at the end of the growing season. A multiple (2 – 3 times) increase in the optical density of the tissues of the node of the head internode has been noted, which is explained by the optical screening of physiologically important plant structures. It is concluded that the optical properties of the investigated structures have a tissue-specificity and exhibit a zonal confinement. Significant changes in the spectral characteristics of the tissues of the node of the head internode are associated with the special sensitivity of their cellular structures to the action of the light factor. The assumption is made about the importance of maintaining the constancy of the light gradient in the nodal zone of the wheat stem and the high activity of anatomo-morphological adaptive changes of its cells during ontogenesis.

Key words: spring wheat, stem, optical properties, vascular bundle, collenchyma, sclerenchyma.

DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-3-58-65

Проблема целостности растительного организма является центральной для современной биологии растений. Тезис о том, что сигналы межклеточной регуляции (в первую очередь трофические, гормональные и электрофизиологические) распространяются по проводящим пучкам и действуют через мембранную, метаболическую и генетическую внутриклеточные системы регуляции является определяю-

щим на текущем этапе развития физиологии растений (Полевой, 2001; Степанов, 2008). Дальнейшее направление исследований вопросов данной тематики показывает, что роль света в межклеточной сигнализации посредством оптико-волоконных каналов приобретает общебиологическое значение (Sun, 2005; Kumar, 2016).

Особенности взаимодействия проводящих пучков в стебле растения имеют наибольшую топологическую сложность в узловой зоне побега, что делает эту структуру наиболее подходящей в качестве центра интеграции фитомеров (Эсау, 1969; Степанов, 2008). Наложение оптических градиентов тканей на анатомическую сложность узла увеличивает число степеней свободы в регуляции данной структуры.

Целью данной работы явилось изучение оптических свойств тканей элементов фитомеров пшеницы в онтогенезе.

Материал и методы

Исследования проводились на кафедре микробиологии и физиологии растений Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. Объектом изучения явилась яровая пшеница *T. aestivum* L. сорта Саратовская 29 из лаборатории селекции пшеницы НИИСХ Юго-Востока (Саратов). Растения выращивались на богарных условиях.

Изучение спектральных характеристик в области от 380 до 750 нм проводили согласно методики для цитофотометрических исследований (Агроскин, 1977; Merzlyak, 2005). Источником света служила галогеновая лампа накаливания мощностью 75 Вт. Пучок света большой степени монохроматичности (± 2 нм) подавался на микроскоп МББ-1А. Для получения света с узкой длиной волны использовался монохроматор спектрофотометра СРЕКОЛ 11. Интенсивность прошедшего через ткани света определяли с помощью фотоэлектронного умножителя ФЭУ-68 со спектральной чувствительностью, лежащей в области 300 – 820 нм.

Временные препараты растительного материала готовили на ручном микротоме. Толщина среза подбиралась таким образом, чтобы оптическая плотность тканей укладывалась в пределы от 0.2 до 0.8, тем самым уменьшая погрешность измерения (Агроскин, 1977). Для сравнения неодинаковых по толщине срезов все значения оптической плотности пересчитывались на 1000 мкм.

ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ОНТОГЕНЕЗЕ

Микрофотографирование осуществляли на микроскопе БИО-МЕД 6 с помощью цифровой камеры Touptek Photonics UCOS05100KPA (5.1 MPx), подключённой через специальный адаптер FMA050 к микроскопу.

Результаты и их обсуждение

Для определения оптических свойств тканей исследовались поперечные срезы эпикотия, колосонесущего междоузлия и его узла (рис 1.). В начале вегетации средняя оптическая плотность паренхимы коры в средней части эпикотия составляла 2.59 ± 0.12 . Анализ спектральных характеристик данной ткани показал наличие небольшой области поглощения при 430 и 450 нм. Проводящий пучок эпикотия на данном этапе онтогенеза имел среднюю оптическую плотность равную 4.11 ± 0.24 и обнаруживал хорошо выраженные пики поглощения при 410 и 500 нм. Оптическая плотность склеренхимы в указанном органе отмечена в среднем при 3.46 ± 0.16 , что составляет промежуточные значения в сравнении с остальными изученными тканями. В склеренхиме обнаружена область поглощения при 460 нм.

В конце вегетации средняя оптическая плотность паренхимы коры в средней части эпикотия составляла 2.43 ± 0.09 . Анализ спектральных характеристик данной ткани показал смещение области поглощения к 410 нм. Проводящий пучок эпикотия на данном этапе онтогенеза имел среднюю оптическую плотность равную 3.33 ± 0.17 и обнаруживал сохранение хорошо выраженного пика поглощения при 410, однако второй пик поглощения смещался в более длинноволно-

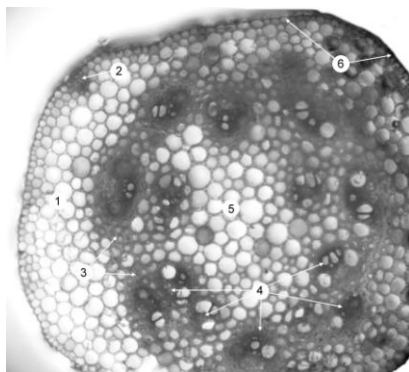


Рис. 1. Поперечный срез средней части эпикотия пшеницы (увеличение 10×10):

- 1 – клетки коровой паренхимы,
- 2 – проводящий пучок коры,
- 3 – склеренхима центрального цилиндра, 4 – проводящие пучки,
- 5 – паренхима центрального цилиндра, 6 – клетки эпидермиса

вую сторону и приобретал более широкую область при 460 – 470 нм. Оптическая плотность склеренхимы в указанном выше органе отмечена в среднем 3.13 ± 0.22 . Характер спектральной кривой поглощения становится более гладкий: исчезает отмеченная на более ранних этапах развития эпикотили область поглощения при 460 нм, что приводит к выравниванию оптической плотности в более длинноволновых областях в пределах 3.0.

Исследование верхнего узла, под междоузлием колосоножки, в фенофазу отгиба 4-го листа, установило в его паренхиме чёткие спектры поглощения пигментов фотосинтетического аппарата при 430, 480 и 680 нм (рис. 2).

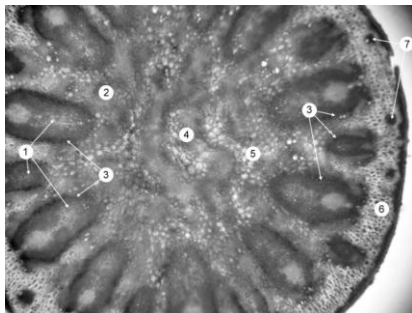


Рис. 2. Поперечный срез средней части верхнего узла стебля пшеницы (увеличение 4×10):

- 1 – проводящий пучок;
- 2 – паренхима;
- 3 – хлорофиллоносная обкладка пучка; 4 – склереиды;
- 5 – центральная паренхима узла;
- 6 – склеренхимная обкладка;
- 7 – проводящие пучки влагалища флагового листа.

терные для пигментов фотосинтетического аппарата, локализованных в паренхимных клетках.

Склеренхима в средней части узла в конце вегетации имеет оптическую плотность для исследованного участка спектра 6.51 ± 0.32 . У проводящего пучка это значение оказалось равным примерно

Средняя оптическая плотность клеток хлорофиллоносной паренхимы составляла 3.45 ± 0.23 . Проводящий пучок указанного выше узла обнаружил среднюю оптическую плотность в исследованном диапазоне длин волн видимого участка спектра равной 3.08 ± 0.14 . На спектральной кривой присутствовал лишь один пик поглощения при 410 нм. Склеренхима узла имеет среднюю оптическую плотность 2.93 ± 0.25 . Из-за особенности архитектуры тканей в месте исследования часть проходящего светового потока из нижележащих и прилегающих слоёв клеток спектральные характеристики склеренхимы имеют небольшие участки поглощения, харак-

ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ОНТОГЕНЕЗЕ

10.03 ± 0.24 . Межпучковая паренхима имела сходное в пределах ошибки значение оптической плотности 10.19 ± 0.60 . Данное многократное повышение (2 – 3 раза) оптической плотности можно объяснить оптическим экранированием физиологически важных структур растения, что было ранее описано для других групп растений (Соловченко, Мерзляк, 2010). Это может косвенно свидетельствовать о значимости поддержания константности светового градиента в узловой зоне побега пшеницы и о высокой активности анатомо-морфологических перестроек клеточных структур в процессе онтогенеза.

В верхней части узла, в области влагалищной подушки флагового листа, нами отмечено присутствие колленхимы, средняя оптическая плотность которой составляет 1.94 ± 0.07 . Склеренхима в этой части узла показала меньшую среднюю оптическую плотность (4.55 ± 0.17) в сравнении с описанным ранее значением. Оптическая плотность проводящего пучка также меньше измеренной в средней части узла и составляет 5.42 ± 0.23 .

Спектральные характеристики изученных тканей узла выявили присутствие в них разных пигментных систем. В склеренхиме в верхней и средней частях узла обнаружен пик поглощения в районе 460 – 470 нм, что визуально подтверждается желтоватой окраской этой ткани на препарате. Начиная примерно с 550 нм и до конца изученного спектра (750 нм) в обеих частях узла склеренхима не обнаруживает присутствие пигментов, кривая поглощения имеет гладкий вид с оптической плотностью около 4.0 и 6.0 для верхней и средней частей узла соответственно. Спектральные характеристики тканей проводящего узла не подтверждают присутствие каких-либо пигментных систем. Межпучковая паренхима обнаруживает характерные для хлорофиллов пики поглощения в синей (область 410 нм) и красной (660 нм) областях. При исследовании оптических характеристик колленхимы были обнаружены небольшие области поглощения, также характерные для хлорофиллов, что, по нашему мнению, объясняется рассеиванием света близлежащими паренхимными клетками, богатыми пигментами фотосинтеза – хлорофиллами и каротиноидами.

Исследование оптических свойств тканей колосонесущего междоузлия также проводилось для различных его тканей: паренхимы, склеренхимы, флоэмы и ксилемы проводящих пучков, хлоренхимы (рис.3.).

В фенофазу отгиба 4-го листа среднее значение оптической плотности склеренхимы составляло 3.48 ± 0.14 . Спектральные её свойства харак-

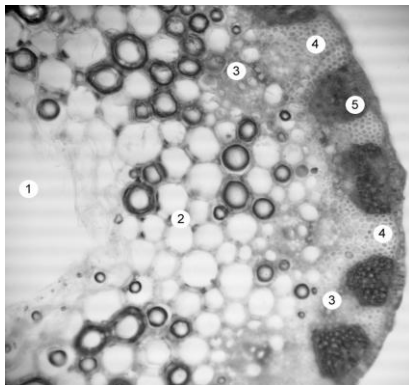


Рис. 3. Поперечный срез верхней части колосонесущего междоузлия (увеличение 10×10):

- 1 – центральная полость междоузлия стебля;
- 2 – паренхимные клетки;
- 3 – проводящий пучок;
- 4 – склеренхима; 5 – хлоренхима

теризовались наличием следов пигментов хлорофилльной природы, причины присутствия которых уже обсуждались выше. Проводящий пучок имел среднюю оптическую плотность в пределах 3.55 ± 0.20 . Характерных пиков поглощения отмечено не было.

Таким образом, оптические свойства исследованных структур имеют тканеспецифичность и проявляют зональную приуроченность. Наибольшим изменениям в онтогенезе подвержены спектральные характеристики тканей колосонесущего узла. Оптическая плотность тканей узла выше по сравнению с остальными исследованными органами примерно в 3 раза, что сви-

детельствует об активации функции оптического экранирования.

Список литературы

- Агроскин Л. С., Папаян, Г. В. Цитофотометрия. Аппаратура и методы анализа клеток по светопоглощению. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1977. 295 с.
- Полевой В. В. Физиология целостности растительного организма // Физиология растений. 2001. Т. 48, № 4. С. 631 – 643.
- Соловченко А. Е., Мерзляк М. Н. Оптическое экранирование как фотозащитный механизм растений. М.: А-Литера, 2010. 164 с.
- Степанов С. А. Проблема целостности растения на современном этапе развития биологии // Известия Сарат. ун-та. Сер. Химия. Биология. Экология. 2008. Т. 8, вып. 2. С. 50 – 57.
- Эсау К. Анатомия растений. М.: Мир, 1969. 564 с.
- Kumar S., Boone K., Tuszyński J. Possible existence of optical communication channels in the brain, 2016 (<http://dx.doi.org/10.1101/062745>)

ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ОНТОГЕНЕЗЕ

Merzlyak M. N., Solovchenko A. E., Smagin A. I., Gitelson A. A. Apple flavonols during fruit adaptation to solar radiation: spectral features and technique for non-destructive assessment // J. Plant Physiol. 2005. V. 162 (2). P. 151–160.

Sun Q., Yoda K., Suzuki H. Internal axial light conduction in the stems and roots of herbaceous plants // J. Exp. Bot. 2005. Vol. 56, № 409. P. 191–203.

УДК 339.13.012

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЛИПОПОЛИСАХАРИДА БАКТЕРИЙ РОДА *AZOSPIRILLUM*

Н. И. Старичкова¹, В. В. Дмитриенко²

¹ *Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: natstar-12@mail.ru*

² *АО «Клиника доктора Парамонова»
Россия, 410012, Саратов, Чапаева В. И., 90*

Поступила в редакцию 24.07.2017 г.

Изменение физиолого-морфологических параметров проростков пшеницы при действии липополисахарида бактерий рода *Azospirillum*. – Старичкова Н. И., Дмитриенко В. В. – В работе исследовалось действие липополисахарида (ЛПС) наружной мембраны грамотрицательных бактерий рода *Azospirillum brasilense* Sp245 на митотическую активность меристематических клеток корня проростков пшеницы. Действие этого мажорного компонента клеточной поверхности азоспирилл сравнивали с воздействием живых бактерий. Результаты сравнивались с воздействием ЛПС и целых клеток *Escherichia coli* K12 и *Rhizobium leguminosarum* 249. Полученные результаты показали, что ЛПС азоспирилл положительно влияет на функциональную активность меристематических клеток корня, а также на физиолого-морфологические параметры проростков пшеницы. Это действие было сопоставимо с влиянием живых бактерий. Полученные результаты дают основание рассматривать ЛПС в качестве одного из активных компонентов клеточной поверхности азоспирилл, не только определяющего их контактные взаимодействия с корнями пшеницы, но и участвующего в индукции ответных реакций растений на эти взаимодействия.

Ключевые слова: липополисахарид, мембрана, грамотрицательные бактерии, митотическая активность, меристематические клетки, проростки пшеницы.

The changes of the physiological and morphological parameters of wheat seedlings under the action of lipopolysaccharide in bacteria of the genus *Azospirillum*. – Starichkova N. I., Dmitrienko V. V. – The authors investigated

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

the effect of lipopolysaccharide (LPS) outer membrane of gram-negative bacteria of the genus *Azospirillum brasilense* Sp245 on mitotic activity of meristematic cells of root of wheat seedlings. The effect of this major component of the cell surface of *Azospirillum* compared with the effects of living bacteria. The results were compared with the effects of LPS and whole cells of *Escherichia coli* K12 and *Rhizobium leguminosarum* 249. The results showed that LPS of azospirill a positive effect on the functional activity of meristematic cells of the root, as well as on physiological and morphological parameters of wheat seedlings. This action was comparable to the effect of live bacteria. The obtained results give grounds to consider LPS as one of the active components of the cell surface azospirill, not only determining their contact interaction with the roots of wheat, but also involved in the induction of responses of plants to these interactions.

Key words: lipopolysaccharide, membrane, gram-negative bacteria, the mitotic activity of meristematic cells of wheat seedlings.

DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-3-66-73

Азотфиксирующие бактерии рода *Azospirillum* являются признанным модельным объектом в исследовании феномена растительно-микробной ассоциативности. Скрытый характер взаимодействия ассоциативных бактерий с растением в значительной мере затрудняет изучение физиолого-биохимических и генетических механизмов, определяющих его эффективность. В связи с этим, большое значение имеет выявление активных компонентов партнеров-ассоциантов, характеризующих эффективность их взаимодействий. Было показано, в частности, что при ассоциативных взаимодействиях бактерий с корнями злаков важную роль играет липополисахарид (ЛПС) наружной мембраны грамотрицательных бактерий рода *Azospirillum*. Установлено, что ЛПС азоспирилл приводит к увеличению синтеза мажорных белков в апопласте клеток корня пшеницы, что было сравнимо с действием интактных бактериальных клеток (Matora et al., 1995).

Следует заметить, что в настоящее время мало внимания уделяется функционированию апикальных корневых меристем растений при их взаимодействии с микроассоциантами, хотя именно эти органы являются образовательными и регулирующими центрами растения-хозяина, а также представляют собой одно из основных мест локализации ассоциативных бактерий (Bashan et al., 1986).

Цель исследования – определить митотический индекс клеток корневых меристем и физиолого-морфологические параметры проростков пшеницы при обработке их ЛПС бактерий *A. brasilense* Sp245,

Escherichia coli K12, *Rhizobium leguminosarum* 249 и при инокуляции целыми бактериальными клетками этих бактерий.

Материал и методы

Проращивание семян. В качестве растения-хозяина был взят сорт яровой пшеницы Саратовская 29 (*Triticum aestivum lutescens* L.), который является одним из самых распространенных сортов сильной яровой пшеницы на Юго-Востоке. Семена пшеницы тщательно отмывали водой с моющим средством и выдерживали 1 мин. в 70%-ном этиловом спирте. Затем семена обрабатывали раствором диацета (1:1000) (этанолмеркурихлорид – 16,5 мг / 50 мл и цетилпиридинийхлорид – 33 мг / 50 мл) в течении 5 мин. После этого семена многократно промывали стерильной дистиллированной водой и помещали в термостат на 1 ч. при 36 °С для набухания. Для проращивания семена пшеницы раскладывали на стеклянные мостики, помещенные в пластиковые кюветы с стерильной дистиллированной водой. Кювету с семенами ставили в термостат при 25 °С на 3 суток.

Инокуляция корневой системы проростков живыми бактериальными клетками. В качестве микроассоцианта был взят штамм *A. brasilense* Sp245, который является факультативным эндофитом и представляет собой один из модельных объектов в исследовании феномена ассоциативности. В качестве сравнения были использованы энтеробактерии штамма *E. coli* K12 и штамма *R. leguminosarum* 249, являющегося специфическим симбионтом растений семейства бобовых.

Этиолированные трехсуточные проростки пшеницы инокулировали в течение суток в суспензии бактерий (выращенных до логарифмической фазы роста) с концентрацией 10^8 кл/мл (суспензии бактерий были предоставлены сотрудниками лаборатории иммунохимии ИБФРМ РАН, г. Саратов). По окончании инокуляции растения перенесли в водную культуру и помещали на свет ($t = 25$ °С, влажность воздуха – 60%, освещенность – 60 мкМ/м²/с). Контролем в эксперименте служили необработанные растения, выращенные в водной культуре. Пробы отбирали через двое суток после инокуляции.

Обработка корневой системы проростков бактериальным липополисахаридом. Этиолированные трехсуточные проростки пшеницы инокулировали в течение суток в растворе ЛПС бактерий *A. brasilense*

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Sp245 в концентрациях 1, 10 и 150 мкг/мл, а также в растворах ЛПС энтеробактерий *E. coli* K12 и ЛПС специфического симбионта бобовых *R. leguminosarum* 249 в концентрации 10 мкг/мл (препараты бактериальных ЛПС были выделены из наружной мембраны исследуемых бактерий сотрудниками лаборатории иммунохимии ИБФРМ РАН). Контролем в эксперименте служили необработанные растения, выращенные в водной культуре. По окончании инкубирования растения переносили в водную культуру и помещали в оранжерею (24 °С, влажность воздуха – 60%, освещенность – 60 мкМ/м²/с). Отбор проб осуществляли через двое суток после обработки.

Определение митотического индекса клеток корневых меристем проростков пшеницы проводили согласно общепринятой методике с некоторыми модификациями (Паушева, 1988). Пробы для подсчета митотического индекса брали в помещении, где температура была не менее 25 °С. Фиксацию проводили смесью 96% этилового спирта и уксусной кислоты 1 : 3 (фиксатор Карнуа) в течении суток. Фиксированные корни помещали последовательно: 1N раствор HCl на 10 минут; 50%-ный раствор HCl на 20 минут; H₂O дистиллированная; 45%-ая уксусная кислота на 20 минут; ацетогематоксилин 50 минут; H₂O дист. (3 раза); цитаза (фермент виноградных улиток) – 50 минут; H₂O дист. (3 раза).

Для приготвления препарата корень помещали в каплю раствора на предметном стекле, содержащего 70% хлоралгидрат и 45% уксусную кислоту (1:1), и смотрели под микроскопом, чтобы отделить кончик корня (1-3мм) от клеток зоны растяжения. После этого препарат покрывали покровным стеклом. Затем проводили подсчет делящихся и покоящихся клеток при 600-кратном увеличении (микроскоп фирмы Leica DM 2500). Митотический индекс рассчитывали по формуле: $M. I. = N_d / N_{общ} \times 100$, где: N_d – количество делящихся клеток; $N_{общ}$ – общее количество клеток. Каждый опыт проводили в трех повторностях. По каждому варианту эксперимента анализировали кончики корней от 5-ти проростков. В каждом кончике корня анализировали не менее 1000 клеток.

Определяли следующие физиолого-морфологические параметры проростков пшеницы: сухая масса побегов и корней; суммарная длина корней и длина побега одного проростка (среднее число из 30 значе-

ний). Для определения сухой массы образцы помещали в фольгу и высушивали в сушильном шкафу при $t = 105^\circ\text{C}$ до постоянной массы.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета программ статистического биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции (версия 2.09; отдел статистического анализа РАСХН). Кроме того, полученные данные ранжировали согласно тесту Дункана при уровне значимости ≤ 0.05 . В таблицах и на гистограммах показана величина наименьшей существенной разницы ($\text{НСР}_{0.05}$). Все эксперименты были проведены в трехкратных повторностях.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования показали, что инокулированные проростки пшеницы визуально отличались от контрольных вариантов по длине побега только при инокуляции бактериями штамма *A. brasilense* Sp245.

В ответ на инокуляцию азоспирилами митотический индекс меристематических клеток корня увеличивался в 2 раза (рис. 1).

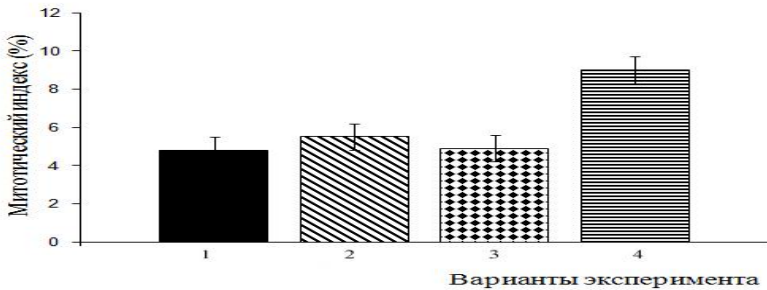


Рис. 1. Изменение митотического индекса меристематических клеток 6-суточных проростков пшеницы при инокуляции бактериями: 1 – контроль; 2 – *E. coli* K12; 3 – *R. leguminosarum* 249; 4 – *A. brasilense* Sp245. На гистограммах показано значение наименьшей существенной разницы при уровне значимости ≤ 0.05 ($\text{НСР}_{0.05}$)

Напротив, взаимодействие корневой системы проростков с бактериями *E. coli*, которые не относятся к ростстимулирующим ризобактериям, приводило к незначительным различиям в митотическом индексе по сравнению с контрольными растениями (см. рис. 1). При исполь-

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

зовании специфического симбионта бобовых *R. leguminosarum* 249 в качестве инокулянта митотическая активность меристематических клеток не изменялась (см. рис. 1). Изменение функциональной активности корневых меристем приводило к изменению физиолого-морфологических параметров проростков пшеницы при инокуляции бактериями *A. brasilense* Sp245 в сравнении с обработкой бактериями *R. leguminosarum* 249 и *E. coli* K12. Контроль – неинокулированные растения (табл. 1).

Таблица 1

Физиолого-морфологические параметры 6-суточных проростков пшеницы

Обработка	Длина корней 1-го проростка, мм	Длина побега, мм	Сухая масса корней 1-го проростка, мм	Сухая масса побега, мм
Контроль	193 <i>a</i>	87 <i>a</i>	2.5 <i>a</i>	7.2 <i>a</i>
<i>E. coli</i> K12	187 <i>a</i>	90 <i>ab</i>	2.6 <i>a</i>	7.1 <i>a</i>
<i>R. leguminosarum</i> 249	201 <i>a</i>	93 <i>b</i>	2.8 <i>a</i>	8.6 <i>bc</i>
<i>A. brasilense</i> Sp245	242 <i>b</i>	101 <i>c</i>	5.4 <i>b</i>	9.0 <i>c</i>
НСР _{0.05}	26.6	3.1	0.6	0.9

Приведены средние значения анализируемых показателей и наименьшая существенная разница при уровне значимости ≤ 0.05 (НСР_{0.05}).

При инокуляции корневой системы проростков азоспирами увеличивались длина и сухая масса корней приблизительно в 1.3 и 2.2 раза, соответственно. Длина и сухая масса побега увеличивались в 1.2 и 1.3 раза, соответственно. Напротив, взаимодействие с *E. coli* and *R. leguminosarum* не приводило к существенным изменениям в длине побега и корней проростка. Сухая масса побега достоверно увеличивалась только после инокуляции *R. leguminosarum*.

Исследование физиолого-морфологических параметров проростков пшеницы при обработке их ЛПС *A. brasilense* Sp245 (концентрация 10 мкг/мл) показало, что ЛПС не влиял на длину побега проростков пшеницы. В то же время под влиянием ЛПС увеличивался митотический индекс клеток корневых меристем в 1.8 раза.

При обработке корневой системы проростков ЛПС, выделенных из наружной мембраны *E. coli* and *R. leguminosarum* 249, не наблюдалось достоверных различий в значении митотического индекса меристематических клеток проростков пшеницы (рис. 2).

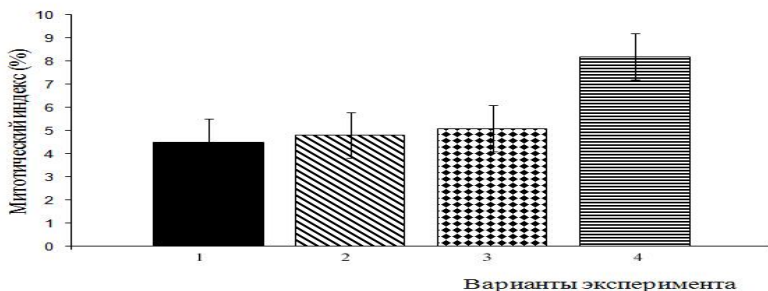


Рис. 2. Изменение митотического индекса меристематических клеток 6-суточных проростков пшеницы при обработке бактериальным ЛПС: 1 – контроль; 2 – ЛПС *E. coli* K12; 3 – ЛПС *R. leguminosarum* 249; 4 – ЛПС *A. brasilense* Sp245. На гистограммах показано значение наименьшей существенной разницы при уровне значимости ≤ 0.05 (НСР_{0.05})

При обработке растений ЛПС исследуемых бактерий изменялись также физиолого-морфологические параметры проростков пшеницы (табл. 2).

Таблица 2
Физиолого-морфологические параметры 6-суточных проростков пшеницы после обработки корней бактериальным ЛПС

Обработка	Длина кор- ней одного проростка, мм	Длина побега, мм	Сухая масса корней одного проростка, мм	Сухая масса побега, мм
Контроль	178 <i>a</i>	90 <i>a</i>	3.0 <i>b</i>	8.3 <i>b</i>
<i>E. coli</i> K12	180 <i>a</i>	90 <i>a</i>	2.3 <i>a</i>	8.5 <i>b</i>
<i>R. leguminosarum</i> 249	188 <i>b</i>	92 <i>a</i>	2.9 <i>b</i>	8.0 <i>a</i>
<i>A. brasilense</i> Sp245	213 <i>c</i>	91 <i>a</i>	4.1 <i>c</i>	8.8 <i>c</i>
НСР _{0.05}	7.2	—	0.4	0.3

Приведены средние значения анализируемых показателей и наименьшая существенная разница при уровне значимости ≤ 0.05 (НСР_{0.05}).

В частности, длина и сухая масса корней достоверно увеличивались только при действии ЛПС *A. brasilense* Sp245 в 1.2 и 1.4 соответственно. В то же время сухая масса побега в расчете на один проросток

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

достоверно увеличивалась только при действии ЛПС *A. brasilense* Sp245, в то время как длина побега при этом не изменялась в отличие от действия живых бактериальных клеток.

Таким образом, можно констатировать, что ЛПС азоспирилл в концентрации 10 мкг/мл приводит к увеличению митотического индекса меристематических клеток корней пшеницы, что сравнимо с действием живой бактериальной культуры. В связи с этим, ЛПС можно рассматривать в качестве одного из активных компонентов клеточной поверхности азоспирилл не только определяющего их контактные взаимодействия с корнями пшеницы (Федоненко с соавт., 2001), но участвующего также в процессах, индуцирующих ответные реакции растений на эти взаимодействия.

Список литературы

Bashan Y., Levanony H., Klein E. Evidence for a weak active external adsorption of *Azospirillum brasilense* Cd to wheat roots // J. Gen Microbiol. 1986. Vol. 132. P. 3069 – 3073.

Matora L. Yu., Solovova G., Serebrennikova O., Selivanov N., Shchyogolev S. Immunological properties of *Azospirillum* cell surface: the structure of carbohydrate antigens and evaluation of their involvement in bacteria-plant contact interaction // *Azospirillum* VI and Related Microorganisms: Genetics, Physiology, Ecology / Eds. I. Fendrik, M. del Gallo, M. De Zamaroczy, J. Vanderleyden. Berlin: Springer, 1995. P. 377 – 382.

Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. М.: Агропромиздат, 1988. 153 с.

Fedonenko Yu. P., Egorenkova I. V., Konnova S. A., Ignatov V. V. Involvement of the Lipopolysaccharides of *Azospirilla* in the Interaction with Wheat Seedling Roots // Microbiology (Moscow). 2001. Vol. 70, № 3. P. 384 – 390.