

УДК 58.006+631.4(582.998.1)

**ПРЕДСТАВИТЕЛИ ТРИБЫ *SENECIONEA (ASTERASEAE)*
ИЗ СУККУЛЕНТНОГО КАРУ
НА ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ПОЧВАХ***

Л.В. Озерова¹, О.В. Шелепова¹, С.М. Дементьева², С.А. Иванова²

¹Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва

²Тверской государственной университете

Изучены агрохимические свойства и микробные сообщества почв естественных фитоценозов и экспозиций с участием суккулентов из группы *Senecioeae*, созданных в ботанических садах. Показано, что почвы из естественных местообитаний имеют более легкий механический состав и низкое плодородие. Почвы искусственных биомов более богаты органическими компонентами и более плодородны. Основным фактором оптимального развития суккулентов этой группы являются водно-физические параметры сформированных почв.

Ключевые слова: суккуленты, плодородие почв, микробное сообщество, *Senecioeae*, Суккулентное Кару.

Введение. Изучение растений разных биомов Земли в условиях культуры имеет важное теоретическое и практическое значение. Оно позволяет дать научно обоснованные рекомендации по агротехнике выращивания *ex situ*, которые позволят успешно культивировать представителей разных экологических групп и расширить ассортимент используемых в ботанических садах растений. Анализ видов в культуре дает возможность полнее охарактеризовать их экологию и биологию, выявить основные лимитирующие факторы и условия, обеспечивающие оптимальное развитие растений.

Суккулентное Кару (*Succulent Karoo*) представляет собой пустынный биом Капского флористического царства с экстремальными для жизни растений биотопами. Во флоре доминируют суккуленты, в целом встречается около 1700 видов листовых суккулентов. Эта особенность определяет уникальность этой пустыни в мировом масштабе. Суккулентное Кару является международно признанным очагом биоразнообразия (*biodiversity hotspot*), самым крупным в аридных районах центром распространения суккулентов и поэтому наиболее интересно для моделирования. Оно имеет площадь 116 000 км² и простирается с юго-запада через северо-западные районы Южной

* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (государственный контракт №16.51811.7076)

Африки в Южную Намибию. Во флоре Суккулентного Кару преобладают виды подтрибы *Othonninae* с разнообразными и интересными жизненными формами. Большинство представителей являются клубневыми или каудексовыми травами с гемисуккулентными или несуккулентными однолетними побегами. Лишь немногие виды – стеблевые суккуленты, а еще меньшее число видов – листовые суккуленты [6]. В Суккулентном Кару отмечено 6356 видов растений, из которых 40% являются эндемиками, а 936 видов (17%), занесены в Международную Красную Книгу. Уникальное биоразнообразие Суккулентного Кару объясняется огромным и сложным набором типов местообитаний в районах скалистых гор и прибрежных дюн, которые характеризуются топографическими и климатическими различиями. Условия региона остаются относительно стабильными в течение длительного периода, что способствует сохранению реликтовых элементов. Флористическое богатство является результатом высокой композиционной изменчивости видового разнообразия сообществ и экологических и географических градиентов. Такое разнообразие связано в основном с различными почво-типами, распространенными в пределах ограниченных площадей [8]. Локальный эндемизм (встречаемость видов ограничена очень малыми территориями – менее 50 км²) наиболее выражен среди суккулентов, особенно в семействах *Mesembryanthemaceae*, *Asteraceae* и в большой группе луковичных растений Суккулентного Кару.

В субтропическом блоке Новой Фондовой оранжереи Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН проводятся работы по созданию устойчивой экспозиции растений Суккулентного Кару. В коллекции широко представлены суккулентные *Senecioneae* из родов *Kleinia* Mill. (3 вида), *Othonna* L. (8 видов), *Senecio* L. (34 вида) из этого региона. При формировании экспозиции одной из наиболее важных проблем было создание оптимально функционирующего почвенного комплекса. Почвы наряду с температурным, световым и водными режимами играют важную роль в создании необходимых для развития растений условий. Для решения этой проблемы изучены почвы, распространенные в естественных местообитаниях представителей трибы *Senecioneae* (*Asteraceae*) из Суккулентного Кару. Проведен также анализ почвенных комплексов, созданных на экспозициях с участием растений этой группы.

Цель работы – изучение физических, агрохимических и микробиологических свойств естественных почв и почвенных комплексов, сформированных на экспозициях ботанических садов, включая южноафриканские, разработка рекомендаций по созданию оптимального субстрата для новой суккулентной экспозиции Фондовой оранжереи Главного ботанического сада.

Материал и методика. В ходе экспедиций 2011–2012 гг. в естественных фитоценозах Южной Африки были отобраны почвенные образцы в ассоциациях с разными видами суккулентов из трибы *Senecioneae* (образцы 1 и 2) и в сообществах финбош (вариант кустарниковой растительности) с участием суккулентных растений этой группы (образец 3). Также были проанализированы образцы почв, используемых для выращивания суккулентов, в ботанических садах *Kirstenbosch* (образец 4) и *Karoo Desert Garden* (ЮАР) (образец 5) и на коллекционных экспозициях (Волгоград) (образец 6).

В образцах почв после стандартной пробоподготовки по методикам ГОСТа были определены основные показатели. Среди них гранулометрический (механический) состав, актуальная кислотность (pH_{H_2O}), содержание гумуса, сумма водорастворимых солей, содержание основных питательных веществ – нитратных форм азота, водорастворимых и обменных форм фосфора, и легкодоступных форм калия [3; 4]. Определены общая численность и структура микробных сообществ почв. Таксономический состав микробоценозов ризосферы растений изучали по реконструкции, основанной на содержании специфических химических маркеров поверхностных структур микроорганизмов (жирных кислот, альдегидов, гидроксикислот) в липидных профилях почвенных проб, которые получали с помощью газовой хроматографии-масс-спектрометрии. Методика данного подхода изложена в работе [1]. Пробы анализировали с помощью хромато-масс-спектрометра HP-5973 фирмы Agilent Technologies (США) на базе кафедры агрохимии факультета Почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова (группа профессора Н.В. Верховцевой). Численность микроорганизмов рассчитывали в условных клетках на грамм воздушно-сухой почвы (усл. клетки/г почвы). Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с применением стандартных программ.

Результаты и обсуждение. Латеритные почвы Суккулентного Кару Южной Африки характеризуются неглубоким профилем с четко выраженными процессами выветривания и выщелачивания, вследствие чего в них наблюдается недостаток растворимых солей, особенно кальция, малое содержание органического вещества, повышенная концентрация оксидов алюминия и железа, в целом для них характерно преобладание глинистого материала, они сформированы на сланцах и песчаниках.

В почвах преобладали пылеватые и илистые частицы (31–36 и 20–24%, соответственно), содержание фракций крупного и среднего песка составило 20–22%, мелкого песка – 18–29%. Проанализированные почвы незасоленные – общая минерализация не превышала 0,5 г/л. Электропроводность почвенного раствора – 151,7 μSm , содержание

водорастворимых форм натрия 1,9–2,8 мг/100г.

Содержание гумуса в естественных почвах было невелико 1,6–2,9% и в составе гумуса преобладали фульвокислоты. Реакция среды была слабокислая – нейтральная (pH_{H_2O} – 6,00–6,97). Почвы богаты различными органо-минеральными формами Fe – 1985,0–2407,0 мг/кг.

Естественное плодородие почв, определяемое их степенью обеспеченности легкоусвояемыми формами азота, фосфора и калия, невелико. Содержание нитратного азота составляло 1,1–4,6 мг/100г почвы, водорастворимых форм фосфора – 1,0–1,8 мг/100г почвы, обменных форм элемента (данные формы легкодоступны растениям) – (12,8–17,5 мг/100г), легкодоступных форм калия – 0,92–5,63 мг/100г (рис. 1).

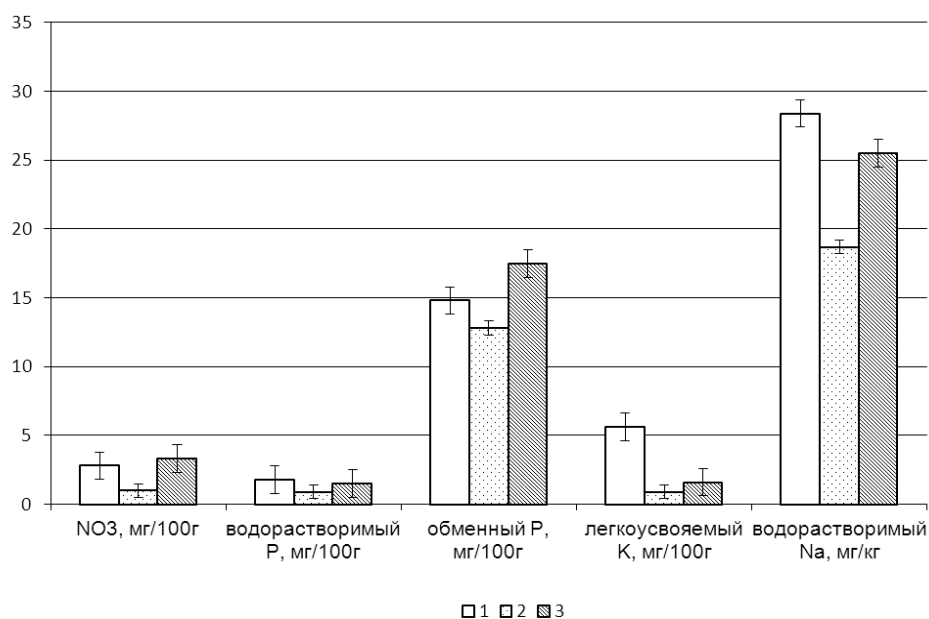


Рис. 1. Агрохимические характеристики почв естественных фитоценозов: 1, 2 – образцы из ризосферы суккулентов, 3 – из ризосферы компонентов финбоша

Сообщество микроорганизмов проанализированных почв представлено 52 видами, относящимися к 36 родам и высоким показателем общей численности – $10,8 \times 10^7$ усл. клеток/г воздушно сухой почвы. Наиболее многочисленными членами микробного комплекса являются бактерии. Причем в почвенном профиле доминировали грамположительные бактерии (рис. 2А, Б). Большинство выделенных видов бактерий является типичными обитателями почв – они обеспечивают поглощение и трансформацию питательных соединений растениями [6].

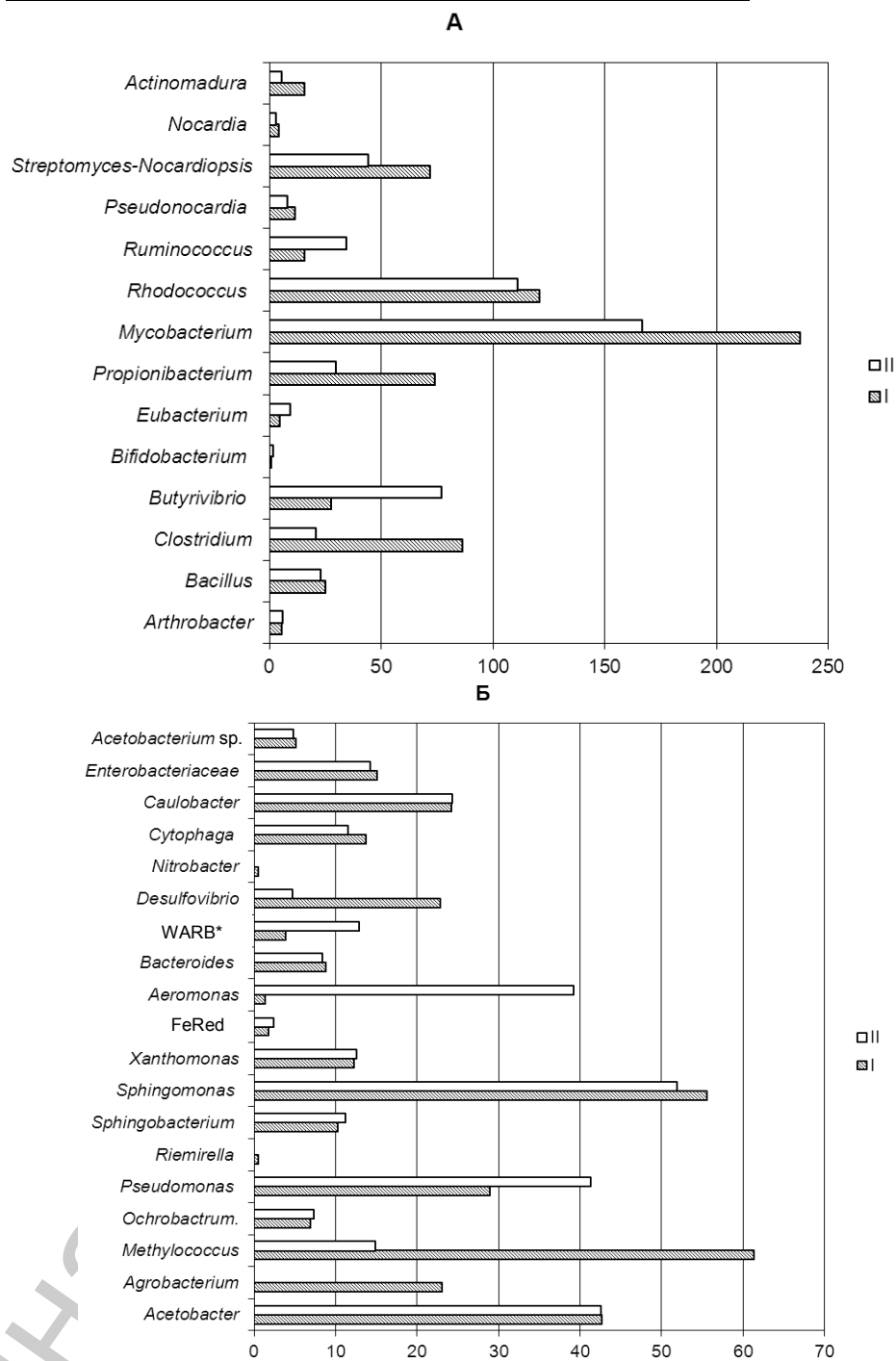


Рис. 2. Состав грамположительных (А) и грамотрицательных (В) бактерий микробного сообщества почв:
 I – естественные фитоценозы; II –экспозиции суккулентов

В ведущую ассоциацию микроорганизмов входили аэробные виды – они составляют 21–29% от общей численности, консорциум облигатно и факультативно-анаэробных видов объединил 49–62%, актиномицетов – 17–23%. В качестве эндосимбиотиков подземных органов растений в природных фитоценозах встречались виды родов *Acetobacter* Beijerinck, *Bacillus* Cohn, *Pseudomonas* Migula, *Arthrobacter*, *Nocardia* Trevisan, *Rhodococcus* Zopf, *Ruminococcus* Sijpesteijn, *Streptomyces* Waksman and Henrici и *Xanthomonas* Dowson. Представители вышеуказанных родов микроорганизмов, ассоциированные с корнями растений, являются продуцентами ауксинов и способны стимулировать прорастание их семян в естественных местообитаниях [7; 8].

Суммарная численность микромицетов составила $5,8 \times 10^6$ усл. клеток/г почвы. Выделены представители родов *Aspergillus* Micheli, *Gigaspora*, *Glomus* и дрожжи (не более 0,7–0,9% микромицетного сообщества). Значительную роль играли также простейшие (2,7 мкг/г воздушно-сухой почв) и грибы (3,24).

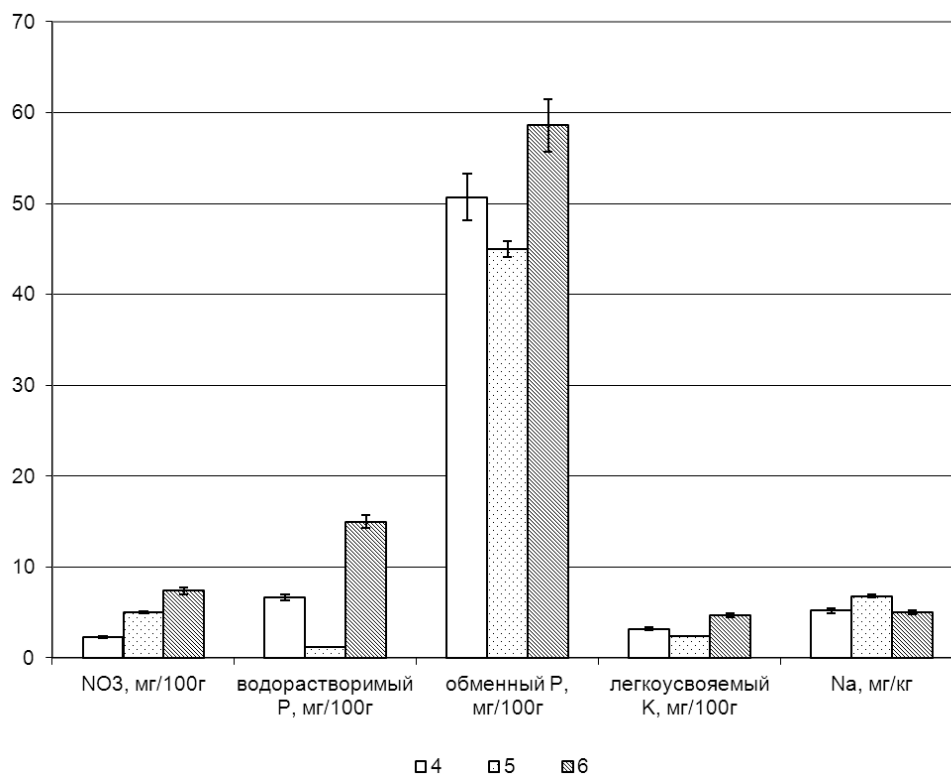


Рис. 3. Агрохимические свойства почв экспозиций суккулентов в разных ботанических садах:

4 – Kirstenbosch Garden; 5 – Karoo Desert Garden (ЮАР); 6 – Волгоград

Искусственно сформированные почвенные комплексы для суккулентов в ботанических садах чаще всего содержат большое количество органического вещества (62,1%), так как их делают на основе торфа с добавлением различного песка (речного и горного, крупнозернистой и мелкозернистой фракций). Для них характерно низкое содержание органо-минеральных форм железа (370–740 мг/кг). Реакция среды кислая – слабощелочная (рН_{H₂O} 5,19–7,20). Проанализированные почвы незасоленные – электропроводность почвенного раствора 183,0–211,1 μSm , общая минерализация 0,95–1,11 г/л. Содержание водорастворимых форм натрия 0,50–0,68 мг/100г. Содержание нитратного азота составляло 1,0–7,4 мг/100г почвы, водорастворимых форм фосфора 1,2–15,0 мг/100г почвы, обменных форм элемента (легкодоступны для растений) 45,0–58,6 мг/100г, легкодоступных форм калия 2,4–4,7 мг/100г (рис. 3).

Сообщество микроорганизмов искусственно сформированных почв несколько беднее сообществ естественных почв. Оно представлено 46 видами, относящимися к 32 родам и общей численностью $5,7 \times 10^7$ усл. клеток/г воздушно сухой почвы. В профиле присутствуют в значимых количествах микромицеты, простейшие и бактерии. Суммарная численность микромицетов $2,3 \times 10^6$ усл. клеток/г почвы. Также выделены представители родов *Aspergillus*, *Gigaspora*, *Glomus*, но доминантой группой в данном профиле была группа родов *Glomus* – *Scutellospora*, на долю которой приходилось не менее 74%, в то время как в профиле естественных почв эта доля не превышает 35–48%. Наиболее многочисленными членами микробного комплекса были бактерии. В ведущую ассоциацию микроорганизмов входили аэробные виды (*Acetobacter* sp. ($4,2 \times 10^7$), *Pseudomonas* sp. ($4,1 \times 10^7$), *Rhodococcus* sp. ($11,1 \times 10^7$)) – 21% от общей численности. Консорциум облигатно и факультативно-анаэробных видов (*Mycobacterium* sp. ($16,7 \times 10^7$), *Butyrivibrio* sp. ($7,7 \times 10^7$), *Ruminococcus* sp. ($3,4 \times 10^7$), *Aeromonas hydrophila* ($3,9 \times 10^7$), *Wolinella* sp. ($1,3 \times 10^7$)) составлял 49%, актиномицетов – 17%.

Заключение. Почвы природных фитоценозов Южной Африки с участием суккулентов из трибы *Senecioneae* по сравнению с почвенными комплексами на экспозициях в ботанических садах имеют более легкий механический состав, низкое содержание органических веществ и основных питательных элементов, незасоленные. Сообщество микроорганизмов в них с большим уровнем видового богатства и более высокими показателями общей численности. Сформированные почвы для экспозиций суккулентов в ботанических садах содержат значительное количество органического вещества, основных питательных элементов и водорастворимых солей. Сообщество микроорганизмов несколько беднее по видовому составу.

Таким образом, успешная интродукция растений Суккулентного Кару в оранжереях ботанических садов возможна на органических почвах, не характерных для естественных фитоценозов. Основным лимитирующим фактором являются водно-физические параметры этих почв.

Мы глубоко признательны D. Gildenhuys и E. van Yaarsveld за содействие в проведении полевых исследований, а также сотрудникам Karoo Desert National Botanic Garden и Kirstenbosch National Botanical Garden за предоставленные образцы почв, сотрудникам кафедры агрохимии факультета Почвоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (группа профессора Н.В. Верховцевой) за помощь в организации и проведении анализа почв.

Список литературы

1. *Верховцева Н.В., Осипов Г.А.* Метод газовой хроматографии-масс-спектрометрии в изучении микробных сообществ почв агроценоза // Проблемы агрохимии и экологии. 2008. №1. С. 51–54.
2. *Гусев М.В., Минеева Л.А.* Микробиология. 5-е изд. М.: Академия, 2004. 462 с.
3. *Кидин В.В.* Практикум по агрохимии. М.: Колос, 2008. 599 с.
4. *Минеев В.Г.* Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
5. *Моргун В.В., Коць С.Я., Кириченко Е.В.* Ростстимулирующие ризобактерии и их практическое применение // Физиология и биохимия культурных растений. 2009. Т. 41, № 3. С. 187–207.
6. *Тимонин А.К., Озерова Л.В., Эбервайн Р.К.* Seneciooeneae Суккулентного Кару: модель для проверки концепции исторической биогеографии // Биогеография: методология, региональный и методологический аспекты. Материалы конф., приуроч. к 80-летию со дня рождения В.Н. Тихомирова (1932–1997) (Москва, 30 января–3 февраля 2012 г.). М.: КМК, 2012. С.163–166.
7. *Цавкелова Е.А., Чердынцева Т.А., Нетрусов А.И.* Образование ауксинов бактериями, ассоциированными с корнями орхидей // Микробиология. 2005. Т. 74, № 1. С. 55–62.
8. *Schmiedel U.* The Quartz Fields of Southern Africa flora, phytogeography, vegetation, and habitat ecology: doktor thesis. Köln, 2002. 383 p.

**REPRESENTATIVES OF SENECEONEAE (ASTERASEAE)
THE SUCCULENT KAROO
IN NATURAL AND ARTIFICIAL SOILS**

L.V. Ozerova¹, O.V. Shelepova¹, S.M. Dementyeva², S.A. Ivanova²

¹Tsytsin Main Botanical Garden RAS, Moscow

²Tver State University

Was studied agrochemical properties and microbial community of natural and artificial of soils of phytocenoses succulents Senecioneae. It is shown that the soil of natural phytocenoses have a light mechanical composition and low fertility. Soil artificial biomes are rich in organic matter and are of high fertility. The main limiting factor of the optimal development of succulents are water-physical parameters of formed soils.

Keywords: *succulents, soil fertility, microbial community, Senecioneae Succulent Karoo.*

Об авторах:

ОЗЕРОВА Людмила Викторовна—кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела тропических и субтропических растений, ФГБУ Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая, д. 4, e-mail: lyozeroва@yandex.ru

ШЕЛЕПОВА Ольга Владимировна—кандидат биологических наук, заведующая лабораторией биохимии и физиологии растений, ФГБУ Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая, д. 4, e-mail: lab-physiol@mail.ru

ДЕМЕНТЬЕВА Светлана Михайловна—кандидат биологических наук, профессор, заведующая кафедрой ботаники, ФГБОУ ВПО «Тверской государственной университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: Dementyeva@tversu.ru

ИВАНОВА Светлана Алексеевна—кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: dmitrievs@mail.ru