

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ /
GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BIOCHEMISTRY

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Оригинальная научная статья
УДК 582.661.21: 634.1: 635.926
<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-51-56>



Некоторые особенности клонального микроразмножения *Alternanthera reineckii* Briq.

Лилия Рафисовна Ахметова^{1,2}, Елена Евгеньевна Орлова¹, Елена Анатольевна Козлова¹

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

² Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ахметова Лилия Рафисовна; l.ahmetova@rgau-msha.ru

Аннотация

Аквариумные растения как объект современного декоративного садоводства вызывают все более высокий интерес как у любителей, так и у профессионалов. Исследование проводили с целью изучения особенностей клонального микроразмножения *Alternanthera reineckii* Briq. для дальнейшего использования в акваскейпинге. На этапе собственно микроразмножения использовали питательную среду Quoirin & Lepoivre (QL), дополненную 6-БАП в различных концентрациях. При применении оптимальной концентрации 6-БАП коэффициент размножения для *A. reineckii* Rosanervig составил 4,4, для *A. reineckii* Rosaefolia – 3,4. Полученные результаты могут быть использованы в промышленном акваскейпинге при массовом получении посадочного материала водных растений.

Ключевые слова

водные растения, коэффициент размножения, микроразмножение, альтернантера, Альтернантера прелестная, *Alternanthera reineckii* Briq., акваскейпинг

Для цитирования

Ахметова Л.Р., Орлова Е.Е., Козлова Е.А. Некоторые особенности клонального микроразмножения *Alternanthera reineckii* Briq. // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 2. С. 51-56. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-51-56>

BIOTECHNOLOGY

Original article
<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-51-56>



Clonal micropropagation features of *Alternanthera reineckii* Briq.

Liliya R. Akhmetova^{1,2}, Elena E. Orlova¹, Elena A. Kozlova¹

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

² Main Botanical Garden of Academy of Sciences, Moscow, Russia

Corresponding author: Liliya R. Ahmetova; l.ahmetova@rgau-msha.ru

Abstract

Aquarium plants as an object of modern landscape gardening are of increasing interest to both amateurs and professionals. The aim of the research is to study the clonal micropropagation features of *Alternanthera reineckii* Briq. for further use in aquascaping. At the actual micropropagation stage, the Quoirin & Lepoivre (QL) nutrient medium was used with the addition of 6-benzylaminopurine (6-BAP) at different concentrations. When the optimum concentration of 6-BAP was used, the multiplication rate for *A. reineckii* Rosanervig was 4.4 and for *A. reineckii* Rosaefolia – 3.4. The obtained results can be used in industrial aquascaping for mass production of planting material of aquatic plants.

Keywords

aquatic plants, multiplication rate, microclonal propagation, *Alternanthera*, *Alternanthera Amoena*, *Alternanthera reineckii* Briq., aquascaping

For citation

Akhmetova L.R., Orlova E.E., Kozlova E.A. Clonal micropropagation features of *Alternanthera reineckii* Briq. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(2):51-56. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-51-56>

Введение Introduction

В современном мире огромную популярность набирает такой вид декоративного садоводства, как акваскейпинг. Акваскейпинг – искусство художественного оформления аквариумов, один из видов декоративно-прикладного искусства, неотъемлемой частью которого являются водные растения [1]. История открытия водных растений для аквариумов началась в 1801 г. Джеймс Де Карл Сауэрби впервые описал Викторию амазонскую и тем самым привлек интерес общества к декоративным водным растениям, что впоследствии привело к появлению специальных бассейнов для водных растений в оранжереях [2]. Использование водных растений в аквариумах началось с 1841 г. Английский ученый Н. Вард прославился тем, что впервые начал выращивать растения в стеклянных сосудах. Именно поэтому данного ученого называют прародителем современного аквариума [3]. Для большинства аквариумистов растения в аквариуме – не только декоративный аксессуар, но и возможность изучения редких видов, их сохранения и приумножения [4].

Одним из эффективных способов массового получения аквариумных растений является клональное микроразмножение. В настоящее время многие аквариумные растения, используемые в коммерческих целях, размножают именно этим способом. Известны опыты применения следующих гормонов роста на этапе собственно микроразмножения для представителей рода *Alternanthera reineckii*: 6-БАП, кинетин, индол-3-уксусная кислота, индоллил-3-масляная кислота [5]. Разработаны методы культивирования представителей рода на питательной среде с минеральной основой MS [6, 7].

Цель исследований: изучить особенности клонального микроразмножения *Alternanthera reineckii* Briq. для дальнейшего использования посадочного материала в промышленном акваскейпинге.

Методика исследований Research method

Работу проводили с июня по декабрь 2023 г. В качестве объектов исследований использовали представителей рода *Alternanthera* Forssk.: *A. reineckii* Rosanervig, *A. reineckii* Rosaefolia.

Alternanthera Forssk. – род растений из семейства *Amaranthaceae*, произрастающий в Южной Америке. Для акваскейпинга используют следующие виды: *Alternanthera Reineckii* Briq., *Alternanthera spes. Splendida*, *Alternanthera sessilis* var. *Rubra* [8].

A. reineckii Rosanervig (рис. 1) – представитель семейства *Amaranthaceae*. Высота достигает 40 см. Скорость роста – высокая. Освещение яркое. Температура воды составляет +20...28°C, pH – 6,5-6,8. В акваскейпинге сажают на задний план. Неприхотлива в содержании [9].

A. reineckii Rosaefolia (Альтернантера розовая) – представитель семейства *Amaranthaceae* (рис. 2). Завезена из Южной Америки. На родине (Парагвай и Бразилия) растение считается болотным и заселяет берега тропических рек, часто заливаемые водой [8]. Длинностебельное растение, достигает высоты 25-50 см, в ширину – 10-15 см. Освещение яркое. Температура воды составляет +20...28°C, pH – 6,5-7,5. В акваскейпинге сажают на задний план [10].

В работе использовали методику биотехнологических исследований с культурами изолированных тканей и органов растений Р.Г. Бутенко¹. Исследования проводили в лаборатории клонального микроразмножения КФХ «Корпорация растений», ИП Мамчур М.М. Предварительно стерильная культура была приобретена в компании ООО НПП «Микроклон» и из генетического банка *in vitro* лаборатории биотехнологии растений ГБС РАН (работа по созданию генетического банка выполнена в рамках госзадания ГБС РАН -122042700002-6). На этапе собственно микроразмножения использовали питательную среду QL. В качестве цитокинина использовали 6-БАП



Рис. 1. *A. reineckii* Rosanervig

Fig. 1. *A. reineckii* Rosanervig



Рис. 2. *A. reineckii* Rosaefolia

Fig. 2. *A. reineckii* Rosaefolia

¹ Бутенко Р.Г. *Биология клеток высших растений in vitro и биотехнологии на их основе*: Учебное пособие. М.: ФБК-Пресс, 1999. 160 с.

в различных концентрациях: 0,1 мг/л; 0,5 мг/л; 1 мг/л. В качестве контроля использовали питательную среду QL без добавления гормона. В условиях лаборатории микропобеги выращивали при освещении 3000 лк и фотопериоде 16/8 ч, температуре +23...25°C. По истечении 30 суток фиксировали коэффициент размножения. Опыт проводили в 3-кратной повторности по 20 микропобегов в каждом варианте опыта. Проводили двухфакторный дисперсионный анализ по методике Б.А. Доспехова². Для обработки данных использовали программу Microsoft Office Excel 2021.

Результаты и их обсуждение Results and discussion

Главную роль при разработке и оптимизации методик клонального микроразмножения играют: генотип, состав питательной среды и тип экспланта [11]. На рисунке 3 представлены групповые средние влияния фактора А (генотип) на коэффициент размножения представителей рода *Alternanthera* Forssk. Выявлено, что наибольшей побегообразовательной способностью обладает *A. reineckii* Rosanervig, наименьшей – *A. reineckii*

Rosaefolia (коэффициенты размножения 4,4 и 3,4 соответственно). Полученные данные подтверждают сортоспецифичность исследуемых объектов.

На рисунке 4 приведены результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния концентрации 6-БАП на коэффициент размножения представителей *Alternanthera reineckii*.

Коэффициент размножения представителей вида *Alternanthera Reineckii* увеличивался от 2,9 до 4,8 с увеличением концентрации 6-БАП до 0,5 мг/л, в концентрации 1 мг/л коэффициент размножения понизился до 4,0. Наименьший коэффициент размножения наблюдали у микропобегов, культивируемых на питательной среде QL без содержания гормона. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при культивировании исследуемых сортов *Alternanthera Reineckii* концентрация 6-БАП оказывает существенное влияние на коэффициент размножения. Наиболее оптимальной являлась питательная среда, содержащая гормон в концентрации 0,5 мг/л.

В результате анализа групповых средних влияния взаимодействия факторов А и В (генотип и концентрация 6-БАП) зависимость не была обнаружена (рис. 5).

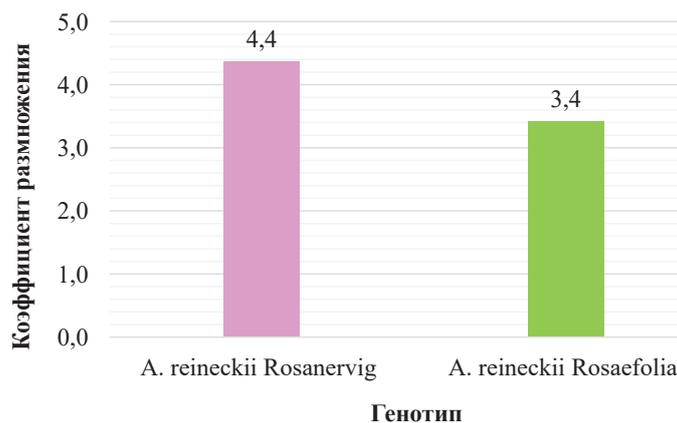


Рис. 3. Влияние фактора А (генотип) на коэффициент размножения представителей вида *Alternanthera Reineckii* ($HCP_{05} = 0,3$)

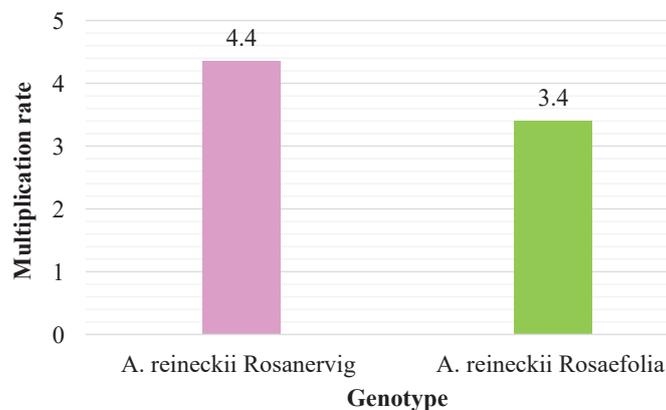


Fig. 3. The effect of factor A (genotype) on the multiplication rate of the species *Alternanthera Reineckii* ($LSD_{05} = 0.3$)

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебное пособие. М.: Колос, 1985. 351 с.

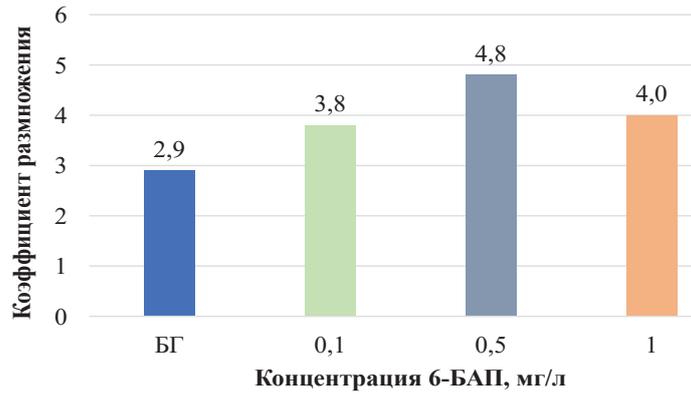


Рис. 4. Влияние фактора В (концентрация 6-БАП) на коэффициент размножения представителей вида *Alternanthera Reineckii* ($LSD_{05} = 0,6$)

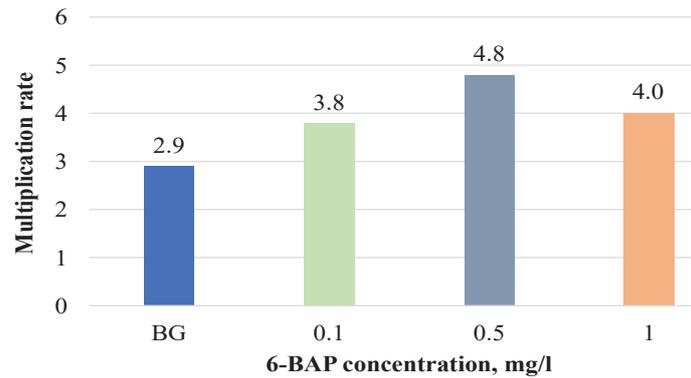


Fig. 4. The effect of factor B (6-BAP concentration) on the multiplication rate of the species *Alternanthera Reineckii* ($LSD_{05} = 0.6$)

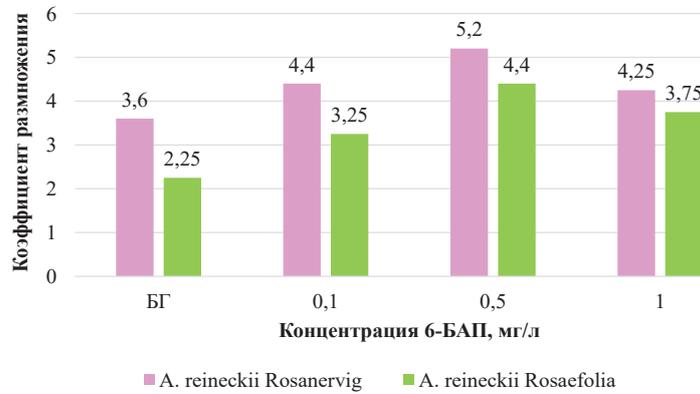


Рис. 5. Влияние взаимодействия факторов А (генотип) и В (концентрация 6-БАП) на коэффициент размножения представителей вида *Alternanthera Reineckii*

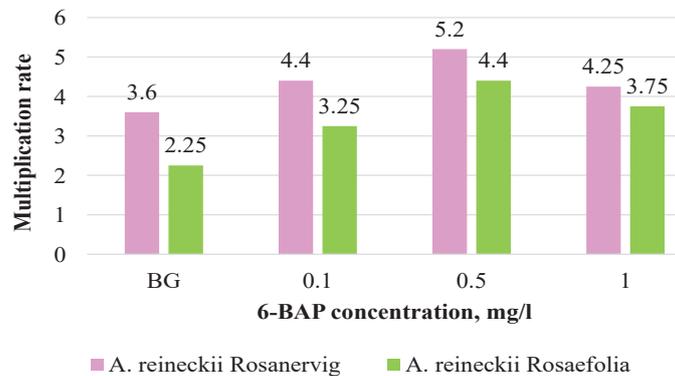


Fig. 5. The effect of factor A (genotype) and B (6-BAP concentration) on the multiplication rate of the species *Alternanthera Reineckii*

При проведении исследований было отмечено, что представители вида *Alternanthera Reineckii* имеют высокую способность к спонтанному ризогенезу, все исследуемые растения-регенеранты имели 100%-ную укореняемость на этапе собственно микроразмножения. Это косвенно подтверждает результаты исследований ученых из Индонезии [13] и в свою очередь сокращает полный цикл культивирования в условиях *in vitro*, что в дальнейшем положительно скажется на экономической эффективности [14] процесса культивирования.

Список источников

1. Сытник Н.А. *Основы марикультуры*: Учебное пособие. Керчь: Керченский государственный морской технологический университет, 2018. 167 с.
2. Шипицына Ю.С. *Рождение ботаники в Британии: имперский и национальный дискурсы (последняя треть XVIII – начало XIX вв.)*: Монография. Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2021. 167 с. EDN: EEIFPP
3. Clough R. Opening the Wardian case: experiments in plant transportation. *Australian Garden History*. 2007;19(1):4-6.
4. Орлова Е.Е., Козлова Е.А., Орлова Н.А. Современный ассортимент аквариумных растений для создания голландского типа акваскейпа // *Вестник ландшафтной архитектуры*. 2023. № 33. С. 70-73. EDN: MSWZY
5. Shekhawat M.S., Manokari M., Revathi J. In vitro propagation, micromorphological studies and ex vitro rooting of *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.: an important aquatic plant. *Aquaculture international*. 2017;25(1):423-435. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0039-4>
6. Reis A., Kleinowski A.M., Klein F.R. Sch., Telles R.T. et al. Light quality on the in vitro growth and production of pigments in the genus *Alternanthera* *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2015;18:349-357. <https://doi.org/10.1007/s12892-015-0074-0>
7. Aasim M., Ali S.A., Bekis P., Nadeem M.A. Light-emitting diodes induced in vitro regeneration of *Alternanthera reineckii* mini and validation via machine learning algorithms. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. 2022;58(5):816-825. <https://doi.org/10.1007/s11627-022-10312-6>
8. Степанова М.В., Скворцова Е.Г. *Аквариумистика*: Учебно-методическое пособие. Ярославль: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», 2019. 90 с. EDN: QYQPVH
9. Oyedeji A.A., Abowei J.F.N. The classification, distribution, control and economic importance of aquatic

Выводы Conclusions

Таким образом, в результате исследований было выявлено, что на этапе собственно микро-размножения для представителей вида *Alternanthera reineckii* в условиях *in vitro* эффективным является применение в составе питательной среды QL цитокинина 6-БАП. Исследования показали, что наиболее оптимальной являлась концентрация 6-БАП – 0,5 мг/л для всех исследуемых генотипов. Коэффициент размножения для *A. reineckii* Rosa-nervig составил 4,4, для *A. reineckii* Rosaefolia – 3,4.

References

1. Sytnik N.A. *Fundamentals of mariculture: a textbook*. Kerch, Russia: Kerch State Maritime Technological University, 2018:167. (In Russ.)
2. Shipitsyna Yu.S. *Birth of Botany in Britain: imperial and national discourses (the last third of the XVIII – early XIX centuries)*. a monograph. Ekaterinburg, Russia: Ural Federal University, 2021:167. (In Russ.)
3. Clough R. Opening the Wardian case: experiments in plant transportation. *Australian Garden History*. 2007;19(1):4-6.
4. Orlova E.E., Kozlova E.A., Orlova N.A. Modern assortment of aquarium plants for creating a Dutch type of aquascape. *Vestnik landshaftnoy arkhitektury*. 2023;33:70-73. (In Russ.)
5. Shekhawat M.S., Manokari M., Revathi J. In vitro propagation, micromorphological studies and ex vitro rooting of *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.: an important aquatic plant. *Aquaculture international*. 2017;25(1):423-435. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0039-4>
6. Reis A., Kleinowski A.M., Klein F.R. Sch., Telles R.T. et al. Light quality on the in vitro growth and production of pigments in the genus *Alternanthera*. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2015;18:349-357. <https://doi.org/10.1007/s12892-015-0074-0>
7. Aasim M., Ali S.A., Bekis P., Nadeem M.A. Light-emitting diodes induced in vitro regeneration of *Alternanthera reineckii* mini and validation via machine learning algorithms. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. 2022;58(5):816-825. <https://doi.org/10.1007/s11627-022-10312-6>
8. Stepanova M.V., Skvortsova E.G. *Aquarium keeping: a study guide*. Yaroslavl, Russia: Yaroslavl State Agrarian University, 2019:90. (In Russ.)
9. Oyedeji A.A., Abowei J.F.N. The classification, distribution, control and economic importance of aquatic

plants. *International Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2012;1(2):118-128

10. Hiscock P. *Encyclopedia of aquarium plants*. Par-kstone International, 2024.

11. Макаров С.С., Упадышев М.Т., Хамитов Р.С., Антонов А.М. *Перспективы промышленного выращивания и биотехнологические методы размножения лесных ягодных растений*: Монография. М.: ООО «Издательско-книготорговый центр «Колос-с», 2023. 152 с. EDN: VGKYGZ

12. Трухачев В.И., Сычева О.В., Стародубцева Г.П., Веселова М.В. Технология молочного фиточая «Стевилакт» // *Пищевая индустрия*. 2012. № 2. С. 18-20. EDN: SMRFTD

13. Ахметова Л.Р. Изучение особенностей вегетативного размножения некоторых сортов гортензий // *Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада*. 2017. Т. 145. С. 247-251. EDN: ZKBCPV

14. Yunita R., Nugraha M.F.I. Effect of auxin type and concentration on the induction of *Alternanthera Reineckii* roots in vitro. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing. 2021;653(1):012073. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012073>

plants. *International Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2012;1(2):118-128.

10. Hiscock P. *Encyclopedia of aquarium plants*. Par-kstone International, 2024.

11. Makarov S.S., Upadyshev M.T., Khamitov R.S., Antonov A.M. *Prospects for industrial cultivation and biotechnological methods of propagation of forest berry plants: a monograph*. Moscow, Russia: ООО «Izdatelsko-knigotorgoviy tsentr «Kolos-s», 2023:152. (In Russ.)

12. Trukhachev V.I., Sycheva O.V., Starodubtseva G.P., Veselova M.V. Technology of milk herbal tea «Stevilakt». *Pishchevaya industriya*. 2012;2:18-20. (In Russ.)

13. Akhmetova L.R. Estimation of decorative qualities and the peculiarities of vegetative reproduction of some varieties of hydrangea. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*. 2017;(145):247-251. (In Russ.)

14. Yunita R., Nugraha M.F.I. Effect of auxin type and concentration on the induction of *Alternanthera Reineckii* roots in vitro. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;653(1):012073. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012073>

Информация об авторах

Лилия Рафисовна Ахметова, ассистент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии растений, Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН; 127276, Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: l.ahmetova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0874-4464>

Елена Евгеньевна Орлова, кандидат с.-х. наук, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: elena.orlova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7301-0539>

Елена Анатольевна Козлова, кандидат с.-х. наук, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: kozlova.e@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7020-9406>

Information about the authors

Liliya R. Akhmetova, Assistant at the Department of Landscape Gardening and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); junior research of Laboratory of Plant Biotechnology (127276, Russian Federation); e-mail: l.ahmetova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0874-4464>

Elena E. Orlova, CSc (Agr), Associate Professor at the Department of Landscape Gardening and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: elena.orlova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7301-0539>

Elena A. Kozlova, CSc (Agr), Associate Professor at the Department of Landscape Gardening and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: kozlova.e@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7020-9406>

Статья поступила в редакцию 11.12.2023
Одобрена после рецензирования 20.06.2024
Принята к публикации 21.06.2024

The article was submitted to the editorial office
December 11, 2023
Approved after reviewing June 20, 2024
Accepted for publication June 21, 2024