
Научная статья

УДК 581.522.4:577.15

doi: 10.47737/2307-2873_2021_36_59

ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ ПЕРОКСИДАЗЫ В ОСНОВНЫЕ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ В РАСТЕНИЯХ *TRICHOSANTHES CUCUMERINA*L. ПРИ ПРИВИВКЕ НА РАЗНЫЕ ВИДЫ ПОДВОЕВ *CUCURBITA*

© 2021. Сергей Александрович Мусихин^{1✉}, Александр Владимирович Федоров²,
Ольга Альбертовна Ардашева³

^{1,2,3}Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Удмуртская Республика, Ижевск, Россия, 426067

¹oiar@udman.ru, ²musihin.sergei87@yandex.ru, ³o.ardashewa@udman.ru

Аннотация. Исследуя активность пероксидазы в листьях, можно определить состояние растения в различных стадиях онтогенеза в условиях как защищенного, так и открытого грунта. Основной целью работы было изучить динамику накопления активности пероксидазы в листьях *Trichosanthes cucumerina* L. в защищенном грунте в основные фазы развития – рассадный период, цветение и плодоношение. Объекты исследования: корнесобственные растения *Trichosanthes cucumerina* L. – контроль и привитые на разные виды тыкв: *Cucurbita pepo* L., *Cucurbita maxima* Duch., *Cucurbita moshata* Duch., *Cucurbita ficifolia* Bouche., *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. В изучаемых вариантах в рассадный период в годы исследований отмечена разнонаправленная тенденция роста активности пероксидазы: от 70,4 ед./мг – у корнесобственного растения *Trichosanthes cucumerina*, до 3066,6 ед./мг – на подвое *Lagenaria siceraria*, что связано со значительным влиянием в этот период техники прививки и микроклиматических условий по годам исследований. В фазу цветения в вариантах *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moshata* активность пероксидазы во все годы изучения находилась на одинаковом уровне. Есть предположение, что растения *Trichosanthes cucumerina* в вариантах с прививкой *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moshata* были в меньшей степени подвержены стрессовым факторам. В фазу плодоношения влияние видов подвоев обусловило повышение активности пероксидазы привоя по сравнению с корнесобственными растениями *Trichosanthes cucumerina* (2017-2018 гг.). Существенный скачок активности пероксидазы в фазе плодоношения у корнесобственных растений *Trichosanthes cucumerina* (1481,6 ед./мг), наблюдаемый в 2019 г, связан со значительным поражением паутиным клещом. Значительное увеличение показателя активности пероксидазы в вариантах с прививкой на *Cucurbita ficifolia* (19462,8 ед./мг), *Lagenaria siceraria* (21300,7 ед./мг) в 2019 г. было связано с активным образованием завязей по сравнению с другими вариантами и годами исследований.

Ключевые слова: прививка, подвой, активность пероксидазы, привой, совместимость компонентов прививки, *Trichosanthes cucumerina* L

Введение. В привойно-подвойных комбинациях растений главнейшую роль, отводят ферментам. Одним из таких ферментов является пероксидаза [1]. Под влиянием неблагоприятных воздействий этот фермент изменяет свою активность, причем характер

изменения активности фермента изменяется параллельно с увеличением степени техногенной нагрузки на растения, что позволяет предполагать их взаимную обусловленность и оказывает комплексную роль на растение [2-6].

В свете современной биохимии пероксидаза участвует в использовании кислородных ресурсов клетки. В случае нанесения организму повреждений содержание пероксидазы резко увеличивается, интенсивнее происходит процесс дыхания, образуется каллусная ткань [7, 8], а также наблюдается участие в защите тканей растения от поражения и инфицирования патогенными микроорганизмами [9].

Именно химические и физиологические признаки растений являются чаще всего главным составляющим, определяющим успех сращиваний. Детальное изучение внутренних механизмов, регулирующих приспособительные функции растения, определяющих характер его реагирования на внешнее воздействие и обеспечивающих способность растения к саморегуляции, позволяет познать природу так называемой целесообразной реакции организма на изменение условий его развития [10].

Методика. Работа проводилась в 2017-2019 гг. в весенней поликарбонатной теплице Отдела интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦ УрО РАН, анализы на содержание активности пероксидазы проводились в аналитической лаборатории Ижевской ГСХА.

Опыт однофакторный. Объекты исследования: *Trichosanthes cucumerina* L. – корнесобственные растения и растения, привитые на разные виды тыкв: *Cucurbita pepo* L., *Cucurbita maxima* Duch., *Cucurbita moshata* Duch., *Cucurbita ficifolia* Bouche., *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.

В основные фазы развития растений (рассадный период, цветения плодоношения) проведены исследования качественного анализа пероксидазы, ее активность определяли

спектрофотометрическим методом [11], основанным на измерении оптической плотности продуктов реакции, образующихся при окислении гваякола в течение определенного периода времени, основным методом выявления несовместимости привоя и подвоя использовали визуальный [12].

Проведена математическая статистика [13]. Дополнительные исследования поражения растений паутиным клещом в фазу цветения и плодоношения провели в 2019 году во второй половине вегетации по методике, описанной В. А. Раздобурдиным [14].

Результаты. В период проведения исследований (2017-2019 гг.) были выявлены существенные, скачкообразные изменения активности пероксидазы в листьях *Trichosanthes cucumerina* в привойно-подвойных комбинациях в основные фенологические фазы развития растений.

Анализ полученных данных в изучаемых вариантах в рассадный период (рис. 1.) показал разнонаправленный характер изменений показателя активности пероксидазы по годам и вариантам исследований – от минимальных значений – 70,4 ед./мг в 2017 году *Trichosanthes cucumerina*, до максимальных – 3066,6 ед./мг в 2019 году *Lagenaria siceraria*.

В рассадный период, в связи с проведением хирургической операции – прививки, растения подвергаются значительному стрессу по сравнению с корнесобственными растениями. Поэтому увеличение показателя активности пероксидазы у привитых растений – это вполне ожидаемое явление. В то же время следует отметить, что успешность и скорость срастания зависит от многих факторов – техники проведения операции, микроклиматических условий в период проведения прививки и в послепрививочный период.

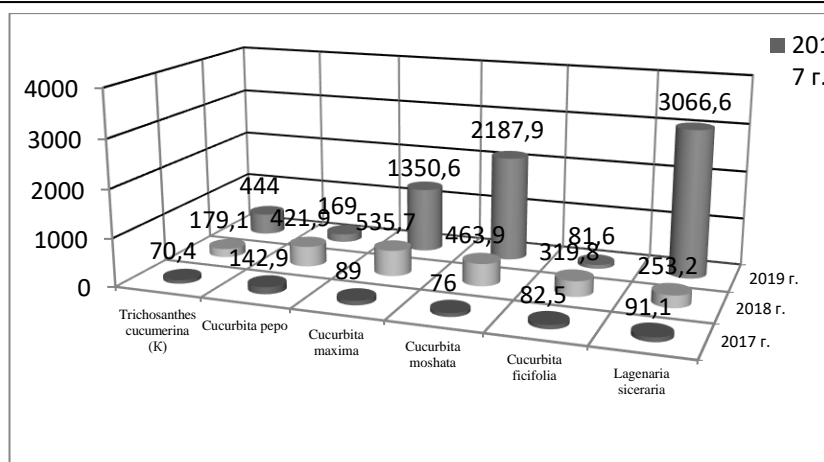


Рис. 1. Активность пероксидазы в листьях *Trichosanthes cucumerina* корнесобственных и привитых растений в рассадный период

Fig. 1. Activity of peroxidase in leaves of *Trichosanthes cucumerina* self-rooted and grafted plants during the seedling period

Несмотря на значительные различия показателей активности пероксидазы по годам исследований, прослеживается общая тенденция – увеличение данного показателя при прививке на подвой. Исключением из общей тенденции является снижение показателя активности пероксидазы по сравнению с контрольным вариантом при прививке на *Cucurbita pepo* и *Cucurbita ficifolia* в 2019 г., что, в свою очередь, можно считать показателем хорошей срастаемости и совместимости между компонентами прививок и уменьшением стрессового состояния у привоя *Trichosanthes cucumerina*.

В фазе цветения, в связи с прохождением значительного времени после прививки,

влияние таких факторов, как техника прививки и успешность срастания компонентов уже практически отсутствуют, а на первый план выходит влияние вида подвоя.

В фазе цветения (рис. 2) в вариантах *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moshata* активность пероксидазы во все годы изучения находилась на одинаковом уровне – т.е. растения меньше реагировали на изменение внешних условий, складывающиеся в разные годы исследований. Растения *Trichosanthes cucumerina* в вариантах с прививкой *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moshata* были наиболее стрессоустойчивыми.

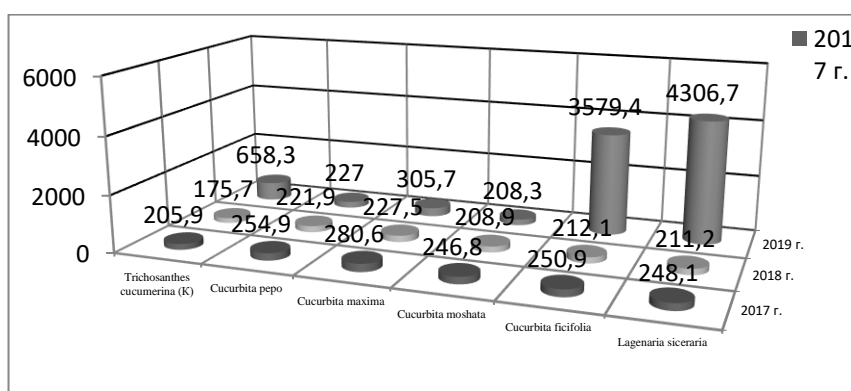


Рис. 2. Активность пероксидазы в листьях *Trichosanthes cucumerina* корнесобственных и привитых растений в фазу цветения

Fig. 2. Activity of peroxidase in leaves of *Trichosanthes cucumerina* self-rooted and grafted plants in the flowering phase

Определяя активность пероксидазы в растениях, можно дать исчерпывающую информацию о состоянии растения. Привитые растения находились в более благоприятных условиях воздействия внутренних факторов (совместимость с подвоем) и об их устойчивости к различным факторам среды (повышенный иммунитет к патогенам) [15].

Существенный скачок активности пероксидазы в фазе плодоношения (рис. 3) наблюдается у растений в вариантах прививки на *Cucurbita ficifolia*, *Lagenaria siceraria* и *Trichosanthes cucumerina*. В период плодоношения происходит интенсивное старение самого растения, в связи с чем и наблюдается повышенная активность пероксидазы. Допол-

нительным фактором высокого роста активности пероксидазы в 2019 г. по сравнению с предыдущими годами исследований (2017-2018 гг.) следует считать поражение паутинным клещом.

Интенсивное размножение и распространение паутинного клеща в 2019 г. было отмечено из-за повышения температуры воздуха выше 28 °С и снижения влажности воздуха менее 65 %, установившихся во второй половине вегетации. Установлено, что наибольшие распространённость – 95 % и степень повреждения – 65 % была на корнесобственных растениях *Trichosanthes cucumerina*.

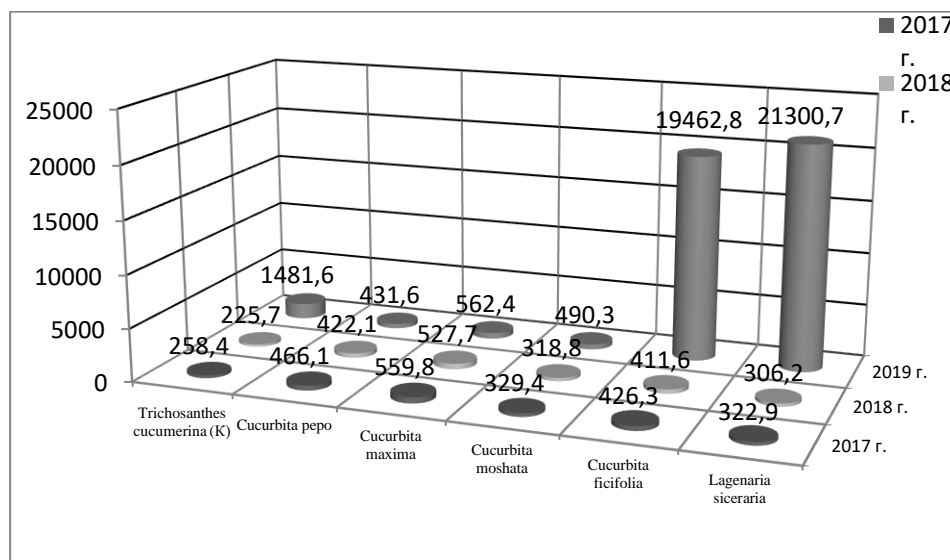


Рис. 3. Активность пероксидазы в листьях *Trichosanthes cucumerina* корнесобственных и привитых растений в фазу плодоношения
 Fig. 3. Activity of peroxidase in leaves of *Trichosanthes cucumerina* self-rooted and grafted plants in the fruiting phase

В меньшей степени от паутинного клеща пострадали варианты с прививкой на *Cucurbita ficifolia*, распространённость составила 25 %, степень повреждения – 12 % и на *Lagenaria siceraria* распространённость составила 15 %, степень повреждения – 8%. При этом, в фазу плодоношения в листьях

растений *Trichosanthes cucumerina*, привитых на *Cucurbita ficifolia* и *Lagenaria siceraria*, отмечены самые высокие показатели активности пероксидазы в опыте – от 19462,8 ед./мг до 21300,7 ед./мг. При этом необходимо отметить, что в вариантах с прививкой *Trichosanthes cucumerina* на *Cucurbita ficifolia*

и *Lagenaria siceraria* в 2019 г. по сравнению с контролем и другими исследуемыми вариантами прививки наблюдался взрывной характер образования завязей – 30-35 шт. против 3-5 шт. в контрольном варианте и 5-7 шт. – в вариантах с прививкой на *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moshata*.

Выводы. В рассадный период отмечен разнонаправленный характер изменений показателя активности пероксидазы по годам и вариантам исследований – от минимальных значений – 70,4 ед./мг в 2017 г. у корнесобственных растений *Trichosanthes cucumerina*, до максимальных – 3066,6 ед./мг в 2019 г. у привитых на *Lagenaria siceraria*, что связано со значительным влиянием на данном этапе развития техники прививки и микроклиматических условий.

В фазе цветения растения *Trichosanthes*

cucumerina в вариантах с прививкой на *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moshata* активность пероксидазы во все годы изучения находилась на одинаковом уровне – т.е. растения меньше реагировали на изменение внешних условий, что указывает на их большую стрессоустойчивость.

В фазе плодоношения влияние видов подвоев обусловило повышение активности пероксидазы привитых растений по сравнению с корнесобственными *Trichosanthes cucumerina* (2017-2018 гг.). Значительное увеличение показателя активности пероксидазы в вариантах с прививкой на *Cucurbita ficifolia* (19462,8 ед./мг), *Lagenaria siceraria* (21300,7 ед./мг) в 2019 г. было связано с активным образованием завязей по сравнению с другими вариантами и годами исследований.

Список источников

1. Ruyskensvelde Valerie Van, Breusegem Frank Van, Der Kelen Katrien Van. Post-transcriptional regulation of the oxidative stress response in plants // *Free Radical Biology and Medicine*. 2018. Vol. 122. P. 181-192.
2. Hiraga S., Sasa K., Ito H., Ohashi Y., Matsui H. A large family of class111 plant peroxidases // *Plant cell Physiol.* 2001. Vol. 42. P. 462-468.
3. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. М.: Наука, 2002. 294 с.
4. Загоскина Н.В., Назаренко Л.В. Активные формы кислорода и антиоксидантная система растений // *Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки»*. 2016. С. 9-23.
5. Gaspar T.H. Peroxidases in plant growth, differentiation and development processes. *Biochemical, molecular and physiological aspects of plant peroxidases*. 1991. Pp. 249-280.
6. Рачковская М.М., Ким Л.О., Рачковская М.М. Изменение активности некоторых оксидаз как показатель адаптации растений к условиям промышленного загрязнения // *Газоустойчивость растений*. 1980. С. 117-126.
7. Полевой, В.В., Саламатова Т. С. Физиология роста и развития растений: Учеб. пособие. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. 240 с.
8. Уоринг Ф., Филепс И. Рост растений и дифференцировка. М.: Мир, 1984. 512 с.
9. Сахаров И. Ю. Пероксидазы пальм // *Биохимия*. 2004. Т.69. №8. С.1013-1020.
10. Рубин Б.А. Проблемы физиологии в современном растениеводстве. М.: Колос, 1979. 302 с.
11. Ермаков, А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат. 1987. С. 41-43.
12. Федоров А.В., Ардашева О.А. Биологические и технологические основы применения прививки при выращивании тыквенных культур в сооружениях защищенного грунта. Ижевск: Шелест. 2017. 260 с.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос. 1979. 416 с.
14. Раздобудин В.А. Поведение паутиного клеща в связи с питанием на различных сортах огурца // *Устойчивость сельскохозяйственных растений к вредителям и проблемам защиты растений: сб. науч. тр.* Л. 1985. С. 95–101.
15. Андреева В.А. Фермент пероксидаза: участие в защитном механизме растений. Москва: Наука. 1988. 128 с.

DYNAMICS OF PEROXIDASE ACTIVITY IN THE MAIN PHASES OF DEVELOPMENT IN TRICHOSANTHES CUCUMERINAL PLANTS WHEN GRAFTING ON DIFFERENT TYPES OF CUCURBITA ROOTSTOCKS

© 2021. Sergey A. Musikhin^{1✉}, Alexander V. Fedorov², Olga A. Ardasheva³

^{1, 2, 3} Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Udmurt Republic, Izhevsk, Russia

¹oiar@udman.ru, ²musihin.sergei87@yandex.ru, ³o.ardashewa@udman.ru

Abstract. By examining the activity of peroxidase in leaves, it is possible to determine the state of the plant at various stages of ontogenesis in both protected and open ground. The main purpose of the work was to study the dynamics of the accumulation of peroxidase activity in the leaves of *Trichosanthes cucumerina* L. in protected ground during the development phase – seedling period, flowering and fruiting. Objects of research: *Trichosanthes cucumerina* L. – control and plants grafted onto different types of pumpkins: *Cucurbita pepo* L., *Cucurbita maxima* Duch., *Cucurbita moshata* Duch., *Cucurbita ficifolia* Bouche., *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. In the studied variants in the seedling period in the years of research there was a multidirectional trend of growth of peroxidase activity from 70.4 units/mg in rootstock *Trichosanthes cucumerina*, to 3066.6 units/mg in *Lagenaria siceraria* rootstock, which is associated with a significant influence in this period of grafting technique and microclimatic conditions by years of research. In flowering phase in *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moshata* variants peroxidase activity was at the same level in all years of study. There is an assumption that *Trichosanthes cucumerina* plants in the variants with *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moshata* grafting were less exposed to stress factors. During the fruiting phase, the influence of the rootstock species caused an increase in scion peroxidase activity compared with the *Trichosanthes cucumerina* rootstock plants (2017-2018). Significant jump of peroxidase activity in fruiting phase in rootstock plants of *Trichosanthes cucumerina* (1481.6 units/mg) observed in 2019 is associated with a significant damage of spider mite. Significant increase of peroxidase activity indicator in variants with grafting on *Cucurbita ficifolia* (19462.8 units/mg), *Lagenaria siceraria* (21300.7 units/mg) in 2019 was associated with active formation of ovaries in comparison with other variants and years of research.

Key words: grafting, rootstock, peroxidase activity, scion, compatibility of grafting components, *Trichosanthes cucumerina* L

References

1. Ruyskensvelde Valerie Van, Breusegem Frank Van, Der Kelen Katrien Van. Post-transcriptional regulation of the oxidative stress response in plants, *Free Radical Biology and Medicine*, 2018, Vol. 122, pp. 181-192.
2. Hiraga S., Sasa K., Ito H., Ohashi Y., Matsui H. A large family of class111 plant peroxidases, *Plant cell Physiol*, 2001, Vol. 42, pp. 462-468.
3. Tarchevskij I.A. Signal'nye sistemy kletok rastenij (Plant cell signaling systems), M, Nauka, 2002, 294 p.
4. Zagorskina N.V., Nazarenko L.V. Aktivnye formy kisloroda i antioksi-dantnaja sistema rastenij (Reactive oxygen species and the antioxidant system of plants), *Vestnik MGPU. Serija «Estestvennye nauki»*, 2016, pp. 9-23.
5. Gaspar T.H. Peroxidases in plant growth, differentiation and development processes. *Biochemical, molecular and physiological aspects of plant peroxidases*, 1991, pp. 249-280.
6. Rachkovskaja M.M., Kim L.O., Rachkovskaja M.M. Izmenenie aktivnosti ne-kotoryh oksidaz kak pokazatel' adaptacii rastenij k uslovijam promyshlennogo zagrjaznenija (Changes in the activity of some oxidases as an indicator of plant adaptation to industrial pollution), *Gazoustojchivost' rastenij*, 1980, pp. 117-126.
7. Polevoj, V.V., Salamatova T. S. Fiziologija rosta i razvitija rastenij: Ucheb. posobie. L (Physiology of plant growth and development: Textbook), *Izd-vo Leningr. un-ta*, 1991, 240 s.

8. Uoring F., Fileps I. Rost rastenij i differencirovka (Plant growth and differentiation), M, Mir, 1984, 512 p.
9. Saharov I. Ju. Peroksidazy pal'm (Palm peroxidases), Biohimija, 2004, T. 69, No. 8, p. 1013-1020.
10. Rubin B.A. Problemy fiziologii v sovremennom rastenievodstve (Physiological problems in modern plant growing), M, Kolos, 1979, 302 p.
11. Ermakov, A.I., Arasimovich V.V., Jarosh N.P., Peruanskij Ju.V., Lukov-nikova G.A., Ikonnikova M.I. Metody biohimicheskogo issledovanija rastenij (Biochemical research methods of plants), L, Agropromizdat, 1987, pp. 41-43.
12. Fedorov A.V., Ardasheva O.A. Biologicheskie i tehnologicheskie osno-vy primeneniya privivki pri vyrashhivanii tykvennyh kul'tur v sooruzhenijah zashhishhennogo grunta (Biological and technological bases for the use of grafting in the cultivation of pumpkin crops in protected ground structures), Izhevsk: Shelest, 2017, 260 p.
13. Dospheov B. A. Metodika polevogo opyta (Field experiment technique), M, Kolos, 1979, 416 p.
14. Razdobudin V.A. Povedenie pautinnogo kleshha v svyazi s pitanem na razlichnyh sortah ogurca (Spider mite behavior in relation to feeding on different varieties of cucumber), Ustojchivost' sel'skohozjajstvennyh rastenij k vrediteljam i problemam zashhity rastenij: sb. nauch. tr. L. 1985, pp. 95–101.
15. Andreeva V.A. Ferment peroksidaza: uchastie v zashhitnom mehanizme rastenij (Enzyme peroxidase: participation in the defense mechanism of plants), Moskva, Nauka, 1988, 128 p.

Информация об авторах

С.А. Мусихин^{1✉} – младший научный сотрудник;

А.В. Федоров² – д.-р. с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник;

О.А. Ардашева³ – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник.

^{1,2,3} Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН», отдел интродукции и акклиматизации растений.

ул. Татьяны Барамзиной, 34, Ижевск, Удмуртская Республика, Россия, 426067

¹oiar@udman.ru, ²musihin.sergei87@yandex.ru, ³o.ardashewa@udman.ru

Information about the authors

S.A. Musikhin^{1✉} – Junior Researcher;

A.V. Fedorov² – Dr. Agr. Sci., Professor, Chief Researcher;

O.A. Ardaseva³ – Cand. Agr. Sci., Senior Researcher.

^{1,2,3} Federal State Budgetary Institution of Science "Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences", department of Plant Introduction and Acclimatization

34, Tatyana Baramzinoi Street, Izhevsk, Udmurt Republic, Russia, 426067

¹oiar@udman.ru, ²musihin.sergei87@yandex.ru, ³o.ardashewa@udman.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contributions: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 06.10.2021; одобрена после рецензирования 12.10.2021; принята к публикации 24.11.2021. The article was submitted 06.10.2021; approved after reviewing 12.10.2021; accepted for publication 24.11.2021.