

Научная статья/Research Article

УДК 581.524.13

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-5-70-76

Татьяна Валерьевна Эбель¹, Светлана Ивановна Михайлова^{2✉}, Александр Леонович Эбель³

^{1,2,3}Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

^{2,3}Томский филиал Всероссийского центра карантина растений, Томск, Россия

¹ebeltanya@yandex.ru

²mikhailova.si@yandex.ru

³alex-08@mail2000.ru

АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТРЕХРЕБЕРНИКА НЕПАХУЧЕГО (*TRIPLEUROSPERMUM INODORUM* (L.) SCH. VIP.)

Цель исследования – изучение аллелопатической активности *T. inodorum* в лабораторных условиях в отношении семян и проростков кресс-салата (*Lepidium sativum* L.). Задачи: выявить влияние водных экстрактов разной концентрации сухой надземной части *T. inodorum* на динамику прорастания и начальный рост проростков тест-растения; сравнить аллелопатические эффекты *T. inodorum*, выявленные двумя способами биотестирования. Использовали классические методики определения аллелопатической активности растений путем биотестирования на семенах и проростках высших растений. Приготовление концентрированного (1 : 25) водного экстракта проводили методом горячей экстракции (4 г надземной части трехреберника заливали 100 мл кипящей воды и настаивали в течение 1 ч). Путем последовательного разбавления исходного экстракта получали растворы меньшей концентрации (1 : 50, 1 : 100 и 1 : 200). Полученные результаты свидетельствуют о высокой аллелопатической активности водных экстрактов сухой надземной части *T. inodorum*, которая выражается в снижении всхожести семян и торможении роста проростков. С увеличением концентрации водных экстрактов трехреберника закономерно снижаются размеры корня и гипокотила. Причем наиболее чувствительным органом тест-растения является корень, размеры которого при самой слабой концентрации (1 : 200) уменьшаются почти в 2 раза, в то время как размеры гипокотила уменьшаются незначительно. Более четкую концентрационную зависимость доза – эффект показали результаты биотестирования на удлинение корней. По мере увеличения концентрации экстрактов постепенно уменьшаются размеры корней кресс-салата, а индекс токсичности водных экстрактов увеличивается от 21,4 до 86,6 %.

Ключевые слова: сорные растения, *Tripleurospermum inodorum*, кресс-салат, аллелопатия, семена, всхожесть, проростки, индекс токсичности

Для цитирования: Эбель Т.В., Михайлова С.И., Эбель А.Л. Аллелопатическая активность трехреберника непахучего (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.) // Вестник КрасГАУ. 2024. № 5. С. 70–76. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-5-70-76.

Благодарности: исследования проведены в рамках НИР «Разработка методических рекомендаций по выявлению и идентификации трехреберника непахучего (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.)», выполняемой по государственному заданию Россельхознадзора.

Tatyana Valerievna Ebel¹, Svetlana Ivanovna Mikhailova^{2✉}, Alexander Leonovich Ebel³

^{1,2,3}National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

^{2,3}Tomsk branch of the All-Russian Plant Quarantine Center, Tomsk, Russia

¹ebeltanya@yandex.ru

²mikhailova.si@yandex.ru

³alex-08@mail2000.ru

**ALLELOPATHIC ACTIVITY OF THE SCENTLESS FALSE MAYWEED
(TRIPLEUROSPERMUM INODORUM (L.) SCH. BIP.)**

The purpose of research was to study the allelopathic activity of *T. inodorum* in laboratory conditions against seeds and seedlings of watercress (*Lepidium sativum* L.). Objectives: to identify the effect of aqueous extracts of different concentrations of the dry aerial part of *T. inodorum* on the dynamics of germination and the initial growth of test plant seedlings; to compare the allelopathic effects of *T. inodorum* identified by two biotesting methods. We used classical methods for determining the allelopathic activity of plants by biotesting on seeds and seedlings of higher plants. The preparation of a concentrated (1 : 25) aqueous extract was carried out using the hot extraction method (4 g of the above-ground part of the three-rib was poured into 100 ml of boiling water and infused for 1 hour). By successively diluting the initial extract, solutions of lower concentrations were obtained (1: 50, 1: 100 and 1: 200). The results obtained indicate a high allelopathic activity of aqueous extracts of the dry aerial part of *T. inodorum*, which is expressed in a decrease in seed germination and inhibition of seedling growth. With an increase in the concentration of aqueous extracts of three-ribs, the sizes of the root and hypocotyl naturally decrease. Moreover, the most sensitive organ of the test plant is the root, the size of which at the weakest concentration (1: 200) decreases by almost 2 times, while the size of the hypocotyl decreases slightly. A more clear concentration dose-effect relationship was shown by the results of biotesting for root elongation. As the concentration of extracts increases, the size of watercress roots gradually decreases, and the toxicity index of aqueous extracts increases from 21.4 to 86.6 %.

Keywords: weeds, *Tripleurospermum inodorum*, watercress, allelopathy, seeds, germination, seedlings, toxicity index

For citation: Ebel T.V., Mikhailova S.I., Ebel A.L. Allelopathic activity of the scentless false mayweed (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.) // Bulliten KrasSAU. 2024;(5): 70–76 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-5-70-76.

Acknowledgments: research was conducted within the framework of the research work "Development of methodological recommendations for detection and identification of *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.)", carried out under the state assignment of Rosselkhoz nadzor.

Введение. *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. (Asteraceae), трехреберник непахучий – широко распространенное на территории России сеgetально-рудеральное сорное растение, относящееся к группе двудольных однолетних зимующих сорняков. Считается обременительным сорняком в таежной зоне России, где часто встречается в посевах, на залежах, в рудеральных местообитаниях. Является одним из главных засорителей посевов озимой пшеницы в Центральном Нечерноземье РФ, достигая в отдельные сезоны 60–80 % от общего количества сорняков в ценозе [1]. В Сибири *T. inodorum* является инвазивным видом, включен в «Черную книгу флоры Сибири» [2]. В большинстве сибирских регионов отмечен в статусе 2 – чужеродные виды, активно расселяющиеся и натурализующиеся в нарушенных полустественных и естественных местообитаниях.

Вредоносность *T. inodorum* складывается из следующих воздействий в местах засорения: уменьшает освещенность почвы и возделываемых растений, иссушает корнеобитаемый слой почвы и снижает ее плодородие, является ре-

зерватом возбудителей болезней культурных растений и прибежищем для вредных насекомых, затрудняет работу сельскохозяйственной техники, засоряет семена сельскохозяйственных культур [3].

Один из аспектов воздействия растений на другие организмы – аллелопатическая активность, выражающаяся, в частности, в фитотоксичности и способности подавлять прорастание семян разных видов [4–6]. Высокая аллелопатическая активность экстрактов травы и корней *T. inodorum* в отношении прорастания разных видов сельскохозяйственных культур отмечена в ряде работ российских и зарубежных исследователей [7–10]. Этанольный экстракт цветков *T. inodorum* оказывает ингибирующее действие на прорастание семян и рост кресс-салата, а также обладает фунгицидным свойством в отношении возбудителя альтернариоза картофеля (*Alternaria solani* Sorauer.) [10], что, по мнению авторов, перспективно для изучения данного растения в качестве источника для получения биопестицидных средств.

Цель исследования – изучение аллелопатической активности *T. inodorum* в лабораторных условиях в отношении семян и проростков кресс-салата (*Lepidium sativum* L.).

Задачи: выявить влияние водных экстрактов разной концентрации надземной части *T. inodorum* на показатели всхожести и начального роста проростков тест-растения, а также сравнить аллелопатические эффекты *T. inodorum*, выявленные различными способами биотестирования.

Объекты и методы. Объектом исследования являлась надземная часть *T. inodorum*. Сырье собрано в фазу цветения – начала плодоношения трехреберника (01.08.2023) на залежи в окр. г. Томска. Сырье высушено воздушно-сухим способом и затем измельчено на кофемолке Bosch MKM 6003.

Определение аллелопатической активности водных экстрактов сухой надземной части *T. inodorum* проводили методом биотестирования. В работе использовали классические методики определения аллелопатической активности растений путем биотестирования на семенах и проростках высших растений [11–12].

Для получения исходного 4 %-го водного экстракта 4 г сухого сырья *T. inodorum* помещали в коническую колбу и заливали 100 мл кипящей дистиллированной воды, настаивали в течение 1 ч, периодически встряхивая колбу. Настой надземной части фильтровали через бумажный фильтр (желтая лента) и готовили экстракты более слабой концентрации (1 : 50, 1 : 100 и 1 : 200) путем последовательного разбавления.

Биотестирование на семенах кресс-салата (опыт № 1)

Биотестирование проводили в лабораторных условиях путем проращивания семян кресс-салата сорта Данский в чашках Петри диаметром 9 мм. Семена тест-растения в количестве 20 шт. помещали на ложе из фильтровальной бумаги (синяя лента) и увлажняли 6 мл водного экстракта травы трехреберника определенной концентрации. В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Повторность опыта четырехкратная.

Учет всхожести семян кресс-салата проводили ежедневно в течение 5 дней с учетом условий проращивания данного вида (ГОСТ 12038-84). На 3-й день после закладки опыта проводили измерение морфологических параметров (длина корней и гипокотилия) проростков кресс-салата.

Биотестирование на проростках кресс-салата (опыт № 2)

Использована методика «биотестирование на удлинение корней» («root elongation bioassay») [12]. В опыте использовали предварительно проросшие в течение 24 ч на дистиллированной воде семена кресс-салата сорта Данский с длиной корня 3–4 мм. 20 шт. проросших семян помещали в чашки Петри, увлажненные водными экстрактами надземной части трехреберника разной концентрации (1 : 25, 1 : 50, 1 : 100, 1 : 200). В контрольном варианте проростки выращивали на дистиллированной воде. Через 48 ч выращивания при температуре 22–24 °С проводили измерение длины корней проростков.

Индекс токсичности водных экстрактов *T. inodorum* рассчитывали по формуле

$$IT, \% = (Lk - Lo) / (Lk) \cdot 100,$$

где IT – индекс токсичности, %; Lk – длина корня в контроле, мм; Lo – длина корня в опыте, мм.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью программ MS Excel 2013 и Statistica 8.0. В таблицах представлены средние арифметические значения в форме «среднее ± ошибка среднего» и коэффициент вариации (CV, %).

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных экспериментов установлены особенности аллелопатического влияния водных экстрактов сухой надземной части трехреберника запашистого на семена и проростки кресс-салата.

Воздействие водных экстрактов *T. inodorum* на динамику прорастания семян тест-растения было изучено с учетом его биологических особенностей (быстрое и дружное прорастание в контрольных условиях) (табл. 1).

**Влияние водных экстрактов надземной части *Tripleurospermum inodorum*
на прорастание семян кресс-салата**

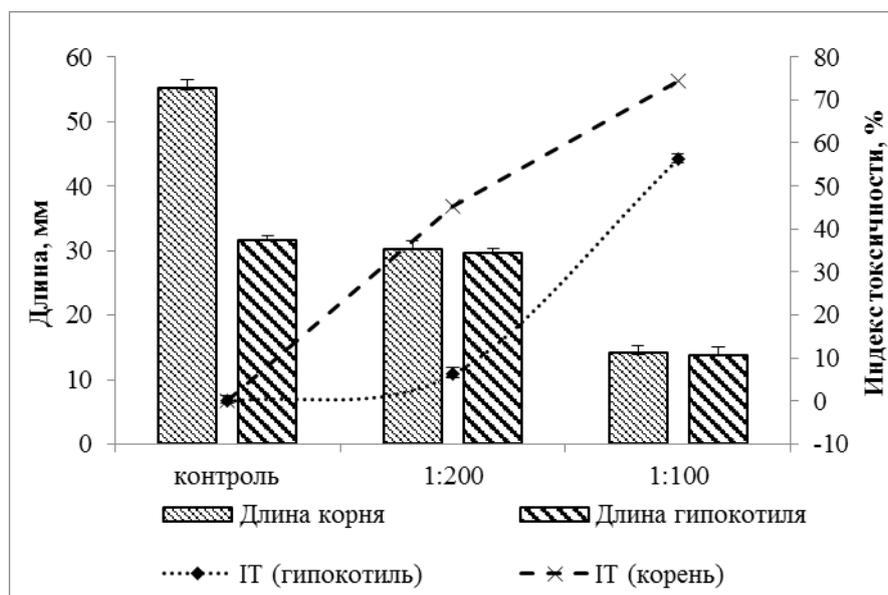
Вариант опыта	Всхожесть, %				
	1 день	2 дня	3 дня	4 дня	5 дней
Контроль	90,0 ± 3,5	90,0 ± 3,5	95,0 ± 2,5	95,0 ± 2,5	95,0 ± 2,5
1 : 200	57,5 ± 4,2*	90,0 ± 6,1	92,5 ± 4,1	92,5 ± 4,1	92,5 ± 4,1
1 : 100	0	52,5 ± 2,2*	62,5 ± 6,5*	80,0 ± 6,1*	87,5 ± 8,2
1 : 50	0	0	0	0	0
1 : 25	0	0	0	0	0

* Статистически достоверное различие между выборкой и контролем: $P < 0,05$.

Различия между вариантами опыта наблюдаются уже через один день после постановки опыта. В контрольном варианте всхожесть семян кресс-салата уже на 3-й день (срок учета энергии прорастания) достигает максимального значения и в дальнейшем не изменяется. При слабой концентрации экстракта (1 : 200) несколько замедляется ход прорастания, но к конечной дате (учет всхожести на 5-й день) практически не отличается от контрольного вариан-

та. При концентрации 1 : 100 наблюдаются более значительные изменения: замедление прорастания и уменьшение показателей энергии прорастания и всхожести тест-растения. В течение 5 дней опыта не отмечено прорастания семян кресс-салата на концентрациях экстракта 1 : 50 и 1 : 25.

На рисунке представлены усредненные результаты морфологических параметров проростков кресс-салата, полученные в опыте № 1.



*Влияние водных экстрактов надземной части *Tripleurospermum inodorum*
на начальный рост проростков кресс-салата*

С увеличением концентрации водных экстрактов трехреберника закономерно снижаются размеры корня и гипокотыля. Причем наиболее чувствительным органом тест-растения является корень, размеры которого при самой слабой концентрации (1 : 200) уменьшаются почти в 2 раза, в то время как размеры гипокотыля уменьшаются

незначительно. Аналогичная особенность (большая чувствительность корней к действию аллелопатических веществ по сравнению с гипокотилем) указывается во многих работах. Например, по данным R. Baličević и M. Ravlić [9], изучавших аллелопатическую активность водных экстрактов *T. inodorum*, наиболее чувствительным парамет-

ром явилась длина корней тест-растения (моркови). Она снижалась при всех испытанных концентрациях (1, 5 и 10 %) и сильно варьировала в зависимости от концентрации и использованной части растения, в то время как длина побегов как возрастала, так и снижалась.

В данном опыте нам не удалось оценить влияние высоких концентраций (1 : 50 и 1 : 25) трехреберника на развитие проростков кресс-салата, так как на момент измерения проростки отсутствовали. Не исключено, что торможение

прорастания семян кресс-салата под влиянием высококонцентрированных экстрактов трехреберника может быть вызвано состоянием индуцированного покоя. Такое явление может быть спровоцировано разными факторами (аллелохимические вещества, температурный стресс) [13, 14].

Более ясную картину концентрационной зависимости доза – эффект показали результаты второго опыта («биотестирование на удлинение корней») (табл. 2).

Таблица 2

Влияние водных экстрактов надземной части *Tripleurospermum inodorum* на длину корней проростков кресс-салата («root elongation bioassay»)

Вариант опыта	Длина, мм	Min–max, мм	CV, %	IT, %
Контроль	43,9 ± 1,8	30–57	18,2	0
1 : 200	34,5 ± 1,6*	23–50	21,2	21,4
1 : 100	28,3 ± 1,3*	19–40	20,5	35,5
1 : 50	17,5 ± 1,2*	9–26	31,4	60,1
1 : 25	5,9 ± 0,9*	3–19	67,7	86,6

* Статистически достоверное различие между выборкой и контролем: $P < 0,05$.

По мере увеличения концентрации экстрактов постепенно уменьшаются размеры корней кресс-салата, а индекс токсичности увеличивается от 21,4 до 86,6 %. Под действием экстракта *T. inodorum* максимальной концентрации (1 : 25) резко уменьшается длина корня тест-растения. Причем у значительной части (55 %) проростков корни не растут, оставаясь на исходном до начала опыта уровне (3–4 мм). Это отражается на статистических показателях выборки: коэффициент вариации увеличивается до 67,7 %.

Заключение. В результате проведенного исследования выявлена аллелопатическая активность водных экстрактов разной концентрации (от 1 : 25 до 1 : 200) сухой надземной части *T. inodorum*, собранной в фазу цветения – начала плодоношения. Испытанные экстракты вызвали снижение всхожести семян и размеров проростков тест-растения (кресс-салата). Четкая зависимость доза – эффект проявляется в опыте на удлинение корней проростков («root elongation bioassay»), что позволяет эффективно использовать этот способ для дальнейшего изучения аллелопатической активности образцов данного вида.

Список источников

1. Итоги многолетнего изучения осеннего применения гербицидов в посевах озимой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья РФ / Ю.Я. Спиридонов [и др.] // Агрехимия. 2017. № 8. С. 53–67. DOI: 10.7868/S0002188117080075.
2. Черная книга флоры Сибири / науч. ред. Ю.К. Виноградова, отв. ред. А.Н. Куприянов; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние; ФИЦ угля и углехимии. Новосибирск: Гео, 2016. 440 с.
3. Трехреберник прорывающийся *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. URL: <https://kccc.ru/handbook/weeds/tripleurospermum-inodorum> (дата обращения: 30.03.2023).
4. Кондратьев М.Н., Ларикова Ю.С. Роль аллелопатии в инвазии растительных видов (обзор) // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 2. С. 48–61. DOI: 10.26897/0021-342X-2018-2-48-61.
5. Кондратьев М.Н., Ларикова Ю.С. Аллелопатия как механизм взаимодействия между растениями, растениями и насекомыми, растениями и микроорганизмами // Аграр-

- ная наука. 2019. № S2. С. 57–61. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-57-61.
6. Уфимцев В.И., Беланов И.П. Аллелопатический режим в фитогенном поле сосны обыкновенной на техногенных элювиях Кузбасса // Вестник КрасГАУ. 2016. № 2 (113). С. 8–13.
 7. Mazirov M.A., Arefieva V.A. Allelopathic potential of weeds under the minimalization of soil treatment // Eurasian Journal of Soil Science. 2014. Т. 3, № 1. С. 25–27.
 8. Allelopathic effect of scentless mayweed and field poppy on seed germination and initial growth of winter wheat and winter barley / M. Ravlić [et al.] // Herbologia. 2012. Vol. 13. № 2. P. 1–7.
 9. Baličević R., Ravlić M. Allelopathic effect of scentless mayweed extracts on carrot // Herbologia. 2015. Vol. 15, № 1. P. 11–18. DOI: 10.5644/Herb.15.1.02
 10. Antimicrobial activity of scentless mayweed flowers (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.) against phytopathogenic microorganisms / E.N. Nikitin [et al.] // AIP Conference Proceedings. 4th International Conference on Modern Synthetic Methodologies for Creating Drugs and Functional Materials, MOSM 2020. American Institute of Physics Inc., 2021. С. 030029.
 11. Phytotoxic potential and biological activity of three synthetic coumarin derivatives as new natural-like herbicides / F. Araniti [et al.] // Molecules. 2015. № 20. P. 17883–17902. DOI: 10.3390/molecules201017883.
 12. Biological features of *Amaranthus blitum* L. and *A. retroflexus* L. invading potato plantings / S.I. Mikhailova [и др.] // Acta Biologica Sibirica. 2022. № 8: P. 781–791. DOI: 10.14258/abs.v8.e49.
 13. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Возникновение индуцированного покоя у семян овощных зонтичных культур под действием аллелопатически активных веществ // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 5. С. 714–721. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.714rus.
 14. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Еремина Н.А. Развитие зародыша семян укропа после воздействия кратковременного температурного стресса // Вестник НГАУ. 2021. № 2 (59). С. 7–17. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-7-17.
- ## References
1. Itogi mnogoletnego izucheniya osennogo primeneniya gerbicidov v posevah ozimoy pshenicy v usloviyah Central'nogo Nechernozem'ya RF / Yu.Ya Spiridonov [i dr.] // Agrohimiya. 2017. № 8. S. 53–67. DOI: 10.7868/S0002188117080075.
 2. Chernaya kniga flory Sibiri / nauch. red. Yu.K. Vinogradova, otv. red. A.N. Kupriyanov; Ros. akad. nauk, Sib. otd-nie; FIC uglya i uglehimii. Novosibirsk: Geo, 2016. 440 s.
 3. Trehrebnik prodyryavlennyy *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. URL: <https://kcc.ru/handbook/weeds/tripleurospermum-inodorum> (data obrascheniya: 30.03.2023).
 4. Kondrat'ev M.N., Larikova Yu.S. Rol' allelopatii v invazii rastitel'nyh vidov (obzor) // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 2. S. 48–61. DOI: 10.26897/0021-342X-2018-2-48-61.
 5. Kondrat'ev M.N., Larikova Yu.S. Allelopatiya kak mehanizm vzaimodejstviya mezhdru rasteniyami, rasteniyami i nasekomymi, rasteniyami i mikroorganizmami // Agrarnaya nauka. 2019. № S2. S. 57–61. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-57-61.
 6. Ufimcev V.I., Belanov I.P. Allelopaticheskiy rezhim v fitogenom pole sosny obyknovnoy na tehnogennyh `elyuviyah Kuzbassa // Vestnik KrasGAU. 2016. № 2 (113). S. 8–13.
 7. Mazirov M.A., Arefieva V.A. Allelopathic potential of weeds under the minimalization of soil treatment // Eurasian Journal of Soil Science. 2014. Т. 3, № 1. S. 25–27.
 8. Allelopathic effect of scentless mayweed and field poppy on seed germination and initial growth of winter wheat and winter barley / M. Ravlić [et al.] // Herbologia. 2012. Vol. 13. № 2. P. 1–7.
 9. Baličević R., Ravlić M. Allelopathic effect of scentless mayweed extracts on carrot // Herbologia. 2015. Vol. 15, № 1. P. 11–18. DOI: 10.5644/Herb.15.1.02.
 10. Antimicrobial activity of scentless mayweed flowers (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.) against phytopathogenic microorganisms / E.N. Nikitin [et al.] // AIP Conference Proceedings. 4th International Conference on Modern Synthetic Methodologies for Creating Drugs and Functional Materials, MOSM 2020. American Institute of Physics Inc., 2021. S. 030029.

11. Phytotoxic potential and biological activity of three synthetic coumarin derivatives as new natural-like herbicides / F. Araniti [et al.] // *Molecules*. 2015. № 20. P. 17883–17902. DOI: 10.3390/molecules201017883.
12. Biological features of *Amaranthus blitum* L. and *A. retroflexus* L. invading potato plantings / S.I. Mikhailova [i dr.] // *Acta Biologica Sibirica*. 2022. № 8: P. 781–791. DOI: 10.14258/abs.v8.e49.
13. Buharov A.F., Baleev D.N. Vozniknovenie inducirovannogo pokoяa u semyan ovoschnyh zontichnyh kul'tur pod dejstviem allelopatischeski aktivnyh veschestv // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2016. T. 51, № 5. S. 714–721. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.714rus.
14. Buharov A.F., Baleev D.N., Eremina N.A. Razvitie zarodysha semyan ukropa posle vozdejstviya kratkovremennogo temperaturenogo stressa // *Vestnik NGAU*. 2021. № 2 (59). S. 7–17. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-7-17.

Статья принята к публикации 23.04.2024 / The article accepted for publication 23.04.2024.

Информация об авторах:

Татьяна Валерьевна Эбель¹, научный сотрудник

Светлана Ивановна Михайлова², старший научный сотрудник, доцент кафедры сельскохозяйственной биологии, кандидат биологических наук, доцент

Александр Леонович Эбель³, профессор кафедры ботаники, ведущий научный сотрудник, доктор биологических наук, доцент

Information about the authors:

Tatyana Valerievna Ebel¹, Researcher

Svetlana Ivanovna Mikhailova², Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Agricultural Biology, Candidate of Biological Sciences, Docent

Alexander Leonovich Ebel³, Professor at the Department of Botany, Leading Researcher, Doctor of Biological Sciences, Docent

