



Развитие болезней на *Vicia faba* L. при обработке семян энтомопатогенным грибом *Metarhizium robertsii* (Metchnikoff) Sorokin

✉ Ашмарина Л.Ф.

Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: alf8@yandex.ru

Кормовые бобы (*Vicia faba* L.) – ценная белковая культура, имеющая большое продовольственное значение. При возделывании в условиях Западной Сибири они поражаются целым комплексом болезней, снижающих не только качество продукции, но и приносящих значительные потери урожая. Изучено влияние энтомопатогенного гриба *Metarhizium robertsii* на развитие болезней на бобах кормовых сорта Сибирские. Полевые исследования проведены в 2019–2023 гг. на стационаре, расположенном в северной лесостепи Приобья Новосибирской области, по общепринятым методам. В качестве объекта исследований использовали штамм энтомопатогенного гриба *M. robertsii* (P-72). Полевой эксперимент включал обработку семян кормовых бобов сорта Сибирские суспензией *M. robertsii* концентрацией 5×10^7 конидий/мл из расчета 2,5 л на 20 кг семян. Исследования показали, что обработка эндофитным энтомопатогенным грибом семян кормовых бобов *M. robertsii*, выращенных в полевых условиях, повышает устойчивость растений к комплексу заболеваний. Наиболее сильно в агроценозе бобов отмечено ежегодное проявление пятнистостей разной этиологии (виды рода *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium* и др.) – от 39,2 до 100%. При применении *M. robertsii* выявлено достоверное снижение развития болезни практически за все годы наблюдений. Растения после обработки в меньшей степени поражались корневыми гнилями, фузариозом, мозаикой, мучнистой росой и другими пятнистостями. Этот эффект отмечен во время всего периода вегетации бобов в течение 2019–2023 гг. при разных погодных условиях, что свидетельствует о положительном фитосанитарном действии и перспективе его использования в качестве агента биологического контроля в агроценозе сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: болезнь, кормовые бобы, *Vicia faba*, обработка семян, *Metarhizium robertsii*, развитие болезни, распространенность

Development of diseases on *Vicia faba* L. when treating seeds with the entomopathogenic fungus *Metarhizium robertsii* (Metchnikoff) Sorokin

✉ Ashmarina L.F.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: alf8@yandex.ru

Broad beans (*Vicia faba* L.), as a valuable protein crop, are of great food importance. When grown in Western Siberia, they are affected by a whole range of diseases that not only reduce the quality of the product, but also cause significant crop losses. The influence of the entomopathogenic fungus *Metarhizium robertsii* on the development of diseases on broad beans of the Sibirskie variety was studied. Field studies were conducted in 2019–2023 at a station located in the northern forest-steppe of the Ob region of the Novosibirsk region, using the generally accepted methods. The strain of the entomopathogenic fungus *M. robertsii* (P-72) was used as the object of research. The field experiment included treating the seeds of the Sibirskie variety of broad beans with a suspension of *M. robertsii* at a concentration of 5×10^7 conidia/ml at a rate of 2.5 l per 20 kg of seeds. The studies

have shown that treatment of field-grown broad bean seeds with the endophytic entomopathogenic fungus *M. robertsii* increases plant resistance to a range of diseases. The most pronounced annual occurrence of spotting of various etiologies (species of the genus *Alternaria*, *Cladosporium* and *Fusarium*, etc.) in the bean agrocenosis is from 39.2 to 100%. When using *M. robertsii*, a reliable reduction in the development of the disease was revealed in almost all years of observation. After treatment, the plants were less affected by root rot, fusariosis, mosaic, powdery mildew and other spotting. This effect was observed during the entire period of bean vegetation during 2019–2023 under different weather conditions, which indicates a positive phytosanitary effect and the prospect of its use as a biological control agent in the agrocenosis of agricultural crops.

Keywords: disease, broad beans, *Vicia faba*, seed treatment, *Metarhizium robertsii*, disease development, prevalence

Для цитирования: Ашмарина Л.Ф. Развитие болезней на *Vicia faba* L. при обработке семян энтомопатогенным грибом *Metarhizium robertsii* (Metchnikoff) Sorokin // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2025. Т. 55. № 7. С. 56–61. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-7-6>

For citation: Ashmarina L.F. Development of diseases on *Vicia faba* L. when treating seeds with the entomopathogenic fungus *Metarhizium robertsii* (Metchnikoff) Sorokin. *Sibirskii vestnik sel'skhoz'yastvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2025, vol. 55, no. 7, pp. 56–61. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-7-6>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Кормовые бобы (*Vicia faba* L.) – ценная белковая культура, имеющая большое продовольственное значение. Во всем мире проблеме защите их от вредных организмов уделяется большое значение [1–3]. При их возделывании в условиях Западной Сибири они также поражаются целым комплексом болезней, снижающих не только качество продукции, но приносящих значительные потери урожая^{1, 2}. Одним из экологически безопасных подходов и приемов, снижающих вредность болезней и повышающих урожайность сельскохозяйственных культур, является использование в сельскохозяйственном производстве полезных микроорганизмов, таких как энтомопатогенные грибы, в частности *Metarhizium robertsii* [4, 5].

Энтомопатогенные грибы способны колонизировать различные растения, при этом обладают рядом положительных свойств: транслоцируют азот, полученный насекомыми, стимулируют рост растений и урожайность сельскохозяйственных культур, а так-

же ингибируют развитие фитофагов и фитопатогенов³ [6]. Рядом исследований показана положительная роль *M. robertsii* в улучшении роста и развития растений, повышении эффективности использования питательных веществ, увеличении устойчивости к абиотическим стрессам, снижении развития и распространности болезней и вредителей [7, 8].

Цель исследования – изучить влияние энтомопатогенного гриба *M. robertsii* на развитие болезней на бобах кормовых сорта Сибирские.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проведены в 2019–2023 гг. на стационаре Сибирского института кормов Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук, расположенном в северной лесостепи Приобья Новосибирской области, по общепринятым методам. В качестве объекта исследований использовали штамм энтомопатогенного гриба *M. robertsii* (P-72), полученный из коллекции микроорганизмов Ин-

¹Ашмарина Л.Ф., Горобей И.М., Коняева Н.М., Агаркова З.В. Атлас болезней кормовых культур в Западной Сибири: монография. Новосибирск, 2010. 173 с.

²Ашмарина Л.Ф., Коняева Н.М., Агаркова З.В., Любимец Ю.В. Вредные организмы кормовых культур в Западной Сибири и меры борьбы с ними. Новосибирск, 2017. 64 с.

³Ownley B.H., Gwinn K.D., Vega F.E. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution // *BioControl*. 2010. Vol. 55. P. 113–128. DOI: 10.1007/s10526-009-9241-x.

ститута систематики и экологии животных Сибирского отделения Российской академии наук. Полевой эксперимент включал обработку семян кормовых бобов сорта Сибирские суспензией *M. robertsii* концентрацией 5×10^7 конидий/мл из расчета 2,5 л на 20 кг семян. Размещение вариантов в опыте систематическое, в пятикратной повторности, с нормой высева 400 тыс. всхожих зерен/га, учетная площадь делянки 39 м².

После обработки семян бобов грибом *M. robertsii* отбирали образцы семенного материала для анализа эффективности их действия на фитопатогены по стандартным методикам. В полевых исследованиях использовали естественные нагрузки возбудителей корневой гнили в почве, передаваемые почвой и семенами. Визуальные учеты поражения растений различными болезнями проводили по общепринятым методикам. В фазу стеблевания отбирали растения бобов для микологического анализа на их зараженность возбудителями корневой гнили.

Годы исследований различались по метеоусловиям и охватывали весь спектр погодных условий.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что взятые для данного эксперимента семена бобов *M. robertsii* изначально были значительно инфицированы возбудителями корневых гнилей. В среднем за 2019–2023 гг. в контроле зараженность видами рода *Alternaria* составила 31%, *Cladosporium* – от 16%, *Fusarium* – до 13%. Анализ зараженности посевного материала показал, что обработка семян бобов суспензией *M. robertsii* достоверно (значимость по тесту χ -квадрат ($p < 0,05$)) угнетала развитие фитопатогенов, распространенных на семенах: виды рода *Alternaria* (в 3,9 раза), *Cladosporium* (в 16,0), *Fusarium* (в 4,3 раза) (см. табл. 1).

Заселенность семян *M. robertsii* колебалась по годам от 58 до 79% и в среднем составила 69%. Обработка семян бобов грибом *M. robertsii* снижала развитие представителей плесневых грибов: видов рода *Aspergillus* в 3,3 раза, *Penicillium* – в 2,4 раза.

Подтверждением положительного влияния обработки семян бобов грибом *M. robertsii* на фитосанитарное состояние растений являются результаты анализа на корневую гниль (см. рис. 1). Установлено, что индекс развития

Табл. 1. Заселенность посевных семян кормовых бобов (2019–2023), %

Table 1. Colonization of sowing seeds of broad beans (2019–2023), %

Вариант	<i>Alternaria</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>M. robertsii</i>	<i>Mucor</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Trichothecium</i>	Другие
<i>M. robertsii</i>	8*	4*	1*	3*	69*	3*	7*	0*	1*	0
Контроль	31	13	16	13	0	8	17	1	0	1

*Значимость по тесту χ -квадрат ($p < 0,05$).

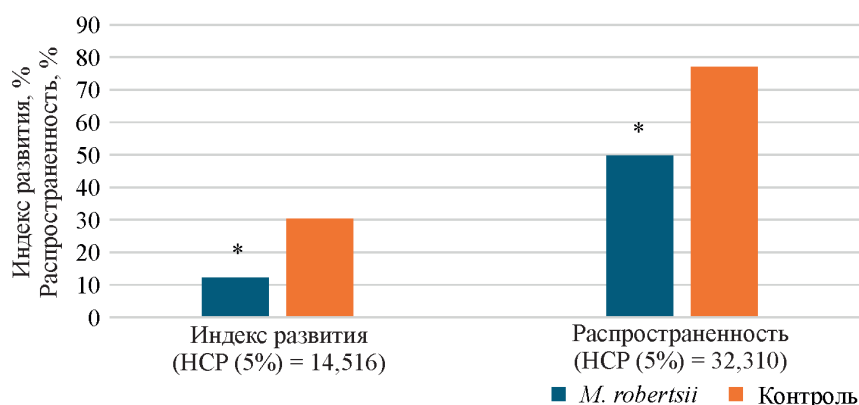


Рис. 1. Развитие корневой гнили кормовых бобов. * Значимость отличия

Fig. 1. Development of root rot of broad beans. * Significance of difference

болезни достоверно снижались (в 2,5 раза ниже порога вредоносности) у растений с обработанными грибом семенами. Для распространённости болезни также выявлена тенденция снижения в 1,6 раза этого показателя.

Микологический анализ заселённости оснований стеблей кормовых бобов показал, что в патогенезе этого заболевания участвуют как представители семенной инфекции, так и почвенной – виды рода *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium* и др. Обработка семян достоверно снижала заражённость растений этими патогенами (см. табл. 2).

Развитие листостеблевых болезней за годы исследований было различным, но наиболее интенсивно оно проявлялось к концу вегетации, к фазе молочной спелости (80 дней после посева) (см. рис. 2).

Наиболее распространёнными болезнями в посевах бобов были мучнистая роса, мозаика, фузариоз, пятнистости и др. На уровень проявления болезней и их состав значительное влияние оказывали также погодные условия. Наиболее высокое значительное проявление мучнистой росы отмечено в 2021 г. (47,9% в контроле), что связано со значительным выпадением осадков в июне, наименьшее (11,6%) – в засушливом 2022 г. Выявлено до-

стоверное снижение развития болезни в 2020 и 2022 гг. В остальные годы, хотя была отмечена тенденция снижения болезни, достоверных различий не установлено. В среднем за годы исследований индекс развития болезни в контроле составил 51,7%, обработка семян грибом *M. robertsii* снижала развитие болезни в 1,6 раза, улучшая фитосанитарное состояние посевов.

Наиболее сильно в агроценозе бобов отмечено ежегодное проявление пятнистостей разной этиологии (виды рода *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium* и др.) – от 39,2 до 100%. При применении *M. robertsii* выявлено достоверное снижение развития болезни практически за все годы наблюдений.

В последние годы в посевах кормовых бобов отмечено увеличение развития такого вредоносного заболевания, как фузариоз, который приводит растения к полной гибели. В среднем за годы наблюдений уровень развития болезни достигал 25,9%, в то время как в варианте с обработкой грибом он снижался в 2,4 раза.

Проведённые исследования в условиях Западной Сибири показали, что обработка семян кормовых бобов *V. faba*, выращенных в полевых условиях, грибом *M. robertsii* повышает устойчивость растений к комплексу заболе-

Табл. 2. Заселённость оснований стеблей кормовых бобов, %

Table 2. Colonization of the stem bases of broad beans, %

Вариант	<i>Alternaria</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Mucor</i>	<i>Penicillium</i>	Другие
<i>M. robertsii</i>	23*	1	3*	47*	2*	3	3
Контроль	40	2	7	64	31	4	5

*Значимость по тесту χ -квадрат ($p < 0,05$).

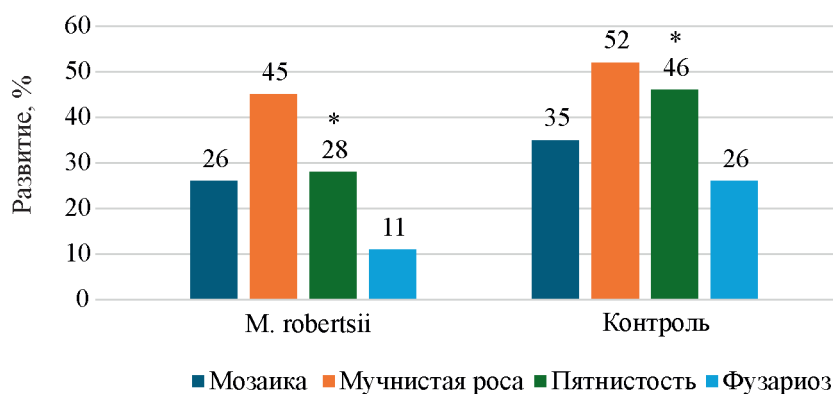


Рис. 2. Развитие болезней на кормовых бобах. * Значимость отличия

Fig. 2. Development of diseases on broad beans. * Significance of difference

ваний. Растения после обработки в меньшей степени поражались корневыми гнилями, мозаикой, фузариозом, мучнистой росой и различными пятнистостями. Как свидетельствуют литературные данные, энтомопатогенные виды рода *Metarhizium* могут колонизировать широкий круг растений, включая бобовые [4, 9].

Механизм действия эндофитных энтомопатогенных грибов рода *Metarhizium* против фитопатогенных грибов до конца не ясен. Предполагается, что они способствуют повышению устойчивости растений к болезням за счет антибиоза, выделения литических ферментов и вторичных метаболитов, повышения индукции устойчивости растений, конкуренции с патогенами и др.⁴ [10]. Способность *M. robertsii* действовать антагонистически по отношению к фитопатогенам может быть связана с различными механизмами [6]. Однако они достаточно сложны и до конца не выяснены^{5, 6}. Существует несколько механизмов антагонистической способности эндофитов: конкуренция за нишу или ресурсы, антибиоз, паразитизм и индуцированная системная резистентность⁷. По мнению других авторов, они могут устанавливать межвидовые взаимодействия, и защита от нападения патогена осуществляется как прямыми механизмами, такими как конкуренция, паразитизм и антибиоз (выработка первичных и вторичных метаболитов, ферментов или летучих соединений), так и косвенными механизмами, такими как индукция резистентности.

Полученные нами результаты и приведенные литературные данные свидетельствуют о многофункциональном действии *M. robertsii* на растение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что обработка семян кормовых бобов *V. faba* грибом *M. robertsii* повышает устойчивость растений к комплексу заболеваний в полевых условиях.

Растения после обработки в меньшей степени поражались корневыми гнилями, фузариозом, мозаикой, мучнистой росой и другими пятнистостями. Этот эффект наблюдали во время всего периода вегетации бобов в течение всех исследуемых лет, что свидетельствует о положительном фитосанитарном действии и перспективе его использования в качестве агента биологического контроля в агроценозе сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sawei A., Azzu Y., Duzan A., Abughnia A. Isolation and Identification of Fungal Diseases of Broad bean (*Vicia faba* L.) in Ain-Zara region, Tripoli, Libya // Journal of Medical and Applied Sciences. 2024. Vol. 7. N 1. P. 156–159. DOI: 10.54361/ajmas.2471025.
2. Yu H., Yang F., Hu C., Yang X., Zheng A., Wang Y., Tang Y., He Y., Lv M. Production status and research advancement on root rot disease of faba bean (*Vicia faba* L.) in China // Frontiers in Plant Science. 2023. N 14. P. 1165658. DOI: 10.3389/fpls.2023.1165658.
3. Wei T., Luo M., Zhang H., Jia W., Zeng Y., Jiang Y. First Report of Leaf Spot Disease Associated with Faba Bean (*Vicia faba*) Caused by *Pestalotiopsis rosea* in China // Plant disease. 2023. Apr 20. DOI: 10.1094/PDIS-12-22-2920-PDN.
4. Hu S., Bidochka M.J. Root colonization by endophytic insect pathogenic fungi // Applied Microbiology. 2021. Vol. 130. N 2. P. 570–581. DOI: 10.1111/jam.14503.
5. Vega F.E. The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review // Journal of Forest Science. 2018. Vol. 110. N 1. P. 4–30. DOI: 10.1080/00275514.2017.1418578.
6. Barra-Bucarei L., France A., Millas P. Crossing Frontiers: Endophytic Entomopathogenic Fungi for Biological Control of Plant Diseases // Entomophytes for Growing World. 2019. P. 67–92. DOI: 10.1017/9781108607667.005.

⁴Ownley B.H., Griffin M.R., Klingeman W.E., Gwinn K.D., Moulton J.K., Pereira R.M. *Beauveria bassiana*: endophytic colonization and plant disease control // J. Invertebr Pathol. 2008. N 3. P. 267–270.

⁵Ownley B., Gwinn K., Vega F. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution // BioControl. 2010. Vol. 55. P. 113–128. DOI: 10.1007/s10526-009-9241-x.

⁶Jaber L.R. Grapevine leaf tissue colonization by the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* sl and its effect against downy mildew // BioControl. 2015. Vol. 60 (1). P. 103–112.

⁷Arnold A.E., Mejía L.C., Kylo D., Rojas E.I., Maynard Z., Robbins N., Herre E.A. Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree // PNAS. 2003. N 100. P. 15649–15654.

7. Tomilova O.G., Shaldyaeva E.M., Kryukova N.A., Pilipova Y.V., Schmidt N.S., Danilov V.P., Kryukov V.Y., Glupov V.V. Entomopathogenic fungi decrease *Rhizoctonia* disease in potato in field conditions // *PeerJ*. 2020. N 8. P. e9895. DOI: 10.7717/peerj.9895.
8. Stone L.B.L., Bidochka M.J. The multifunctional lifestyles of *Metarhizium*: evolution and applications // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2020. Vol. 104. N 23. P. 9935–9945. DOI: 10.1007/s00253-020-10968-3.
9. Jaber L.R., Ownley B.H. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? // *Biological Control*. 2018. N 116. P. 36–45.
10. Fadji A.E., Babalola O.O. Elucidating Mechanisms of Endophytes Used in Plant Protection and Other Bioactivities with Multifunctional Prospects // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2020. N 8. P. 467. DOI: 10.3389/fbioe.2020.00467.

REFERENCES

1. Sawei A., Azzu Y., Duzan A., Abughnia A. Isolation and Identification of Fungal Diseases of Broad bean (*Vicia faba* L.) in Ain-Zara region, Tripoli, Libya. *Journal of Medical and Applied Sciences*, 2024, vol. 7, no. 1, pp. 156–159. DOI: 10.54361/ajmas.2471025.
2. Yu H., Yang F., Hu C., Yang X., Zheng A., Wang Y., Tang Y., He Y., Lv M. Production status and research advancement on root rot disease of faba bean (*Vicia faba* L.) in China. *Frontiers in Plant Science*, 2023, no. 14, p. 1165658. DOI: 10.3389/fpls.2023.1165658.
3. Wei T., Luo M., Zhang H., Jia W., Zeng Y., Jiang Y. First Report of Leaf Spot Disease Associated with

Faba Bean (*Vicia faba*) Caused by *Pestalotiopsis rosea* in China. *Plant disease*, 2023, apr 20. DOI: 10.1094/PDIS-12-22-2920-PDN.

4. Hu S., Bidochka M.J. Root colonization by endophytic insect pathogenic fungi. *Applied Microbiology*, 2021, vol. 130, no. 2, pp. 570–581. DOI: 10.1111/jam.14503.
5. Vega F.E. The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review. *Journal of Forest Science*, 2018, vol. 110, no. 1, pp. 4–30. DOI: 10.1080/00275514.2017.1418578.
6. Barra-Bucarei L., France A., Millas P. Crossing Frontiers: Endophytic Entomopathogenic Fungi for Biological Control of Plant Diseases. *Endophytes for Growing World*, 2019, pp. 67–92. DOI: 10.1017/9781108607667.005.
7. Tomilova O.G., Shaldyaeva E.M., Kryukova N.A., Pilipova Y.V., Schmidt N.S., Danilov V.P., Kryukov V.Y., Glupov V.V. Entomopathogenic fungi decrease *Rhizoctonia* disease in potato in field conditions. *PeerJ*, 2020, no. 8, p. e9895. DOI: 10.7717/peerj.9895.
8. Stone L.B.L., Bidochka M.J. The multifunctional lifestyles of *Metarhizium*: evolution and applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2020, vol. 104, no. 23, pp. 9935–9945. DOI: 10.1007/s00253-020-10968-3.
9. Jaber L.R., Ownley B.H. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biological Control*, 2018, no. 116, pp. 36–45.
10. Fadji A.E., Babalola O.O. Elucidating Mechanisms of Endophytes Used in Plant Protection and Other Bioactivities with Multifunctional Prospects. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 2020, no. 8, p. 467. DOI: 10.3389/fbioe.2020.00467.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Ашмарина Людмила Филипповна, главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук; SPIN-код 7774-9613; адрес для переписки: Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: alf8@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ Lyudmila F. Ashmarina, Head Researcher, Doctor of Science in Agriculture; SPIN-code 7774-9613; address: PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: alf8@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 03.03.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 18.04.2025
Дата публикации / Published 15.08.2025