

УДК 631.8

DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2024-4-27-35

НОВЫЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ ДЛЯ ЛЮЦЕРНЫ*

А.А. Гребенников, научный сотрудник
С.И. Костенко, кандидат сельскохозяйственных наук
В.И. Чернявских, доктор сельскохозяйственных наук
Е.В. Думачева, доктор биологических наук
П.В. Максимова, младший научный сотрудник
А.В. Гаар, научный сотрудник
А.В. Акимов, младший научный сотрудник

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»
141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1
cherniavskih@vniikormov.ru

NEW MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS FOR ALFALFA

A.A. Grebennikov, Researcher
S.I. Kostenko, Candidate of Agricultural Sciences
V.I. Chernyavskikh, Doctor of Agricultural Sciences
E.V. Dumacheva, Doctor of Biological Sciences
P.V. Maksimova, Junior Researcher
A.V. Gaar, Researcher
A.V. Akimov, Junior Researcher

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology
141055, Russia, Moscow Region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1
cherniavskih@vniikormov.ru

Проведены сравнительные испытания эффективности применения различных биопрепаратов на основе консорциумов микроорганизмов и грибных культур в полевых условиях и дана оценка их эффективности. Использовали препараты «Кормилица микориза» (Россия), МикоКроп® (Германия), «Биогор» (Россия). Показана эффективность обработки семян биопрепаратами. Растения люцерны изменчивой сорта Алексеевская 1, семена которых были обработаны препаратом «Биогор», имели дружные выровненные всходы, образовали лучше развитую корневую систему, что в дальнейшем выразилось в улучшении элементов структуры семенной и кормовой продуктивности, а также в достоверной прибавке урожая. Результаты дисперсионного анализа показали, что разница между вариантами обработки достоверна, и обработка консорциумом микроорганизмов и грибных культур «Биогор» оказывает положительное действие на урожайность зеленой массы, сухого ве-

*Работа выполнена при поддержке проекта N 075-15-2021-541 (внутренний номер 09.ССЦ.21.0008) по теме: Реализация направлений, соответствующих программе создания и развития «Центра по кормовым культурам для создания и внедрения в агропромышленный комплекс современных технологий на основе собственных разработок Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса» (ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»).

щества (СВ) и семян. Использование препарата серии «Биогор», содержащего консорциум полезных микроорганизмов, перспективно на люцерне: количество продуктивных стеблей увеличивается на 14,4%, количество соплодий — на 73,3%, количество бобов в соплодии — на 66,7%, масса 1000 семян — на 5,5%, урожайность СВ за два укоса — на 55,2%, урожайность семян люцерны — на 52,6%.

Ключевые слова: урожайность, люцерна изменчивая, микробиологическое удобрение, технология использования.

Comparative tests of the efficiency of using various biopreparations based on consortia of microorganisms and fungal cultures in field conditions were conducted and their efficiency was assessed. The following preparations were used: "Kormilitsa Mycorrhiza" (Russia), MikoKrop® (Germany), "Biogor" (Russia). The efficiency of seed treatment with biopreparations was demonstrated. Plants of the Alekseevskaya 1 alfalfa variety, the seeds of which were treated with the "Biogor" preparation, had friendly aligned shoots, formed a better developed root system, which subsequently resulted in an improvement in the elements of the structure of seed and fodder productivity, as well as a reliable increase in yield. The results of the dispersion analysis showed that the difference between the treatment options is reliable, and the treatment with the consortium of microorganisms and fungal cultures "Biogor" has a positive effect on the yield of green mass, dry matter and seeds. The use of the preparation of the "Biogor" series, containing a consortium of beneficial microorganisms, is promising for alfalfa: the number of productive stems increases by 14.4%, the number of fruitlets — by 73.3%, the number of beans in a fruitlet — by 66.7%, the weight of 1000 seeds — by 5.5%, the yield of dry matter in two cuts — by 55.2%, the yield of alfalfa seeds — by 52.6%.

Keywords: yield, variable alfalfa, microbiological fertilizer, technology of use.

Введение. Биологизация земледелия и развитие системы органического сельского хозяйства, на которое нацелено в настоящее время мировое сообщество, предусматривает создание страховочных механизмов, которые позволят защитить и растения, и почву в случае усиления антропогенной нагрузки [1; 2].

Важным направлением является биологическая рекультивация с использованием высокоэффективных культур микроорганизмов-антагонистов почвенных фитопатогенов, повышающих супрессивность почв. Предыдущими исследованиями коллектива авторов были разработаны теоретические положения и практические рекомендации по повышению плодородия эродированных почв, поддержанию их продуктивности при освоении почвозащитных, биологической и рекультивационной систем ланд-

шафтного земледелия, в том числе с использованием микробиологических препаратов [3; 4].

Потенциал растительно-микробного взаимодействия в агроценозах активно изучается учеными России и зарубежных стран [5; 6].

Доказана эффективность микоризо-содержащих препаратов на различных культурах.

В частности, показано, что в симбиозе с микоризными грибами повышается устойчивость люцерны к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям, а также ее продуктивность, улучшаются физические показатели качества семян. Использование бактериально-микоризных комплексов позволяет повысить эффективность функционирования растительно-микробных симбиозов и ассоциаций, культуру земледелия и снизить

пестицидную нагрузку на окружающую среду [7].

В научно-исследовательской лаборатории НТЦ «БИО» после ряда экспериментов была отработана технология получения мицелия на зерно-перлитном питательном субстрате, который обеспечивает лучший рост мицелия при хорошей технологичности этой смеси в ферментальном процессе, на специальных микробиологических составах. Была показана эффективность препарата при возделывании ряда сельскохозяйственных культур [8; 9]. Однако влияние препарата «Биогор» на бобовые травы ранее не изучалось.

Цель работы — провести оценку влияния различных биопрепаратов на основе эффективных микробиологических композиций и микоризных грибов на продуктивность люцерны изменчивой.

Материалы и методы. В 2023–2024 гг. проведены полевые опыты по возделыванию люцерны изменчивой сорта Алексеевская 1 с использованием новых микробиологических препаратов. Исследования проводили на первом году жизни растений в двух закладках опыта в полевом стационаре.

Методологической и теоретической основой научно-исследовательского проекта выступают положения следующих подходов и концепций: методологические подходы, разработанные в процессе исследований по повышению продуктивности эродированных почв; методики микробиологических исследований; методы статистической обработки и дисперсионного анализа [10; 11].

Повторность опыта четырехкратная. Площадь учетной делянки — 2,0 м². Делянки двухрядные.

Для обработки семян люцерны использовали четыре препарата:

1-й вариант — контроль, без обработки;

2-й вариант — препарат «Кормилица микориза» (Россия, ООО НВП «БашИнком», который содержит мицелий и формы гриба рода *Glomus*, колонизированные фрагменты корней, торф);

3-й вариант — препарат МикоКроп® (Германия, содержит грибы *Glomus proliferum*, *G. intraradices*, *G. etunicatum*, *G. mosseae*, носитель — гранулы глины;

4-й вариант — препарат «Биогор» (Россия, НТЦ «БИО», содержит микоризу и комплекс эффективных микроорганизмов).

Обработка семян (инокуляция) препаратами в вариантах 2 и 3 проводилась в соответствии с рекомендациями, изложенными в инструкциях по их применению. Обработка препаратом серии «Биогор» проводилась в процессе сева: через отдельные банки в сеялке, путем предварительного смешения семян с инокулянтom при загрузке сеялки.

Для оценки структуры урожая отобраны образцы с пробных площадок площадью 1 м² в четырехкратной повторности на каждой делянке во всех повторениях опыта.

Оценивали: количество продуктивных стеблей (шт./м²); количество соплодий на одном стебле (шт./1 стебель); количество бобов в соплодии (шт./1 соплодие); урожайность сухого вещества в среднем за два укоса (г/м²); урожайность семян (г/м²).

Уборку урожая проводили поделочно вручную.

Результаты и обсуждение. Препарат серии «Биогор», сочетающий в одном

продукте микоризные грибы и бактерии, показал свою высокую эффективность на люцерне первого года жизни на этапе формирования всходов. Растения, семена которых были обработаны препаратом серии «Биогор», имели дружные выровненные всходы, образовали лучше раз-

витую корневую систему, что в дальнейшем выразилось в достоверной прибавке урожая.

В таблице 1 приведены результаты оценки элементов продуктивности и урожайность люцерны в зависимости от использования биопрепаратов.

1. Формирование элементов продуктивности и урожайность люцерны в зависимости от использования биопрепаратов

Вариант опыта	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Количество соплодий на одном стебле, шт.	Количество бобов в соплодии, шт.	Масса 1000 семян, г	Урожайность СВ в среднем за 2 укоса, г/м ²	Урожайность семян, г/м ²
1-й – контроль	44,3	7,1	6,3	2,01	261,5	17,3
2-й – «Кормилица микориза»	45,2	11,6	8,3	2,03	304,7	18,6
3-й – МикоКроп®	48,6	10,9	9,2	2,08	318,3	21,2
4-й – «Биогор»	50,7	12,3	10,5	2,12	405,8	26,4
НСР ₀₅	4,2	1,4	1,4	0,03	56,9	4,2

В среднем наблюдалась тенденция увеличения числа продуктивных стеблей под действием обработки различными биопрепаратами. Однако препарат «Кормилица микориза» не оказал достоверного влияния на формирование числа продуктивных стеблей, в то время как под действием препаратов МикоКроп® и «Биогор» количество продуктивных стеблей достоверно увеличилось на 4,3–6,4 шт./м², или на 9,7–14,4 %.

Количество соплодий на одном стебле под действием обработки различными биопрепаратами увеличилось на 3,8–5,2 шт./стебель (53,5–73,3%). Максимальным показателем был в варианте с обработкой семян препаратом «Биогор».

Под действием обработки биопрепаратами наблюдалось существенное увеличение количества бобов в одном соплодии — на 2,0–4,2 шт. (31,7–66,7%).

Показатель массы 1000 семян является одним из ключевых и генетически обусловленных в формировании величины конечного урожая сельскохозяйственных растений. В среднем по опыту наблюдалась тенденция достоверного увеличения массы 1000 семян под действием обработки различными биопрепаратами только в вариантах 3 и 4 — на 3,5 и 5,5% соответственно. Максимальным показателем был в варианте с предпосевной обработкой семян препаратом «Биогор».

Урожайность СВ у люцерны в среднем за два укоса имела тенденцию к увеличению во всех вариантах опыта. Однако вариантах 2 и 3 разница была незначительной: опытные варианты превысили контроль на 43,2–56,8 г/м². В 4-ом варианте разница между опытным и контрольным вариантами была существенной — 144,3 г/м² (55,2%).

Аналогичная тенденция установлена и по влиянию биопрепаратов на урожайность семян люцерны. Во 2-ом и 3-ем вариантах существенной разницы с контролем не установлено, в то время как в

4-ом варианте урожайность семян возросла на 9,1 г/м² (52,6%).

В полной мере оценить результаты, полученные в процессе проведения исследований, позволяет использование метода дисперсионного анализа. Этот подход выявляет долю влияния различных факторов на формирование результативных признаков, отвечающих за продуктивность растений люцерны.

Результаты дисперсионного анализа количества продуктивных стеблей люцерны в зависимости от использования биопрепаратов приведены в таблице 2.

2. Результаты дисперсионного анализа количества продуктивных стеблей люцерны в зависимости от использования биопрепаратов

Источник вариации	F_f	$F_{st\ 0,05}$	h^2_x
Общее	—	—	100
Повторений	—	—	20,1
Вариантов	1,8	3,1	16,6
Случайное	—	—	63,3

Примечание: F_f — F фактическое; $F_{st\ 0,05}$ — F теоретическое; h^2_x — сила влияния на результативный признак (%).

Сила влияния факторов на результативный признак «количество продуктивных стеблей» изменяется в ряду: число повторений → число вариантов → случайные факторы.

Показано, что на величину количества продуктивных стеблей люцерны существенно влияют случайные факторы. Важно учитывать, что, несмотря на тенденцию увеличения количества продуктивных стеблей под влиянием обработки биопрепаратами, в опыте F фактическое меньше F теоретического. Это отвергает

нулевую гипотезу и указывает на то, что разница между вариантами недостоверна.

Результаты дисперсионного анализа признака «количество соплодий на одном стебле» в зависимости от использования исследованных микоризных консорциумов приведены в таблице 3.

Сила влияния факторов на результативный признак количества соплодий на одном стебле изменяется в ряду: число повторений → число вариантов → случайные факторы.

3. Результаты дисперсионного анализа количества соплодий люцерны на одном стебле в зависимости от использования биопрепаратов

Источник вариации	F_f	$F_{st 0,05}$	h^2_x
Общее	—	—	100
Повторений	—	—	10,6
Вариантов	3,9	3,1	32,1
Случайное	—	—	57,3

Примечание: сокращения приведены в примечании к таблице 2.

Для исследуемого показателя F фактическое больше F теоретического, что не отвергает нулевую гипотезу и указывает на то, что разница между вариантами достоверна, и обработка консорциумами микроорганизмов оказывает положительное действие на проявление при-

знака «количество соплодий на одном стебле».

Результаты дисперсионного анализа количества бобов в соплодии люцерны в зависимости от использования консорциумов исследованных микроорганизмов приведены в таблице 4.

4. Результаты дисперсионного анализа количества бобов в соплодии люцерны в зависимости от использования биопрепаратов

Источник вариации	F_f	$F_{st 0,05}$	h^2_x
Общее	—	—	100
Повторений	—	—	10,2
Вариантов	4,6	3,1	35,4
Случайное	—	—	54,4

Примечание: сокращения приведены в примечании к таблице 2.

Сила влияния факторов на результативный признак «количество бобов в соплодии» изменяется в ряду: число повторений → число вариантов → случайные факторы. Для исследуемого показателя F фактическое больше F теоретического, что не отвергает нулевую гипотезу и указывает на то, что разница между вариантами достоверна, и обработка

консорциумами микроорганизмов оказывает положительное действие на проявление признака «количество бобов в соплодии».

Результаты дисперсионного анализа урожайности СВ люцерны в среднем за два укоса в зависимости от использования различных биопрепаратов приведены в таблице 5.

5. Результаты дисперсионного анализа урожайности СВ люцерны в среднем за два укоса в зависимости от использования биопрепаратов

Источник вариации	F_f	$F_{st 0,05}$	h^2_x
Общее	—	—	100
Повторений	—	—	10,2
Вариантов	4,5	3,1	35,2
Случайное	—	—	54,5

Примечание: сокращения приведены в примечании к таблице 2.

Сила влияния факторов на результативный признак «урожайности СВ люцерны в среднем за два укоса» изменяется в ряду: число повторений → число вариантов → случайные факторы.

Для исследуемого показателя F фактическое больше F теоретического, что не отвергает нулевую гипотезу и указывает на то, что разница между варианта-

ми достоверна, и обработка консорциумами микроорганизмов оказывает положительное действие на проявление признака «урожайность СВ люцерны в среднем за два укоса».

Результаты дисперсионного анализа урожайности семян люцерны в среднем в зависимости от использования различных биопрепаратов приведены в таблице 6.

6. Результаты дисперсионного анализа урожайности семян люцерны в зависимости от использования биопрепаратов

Источник вариации	F_f	$F_{st 0,05}$	h^2_x
Общее	—	—	100
Повторений	—	—	12,9
Вариантов	6,3	3,1	41,4
Случайное	—	—	45,7

Примечание: сокращения приведены в примечании к таблице 2.

Сила влияния факторов на результативный признак «урожайность семян» изменяется в ряду: число повторений → число вариантов → случайные факторы. Для исследуемого показателя F фактическое больше F теоретического, что не отвергает нулевую гипотезу и указывает на то, что разница между вариантами достоверна, и обработка семян люцерны биопрепаратами достоверно оказывает

положительное действие на проявление признака «урожайность семян».

Заключение. Результаты дисперсионного анализа показали, что разница между вариантами обработки достоверна, и обработка биопрепаратами оказывает положительное действие на формирование элементов структуры урожая, урожайность сухого вещества и семян.

Использование препарата серии «Биогор», содержащего консорциум полезных микроорганизмов, перспективно на люцерне: количество продуктивных стеблей увеличивается на 14,4%, количество соплодий — на 73,3%, количество бобов в соплодии — на 66,7%, масса 1000 семян — на 5,5%, урожайность СВ за два укоса — на 55,2%, урожайность семян люцерны — на 52,6%.

Литература

1. Мерзлая Г.Е., Борисова В.Б. Влияние удобрений и биопрепарата на урожайность и качество люцерны серповидной // Плодородие. – 2023. – № 5(134). – С. 50–54.
2. Яковлева М.Т. Биологические препараты на основе ассоциативных бактерий при возделывании люцерны в Центральной Якутии // Кормопроизводство. – 2023. – № 1. – С. 12–15.
3. Многолетние травы для пастбищ, газонов и рекультивации: селекция и практика / В.М. Косолапов, С.И. Костенко, Е.В. Думачева, В.И. Чернявских // Кормопроизводство. – 2022. – № 10. – С. 14–17.
4. Чернявских В.И., Думачева Е.В. Эффективность совместных посевов козлятника восточного с эспарцетом песчаным на семена // Кормопроизводство. – 2019. – № 12. – С. 21–25.
5. Думачева Е.В., Чернявских В.И. Почвенно-ризосферные взаимодействия некоторых видов Fabaceae при возделывании в культуре на карбонатных почвах // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9–2. – С. 351–355.
6. Kalin A.K., Smailova G.T., Suraganov M.N., Tagaev K.Zh. The effect of biological preparations on the yield of alfalfa seeds during their inoculation and on soil fertility. *Қорқыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университетінің*. 2023. No. 4(67). P. 92–100.
7. Cherniavskikh V.I., Dumacheva E.V., Lisetskii F.N., Tsugkueva V.B. Gagieva L.Ch. Productivity of galega (*Galega orientalis*) in single-species and binary crops with sainfoin (*Onobrychis arenaria*): a case study of forest-steppe of European Russia. *Bioscience Biotechnology Research Communications*. 2020. Vol. 13, No. 1. P. 15–22.
8. Chernyavskikh V., Dumacheva E., Lisetskii F. Invasive activity of *Galega orientalis* Lam. in the presence of deposits in the southwestern part of the Central Russian Upland. *International Journal of Environmental Studies*. 2022. Vol. 79, No. 6. P. 1089–1098. DOI: 10.1080/00207233.2021.1987047.
9. Kosolapov V.M., Cherniavskikh V.I., Dumacheva E.V., Sajfutdinova L.D., Zhuchenko A.A., Grishina Kh.V., Glinushkin A.P., Kalinichenko V.P., Akimova S.V., Semenova N.A., Perelomov L.V., Kozmenko S.V. Using Microorganismal Consortium and Bioactive Substances to Treat Seeds of Two Scots Pine Ecotypes as a Technique to Increase Re-Afforestation Efficiency on Chalk Outcrops. *Forests*. 2023. Vol. 14, No. 6. P. 1093.
10. Kukharuk N.S., Smirnova L.G., Kalugina S.V., Polschina M.A., Chernyavsky V.I. The state of gray forest soils, conditioned by microclimatic variability, in the south of the forest-steppe of the Central Russian Upland. *International Journal of Green Pharmacy*. 2017. Vol. 11, No. 3. P. 626–630.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований). – М. : Книга по требованию, 2012. – 352 с.

References

1. Merzlaya G.E., Borisova V.B. Vliyaniye udobreniy i biopreparata na urozhaynost' i kachestvo lyutserny serpovidnoy [Effect of fertilizers and biopreparation on the yield and quality of sickle-shaped alfalfa]. *Plodorodiye [Fertility]*, 2023, no. 5(134), pp. 50–54.
2. Yakovleva M.T. Biologicheskiye preparaty na osnove assotsiativnykh bakteriy pri vzdelyvanii lyutserny v Tsentral'noy Yakutii [Biological preparations based on associative bacteria in the cultivation of alfalfa in Central Yakutia]. *Kormoproizvodstvo [Forage production]*, 2023, no. 1, pp. 12–15.

3. Kosolapov V.M., Kostenko S.I., Dumacheva E.V., Chernyavskikh V.I. Mnogoletniye travy dlya pastbishch, gazonov i rekul'tivatsii: selektsiya i praktika [Perennial grasses for pastures, lawns and reclamation: selection and practice]. *Kormoproizvodstvo [Forage production]*, 2022, no. 10, pp. 14–17.
4. Chernyavskikh V.I., Dumacheva E.V. Effektivnost' sovместnykh posevov kozlyatnika vostochnogo s espartsetom peschanykh na semena [Efficiency of joint sowing of eastern goat's rue with sandy sainfoin for seeds]. *Kormoproizvodstvo [Forage production]*, 2019, no. 12, pp. 21–25.
5. Dumacheva E.V., Chernyavskikh V.I. Pochvenno-rizosfernyye vzaimodeystviya nekotorykh vidov Fabaceae pri vozdeleyvanii v kul'ture na karbonatnykh pochvakh [Soil-rhizosphere interactions of some Fabaceae species during cultivation in culture on carbonate soils]. *Fundamental'nyye issledovaniya [Fundamental research]*, 2012, no. 9–2, pp. 351–355.
6. Kalin A.K., Smailova G.T., Suraganov M.N., Tagaev K.Zh. The effect of biological preparations on the yield of alfalfa seeds during their inoculation and on soil fertility. *Қорқыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университетінің. 2023. No. 4(67). P. 92–100.*
7. Chernyavskikh V.I., Dumacheva E.V., Lisetskii F.N., Tsugkueva V.B. Gagieva L.Ch. Productivity of galega (*Galega orientalis*) in single-species and binary crops with sainfoin (*Onobrychis arenaria*): a case study of forest-steppe of European Russia. *Bioscience Biotechnology Research Communications*. 2020. Vol. 13, No. 1. P. 15–22.
8. Chernyavskikh V., Dumacheva E., Lisetskii F. Invasive activity of *Galega orientalis* Lam. in the presence of deposits in the southwestern part of the Central Russian Upland. *International Journal of Environmental Studies*. 2022. Vol. 79, No. 6. P. 1089–1098. DOI: 10.1080/00207233.2021.1987047.
9. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Dumacheva E.V., Sajfutdinova L.D., Zhuchenko A.A., Grishina Kh.V., Glinushkin A.P., Kalinichenko V.P., Akimova S.V., Semenova N.A., Perelomov L.V., Kozmenko S.V. Using Microorganismal Consortium and Bioactive Substances to Treat Seeds of Two Scots Pine Ecotypes as a Technique to Increase Re-Afforestation Efficiency on Chalk Outcrops. *Forests*. 2023. Vol. 14, No. 6. P. 1093.
10. Kukharuk N.S., Smirnova L.G., Kalugina S.V., Polschina M.A., Chernyavsky V.I. The state of gray forest soils, conditioned by microclimatic variability, in the south of the forest-steppe of the Central Russian Upland. *International Journal of Green Pharmacy*. 2017. Vol. 11, No. 3. P. 626–630.
11. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (S osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experiment (With the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Kniga po trebovaniyu Publ., 2012, 352 p.