

Литература.

1. Злыднев, А. А. Биоиндикация состояния геосистем городов на основе мохового индекса / А. А. Злыднев, Л. Н. Анищенко // Земля. – 2018. – № 2. – С. 4-8. – EDN XZOHGH.
2. Краткий определитель мохообразных Подмосковья : к 100-летию Звенигородской биостанции МГУ : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 020200 "Биология" и специальности 020201 "Биология" / Е. А. Игнатова [и др.] ; с цв. фот. О. В. Иванова ; Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Биологический факультет. – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 320 с. – ISBN 978-5-87317-746-2. – EDN QKTXCT.
3. Пчелкина, Т. А. Восстановление локальной популяции *Cetraria islandica* (L.) Ach. На Щукинском полуострове (Природно-исторический парк "Замоскворецкий") с использованием криобанка лишайников / Т. А. Пчелкина, А. В. Пчелкин // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2015. – № 1. – С. 142-150. – EDN TTGNFH.

УДК 631.46:579.64

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДНОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО ИНОКУЛЮМОВ АРБУСКУЛЯРНЫХ МИКОРИЗНЫХ ГРИБОВ РОДА *GLOMUS* ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ БАЗИЛИКА ФИОЛЕТОВОГО

Наумов Е.В.

Институт агроэкологии – филиал ФГБОУ ВО
«Южно-Уральский государственный аграрный университет»,
г. Челябинск, Российская Федерация

*В статье представлены результаты сравнительного изучения эффективности природного микоризного инокулюма (из почвы листовенного леса) и промышленного биопрепарата «Зеленое сечение» на основе арбускулярных микоризных грибов рода *Glomus*. Установлено, что промышленный препарат содержит $6,1 \times 10^3$ КОЕ *Glomus* в 1 мг, что обеспечивает достоверное повышение всхожести базилика фиолетового на 11 %, высоты растений – на 59 %, зеленой массы – на 95 % относительно контроля. Природный инокулюм также показал положительный эффект, но менее выраженный. **Ключевые слова:** арбускулярные микоризные грибы, *Glomus*, биопрепарат «Зеленое сечение», листовенный лес, базилик фиолетовый, продуктивность.*

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF NATURAL AND INDUSTRIAL INOCULUMS OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI OF THE GENUS *Glomus* IN GROWING PURPLE BASIL

Naumov E.V.

Institute of Agroecology – Branch of the South Ural State Agrarian University,
Chelyabinsk, Russian Federation

*The article presents the results of a comparative study of the effectiveness of natural mycorrhizal inoculum (from deciduous forest soil) and the industrial biological product «Zelenoe sechenie» based on arbuscular mycorrhizal fungi of the genus *Glomus*. It was found that the industrial preparation contains $6,1 \times 10^3$ CFU of *Glomus* per 1 mg, which provides a reliable increase in the germination of purple basil by 11 %, plant height by 59 %, green mass by 95 % relative to the control. The natural inoculum also showed a positive effect, but less pronounced. **Keywords:** arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus*, biological product «Zelenoe sechenie», deciduous forest, purple basil, productivity.*

Введение. В современных условиях сельского хозяйства все более остро стоит проблема истощения почвенных ресурсов и негативного влияния химических препаратов на окружающую среду. Как показывают исследования Калганова с соавторами [1], длительное использование агрохимикатов на черноземах приводит к изменению их солевого состава и деградации плодородия. Интенсивное земледелие, сопровождающееся чрезмерным применением минеральных удобрений и пестицидов, нарушает естественные биоценозы. В этой связи особую актуальность приобретает поиск экологически безопасных альтернатив. Изучение качества лекарственного сырья растений при разных режимах воздействия [2] подтверждает необходимость разработки щадящих технологий. Одним из перспективных направлений является применение арбускулярных микоризных грибов (АМГ) рода *Glomus*, которые образуют симбиоз с большинством наземных растений, улучшая их минеральное питание и водообеспечение.

Влияние химических фунгицидов на энергию прорастания и всхожесть семян [3] демонстрирует негативные последствия применения традиционных препаратов, что делает актуальной замену их биологическими агентами. Оценка варьирования агрохимических показателей почв [4] также указывает на необходимость поиска стабилизирующих факторов, и микоризные грибы могут играть такую роль. Исследования по использованию альтернативных источников питания растений (например, сточных вод свиного комплекса для орошения [5]) показывают, что любые агроприемы должны быть сбалансированы с точки зрения микробиологической активности. В работах Chinyaeva с соавторами [6] установлено, что внесение органических субстратов существенно влияет на почвенную микробиоту, что открывает

возможности для управления микробными сообществами. Однако сравнительная эффективность промышленных и природных препаратов АМГ остается недостаточно изученной.

Цель – оценить эффективность арбускулярных микоризных грибов рода *Glomus* из лиственного леса и биопрепарата «Зеленое сечение» в условиях вегетационного опыта на базилике фиолетовой.

Задачи: 1) провести микробиологический анализ почвы лиственного леса и биопрепарата на наличие АМГ; 2) оценить влияние природного и промышленного инокулюмов на рост и развитие базилика.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в лабораторном опыте на материально-технической базе микробиологической лаборатории Института агроэкологии – филиала Южно-Уральского ГАУ в 2025 г. Объекты: почва из лиственного леса (горизонт 0-20 см), биопрепарат «Зеленое сечение» (ООО «Биоагро», Россия), семена базилика фиолетового (*Ocimum basilicum* var. *purpurascens*). Контроль – стерилизованный субстрат без микоризы. Схема: 1) контроль; 2) «Зеленое сечение» (5 г/кг субстрата); 3) почва лиственного леса (10 % от объема). Повторность 5-кратная. Микробиологический анализ – по стандартным методикам с выделением на селективных средах [1]. Учитывали всхожесть (%), высоту растений (см), сырую и абсолютно сухую массу (г). Статистическая обработка – t-критерий Стьюдента ($p < 0,05$).

Результаты исследований. Микробиологический анализ почвы лиственного леса показал наличие как общей грибной микрофлоры, так и специфических микоризных грибов рода *Glomus* (таблица 1). Общее количество грибов составило $2 \pm 0,05 \times 10^5$ КОЕ, из них на долю *Glomus* пришлось $1 \pm 0,1 \times 10^5$ КОЕ, что свидетельствует о значительном природном потенциале этого биотопа.

Таблица 1 – Численность микроскопических грибов в почвах естественного сложения (Институт агроэкологии, 2025 г.)

Место отбора	Грибы, КОЕ·10 ⁵	
	общее количество	<i>Glomus</i>
Лиственный лес	$2 \pm 0,05$	$1 \pm 0,1$

Изучение интенсивности роста колоний микромицетов рода *Glomus* (таблица 2) показало, что максимальная скорость роста достигается на 71-й час инкубации и составляет 0,028 см²/ч, при диаметре колоний 1,46 см.

Таблица 2 – Интенсивность роста колоний микромицетов рода *Glomus* (Институт агроэкологии, 2025 г.)

Вариант	Диаметр колоний, см			Скорость роста, см ² /ч		
	22 ч	49 ч	71 ч	22 ч	49 ч	71 ч
Лиственный лес	0,4	0,8	1,46	0,018	0,024	0,028

При анализе промышленного биопрепарата «Зеленое сечение» установлено, что он содержит значительное количество бактерий ($44,2 \pm 0,7 \times 10^3$ КОЕ), грибов-микромицетов ($6,4 \pm 0,3 \times 10^3$ КОЕ) и непосредственно арбускулярных микоризных грибов рода *Glomus* ($6,1 \pm 0,4 \times 10^3$ КОЕ) (таблица 3). Актиномицеты в препарате не обнаружены (н/о).

Таблица 3 – Численность микроорганизмов в биопрепаратах на основе микоризных грибов (Институт агроэкологии, 2025 г.)

Наименование биопрепарата	Микробиологические показатели, $n \cdot 10^3$, КОЕ			
	бактерии	актиномицеты	грибы	
			микромицеты	<i>Glomus</i>
Зеленое сечение	$44,2 \pm 0,7$	н/о	$6,4 \pm 0,3$	$6,1 \pm 0,4$

Влияние микоризных препаратов на продуктивность базилика фиолетового представлено в таблице 4. Наибольший стимулирующий эффект показал вариант с биопрепаратом «Зеленое сечение»: всхожесть повысилась на 11 % (69 % против 58 %), высота растений – на 59 % (7,38 см против 4,64 см), зеленая масса – на 95 % (5,04 г против 2,58 г), абсолютно сухая масса превысила контроль более чем в 2 раза (0,38 г против 0,18 г). Природный инокулюм также дал положительный эффект (всхожесть 64 %, высота 5,80 см, зеленая масса 3,46 г), но достоверно ниже, чем у промышленного препарата.

Таблица 4 – Влияние арбускулярных микоризных грибов на продуктивность базилика фиолетового (Институт агроэкологии, 2025)

Вариант	Всхожесть, %	Высота растений, см.	Зеленая масса, г	Абсолютно-сухая, г
Контроль	58	4,64	2,58	0,18
Зеленое сечение	69	7,38	5,04	0,38
Лиственный лес	64	5,80	3,46	0,19

Заключение.

1. Почва лиственного леса является природным резервуаром арбускулярных микоризных грибов рода *Glomus* с численностью 1×10^5 КОЕ, однако их ростовые характеристики (максимальная скорость роста $0,028 \text{ см}^2/\text{ч}$) уступают промышленным формам.

2. Биопрепарат «Зеленое сечение» содержит $6,1 \times 10^3$ КОЕ *Glomus* в 1 мг, а также сопутствующие бактерии ($44,2 \times 10^3$ КОЕ), что способствует его высокой эффективности.

3. Применение промышленного микоризного препарата достоверно улучшает всхожесть базилика фиолетового на 11 %, высоту растений на 59 %, зеленую массу на 95 % и абсолютно сухую массу более чем в 2 раза по сравнению с контролем. Природный инокулюм также эффективен, но в меньшей степени.

4. Для оптимизации технологии производства биопрепаратов на основе АМГ целесообразно использовать промышленные штаммы *Glomus* с высокой численностью КОЕ, а природные источники – для поддержания локального биоразнообразия.

Литература.

1. Калганов, А. А. Оценка солевого состава длительно орошаемых черноземов выщелоченных северной лесостепи Зауралья / А. А. Калганов, Е. Ю. Матвеева, А. Н. Покатилова // АПК России. – 2020. – Т. 27, № 5. – С. 763-766.

2. Показатели качества лекарственного сырья пустырника пятилопастного при разных фенологических фазах уборки и режимах сушки / А. А. Калганов, Ю. З. Чиняева, М. В. Крамаренко, Е. А. Минаев // Достижения науки – агропромышленному производству : Материалы ЛП международной научно-технической конференции. – Челябинск, 2014. – С. 107-114.

3. Чиняева, Ю. З. Влияние фунгицидов на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян голозерного ячменя сорта Гранал 32 / Ю. З. Чиняева, А. А. Калганов // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса : сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Соленое Займище, 2021. – С. 458-462.

4. Калганов, А. А. Оценка варьирования агрохимических показателей почв на опытном поле Института агроэкологии / А. А. Калганов, Ю. З. Чиняева, И. Д. Матвеев // Современные научные исследования в АПК: актуальные вопросы, достижения и инновации. – Персиановский, 2022. – С. 58-63.

5. Сартасов, Е. Л. Использование сточных вод свиного комплекса для орошения посева ковра безостого / Е. Л. Сартасов, Е. А. Минаев, Ю. З. Чиняева // Достижения науки – агропромышленному производству : Материалы ЛП международной научно-технической конференции. – Челябинск, 2014. – С. 140-143.

6. The effect of different doses of pig manure on soil microbiological activity and spring wheat yield / U. Z. Chinyaeva, A. A. Kalganov, M. V. Kramarenko, E. A. Minaev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Yekaterinburg, 2022. – Vol. 949. – P. 012147. – DOI 10.1088/1755-1315/949/1/012147.

УДК 574.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИШАЙНИКОВ КАК БИОИНДИКАТОРОВ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ

Орлова Е.С., Гончарова О.В.

ФГБОУ ВО «Армавирский государственный педагогический
университет», г. Армавир, Российская Федерация

*Применение лишайников как биоиндикаторов позволяет объективно оценивать экологическое состояние воздуха в Краснодарском крае, выявлять степень антропогенной нагрузки и картировать зоны загрязнения. Лихеноиндикация в настоящее время является малозатратным и информативным методом мониторинга загрязнений. **Ключевые слова:** лишайники, биоиндикация, антропогенное загрязнение, экологический мониторинг.*

THE USE OF LICHENS AS BIOINDICATORS OF ATMOSPHERIC AIR QUALITY IN THE KRASNODAR REGION

Orlova E.S., Goncharova O.V.

Armavir State Pedagogical University, Armavir, Russian Federation

*The use of lichens as bioindicators allows for an objective assessment of the ecological state of the air in the Krasnodar Territory, the identification of the degree of anthropogenic load, and the mapping of pollution zones. Lichenoindication is currently a low-cost and informative method for monitoring pollution. **Keywords:** lichens, bioindication, anthropogenic pollution, and ecological monitoring.*

Введение. Лихеноиндикация – эффективный способ оценки загрязнения воздуха, позволяющий отслеживать долгосрочные изменения, в отличие от традиционных методов, фиксирующих только мгновенные показатели. Для Кубани, как ключевого курортного и аграрного региона России, чистота воздуха является стратегической задачей.

Материалы и методы исследований. Работа выполнена с использованием материалов, полученных при анализе данных об