

ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ/FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY,
LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.62.5>

ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ *PINUS SYLVESTRIS* L.

Научная статья

Река М.Ю.^{1,*}, Кузнецова Н.Ф.²

¹ ORCID : 0000-0001-9244-1177;

² ORCID : 0000-0001-9947-6698;

^{1,2} Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж,
Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (sautmar[at]mail.ru)

Аннотация

Цель данного исследования состояла в разработке и модификации природоподобной биотехнологии применения микробиологических препаратов ассоциативной азотфиксации на сосне обыкновенной и апробировании ее этапов на семенах разных сортовых категорий и урожаях разных по погодным условиям лет, а также в изучении влияния предпосевной инокуляции семян сосны биопрепаратами на грунтовую всхожесть, сохранность и биометрические характеристики двухлетних сеянцев. Показан стимулирующий эффект биопрепаратов на сохранность сеянцев сосны обыкновенной.

Наибольшая сохранность сеянцев сосны сорт-популяции «Острогожская» отмечена в варианте со шт. SS-1 — 86,0%, со шт. 204 (ризогрин) — 84,1%, шт. 30 (флавобактерин) — 69,9%. Микробные препараты оказали стимулирующее действие на высоту растений ступинской популяции. Показано, что максимальный эффект выявлен в варианте со шт. SS-2 — +8,1% к контролю. Для сортовых сеянцев также выявлен стимулирующий эффект практически во всех вариантах обработки ассоциативными биопрепаратами. При этом максимальное увеличение высоты относительно контроля показано в варианте со шт. SS-2 — +27%. Применение данной природоподобной биотехнологии в лесном хозяйстве РФ позволит создать благоприятные условия для прорастания семян и роста всходов, а также увеличить выход стандартного посадочного материала с единицы лесокультурной площади.

Ключевые слова: природосовместимая биотехнология, сосна обыкновенная, биопрепараты, флавобактерин, ризогрин.

THE INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL DRUGS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF *PINUS SYLVESTRIS* L. SEEDLINGS

Research article

Reka M.Y.^{1,*}, Kuznetsova N.F.²

¹ ORCID : 0000-0001-9244-1177;

² ORCID : 0000-0001-9947-6698;

^{1,2} All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russian Federation

* Corresponding author (sautmar[at]mail.ru)

Abstract

The aim of this study was to develop and modify nature-like biotechnology for the application of microbiological drugs for associative nitrogen fixation on Scots pine and to test its stages on seeds of different varietal categories and harvests from years with different weather conditions, as well as to examine the effect of pre-sowing inoculation of pine seeds with biological drugs on soil germination, survival and biometric characteristics of two-year-old seedlings. The stimulating effect of biological drugs on the survival of Scots pine seedlings was demonstrated.

The highest survival rate of seedlings of the 'Ostrogzhskaya' pine variety population was observed in the variant with SS-1 — 86.0%, with 204 (rhizoagrin) — 84.1%, and with 30 (flavobacterin) — 69.9%. Microbial drugs had a stimulating effect on the height of plants of the Stupino population. It was shown that the maximum effect was observed in variant SS-2 — +8.1% compared to the control. A stimulating effect was also observed for varietal seedlings in almost all variants of treatment with associative biological drugs. At the same time, the maximum increase in height relative to the control was shown in the variant with SS-2 — +27%. The use of this nature-like biotechnology in the forestry industry of the Russian Federation will create favourable conditions for seed germination and seedling growth, as well as increase the yield of standard planting material per unit of forest area.

Keywords: environmentally friendly biotechnology, Scots pine, biological drugs, flavobacterin, rhizoagrin.

Введение

В настоящее время новые направления развития сельского хозяйства представлены преимущественно в форме биологического земледелия. Они требуют значительного расширения агроценозов на основе внутривидового и межвидового взаимодействия растений, животных и микроорганизмов в конкретной агроэкосистеме по принципу естественного отбора [1], [2]. Негативные последствия химизации на плодородие и биоту почв становятся все более

очевидными. Использование минеральных удобрений и пестицидов является причиной снижения плодородия почв и загрязнения окружающей среды [3], [4]. Дальнейшее применение химических средств усиливает дисбаланс биосферы и не гарантирует сохранение плодородия почв [5], [6].

Ведение экологически безопасного растениеводства невозможно без восстановления естественной микробиологической активности почвы. Главной составляющей биологического земледелия является применение современных биотехнологий на основе микробных биопрепаратов. Использование данных технологий позволяет резко снизить себестоимость продукции и восстановить экологический баланс природной среды [7]. Стратегия научно-технологического развития России предусматривает разработку и применение природоподобных технологий, которые реализуются за счет биологического азота, фиксируемого ассоциативными микроорганизмами. Одним из путей развития в стране данных технологий является применение биопрепаратов, созданных на основе активных штаммов азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов, обеспечивающих дополнительное питание растений [8].

В Сеульской декларации XV Всемирного Лесного Конгресса (2022 г.) зеленый путь для решения проблем устойчивости определен как одно из приоритетных направлений развития лесной отрасли XXI века. В России разработка природоподобных биотехнологий на основе взаимодействия лесных древесных растений и микроорганизмов только начинает свое развитие [9], [10]. Влияние ассоциативных почвенных биопрепаратов на основные лесообразующие породы изучено мало. При этом важно отметить, что для лесовосстановления и лесоразведения в условиях изменяющегося климата данное направление исследований является перспективным из-за низкой себестоимости отечественных биопрепаратов, высокой эффективности и экологической безопасности. Это явилось основой для разработки, оптимизации и апробирования данной природосовместимой биотехнологии на сосне обыкновенной.

Методы и принципы исследования

Цель исследований — разработка и модификация природоподобной биотехнологии применения микробных препаратов на сосне обыкновенной и апробирование ее этапов на семенах разных сортовых категорий и урожаях разных по погодным условиям лет; изучение влияния предпосевной инокуляции семян сосны биопрепаратами на грунтовую всхожесть, сохранность и биометрические характеристики двухлетних сеянцев.

В мае 2021 года в лесопарковом участке ВНИИЛГИСБиотех заложен эксперимент по апробации природосовместимой биотехнологии на основе ассоциативных биопрепаратов на семенах сосны обыкновенной двух популяций: Ступинского тест-объекта и засухоустойчивого сорта сосна 'Острогожская'. Ступинская популяция произрастает в оптимальных лесорастительных условиях центральной части лесостепи (Воронежская область, Рамонский район, ТУМ А₂ сосняк травяной). Сорт популяция сосна «Острогожская» находится на юге лесостепного района (Воронежская обл., Острогожский р-н, патент на селекционное достижение № 9187).

За сутки до посева семена прошли процесс инокуляции биопрепаратами на основе активных штаммов ассоциативных микроорганизмов. Они зарегистрированы как земледобрительные биопрепараты комплексного действия группы «ФАРМАТ» (ВНИИСХМ, г. Санкт-Петербург). Каждый из них является оригинальным биопрепаратом, обладающим специфическими механизмами взаимодействия с растениями. Затем инокулированные семена высеяны в грунт. Схема опыта представлена в работе [10].

Для статистической обработки использовали пакет программного обеспечения MS Excel-2019. Для их сравнения использовали однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), для оценки достоверности различий – двухвыборочный t-критерий с различными дисперсиями.

Основные результаты

В таблице 1 и рисунке представлены данные анализа влияния биопрепаратов на сохранность двухлетних сеянцев сосны обыкновенной Ступинской популяции и сорт-популяции «Острогожская».

Таблица 1 - Влияние биопрепаратов на основе ассоциативных микроорганизмов на сохранность 2-летних сеянцев сосны обыкновенной

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.62.5.1>

Вариант опыта	Сохранность, %
1	2
С контроль	42,7
С+шт.7 мизорин	78,1
С+шт.8 азоризин	59,0
С+шт.17-1	80,3
С+шт.18-5	53,6
С+шт.30 флавобактерин	81,3
С+шт.204 ризоагрин	92,3
С+шт.2П-7	60,5
С+SS-1	77,0
С+SS-2	83,3
О контроль	49,5

Вариант опыта	Сохранность, %
О+шт.7 мизорин	50,0
О+шт.8 азоризин	51,2
О+шт.17-1	64,7
О+шт.18-5	38,0
О+шт.30 флавобактерин	69,9
О+шт.204 ризоагрин	84,1
О+шт.2П-7	57,1
О+SS-1	86,0
О+SS-2	61,4

Примечание: С – ступинская популяция; О – сорт-популяция «Острогожская»

Следует отметить, что показатель сохранности контрольного варианта сорта сосна «Острогожская» несколько выше, чем в контроле ступинской популяции: 49,5% (сосна «Острогожская») и 42,7% (ступинская популяция). Низкая сохранность связана с гибелью семян во время мощного ливня, который прошел в Воронеже 13 июня 2022 г. Выявлено, что на сортовых семенах максимальный положительный эффект в целом показали те же штаммы ассоциативных микроорганизмов, что и у ступинской популяции. Так, наибольшая сохранность отмечена в варианте со шт. SS-1 — 86,0%. Также высокая сохранность показана в вариантах со шт. 204 (ризоагрин), шт. 30 (флавобактерин) и шт. SS-2 – 84,1; 69,9 и 61,4%, соответственно (таблица 1).



Рисунок 1 - 2-летние сеянцы сосны обыкновенной ступинской популяции
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.62.5.2>

Результаты анализа биометрических характеристик 2-летних сеянцев сосны обыкновенной показали, что биопрепараты оказали стимулирующее действие на высоту растений ступинской популяции в вариантах со шт. 8 (азоризин), шт. 30 (флавобактерин), шт. 2П-7, шт. SS-1 и шт. SS-2. Показано, что максимальный эффект выявлен в варианте со шт. SS-2 – +8,1% к контролю (таблица 2). Также существенное увеличение высоты сеянцев относительно контроля отмечено в варианте со шт. 2П-7 и 30 (флавобактерин) — +4,2 и 3,5%. Контроль равен $5,92 \pm 0,21$ см (таблица 2). Для сортовых сеянцев выявлен стимулирующий эффект практически во всех вариантах обработки ассоциативными биопрепаратами. При этом максимальное увеличение высоты относительно контроля показано в варианте со шт. SS-2 — +27% (высота составляет $7,06 \pm 0,14$ см). Контроль равен $5,56 \pm 0,10$ см (таблица 2). Также существенный

стимулирующий эффект отмечен при инокуляции штаммами 18-5, 2П-7 и SS-1: +20,7%, +18,7% и +12,6%, соответственно.

Таблица 2 - Влияние биопрепаратов на высоту 2-летних сеянцев сосны обыкновенной (апрель 2022 г.)

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.62.5.3>

Вариант опыта	Высота, см
1	2
С контроль	5,92±0,21
С+шт. 7 мизорин	5,51±0,11
С+шт. 8 азоризин	6,28±0,17
С+шт. 17-1	4,98±0,10
С+шт. 18-5	5,01±0,11
С+шт. 30 флавобактерин	6,13±0,12
С+шт. 204 ризоагрин	5,88±0,15
С+шт. 2П-7	6,17±0,14
С+шт. SS-1	6,40±0,13
С+шт. SS-2	6,05±0,09
О контроль	5,56±0,10
О+шт. 7 мизорин	6,03±0,12
О+шт. 8 азоризин	5,34±0,12
О+шт. 17-1	5,05±0,13
О+шт. 18-5	6,71±0,15
О+шт. 30 флавобактерин	6,20±0,11
О+шт. 204 ризоагрин	5,88±0,09
О+шт. 2П-7	6,60±0,15
О+шт. SS-1	6,26±0,09
О+шт. SS-2	7,06±0,14

Примечание: С – ступинская популяция; О – сорт сосна «Острогжская»

Заключение

Таким образом, 3-летние результаты по апробации и полевой проверке влияния биопрепаратов на грунтовую всхожесть, сохранность, приживаемость на лесокультурной площади, ростовую активность и качество сеянцев сосны обыкновенной показали стимулирующий эффект. Это основные хозяйственно важные показатели растений на этапе получения посадочного материала и на начальном этапе создания лесных культур, что важно с экономической точки зрения применения технологии. В ходе апробации получен положительный отклик для семенных потомств разного происхождения (сортовых и несортовых семян, потомств чувствительных и устойчивых к засухе деревьев, семян урожая оптимальных и засушливых лет). Сортовые семена урожая оптимального 2020 г. были достаточно отзывчивыми на инокуляцию в большинстве вариантах обработки.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Сычев В.Г. Концепция программы агрохимических мероприятий до 2020 года / В.Г. Сычев, Е.Н. Ефремов // Инновационные решения регулирования плодородия почв сельскохозяйственных угодий. — Москва : ВНИИА, 2011. — 30 с.
2. Шафран С.А. Азотное питание / С.А. Шафран, В.Г. Сычев, А.А. Кондрашов. — Москва : ОАО МХК «ЕвроХим», 2013. — 80 с.

3. Лошаков В.Г. Зеленые удобрения в земледелии России / В.Г. Лошаков; под ред. В.Г. Сычева. — Москва : ВНИИА, 2015. — 300 с.
4. Сычев В.Г. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений / В.Г. Сычев, С.А. Шафран. — Москва : ВНИИА, 2013. — 296 с.
5. Зеленский Н.А. Чистые и занятые пары на Дону / Н.А. Зеленский, Г.М. Зеленская // Земледелие. — 1991. — № 9. — С. 52–55.
6. Тихонович И.А. Биопрепараты в сельском хозяйстве. Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве / И.А. Тихонович, А.П. Кожемяков, В.К. Чеботарь [и др.]. — Москва : ГНУ ВНИИСХМ Россельхозакадемии, 2005. — 154 с.
7. Коломиец Э. Вклад микробиологической науки в развитие агротехнологий / Э. Коломиец // Наука и инновации. — 2016. — № 6(160). — С. 23–25.
8. Завалин А.А. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур / А.А. Завалин, А.А. Алферов, Л.С. Чернова // Агрохимия. — 2019. — № 8. — С. 83–96. — DOI: 10.1134/S0002188119080143.
9. Сауткина М.Ю. Влияние ассоциативных биопрепаратов на семена *Pinus sylvestris* L. По результатам апробации технологии / М.Ю. Сауткина, Н.Ф. Кузнецова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — 2022. — № 2(69). — С. 60–64.
10. Сауткина М.Ю. Экологически безопасная биотехнология выращивания посадочного материала сосны обыкновенной на основе природных процессов / М.Ю. Сауткина, Н.Ф. Кузнецова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — 2021. — № 2(65). — С. 29–33.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sychyov V.G. Kontseptsiya programmy agrokhimicheskikh meropriyatii do 2020 goda [Concept of the program of agrochemical measures until 2020] / V.G. Sychyov, E.N. Efremov // Innovatsionnye resheniya regulirovaniya plodorodiya pochv sel'skokhozyaistvennykh ugodii [Innovative solutions for regulating soil fertility of agricultural land]. — Moscow : VNIIA, 2011. — 30 p. [in Russian]
2. Shafran S.A. Azotnoe pitanie [Nitrogen nutrition] / S.A. Shafran, V.G. Sychyov, A.A. Kondrashov. — Moscow : 'EuroChem' OJSC, 2013. — 80 p. [in Russian]
3. Loshanov V.G. Zelenye udobreniya v zemledelii Rossii [Green manure in Russian agriculture] / V.G. Loshanov; ed. by V.G. Sychev. — Moscow : VNIIA, 2015. — 300 p. [in Russian]
4. Sychyov V.G. Agrokhimicheskie svoistva pochv i effektivnost' mineral'nykh udobrenii [Agrochemical properties of soils and the effectiveness of mineral fertilizers] / V.G. Sychyov, S.A. Shafran. — Moscow : VNIIA, 2013. — 296 p. [in Russian]
5. Zelenskii N.A. Chistye i zanyatyte pary na Donu [Clean and occupied fallows in the Don region] / N.A. Zelenskii, G.M. Zelenskaya // Zemledelie [Agriculture]. — 1991. — № 9. — P. 52–55. [in Russian]
6. Tikhonovich I.A. Biopreparaty v sel'skom khozyaistve. Metodologiya i praktika primeneniya mikroorganizmov v rastenievodstve i kormoproizvodstve [Biological preparations in agriculture. Methodology and practice of using microorganisms in crop production and feed production] / I.A. Tikhonovich, A.P. Kozhemyakov, V.K. Chebotar' [et al.]. — Moscow : GNU VN IISKHM Rossiiskhoz'akademii, 2005. — 154 p. [in Russian]
7. Kolomiets E. Vklad mikrobiologicheskoi nauki v razvitie agrotekhnologii [Contribution of microbiological science to the development of agrotechnologies] / E. Kolomiets // Nauka i innovatsii [Science and Innovations]. — 2016. — № 6(160). — P. 23–25. [in Russian]
8. Zavalin A.A. Assotsiativnaya azotfiksatsiya i praktika primeneniya biopreparatov v posevakh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Associative nitrogen fixation and practice of using biological preparations in crops of agricultural plants] / A.A. Zavalin, A.A. Alferov, L.S. Chernova // Agrokimiya [Agrochemistry]. — 2019. — № 8. — P. 83–96. — DOI: 10.1134/S0002188119080143. [in Russian]
9. Sautkina M.Yu. Vliyanie assotsiativnykh biopreparatov na semena *Pinus sylvestris* L. Po rezul'tatam aprobatsii tekhnologii [Influence of associative biological preparations on *Pinus sylvestris* L. seeds. Based on the results of technology testing] / M.Yu. Sautkina, N.F. Kuznetsova // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Michurinsk State Agrarian University]. — 2022. — № 2(69). — P. 60–64. [in Russian]
10. Sautkina M.Yu. Ekologicheski bezopasnaya biotekhnologiya vyrashchivaniya posadochnogo materiala sosny obyknovЕННОй na osnove prirodnykh protsessov [Environmentally safe biotechnology for growing Scots pine planting material based on natural processes] / M.Yu. Sautkina, N.F. Kuznetsova // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Michurinsk State Agrarian University]. — 2021. — № 2(65). — P. 29–33. [in Russian]