



Научная статья

УДК 633.854.78; 631.87

doi: 10.55186/25876740_2025_68_5_624

РОЛЬ БИОЛОГИЧЕСКОГО АЗОТА В МИНЕРАЛЬНОМ ПИТАНИИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Р.А. Каменев, В.В. Турчин, Д.Р. Аветисян, Б.А. КопыловДонской государственный аграрный университет, Персиановский,
Ростовская область, Россия

Аннотация. Статья посвящена исследованию минерального питания, в частности азотного, масличных культур в засушливых степных условиях России. Представлены результаты по содержанию минерального азота в почве и растениях при использовании в системе минерального питания бактериальных препаратов ассоциативной природы. Применение биопрепаратов в сочетании с предпосевным внесением минеральных удобрений в дозах $N_{30}P_{30}$ привело к повышению уровня содержания питательных веществ в почве по сравнению с использованием только биопрепаратов. Увеличение составило 10–11,6 кг/га. В сравнении с контрольным вариантом, где удобрения не применялись, разница в урожайности составила 12,9–14,0 кг/га. Использование микробиологических препаратов в системе минерального питания азотом оказало существенное влияние на растения масличных культур. Произошло повышение количества азота в растениях льна по сравнению с контрольным вариантом в фазе цветения на 0,9–1,6% на абсолютно сухое вещество. Установлена значимая зависимость между концентрацией общего азота в растениях льна на стадии фазы «елочка» и их урожайностью. Среднее значение коэффициента корреляции за период исследований составило $0,903 \pm 0,099$. В условиях черноземных почв Ростовской области установлены бактериальные препараты, обеспечивающие высокую продуктивность маслосемян в данных почвенно-климатических условиях. При выращивании льна масличного рекомендуется проводить обработку семян непосредственно перед посевом микробиологическим препаратом Экстрасол в дозировке 200 мл на 1 т семян на основе ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13. Сочетание минеральных удобрений и Мизорина 204 при выращивании подсолнечника обеспечило достоверную прибавку маслосемян — 0,31 т/га или 22,6%. Замена минеральных удобрений на биопрепараты в системе удобрения подсолнечника для производства органической продукции приводит к статистически значимому увеличению урожайности на 0,16–0,20 т/га. При этом наблюдается увеличение условно чистого дохода на 2,3–2,7 тыс. руб./га, рентабельности — до 20%, однако требует решения проблема восполнения увеличивающегося выноса элементов питания из почвы.

Ключевые слова: биологический азот, бактериальные препараты, масличные культуры, продуктивность маслосемян, Ростовская область, минеральные удобрения

Original article

THE ROLE OF BIOLOGICAL NITROGEN IN THE MINERAL NUTRITION OF OILSEEDS IN THE ROSTOV REGION

R.A. Kamenev, V.V. Turchin, D.R. Avetisyan, B.A. Kopylov

Don State Agrarian University, Persianovsky, Rostov region, Russia

Abstract. The article is devoted to the study of mineral nutrition, in particular nitrogen nutrition of oilseeds in the arid steppe conditions of Russia. The results on the content of mineral nitrogen in soil and plants when bacterial preparations of an associative nature are used in the mineral nutrition system are presented. The use of biologics in combination with the pre-sowing application of mineral fertilizers in doses of $N_{30}P_{30}$ led to an increase in the level of nutrients in the soil compared with the use of biologics alone. The increase was 10–11.6 kg/ha. In comparison with the control variant, where fertilizers were not used, the difference in yield was 12.9–14.0 kg/ha. The use of microbiological preparations in the nitrogen mineral nutrition system has had a significant impact on oilseed plants. There was an increase in the amount of nitrogen in flax plants compared to the control variant in the flowering phase by 0.9–1.6% per absolutely dry substance. A significant relationship has been established between the concentration of total nitrogen in flax plants at the stage of the herringbone phase and their yield. The average value of the correlation coefficient during the study period was 0.903 ± 0.099 . Bacterial preparations have been installed in the black soils of the Rostov region, ensuring high productivity of oilseeds in these soil and climatic conditions. When growing oilseed flax, it is recommended to treat the seeds immediately before sowing with the microbiological preparation Extrasol at a dosage of 200 ml per ton of seeds based on the rhizospheric bacteria *Bacillus subtilis* H-13. The combination of mineral fertilizers and Mizerin 204 in sunflower cultivation provided a significant increase in oilseeds — 0.31 t/ha or 22.6%. The replacement of mineral fertilizers with biological products in the sunflower fertilizer system for the production of organic products leads to a statistically significant increase in yield by 0.16–0.20 tons per hectare. At the same time, there is an increase in conditional net income by 2.3–2.7 thousand rubles/ha, profitability — up to 20%, however, it requires solving the problem of replenishing the increasing removal of nutrients from the soil.

Keywords: biological nitrogen, bacterial preparations, oilseeds, productivity of oilseeds, Rostov region, mineral fertilizers

Введение. Азот является ключевым элементом для всех живых организмов и играет важнейшую роль в биологических процессах. Однако в экосистемах, особенно в агроценозах, он часто становится лимитирующим фактором. Увеличение спроса на азот для производства продовольствия и рост использования синтетических удобрений приводят к увеличению его потребления, что, в свою очередь, может негативно сказаться на состоянии почвы и устойчивости сельского хозяйства в долгосрочной перспективе.

Одним из перспективных направлений решения этой проблемы является биологическая азотфиксация. Этот процесс, осуществляемый

микроорганизмами, позволяет переводить атмосферный азот в доступную для растений форму. Использование симбиотических и ассоциативных азотфиксаторов, а также разработка биопрепаратов на их основе могут значительно сократить потребность в синтетических азотных удобрениях и улучшить экологическую устойчивость сельскохозяйственного производства [1].

В современной науке биологическая фиксация азота приобретает все большую значимость. Этот процесс, осуществляемый специализированными микроорганизмами, преобразует молекулярный азот из атмосферы в доступные формы, обеспечивая его включение в биосферный цикл. Биологическая фиксация азота играет

ключевую роль в поддержании продуктивности экосистем и устойчивости биосферы, являясь аналогом фотосинтеза по своей фундаментальной важности для глобальных биогеохимических процессов [2].

Биологический фиксированный азот, который растения используют на протяжении всей эволюции, является основным источником азота. Природным механизмом его поступления в экосистему являются гроззовые разряды, обеспечивающие поступление азота на уровне 0,1–0,3 кг/га в год, в то время как почвы не обладали другими источниками азота [3]. Микроорганизмы группы симбионтов и ассоциатов, включая азот в биологический круговорот беря его из



атмосферы, позволили обеспечивать естественные растительные сообщества этим важным макроэлементом, который в дальнейшем накапливался в почве. Масштабы его накопления впечатляют — содержание органического вещества в гумусе варьируется от 0,3 до 0,9 т/га в дерново-подзолистых почвах. В черноземах этот показатель значительно выше и составляет от 10 до 50 т/га [4].

Микробиологическое связывание молекулярного азота является ключевым биогеохимическим процессом, обеспечивающим снабжение растений доступным азотом. Этот процесс, осуществляемый специфической группой микроорганизмов, имеет важное экологическое значение, так как не приводит к накоплению загрязняющих веществ в окружающей среде, в отличие от некоторых других методов внесения удобрений. Азотфиксирующие бактерии способны преобразовывать атмосферный азот (N_2) в форму, доступную для усвоения растениями, что делает их незаменимыми участниками экосистемы [5]. Данные о количестве связываемого азота варьируются: от 169 до 269 млн т/год. Эти цифры подчеркивают масштабность процесса биологической фиксации азота и его важность для воспроизводства и повышения почвенного плодородия [6, 7]. Для зернобобовых культур потенциал симбиотической азотфиксации составляет от 130 до 390 кг фиксированного азота на 1 га, а для многолетних бобовых трав — от 270 до 550 кг/га. Эти значения демонстрируют значительный вклад симбиоза в обеспечение растений азотом, что способствует повышению их продуктивности и устойчивости. Создание благоприятных условий для симбиоза, включая оптимальную влажность почвы, температуру, pH и наличие необходимых микроэлементов, может существенно увеличить эффективность азотфиксации. Понимание и оптимизация этих процессов являются важными аспектами устойчивого сельского хозяйства и экосистемного управления [8].

Микроорганизмы группы диазотрофов способны фиксировать до 60 кг N на 1 га в год — это значительное количество, которое помогает поддерживать баланс питательных веществ в почве [9]. Способность этого класса бактерий фиксировать N может выступать в качестве биоиндикатора состояния азота почвы. Главным фактором, влияющим на этот процесс, является газовый состав почвы [10].

Практические методы, направленные на сокращение применения химических удобрений и/или повышение эффективности использования азота, играют важную роль в современной агрономии. Их внедрение направлено на повышение урожайности и улучшение качества сельскохозяйственной продукции. Особое внимание уделяется стимуляции роста растений и поддержке микроорганизмов, известных как PGPR (полезные для растений бактерии), что способствует устойчивости и конкурентоспособности агропромышленного производства [11].

В настоящее время мировой рынок биоудобрений демонстрирует значительный рост и разнообразие продуктов. Основным сегментом рынка являются азотфиксирующие биопрепараты, которые занимают доминирующую позицию. Согласно прогнозам научного сообщества, к 2024 г. объем финансовых поступлений от продажи биоудобрений может увеличиться с 800 млн долл. США в 2016 г. до 3 млрд долл. [12]. Северная Америка, включающая США, Канаду

и Мексику, удерживает лидерство на мировом рынке биоудобрений с долей в 27,7%. Европейский регион, представленный такими странами, как Германия, Великобритания, Испания, Италия и Франция, занимает вторую позицию с годовым оборотом около 0,45 млрд долл. Азиатско-Тихоокеанский регион, включающий Китай, Японию, Индию, Австралию, Новую Зеландию и другие страны, замыкает тройку лидеров с годовым оборотом порядка 0,284 млрд долл. Эти тенденции свидетельствуют о растущем интересе к биоудобрениям как к экологически безопасным и экономически выгодным средствам повышения урожайности и улучшения состояния почв [13].

Перед внедрением штамма бактерий в сельскохозяйственную практику необходимо провести его всестороннее тестирование в различных почвенно-климатических условиях. Это позволит оценить адаптационные способности и эффективность микроорганизма в реальных агроэкосистемах, а также выявить возможные риски и ограничения его использования.

Цель исследований — изучение эффективности биопрепаратов ассоциативной природы при выращивании масличных культур в условиях недостаточного увлажнения Ростовской области. В задачи исследований входили: 1) изучение динамики питания растений масличных культур в отношении различных форм азота в почве; 2) оценка влияния биопрепаратов на урожайность семян масличных культур; 3) определение долевого участия биологического азота в формировании урожайности семян масличных культур с целью уменьшения химического воздействия минеральных удобрений на окружающую среду.

Методика исследований. В период с 2020 по 2023 гг. в ООО «Заветы Ильича» (Азовский район, Ростовская область) проводились полевые эксперименты с сортом льна масличного Небесный, выведенным на базе ГБНУ «Донская опытная станция имени Л.А. Жданова Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур». Данный сорт рекомендован для возделывания в Северо-Кавказском регионе. Экспериментальные участки имели форму прямоугольников с размерами сторон 5 и 6 м, что в сумме составляло площадь в 30 м², для учетов была использована часть этой площади — 22 м². Опыт в пространстве имел 3-кратное повторение. Размещение вариантов в опыте было распределено случайным образом (рандомизированное). В рамках исследования применялась зональная технология возделывания льна масличного, адаптированная к условиям приазовской зоны Ростовской области. Посев осуществлялся рядовым способом с междурядьем 15 см с использованием сеялки СЗ-5,4 при норме высева 7 млн. шт. семян на 1 га. Предшествующей культурой выступала озимая пшеница. Эксперимент проводился на черноземе обыкновенном карбонатном (согласно классификации почв 1977 г.).

В рамках эксперимента была применена схема, предусматривающая чередование вариантов: 1 вариант характеризовал естественный уровень плодородия — абсолютный контроль (без удобрений и агрохимикатов); 2 — в качестве фона применение минеральных удобрений $N_{30}P_{30}$ — весной под культивацию; 3 — флавобактерин; 4 — мизорин; 5 — экстразол; 6 — флавобактерин + $N_{30}P_{30}$; 7 — мизорин + $N_{30}P_{30}$; 8 — экстразол + $N_{30}P_{30}$.

В качестве варианта для сравнения действия биопрепаратов был выбран вариант с внесением минеральных удобрений — аммонийная селитра (34,4% N) и аммофос (12-52) в дозировке NP по 30 кг/га д.в. Они вносились весной вразброс с последующей заделкой культивацией. Внесение микробиологических препаратов осуществлялось во время посева культуры путем обработки семенного материала из расчета 600 мл (флавобактерин и мизорин) и 200 мл (экстразол) на гектарную норму.

Естественный уровень плодородия опытного участка в отношении минерального азота к моменту посева льна масличного в почвенном слое 0-60 см варьировал в интервале от 18,0 (в 2023 г.) до 73,0 (в 2021 г.) кг/га. Мощность гумусосодержащего горизонта чернозема слоя A+B колебалась по годам проведения исследований от 85 до 100 см, содержание гумуса в горизонте A — 4,1-4,4%.

В рамках научно-исследовательской работы, проведенной в период с 2017 по 2019 гг. на базе АО ПСХ «Соколовское» Красносулинского района Ростовской области были изучены биопрепараты ассоциативной природы на посевах подсолнечника. Посев культуры был представлен среднеранним гибридом компании Лимагрен (Франция) LG 5485 с вегетационным периодом 96-110 дней. Пространственное повторение схемы опыта — 3-кратное. Размер делянки: ширина — 5 м, длина — 5,9 м, общая площадь — 28 м², учеты проводили с площади 14 м². Агротехнический процесс, принятый для данной зоны, включает яровую ячмень в роли предшественника. Объектами исследований выступали бактериальные препараты ассоциативной природы, поступившие из Института сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-Петербург). Линейка данных биопрепаратов была проиндексирована номерами и имела название: БП-1 — Мизорин 7, БП-2 — Мизорин 204 и БП-3 — 2П-7. Биопрепараты непосредственно перед выездом сеялки в поле смешивались с сухой структурированной почвой (обязательно без доступа солнечного света) и полученная смесь через систему шлангов пропашной сеялки СУПН-8 вносилась в почву.

Схема опыта включала набор вариантов с внесением бактериальных препаратов в чистом виде и совместно с минеральными удобрениями в дозе $N_{30}P_{40}$ с общим их количеством — 8 вариантов.

Проведение полевых экспериментов и лабораторных анализов осуществлялось в соответствии с установленными методиками. Сбор урожая проводился ручным способом формированием снопов с отдельных участков (поделяночно). Также были выполнены химические анализы почвы и растений на специализированной кафедре агрохимии и экологии имени профессора Е.В. Агафоновой Донского государственного аграрного университета. Эффективность результатов исследований определяли методами экономического и биоэнергетического анализа.

Результаты исследований. В условиях Азовского района, где проводился опыт со льном масличным, условия погоды отличались значительной вариабельностью. В 2022-2023 сельскохозяйственном году условия увлажнения были благоприятными, тогда как 2021-2022 год выдался засушливым. В 2021 г. среднегодовая температура воздуха была на 2,5°C выше нормы, а в 2022 и 2023 гг. превышение составило 0,7-0,8°C.



По влагообеспеченности посевов перед посевом (слой почвы 1 м) период исследований можно расположить в следующей ранжированной последовательности: 2021 год > 2022 год > 2023 год (203,4, 183,4 и 160,3 мм продуктивной влаги соответственно). Падение запасов продуктивной влаги от посева до полной спелости льна было отмечено в 2021 и 2022 гг. В 2023 г. наблюдалась другая картина влагообеспеченности посевов: благодаря обильному выпадению осадков к фазе «елочка» продуктивные запасы влаги весомо пополнились, а к концу вегетации зафиксировано падение ее запасов вплоть до уборки.

Запас аммонийной формы азота почвы (в слое почвы 0-60 см) в предпосевной период в 2023 и 2022 гг. был практически одинаков и варьировал около цифры в 10 кг/га, в 2021 г. его запасы были более существенны и составляли 32 кг/га. Средняя обеспеченность почвы аммонийным азотом в период проведения исследований составила 17,3 кг/га. Динамика этой формы в посевах льна масличного заключалась в равномерном снижении его запасов к фазе цветения культуры, а в 2021 г. — вплоть до фазы полной спелости. Обеспеченность почвы аммонийной формой азота к фазам цветения и полной спелости повышалась за счет применения бактериальных препаратов — превышение его уровня по сравнению с контрольным вариантом составило 0,7-2,1 и 0,2-0,6 кг/га соответственно.

Средний уровень содержания нитратной формы азота в 60-сантиметровом слое почвы составил 22,7 кг/га, что говорит об удовлетворительной обеспеченности почвы этой формой азота. При рассмотрении его динамики по годам можно увидеть тесную связь с влагообеспеченностью. Физиологические потребности растений в азоте практически в полной мере закрывались на протяжении всей вегетации за счет этой формы — об этом свидетельствует падение его содержания к концу вегетации. Только в 2023 г. благоприятные условия влагообеспеченности растений в весенний период обеспечивали интенсивное течение нитрификационных процессов в почве, что провоцировало пополнение нитратной формы азота больше потребности растений, перекрывая его дефицит в питании.

В сумме нитратная и аммонийная формы формируют пул минерального азота в почве. Характерная динамика содержания минерального азота в почве при выращивании любой сельскохозяйственной культуры имеет пологий характер с уменьшением содержания к концу вегетации. Исключения в годы проведения исследований наблюдались на посевах льна масличного, где отмечалась кривая понижения содержания минерального азота в почве к концу вегетации. Именно на влияние на этот показатель сделан акцент при внесении биопрепаратов в опыте. Среди изучаемых препаратов максимальной эффект в увеличении его запасов получен при использовании микробиологического препарата Экстрасол — повышение уровня минерального азота в почве в среднем за вегетацию по сравнению с контрольным вариантом составило 2,4 кг/га. Изучение влияния биопрепаратов на фоне внесения минеральных удобрений показало значительное увеличение урожайности сельскохозяйственных культур. Применение биопрепаратов в сочетании с предпосевным внесением минеральных удобрений в дозах $N_{30}P_{30}$ привело к повышению

уровня содержания питательных веществ в почве по сравнению с использованием только биопрепаратов. Увеличение составило 10-11,6 кг/га. В сравнении с контрольным вариантом, где удобрения не применялись, разница в урожайности составила 12,9-14,0 кг/га. Эти результаты свидетельствуют о высокой эффективности совместного использования биопрепаратов и минеральных удобрений для повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур.

Направленность физиолого-биохимических процессов в растении позволяет осветить химический анализ растения. Использование микробиологических препаратов в системе минерального питания азотом оказало существенное влияние на растение. Произошло повышение количества азота в растениях льна по сравнению с контрольным вариантом в фазе цветения — на 0,9-1,6% на абсолютно сухое вещество. На минеральном фоне ($N_{30}P_{30}$) увеличение концентрации основных элементов питания в обеих фазах проведения учетов — фазы «елочки» и цветения — достигнуто на варианте с препаратом Экстрасол.

Средний уровень продуктивности семян льна за 3 года исследований составил 1,41 т/га (рис. 1).

Результаты статистической обработки урожайности маслосемян 3-летних данных исследований подтверждают эффективность использования для обработки семян Экстрасола. В ходе

исследования был зафиксирован статистически значимый прирост урожайности по сравнению с контрольным вариантом, который составил 0,16 т/га (11,3%). Применение минеральных азотно-фосфорных удобрений в сочетании с обработкой семян исследуемым препаратом привело к дополнительному увеличению урожайности на 0,46 т/га, что соответствует 32,9% относительно контроля. В результате анализа корреляционных связей была установлена значимая зависимость между концентрацией общего азота в растениях льна на стадии фазы «елочка» и урожайностью. Среднее значение коэффициента корреляции за период исследований составило $0,903 \pm 0,099$, что указывает на высокую степень взаимосвязи между этими показателями.

Схема опыта, включающая вариации применения бактериальных препаратов в чистом виде (на естественном фоне плодородия) и на фоне минеральных удобрений, наличие варианта с фоновым внесением позволили провести расчет значимости каждого элемента в общей прибавке урожайности и его долевое участие.

Согласно расчетам, максимальное влияние на урожайность маслосемян среди бактериальных препаратов (высокий процент долевого участия — не ниже 23%) оказали биопрепараты Мизорин и Экстрасол (рис. 2). Положительный эффект на уровне 25% позволит на этот уровень снизить химическую нагрузку в виде применения минеральных удобрений.

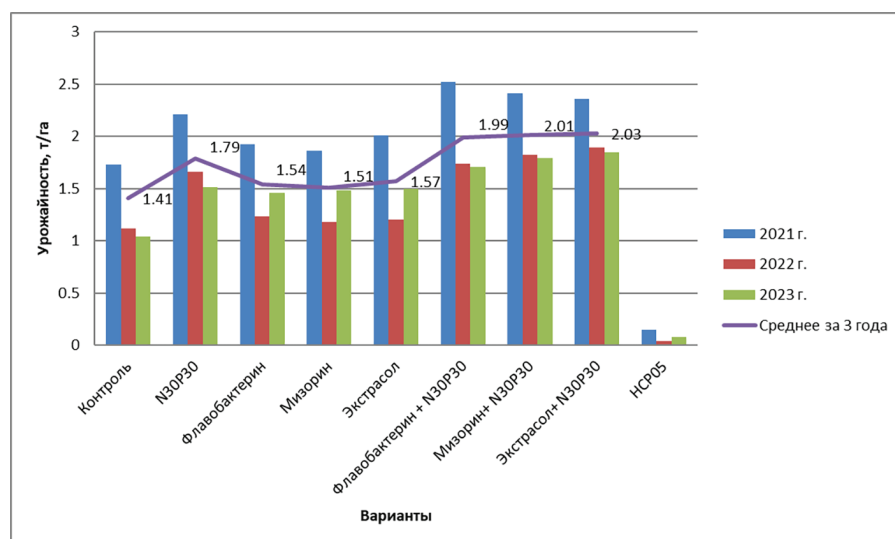


Рисунок 1. Урожайность маслосемян льна (2021-2023 гг.), т/га
Figure 1. Yield of flax oilseeds (2021-2023), t/ha

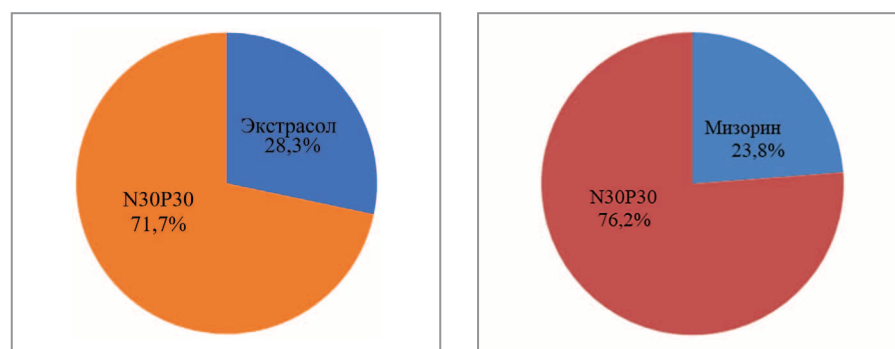


Рисунок 2. Уровень вклада биопрепаратов и минеральных удобрений в прибавке урожайности маслосемян льна, %
Figure 2. The level of contribution of biological products and mineral fertilizers in increasing the yield of flax oilseeds, %



Содержание нитратного азота в 60-сантиметровом слое чернозема обыкновенного перед посевом подсолнечника варьировалось в среднем диапазоне от 49,9 до 62,3 кг/га в зависимости от года. На контрольном участке исследования не наблюдалось значительных изменений содержания нитратного азота до фазы 3-4 пар настоящих листьев подсолнечника. Это можно объяснить динамическим равновесием между процессами нитрификации и потребления нитратного азота растениями. На фоне возрастающего потребления почвенного азота на вариантах с применением минеральных удобрений использование в системе питания бактериальных препаратов привело к его экономии, а при совместном внесении удобрений и препарата было отмечено самое низкое снижение обеспеченности нитратным азотом почвы за период вегетации — 40,9 кг/га (при 41,1 кг/га на контрольном варианте). Вероятно, бактериальные препараты позволяют меньше использовать почвенные запасы минерального азота почвы за счет активной фиксации азота воздуха и вовлечения его в процесс питания культуры и в целом в биологический круговорот, что способствует поддержанию плодородия почвы в отношении этого элемента.

Средний уровень продуктивности семян подсолнечника за 3 года исследований составил 1,37 т/га (рис. 3).

Биопрепараты продемонстрировали мягкое, но довольно значимое и ощутимое влияние на продуктивность растений подсолнечника в условиях естественного фона питания растений. В этом сегменте схемы полевого эксперимента урожайность маслосемян изменялась в пределах 1,51-1,54 т/га, что соответствовало увеличению на 10,2-12,4% по сравнению с контрольным вариантом.

В условиях внесения $N_{30}P_{40}$ весной до посева биопрепараты показали убывающую эффективность в следующем порядке: Мизорин 204 > 2П-7 > Мизорин 7. Только сочетание минеральных удобрений и Мизорина 204 обеспечило достоверную прибавку урожая относительно раздельного применения.

В среднем за 3 года исследований установлено, что минеральные удобрения существенно ухудшают экономическую эффективность возде-

лывания подсолнечника. Лишь бактериальные препараты увеличили условно чистый доход на 2,3-2,9 тыс. руб./га, уровень рентабельности — на 16-19%. Целесообразно было сочетание минимальной дозы туков весной с припосевным внесением Мизорина 204. Здесь себестоимость продукции и рентабельность возделывания достигли практически уровня контроля, а условно чистый доход вырос на 1,4 тыс. руб./га или на 19,8%. Сочетание $N_{30}P_{40}$ с другими биологическими препаратами, вносимыми при посеве, с экономической точки зрения было нецелесообразным как по изменению относительных показателей, так и абсолютных.

Обсуждение результатов. Исследования в данной области позволяют разработать принципиально новый подход, выходящий за рамки традиционного земледелия, базирующегося на широком применении агрохимикатов и пестицидов. Данный метод заключается в разработке и целенаправленном формировании фитомикробных систем — комплексов микроорганизмов, специально подобранных для повышения продуктивности и устойчивости растений.

Комплексное действие биологических препаратов как на естественном, так и удобренном фоне обеспечивает более интенсивное формирование ассимилирующей поверхности масличных культур, которое влияет, в конечном счете, на темпы накопления сухого вещества и продуктивности растений.

Проведение такого типа научных исследований позволяет объективно оценить возможность использования потенциала микробно-растительного взаимодействия в различных почвенно-климатических условиях и на разных культурах.

Применение бактериальных препаратов экономически выгодно, что достигается получением дополнительной продукции урожая, экономией азотных минеральных удобрений и снижением других производственных затрат. Вместе с тем бактериальные препараты являются экологически чистым источником азота для культурных растений, что, в свою очередь, позволяет не загрязнять почву, водоемы и атмосферу.

Выводы. Для повышения эффективности минеральных удобрений при выращивании льна масличного рекомендуется проводить

обработку семян непосредственно перед посевом микробиологическим препаратом Экстра-сол на основе ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 в дозировке 200 мл на 1 т семян.

Замена минеральных удобрений на биопрепараты в системе удобрения подсолнечника для производства органической продукции приводит к статистически значимому увеличению урожайности на 0,16-0,20 т/га. При этом наблюдается увеличение условно чистого дохода на 2,3-2,7 тыс. руб./га, рентабельности — до 20%, однако требует решения проблема восполнения увеличивающегося выноса элементов питания из почвы.

Список источников

1. Soumare, A., Diedhiou, A.G., Thuita, M., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., Gopalakrishnan, S., Koussin, L. (2020). Exploiting Biological Nitrogen Fixation: A Route. Towards a Sustainable. *Agriculture Plants*, no. 9, p. 1011.
2. Завалин А.А., Благовещенская Г.Г. Вклад биологического азота бобовых культур в азотный баланс земледелия России // *Агрохимия*. 2012. № 6. С. 32-37.
3. Levy, H., Moxim, W.J., Kasibhatla, P.S. (1996). A global three-dimensional time-dependent lightning source of tropospheric NO_x. *J. Geophys. Res.-Atmos.*, vol. 101, pp. 22911-22922.
4. Жеруков Б.Х. Биологический азот в сельском хозяйстве: проблемы, решения и перспективы развития // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2010. Т. 47. № 2. С. 43-47.
5. Трепачев Е.П. Агрохимические аспекты биологического азота в современном земледелии. М.: ВИАУ, 1999. 532 с.
6. Бабьева И.П. Биология почв. М.: Изд-во МГУ, 1989. 336 с.
7. Осипов А.И., Соколов О.А. Роль азота в плодородии почв и питании растений. СПб., 2001. 360 с.
8. Yu, T., Zhuang, Q. (2020). Modeling biological nitrogen fixation in global natural terrestrial ecosystems. *Biogeosciences*, vol. 17, pp. 3643-3657. doi: 10.5194/bg-17-3643-2020
9. Vitousek, P.M., Menge, D.N.L., Reed, S.C., Cleveland, C.C. (2013). Biological nitrogen fixation: rates, patterns and ecological controls in terrestrial ecosystems. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 368, p. 0119.
10. Bürgmann, H., Widmer, F., Von Sigler, W., Zeyer, J. (2004). New molecular screening tools for analysis of free-living diazotrophs in soil. *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 70, pp. 240-247.
11. Galindo, F.S., da Silva, E.C., Pagliari, P.H., Fernandes, G.C., Rodrigues, W.L., Biagini, A.L.C., Baratella, E.B., da Silva Júnior, C.A., Moretti Neto, M.J., Silva, V.M., Muraoka, T., Teixeira Filho, M.C.M. (2021). Nitrogen recovery from fertilizer and use efficiency response to *Bradyrhizobium* sp. and *Azospirillum* brasilense combined with N rates in cowpea-wheat crop sequence. *Applied Soil Ecology*, vol. 70, no. 157, p. 103764.
12. Global Biofertilizers Market-Growth, Trends and Forecast. Available at: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-biofertilizers-market-industry> (accessed: 16.06.2020).
13. Swarnalakshmi, K., Vandana, Y., Senthilkumar, M., Dolly, W.D. (2021). Bio fertilizers for higher pulse production in India: Scope, accessibility and challenges. *Indian J Agron.*, vol. 61, pp. 173-181.

References

1. Soumare, A., Diedhiou, A.G., Thuita, M., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., Gopalakrishnan, S., Koussin, L. (2020). Exploiting Biological Nitrogen Fixation: A Route. Towards a Sustainable. *Agriculture Plants*, no. 9, p. 1011.
2. Zavalin, A.A., Blagoveshchenskaya, G.G. (2012). Vklad biologicheskogo azota bobovykh kul'tur v azotnyi balans zemledeliya Rossii [Contribution of biological nitrogen from legumes to the nitrogen balance of agriculture in Russia]. *Agrokhimiya* [Agricultural chemistry], no. 6, pp. 32-37.
3. Levy, H., Moxim, W.J., Kasibhatla, P.S. (1996). A global three-dimensional time-dependent lightning source of tropospheric NO_x. *J. Geophys. Res.-Atmos.*, vol. 101, pp. 22911-22922.

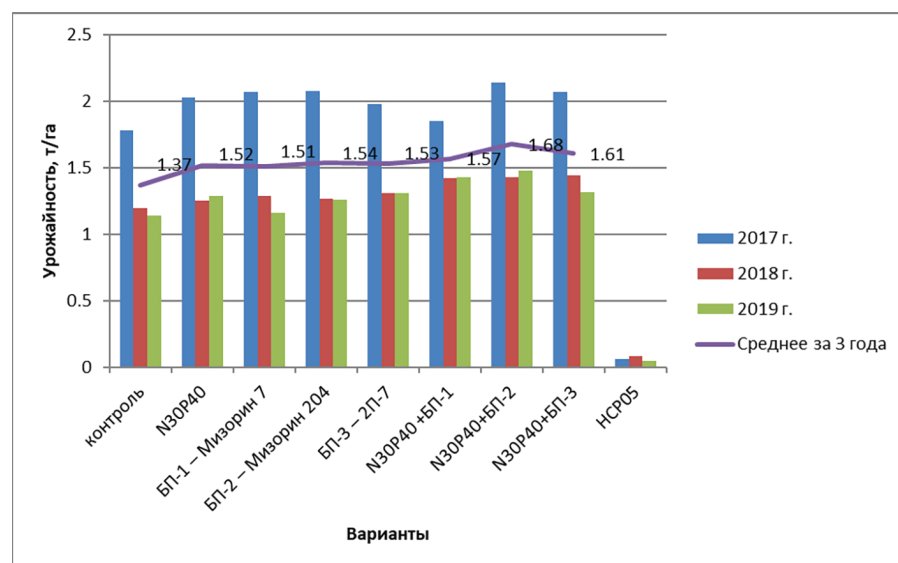


Рисунок 3. Урожайность маслосемян подсолнечника (2017-2019 гг.), т/га
Figure 3. Sunflower oil seed yield (2017-2019), t/ha





4. Zherukov, B.Kh. (2010). Biologicheskii azot v sel'skom khozyaistve: problemy, resheniya i perspektivy razvitiya [Biological nitrogen in agriculture: problems, solutions and development prospects]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [News of the Gorsky State Agrarian University], vol. 47, no. 2, pp. 43-47.

5. Trepachev, E.P. (1999). *Agrokhimicheskie aspekty biologicheskogo azota v sovremennoy zemledelii* [Agrochemical aspects of biological nitrogen in modern agriculture]. Moscow, VIUA, 532 p.

6. Bab'eva, I.P. (1989). *Biologiya pochv* [Biology of soils]. Moscow, Publishing House of Moscow State University, 336 p.

7. Osipov, A.I., Sokolov, O.A. (2001). *Rol' azota v plodorodii pochv i pitanii rastenii* [The role of nitrogen in soil fertility and plant nutrition]. Saint-Petersburg, 360 p.

8. Yu, T., Zhuang, Q. (2020). Modeling biological nitrogen fixation in global natural terrestrial ecosystems. *Biogeosciences*, vol. 17, pp. 3643-3657. doi: 10.5194/bg-17-3643-2020

9. Vitousek, P.M., Menge, D.N.L., Reed, S.C., Cleveland, C.C. (2013). Biological nitrogen fixation: rates, patterns and ecological controls in terrestrial ecosystems. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 368, p. 0119.

10. Bürgmann, H., Widmer, F., Von Sigler, W., Zeyer, J. (2004). New molecular screening tools for analysis of free-living diazotrophs in soil. *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 70, pp. 240-247.

11. Galindo, F.S., da Silva, E.C., Pagliari, P.H., Fernandes, G.C., Rodrigues, W.L., Biagini, A.L.C., Baratella, E.B., da Silva Júnior, C.A., Moretti Neto, M.J., Silva, V.M., Muraoka, T., Teixeira Filho, M.C.M. (2021). Nitrogen recovery from fertilizer and use efficiency response to *Bradyrhizobium* sp. and *Azospirillum brasilense* combined with N rates in cowpea-wheat crop sequence. *Applied Soil Ecology*, vol. 70, no. 157, p. 103764.

12. Global Biofertilizers Market-Growth, Trends and Forecast. Available at: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-biofertilizers-market-industry> (accessed: 16.06.2020).

13. Swarnalakshmi, K., Vandana, Y., Senthilkumar, M., Dolly, W.D. (2016). Bio fertilizers for higher pulse production in India: Scope, accessibility and challenges. *Indian J Agron.*, vol. 61, pp. 173-181.

Информация об авторах:

Каменев Роман Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агрохимии и экологии имени профессора Е.В. Агафонова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0725-2190>, Scopus ID: 57217045129, Researcher ID: ABD-2076-2021, SPIN-код: 1189-1682, camenew2010@yandex.ru

Турчин Владимир Валерьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агрохимии и экологии имени профессора Е.В. Агафонова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7829-0296>, Researcher ID: ABC-7510-2021, SPIN-код: 5130-5526, vl.turchin@mail.ru

Аветисян Давид Рафаелович, кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры агрохимии и экологии имени профессора Е.В. Агафонова, daviondpainter@mail.ru

Копылов Борис Андреевич, ассистент кафедры агрохимии и экологии имени профессора Е.В. Агафонова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9075-6818>, SPIN-код: 7967-2086, b-kopylov@mail.ru

Information about the authors:

Roman A. Kamenev, doctor of agricultural sciences, professor, professor of the department of agrochemistry and ecology named after professor E.V. Agafonov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0725-2190>, Scopus ID: 57217045129, Researcher ID: ABD-2076-2021, SPIN-code: 1189-1682, camenew2010@yandex.ru

Vladimir V. Turchin, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of agrochemistry and ecology named after professor E.V. Agafonov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7829-0296>, Researcher ID: ABC-7510-2021, SPIN-code: 5130-5526, vl.turchin@mail.ru

David R. Avetisyan, candidate of agricultural sciences, assistant of the department of agrochemistry and ecology named after professor E.V. Agafonov, daviondpainter@mail.ru

Boris A. Kopylov, assistant of the department of agrochemistry and ecology named after professor E.V. Agafonov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9075-6818>, SPIN-code: 7967-2086, b-kopylov@mail.ru

✉ vl.turchin@mail.ru



ПЛОДЫ И ОВОЩИ
VII СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ



VII СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ-ВЫСТАВКА ПЛОДЫ И ОВОЩИ РОССИИ 2025

30–31 ОКТЯБРЯ 2025 г. / СОЧИ

АГРОБИЗНЕС
Организатор форума

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ:

- Новые направления в отрасли садоводства и виноградарства
- Перспективы отрасли плодоводства и виноградарства
- Технологии хранения и предпродажной подготовки фруктов и ягод
- Инфраструктура сбыта плодов и ягод. Как реализовать?
- Переговоры с сетями
- Государственная поддержка развития плодово-ягодной отрасли

АУДИТОРИЯ ФОРУМА

Предприятия фруктового садоводства, виноградарства и ягодоводства; Компании, производящие удобрения; Предприятия по переработке и хранению плодово-ягодной продукции; Крестьянские фермерские хозяйства, выращивающие плодово-ягодные культуры открытого грунта; Крупнейшие агропарки и оптово-распределительные центры; Представители крупнейших торговых сетей; Госорганы; Представители профильных ассоциаций и союзов.

По вопросам участия:

+7 (909) 450-36-10

+7 (960) 476-53-39

+7 (968) 800-53-39

e-mail: events@agbz.ru

Регистрация на сайте: fruitforum.ru



Реклама. ИД: 0000000000. ИНН: 0000000000. ОГРН: 0000000000