

Оптимальным является интервал норм высева 5,5-6,0 млн/га на фоне внесения (NPK)₉₀.

Литература

1. Ильясова Н.И., Ваулина Г.И., Тимофеев О.В. Урожайность ярового ячменя и фитосанитарное состояние посевов в зависимости от уровня применения удобрений и средств защиты растений // Плодородие. – 2009. – № 4 (49). – С. 19-20.
2. Сычев В.Г., Шафран С.А., Духанина Т.М. Прогноз потребности сельского хозяйства России в минеральных удобрениях к 2030 г. // Плодородие. – 2016. – № 2. – С. 5-7.
3. Титова В.И., Архангельская А.М. Влияние удобрений на продуктивность звена севооборота ячень-травы (по данным многолетнего опыта за период 1987–2012 г.) // Агрохимия. – 2015. – № 10. – С. 10-17.
4. Пасынков А.В., Пасынкова Е.Н. Зависимость показателей качества зерна пивоваренного ячменя от уровня минерального питания и гидро-термических условий в период вегетации // Агрохимический вестник. – 2020. – № 3. С. 33-41.
5. В.И. Трухачев, С.Л. Белопухов, Р.Р. Исламгулова, И.И. Серегина, Н.Н. Новиков, И.И. Дмитриевская. Пивоваренные показатели качества ячменя сорта Надежный в зависимости от условий питания // Агрофизика. – 2021. – № 4. – С. 28-33. DOI: 10.25695/AGRP.2021.04.05.
6. Каримова Л.З., Сафин Р.И., Таланов И.П. Влияние предпосевной обработки семян и нормы высева на формирование урожая и

пораженность растений ячменя корневыми гнилями // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2015. – № 1 (29). – С. 21-25.

7. Левакова О.В. Сортовые особенности формирования продуктивности ячменя сорта Рафаэль при разной норме высева // Аграрная наука. – 2023. – № 2. – С. 82-86. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-367-2-82-86.
8. Левакова О.В. Сортовые особенности нового сорта ячменя Любояр при возделывании с разной густотой посева // Зерновое хозяйство России. – 2024. – Т. 16. – № 1. – С. 70-76. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-90-1-70-76>.
9. Таланов И.П., Каримова Л.З. Продуктивность ячменя в зависимости от фонов питания и нормы высева // Вестник Казанского ГАУ. – 2019. – № 3 (54). – С. 67-70.
10. Фесенко М.А., Шпанев А.М. Влияние агротехнологических факторов на урожайность ярового ячменя в условиях Ленинградской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2024. – № 25(3). – С. 330-339. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.3.330-339>.
11. Программа и методика исследований в Геосети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии. – М.: ВИУА, 1990. – 187 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1968. – С. 90-92.
13. Пасынков А.В., Пасынкова Е.Н. Особенности использования регрессионного анализа в агрохимических исследованиях // Агрохимия. – 2022. – № 10. – С. 71-83. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002188122100088>.

THE EFFECTIVENESS OF INCREASING DOSES OF MINERAL FERTILIZERS AND SEED SOWING RATES IN THE CULTIVATION OF SPRING BARLEY

Pasinkova E.N., Radyukevich T.N., Kartashova L.I.; Pasinkov A.V.,
Leningrad Research Institute "Belogorka" – a branch of the Federal State Budgetary Educational Institution
"FITZ potato named after A.G. Lorch" 188338 Belogorka village, Gatchinsky district, Leningrad region; Pleasant N.S.,
Agrophysical Research Institute St. Petersburg, Grazhdansky Prospekt, 14 E-mail: pasynkova.elena@gmail.com

Three years of research results are presented to identify optimal seed sowing rates depending on the dose of mineral fertilizers when cultivating a new barley variety *Fermersky* on sod-podzolic light loamy soil in the Leningrad region. The experimental design is a full-factorial field experiment, expressed by the 6×4 formula, in which 6 seed sowing rates were studied (3.5 ... 6.0 million viable grains per 1 ha) against the background of 4 levels of mineral nutrition (without fertilizers ... (NPK)₉₀). Multiple regression analysis showed that with increasing doses of mineral fertilizers and seed sowing rates, barley grain yield increased, however, each subsequent increase in doses of mineral fertilizers and seeding rates was accompanied by a smaller increase in yield. It has been shown that in years with relatively favorable and in years with unfavorable hydrothermal conditions during the growing season, the optimal doses of mineral fertilizers and seed sowing rates differed significantly. Therefore, the dependence of grain yield on increasing doses of mineral fertilizers and seed sowing rates must be considered taking into account the developing hydrothermal conditions of specific growing seasons.

Key words: barley, grain yield, mineral fertilizers, seed sowing rate, multiple regression analysis

УДК 631.811.095.337.633.11

DOI: 10.25680/S19948603.2024.141.14

ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ РИЗОБАКТ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ГОРОХА В УСЛОВИЯХ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

В.И. Лазарев, Ж.Н. Минченко, Курский Федеральный аграрный научный центр
Россия, г. Курск, ул. Карла Маркса, 70б, *E-mail: vla190353@yandex.ru

Работа выполнена по теме государственного задания № -FGZU-2024-0001

Представлены результаты исследований по эффективности микробиологических удобрений Ризобакт (марки МЖФ и КЖФ) при возделывании гороха сорта Фараон в условиях черноземных почв Курской области. Работа выполнялась в 2018–2020 г. в опытах ФГБНУ «Курский ФАНЦ». Почва опытного участка – чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый. Установлено, что обработка семян гороха микробиологическими удобрениями повышала энергию прорастания на 3,1–3,7%, лабораторную всхожесть на 4,9–5,2, полевую всхожесть – на 4,6–4,9% в сравнении с контролем. Обработка семян микробиологическими удобрениями увеличивала количество фиксированного азота воздуха до 56,7–57,4 кг/га, а обработка семян и растений гороха в фазе полных всходов до 60,7–61,2 кг/га. Микробиологические удобрения Ризобакт, марки МЖФ и Ризобакт, марки КЖФ повышали урожайность гороха на 1,1–1,2 ц/га, содержание белка в зерне – на 0,4–0,5% при обработке семян и, соответственно, на 2,6–2,8 ц/га и 1,3–1,4% при обработке семян и растений гороха в фазе полных всходов, в сравнении с контролем. При сравнении влияния эффективности микробиологических удобрений Ризобакт, МЖФ и Ризобакт, КЖФ между собой на урожайность и качество зерна гороха, достоверной разницы не наблюдалось. Использование микробиологических удобрений Ризобакт, МЖФ и Ризобакт, КЖФ на посевах гороха экономически выгодно: чистый доход от их использования составил 23729–27079 руб/га, уровень рентабельности – 97,0–103,4%, при величине этих показателей в контрольном варианте 23032 руб/га и 91,4 % соответственно.

Ключевые слова: горох, микробиологические удобрения, урожайность, структура урожая, содержание белка, экономическая эффективность.

Для цитирования: В.И. Лазарев, Ж.Н. Минченко. Влияние микробиологического удобрения Ризобакт на продуктивность и качество зерна гороха в условиях черноземных почв Курской области // Плодородие. 2024. – №. – С. 63-68. DOI: 10.25680/S19948603.2024.141.14.

Горох посевной – одна из самых широко распространенных зернобобовых культур на территории России, имеет важное значение в сфере питания, животноводства и агрономии. В его составе 22-34% белков, 23-48 углеводов в виде крахмала, 4-10% сахаров и разнообразные витамины [1]. Кроме того, горох играет значимую экологическую роль в системах земледелия, способствуя азотному обогащению почвы. Это влечет за собой увеличение ее плодородия, в результате снижается экологический риск химизации растениеводства [2, 3]. Несмотря на это, доля гороха в структуре посевных площадей, в частности в Курской области, недостаточна. За последнее десятилетие наблюдалось снижение площадей посева гороха с 28,52 тыс. га в 2011 г. до 7,63 тыс. га в 2020 г., хотя к 2023 г. показатель увеличился до 16,20 тыс. га. Динамика урожайности также демонстрирует положительную тенденцию к росту с 15,9 ц/га в 2011 г. до 33,8 ц/га в 2023 г. Для повышения урожайности и качества гороха необходимы разработка и применение инновационных агротехнологий, включая биопрепараты, стимуляторы роста и микробиологические удобрения [4].

В современных технологиях возделывания зернобобовых культур, в том числе гороха, ключевую роль играет интегрированный подход к системе удобрения, который основывается на глубоком понимании потребностей растений в минеральных веществах, уникальных для каждого вида агрокультур, а также на методах и формах внесения агрохимикатов, адаптированных к агроклиматическим условиям данной территории [5-7].

Оптимизация питания гороха, при этом не оказывая вредного воздействия на экологию, может быть достигнута при применении микробиологических удобрений. В контексте энергетического кризиса и увеличения стоимости традиционных минеральных удобрений такие удобрения набирают популярность [8, 9]. В связи с этим поиск дополнительных источников питания растений за счет применения микробиологических удобрений, созданных на основе различных микроорганизмов, обеспечивающих регулирование минерального питания и контролирующих фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур, является актуальной задачей [10, 11].

Одним из ключевых и наиболее результативных методов применения микробиологических удобрений – инокуляция семян. Она включает предпосевную обработку семенного материала бобов при помощи активных штаммов азотфиксирующих микроорганизмов, культивируемых на специальных питательных средах. Каждому виду бобовых соответствует свой специфический тип клубеньковых бактерий, обеспечивающих эффективное усвоение азота из воздуха [12-14].

Продукты фотосинтеза поступают в клубеньки растений через корневую систему. Бактерии фиксируют атмосферный азот (N_2), превращая его в аммонийную форму NH_4^+ , которая доступна для растений и используется ими для синтеза аминокислот, белков и других органических соединений [15, 16].

Исследованиями [17] установлено, что на азот, фиксированный клубеньковыми бактериями, приходится основная доля общего объема биологического азота в почве и около одной трети на азот, который фиксируется ассоциативными микроорганизмами в ризосфере не бобовых культур. По данным ФАО, биологическая фиксация азота вносит значительный вклад в сельскохозяйственное производство, который вдвое превосходит химические азотные удобрения, а в ежегодном потоке доля фиксированного азота почти в 3 раза больше азота минеральных удобрений [17].

Почва содержит различные микроорганизмы, способные к азотфиксации, но эта способность у них развита слабо. Поэтому существует необходимость в дополнительном применении микробиологических удобрений [18-20]. Использование инокулянтов снижает потребность в химических средствах защиты растений и уменьшает необходимость в азотных удобрениях. Азот, полученный через симбиотическую азотфиксацию, безвреден по сравнению с нитратным азотом, который при его переизбытке в растениях может ухудшить качество продукции [21, 22]. Введение микробиологических средств улучшает урожайность и качество бобов, а также насыщает почву азотом для будущих культур в рамках севооборота [23, 24].

В настоящее время многие аграрии активно применяют метод инокуляции семян бобовых культур для повышения продуктивности урожая и минимизации негативного антропогенного влияния на состояние окружающей среды [25-27].

Всё больше сельхозпроизводителей используют инокуляцию семян бобовых культур для увеличения их урожайности и снижения антропогенного воздействия на окружающую среду [25-27].

Цель исследования – определить эффективность использования микробиологических удобрений на основе штаммов клубеньковых, ризосферных бактерий Ризобакт (марки МЖФ и РЖФ) на посевах гороха, их влияния на рост и развитие растений, структуру урожая, урожайность и качественные характеристики зерна с учетом агроклиматических особенностей Курской области.

Методика. Исследования осуществляли в лаборатории технологий возделывания полевых культур ФГБНУ «Курский Федеральный аграрный научный центр» с 2018 по 2020 г. Чередование культур в севообороте следующее: 1 – горох; 2 – озимая пшеница; 3 – сахарная свекла; 4 – яровой ячмень. Изучали эффективность микробиологических удобрений Ризобакт (марки МЖФ и КЖФ) в опыте, заложенном по схеме: 1. Контроль, без обработки микробиологическими удобрениями. 2. Ризобакт (МЖФ), обработка семян (100 мл/т). 3. Ризобакт (МЖФ), обработка семян (100 мл/т) + Ризобакт (МЖФ), обработка растений в фазе полных всходов (100 мл/га). 4. Ризобакт (КЖФ), обработка семян (100 мл/т). 5. Ризобакт (КЖФ) обработка семян (100 мл/т) + Ризобакт (КЖФ) обработка растений в фазе полных всходов (100 мл/га).

Повторность в опыте 3-кратная, варианты располагались систематически в один ярус. Площадь посевной деланки 189 м², учетной – 100 м².

Ризобакт – микробиологическое удобрение (инокулянт) на основе штаммов клубеньковых, ризосферных, филлосферных бактерий, фиксирующих азот из воздуха, трансформирующих фосфор, и калий из валовых форм почвы в доступные формы для растений.

Ризобакт марки МЖФ – содержит активные жизнеспособные клетки *Enterobacter cloacae*, не менее – $1 \cdot 10^9$ – $5 \cdot 10^9$ КОЕ/мл и *Corynebacterium freneyi*, не менее – $1 \cdot 10^9$ – $5 \cdot 10^9$ КОЕ/мл.

Ризобакт марки КЖФ – содержит активные жизнеспособные клетки *Rhizobium galegae*, не менее – $1 \cdot 10^9$ – $5 \cdot 10^9$ КОЕ/мл и *Mesorhizobium ciceri*, не менее – $0,5 \cdot 10^9$ – $2 \cdot 10^9$ КОЕ/мл, массовая доля сухого остатка – 0,05%, рН (1%-ного раствора) – 6,0-7,0 [https://www.agroxxi.ru/goshandbook /agrochem/772.html].

Почва на исследуемом участке – чернозём типичный мощный тяжелосуглинистый на карбонатном лессовидном суглинке. На момент начала полевых испытаний агрохимическая характеристика опытного участка представлена следующими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) в пахотном слое – 5,5%, щелочногидролизующий азот – 15,4 мг/100 г, подвижные формы фосфора и калия (по Чирикову) – 17,5 и 11,3 мг/100 г, реакция почвенной среды рН_{KCl} 5,4 (слабокислая).

Во время проведения полевых исследований климатические условия были благоприятны для роста гороха, отражая типичный климат Курской области. В течение вегетационного сезона (с апреля по июль) 2018 г., среднесуточная температура соответствовала многолетним средним показателям за аналогичный период. При этом общее количество выпавших осадков составило 272,5 мм, что на 26,7% превышает обычный показатель. В 2019 г. погодные условия оказались более тёплыми и сухими по сравнению с обычными, с повышением среднесуточной температуры на 1,8 °С (16,2 °С) объём осадков уменьшился до 177,5 мм, что составляет 82,5% от обычного уровня. В 2020 г. наблюдалось умеренное повышение среднесуточной температуры в период вегетации – на 0,7 °С по сравнению со среднесуточной температурой, с осадками 213,6 мм, что почти соответствует норме.

Посев осуществляли элитными семенами гороха посевного сорта Фараон, отвечающими требованиям 1-го класса посевных стандартов, с заданной плотностью посева 1,2 млн всхожих семян на 1 га. Способ посева рядовой с глубиной посева семян 4-5 см. Под основную обработку почвы общим фоном вносили минеральные удобрения – N₃₀P₃₀K₃₀. Микробиологические удобрения при обработке семян и растений гороха вносили ранцевым опрыскивателем с нормой расхода рабочего раствора 15 л/т семян и 200 л/га посевной площади.

Уборку урожая осуществляли методом прямого комбайнирования (используя комбайн Сампо-1200), последующие корректировки данных урожайности производили с учетом 100%-ной чистоты и уровня влажности семян 14%. Для определения энергии прорастания и лабораторной всхожести семян использовали ГОСТ-12038-84 (2011). Анализ структуры урожая гороха проводили в соответствии с методическими указаниями Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вычисление экономического эффекта от

использования микробиологических удобрений осуществляли на основе технологических карт. Для оценки экспериментальных данных задействовали дисперсионный анализ в рамках математической статистики, используя программы Microsoft Excel и Statistica.

Результаты и их обсуждение. Эксперименты в условиях лаборатории показали, что применение микробиологических препаратов Ризобакт (МЖФ и КЖФ) для обработки семян гороха значительно улучшало их способность к прорастанию (табл. 1).

1. Энергия прорастания, лабораторная и полевая всхожесть семян гороха посевного в зависимости от микробиологических удобрений (в среднем за 2018-2020 г.)

Вариант	Энергия прорастания	Лабораторная всхожесть	Число взшедших растений на 1 м ²	Полевая всхожесть, %
	%			
1. Контроль (без обработки препаратами)	78,1	83,3	97,9	81,6
2. Ризобакт (МЖФ) обработка семян (100 мл/т)	81,2	88,2	103,4	86,2
3. Ризобакт (КЖФ) обработка семян (100 мл/т)	81,8	88,5	103,8	86,5
НСР ₀₅	1,2	1,1	1,2	

На четвертый день после начала проращивания наблюдался рост энергии прорастания на 3,1–3,7%, а к восьмому дню показатель лабораторной всхожести семян увеличился на 4,9–5,2% по сравнению с контрольным вариантом.

Применение микробиологических удобрений в качестве предпосевной обработки семян увеличивало полевую всхожесть гороха на 4,6-4,9%, способствовало улучшению роста и развития растений, обеспечивало формирование более объемной вегетативной массы и развитой корневой системы, по сравнению с контрольным вариантом (см. табл. 1).

Во время экспериментов посадку гороха осуществляли в середине и конце апреля. На контроле первые всходы отмечались на 10-11-й день после посева, тогда как при использовании микробиологических удобрений для предпосевной обработки семян, прорастание происходило на 9-10-й день, т.е. на 1-2 дня раньше. Применение микробиологических удобрений не только ускоряло начальные этапы развития гороха, но и оказывало положительное воздействие на последующие фазы роста: периоды бутонизации и цветения наступали на 1-2 дня раньше. Кроме того, микробиологические удобрения способствовали незначительному удлинению периода активного роста, в итоге замедляя наступление фазы полной зрелости зерна на 2 дня по сравнению с растениями в контрольном варианте.

Одна из ключевых характеристик гороха – его способность фиксировать атмосферный азот благодаря взаимодействию с клубеньковыми бактериями рода *Rhizobiales*. Инокуляция семян гороха эффективными, вирулентными штаммами этих бактерий значительно улучшает результаты. Эффективность такого типа симбиоза между бобовыми растениями и ризобиями оценивается через объем и функциональность симбиотического аппарата, главными показателями которого служат число и общая масса клубеньков на каждое растение. В ходе исследований выявлено, что обработка семян и растений гороха в фазе полных всходов

микробиологическими удобрениями марки Ризобакт способствовала активизации бобово-ризобияльного симбиоза, повышала на 1 растение число клубеньков на 11,7-12,2 и их массу на 21,7-22,6 мг по сравнению с растениями контрольного варианта (табл. 2).

2. Количество и масса клубеньков на корнях гороха (фаза начало цветения) в зависимости от влияния микробиологических удобрений (в среднем за 2018-2020 г.)

Вариант	Число клубеньков на 1 растение	Масса клубеньков, мг/растение
1. Контроль (без обработок)	24,6	45,5
2. Ризобакт (МЖФ), обработка семян (100 мл/т)	33,7	62,3
3. Ризобакт (МЖФ), обработка семян (100 мл/т) + МЖФ (100 мл/га), обработка растений в фазе полных всходов	36,3	67,2
4. Ризобакт (КЖФ), обработка семян (100 мл/т)	34,4	63,6
5. Ризобакт (КЖФ), обработка семян (100 мл/т) + КЖФ (100 мл/га), обработка растений в фазе полных всходов	36,8	68,1

С помощью методики расчета, основанной на коэффициенте Хопкинса-Питерса, для оценки объема атмосферного азота, усваиваемого благодаря симбиотической активности ризобий, выявлено, что к моменту формирования плодов горохом было связано от 46,9 до 61,2 кг/га азота. Внесение микробиологических удобрений на посевах гороха значительно стимулировало симбиотическую деятельность клубеньковых бактерий и способствовало повышению количества фиксированного азота растениями гороха. Минимальные показатели азотфиксации получены в контрольном варианте. Предпосевная обработка семян гороха микробиологическими препаратами позволила увеличить поглощение азота из атмосферы, а комбинированная обработка семян и посевов в фазе полных всходов ещё больше улучшила данный показатель. Эффективность влияния различных видов микробиологических удобрений (МЖФ и КЖФ) на процесс азотфиксации гороха была практически равной (табл. 3).

3. Воздействие микробиологических удобрений на объем азота, ассимилированного симбиотической системой гороха (в среднем за 2018-2020 г.)

Вариант	Содержание общего азота в корнях и надземной массе гороха, %	Количество фиксированного азота воздуха, кг/га
1. Контроль (без обработок)	1,05	46,9
2. Ризобакт (МЖФ), обработка семян (100 мл/т)	1,22	56,7
3. Ризобакт (МЖФ), обработка семян (100 мл/т) + МЖФ (100 мл/га), обработка растений в фазе полных всходов	1,24	60,7
4. Ризобакт (КЖФ), обработка семян (100 мл/т)	1,23	57,4
5. Ризобакт (КЖФ), обработка семян (100 мл/т) + КЖФ (100 мл/га), обработка растений в фазе полных всходов	1,24	61,2

Использование различных марок микробиологических удобрений при возделывании гороха оказывало

положительное влияние на формирование элементов структуры урожая. Исследования показали, что влияние обработки семян и вегетирующих растений гороха удобрениями Ризобакт оказало несущественное воздействие на количество бобов на одно растение и на число зерен в бобе. В то же время, значительное влияние отмечено на массу 1000 зерен, что зависело от методов применения удобрений: при обработке семян зафиксирован прирост в 2-3 г, а при обработке семян в сочетании с обработкой растений – 7-9 г по сравнению с контрольным вариантом, где показатель достоверности ($НСР_{05}$) составил 1,2 г (табл. 4).

4. Элементы структуры урожая гороха в зависимости от влияния микробиологических удобрений (в среднем за 2018-2020 г.)

Вариант	Число бобов на 1 растении	Число зерен в одном бобе	Масса 1000 зерен, г
1. Контроль (без обработок)	3,3	3,2	256
2. Ризобакт (МЖФ), обработка семян (100 мл/т)	3,4	3,2	258
3. Ризобакт (МЖФ), обработка семян (100 мл/т) + МЖФ (100 мл/га), обработка растений в фазе полных всходов	3,4	3,3	263
4. Ризобакт (КЖФ), обработка семян (100 мл/т)	3,5	3,3	259
5. Ризобакт (КЖФ), обработка семян (100 мл/т) + КЖФ (100 мл/га), обработка растений в фазе полных всходов	3,5	3,3	265
$НСР_{05}$	0,1	0,2	1,2

Применение микробиологических удобрений значительно улучшило структурные характеристики урожая и фитосанитарное состояние посевов, что в свою очередь способствовало увеличению урожайности гороха. В частности, обработка семян гороха микробиологическим удобрением Ризобакт марки МЖФ в количестве 100 мл/га позволила достичь прироста урожайности на 1,1 ц/га, или на 4,1%, в то время как использование Ризобакт марки КЖФ в аналогичной дозе привело к увеличению урожайности на 1,2 ц/га, или на 4,4% по сравнению с контрольным вариантом. Статистическая значимость различий подтверждена $НСР_{05}$, составляющей 0,9 ц/га.

Максимальная урожайность гороха в опыте достигнута в вариантах с обработкой семян и вегетирующих растений гороха микробиологическими удобрениями Ризобакт. Ризобакт МЖФ и Ризобакт КЖФ показали высокую эффективность при обработке семян и растений гороха, что проявилось в приросте урожайности, равном 2,6-2,8 ц/га, или повышении на 9,8-10,4% в сопоставлении с результатами контрольного варианта (табл. 5).

При обработке только семян наблюдалось лишь незначительное увеличение содержания белка в зернах – на 0,4-0,5%, что было статистически не значимо при уровне достоверности 5%. Однако, обработка как семенного материала, так и растений на стадии полных всходов, повышала уровень белка на 1,3-1,4%, что является существенным улучшением. Эффект от использования различных типов микробиологических удобрений на качество зерна гороха не выявил значительной разницы между препаратами.

5. Урожайность и качество зерна гороха в зависимости от влияния микробиологических удобрений Ризобакт (в среднем за 2018-2020 г.)

Вариант	Урожай-	Прибавка к	Содержа-	Прибавка к
	ность	контролю	ние белка	контролю
	ц/га			%
1. Контроль (без обработок)	26,8	-	21,1	-
2. Ризобакт (МЖФ), обработка семян (100 мл/т)	27,7	1,1	21,5	0,4
3. Ризобакт (МЖФ), обработка семян (100 мл/т) + МЖФ (100 мл/га), обработка растений в фазе полных всходов	29,4	2,6	22,4	1,3
4. Ризобакт (КЖФ), обработка семян (100 мл/т)	28,0	1,2	21,6	0,5
5. Ризобакт (КЖФ), обработка семян (100 мл/т) + КЖФ (100 мл/га), обработка растений в фазе полных всходов	29,6	2,8	22,5	1,4
НСР ₀₅		0,9		0,6

Оценка экономических показателей применения удобрений Ризобакт при возделывании гороха показала их высокую эффективность. Применение для предпосев-ной обработки микробиологических удобрений

Ризобакт МЖФ и Ризобакт КЖФ способствовало росту урожайности на 1,1-1,2 ц/га, что в свою очередь привело к повышению стоимости валовой продукции на 1980-2160 руб/га (табл. 6).

6. Экономическая эффективность использования микробиологических удобрений Ризобакт на посевах гороха (в среднем за 2018-2020 г.)

Вариант	Урожай- ность, ц/га	Стоимость валовой продукции, руб.	Производст- венные затраты, руб.	Себестоимость, руб/ц	Чистый доход, руб/га	Уровень рентабельности, %
1. Контроль (б/о)	26,8	48240	25208	940,59	23032	91,4
2. Ризобакт (МЖФ), обработка семян (100 мл/т)	27,9	50220	25491	913,66	24729	97,0
3. Ризобакт (МЖФ), обработка семян + МЖФ, обработка растений	29,4	52920	26201	891,19	26719	102,0
4. Ризобакт (КЖФ), обработка семян	28,0	50400	25491	910,39	24909	97,7
5. Ризобакт (КЖФ), обработка семян + КЖФ обработка расте- ний	29,6	53280	26201	885,16	27079	103,4

Применение микробиологических препаратов Ризо-бакт МЖФ и Ризобакт КЖФ для обработки семян и рас-тений гороха позволило получить условный чистый до-ход в размере 26719-27079 руб/га, что соответствовало рентабельности 102,0-103,4%.

Выводы. Полученные в результате эксперимента данные свидетельствуют о высокой эффективности ис-пользования микробиологических удобрений Ризобакт МЖФ и Ризобакт КЖФ для обработки семян и растений гороха сорта Фараон. Отмечено, что применение данных препаратов активизировало прорастание семян от 3,1 до 3,7%, увеличило лабораторную всхожесть на 4,9-5,2%, а полевую – на 4,6-4,9% по сравнению с контрольным ва-риантом. Обработка семян способствовала увеличению фиксации атмосферного азота, достигая 56,7-57,4 и 60,7-61,2 кг/га при дополнительной обработке растений го-роха в фазе полных всходов. Применение Ризобакт МЖФ и Ризобакт КЖФ приводило к повышению уро-жайности на 1,1-1,2 ц/га и содержания белка в зерне на 0,4-0,5% при обработке только семян, и, соответственно, на 2,6-2,8 ц/га и 1,3-1,4% при комплексной обработке се-мян и растений по сравнению с контролем. При сравне-нии препаратов Ризобакт МЖФ и Ризобакт КЖФ не вы-явлено заметных различий во влиянии на урожайность и качество зерна гороха. Экономические показатели при-менения данных удобрений также подтверждают их вы-годность: чистый доход составил 23729-27079 руб/га при рентабельности 97,0-103,4%, что существенно пре-восходит показатели контроля с доходом в 23032 руб/га и рентабельностью 91,4%.

Литература

1. Турусов В.И., Гармашов В.М., Корнилов И.М., Нужная Н.А., и др. Урожайность и структура урожая гороха при различных способах обра-ботки почвы в условиях юго-востока ЦЧР // Зернобобовые и крупя-ные культуры. – 2020. – № 2 (34). – С. 5-11.
2. Ятчук П.В., Зубарева К.Ю., Расулова В.А. Биостимуляторы и мик-роудобрения, их роль в повышении продуктивности и качества семян гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №4. – С. 30-35.
3. Завалин А.А., Сколов О.А., Шмырева Н.Я. Экология азотфиксации. – М.: РАН, 2019. – 252 с.
4. Левшаков Л.В., Лазарев В.И. Эффективность удобрений с серой при возделывании сои на зональных почвах ЦЧР // Международный сель-скохозяйственный журнал. – 2024. – № 2. – С. 205-209.
5. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Гамзиков Г.П. и др. Агрохимия/ Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во ВНИИА, 2017. – 854 с.
6. Сычев В.Г., Беличенко М.В., Романенков В.А. Результаты монито-ринга урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности севооборотов и изменения свойств почв в длительных опытах Геогра-фической сети // Плодородие. – 2017. – №6. – С. 2-7.
7. Лазарев В.И., Минченко Ж.Н., Трутаева Н.Н., Ворончихин В.А. Вли-яние удобрений, содержащих серу, на урожайность и качество зерна сои в условиях Курской области //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 4 (44). – С. 64-73.
8. Бегун С.А., Якименко М.В. Совместное применение штаммов ризо-бий и некоторых препаратов для предпосевной обработки семян сои // Земледелие. – 2016. – № 6. – С. 26-27.
9. Вертелецкий А.И., Виноградов Д.В., Лупова Е.И. Урожайность сор-тов сои в зависимости от гербицидной обработки // В сб.: Технологи-ческие новации как фактор устойчивого и эффективного развития со-временного агропромышленного комплекса. – Рязань: РГТАУ, 2020. – С. 36-39.
10. Алферов А.А. Ассоциативный азот, урожай и устойчивость агроэко-системы. – М.: РАН, 2020. – 184 с.
11. Петров В.Б., Чеботарь В.К. Микробиологические препараты – ба-зовый элемент современных интенсивных агротехнологий растение-водства// Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С.11-14.

12. Щур А.В., Валько В.П., Виноградов Д.В. Влияние способов обработки почвы и внесения удобрений на численность и состав микроорганизмов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 41-44.
13. Гурьев Г.П., Васильчиков А.Г., Наушкин В.В. Сравнительное изучение симбиотической азотфиксации у гороха и сои // Земледелие. – 2016. – № 5. – С. 32-33.
14. Ерохин А.И., Цуканова З.Р. Предпосевная обработка семян гороха биопрепаратом Рибав-Экстра // Земледелие. – 2014. – № 3. – С. 47-48.
15. Васильчиков А.Г. Сравнительная оценка размеров симбиотической азотфиксации зернобобовых культур // Земледелие. – 2014. – № 4 – С. 8-11.
16. Петрова С.Н., Дениченко В.А. Численность микроорганизмов в ризосфере у сортов гороха посевного при формировании азотфиксирующего симбиоза // Земледелие. – 2013. – № 5. – С. 17-19.
17. Тихонов И.А., Завалин А.А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации в РФ // Плодородие. – 2016. – № 5. – С. 28-31.
18. Васин В.Г., Вершинина О.В., Лысак О.Н. Влияние биостимуляторов на показатели фотосинтетической деятельности и продуктивности гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – №2. – С. 3.
19. Фадькин Г.Н., Лутова Е.И., Виноградов Д.В., и др. Обоснование применения различных форм азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры и их влияние на плодородие серой лесной почвы // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 7 (160). – С. 63-71.
20. Петров В.Б., Чеботарь В.К. Микробиологические препараты – базовый элемент современных интенсивных агротехнологий растениеводства // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №8. – С.11-14.
21. Завалин А. А., Алферов А. А., Чернова Л. С. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур // Агрохимия. – 2019. – № 8. – С. 83-96.
22. Голопятов М.Т. Влияние биологически активных веществ и микроудобрений на продуктивность и качество зерна сортов гороха с разной архитектурой листового аппарата // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 3 (27). – С. 16-21.
23. Чернов Т.И., М.В.Семенов. Управление почвенными микробными сообществами. Возможности и перспективы // Почвоведение. – 2021. – №12. – С. 1506-1522.
24. Чернов Т.И., Железова А.Д. Динамика микробных сообществ почвы в различных диапазонах времени (обзор) // Почвоведение. – 2020. – № 5. – С. 590-600.
25. Hyder, Sajjad, et al. "Applications of plant growth-promoting rhizobacteria for increasing crop production and resilience." Journal of plant nutrition 46.10 (2023): 2551-2580. Doi: 10.1080/01904167.2022.2160742.
26. Kaur, J., & Pandove, G. (2023). Understanding the beneficial interaction of plant growth promoting rhizobacteria and endophytic bacteria for sustainable agriculture: a bio-revolution approach. Journal of Plant Nutrition, 46(14), 3569-3597. <https://doi.org/10.1080/01904167.2023.2206425>

THE EFFECT OF THE MICROBIOLOGICAL FERTILIZER RHIZOBAKT ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF PEA GRAIN IN THE CONDITIONS OF BLACK-EARTH SOILS OF THE KURSK REGION

V.I. Lazarev, Zh.N. Minchenko, Kursk Federal Agrarian Scientific Center Russia, Kursk, Karl Marx, 70b,
*E-mail: vla190353@yandex.ru

The article presents the results of studies on the effectiveness of Rizobakt microbiological fertilizers (MZhF and KZhF brands) in the cultivation of Pharaoh peas in the chernozem soils of the Kursk region. The work was carried out in 2018–2020 in experiments at the Kursk Federal Agricultural Research Center. The soil of the experimental plot is typical deep heavy loamy chernozem. It was found that the treatment of pea seeds with microbiological fertilizers increased germination energy by 3.1–3.7%, laboratory germination by 4.9–5.2, and field germination by 4.6–4.9% compared to the control. Treatment of seeds with microbiological fertilizers increased the amount of fixed atmospheric nitrogen to 56.7–57.4 kg/ha, and treatment of pea seeds and plants in the full emergence phase to 60.7–61.2 kg/ha. Microbiological fertilizers Rizobakt, brand MZhF and Rizobakt, brand KZhF increased the pea yield by 1.1–1.2 c/ha, the protein content in grain by 0.4–0.5% when treating seeds and by 2.6–2.8 c/ha and 1.3–1.4% when treating pea seeds and plants in the full emergence phase, respectively, compared to the control. When comparing the effectiveness of microbiological fertilizers Rizobakt, MZhF and Rizobakt, KZhF on the yield and quality of pea grain, no reliable difference was observed. The use of microbiological fertilizers Rizobakt MZhF and Rizobakt KZhF on pea crops is economically advantageous: the net income from their use amounted to 23,729–27,079 rubles/ha, the profitability level was 97.0–103.4%, with the value of these indicators in the control variant being 23,032 rubles/ha and 91.4%, respectively.

Keywords: peas, microbiological fertilizers, yield, crop structure, protein content, economic efficiency.