



И.А. Трешкин ✉

Г.Ю. Рабинович

Почвенный институт им. В.В. Докучаева,
Москва, Россия

✉ 2016vniimz-noo@list.ru

Поступила в редакцию: 08.07.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Трешкин И.А., Рабинович Г.Ю.



Igor A. Treshkin ✉

Galina Yu. Rabinovich

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
Moscow, Russia

✉ 2016vniimz-noo@list.ru

Received by the editorial office: 08.07.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Treshkin I.A., Rabinovich G.Y.

Оценка экономической эффективности применения новых органомикроэлементных комплексов в звене зерноотраважного севооборота

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В статье приведены результаты экономической оценки, включающей чистый доход, окупаемость и рентабельность производства, при применении компоста многоцелевого назначения (КМН) и его модификаций — органомикроэлементных комплексов: 1. КМН + [Zn + Mo]; 2. КМН + [Zn + Cu] в звене зерноотраважного севооборота.

Методы. Полевые исследования проводили в звене зерноотраважного севооборота на агрополигоне Губино (Тверская обл., ВНИИМЗ) на дерново-слабоподзолистой глубоко- и сильноглееватой легко-суглинистой осушаемой почве на карбонатной морене. Экономическую эффективность применения удобрений оценивали стандартными методами.

Результаты. Показано увеличение доходности на 6,6–22,9% и обеспечение рентабельности производства продукции растениеводства на уровне 237,8–264,8% за счет органических удобрений. Выявлено, что использование минеральных удобрений приводит к снижению доходности на 9% за счет издержек из-за высокой стоимости самих удобрений и затрат на их внесение. Определено, что органомикроэлементный комплекс КМН + [Zn + Mo] обеспечивает максимальную среднегодовую рентабельность производства в 264,8% и максимальное увеличение доходности на 23% относительно контроля (варианта без удобрений). Доказано, что в первый год севооборота внесение органических и минеральных удобрений, а также их стоимость увеличивают производственные затраты в 2,5–3,0 раза относительно последующих лет. Найдена статистически достоверная корреляционная зависимость между урожайностью культур звена севооборота и затратами: $r = 0,61$ — в первый год, $r = 0,97–0,99$ — в годы последствия удобрений.

Ключевые слова: органомикроэлементный комплекс, компост многоцелевого назначения, урожайность, окупаемость прибавкой урожая, чистый доход, рентабельность производства

Для цитирования: Трешкин И.А., Рабинович Г.Ю. Оценка экономической эффективности применения новых органомикроэлементных комплексов в звене зерноотраважного севооборота. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 182–187.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-182-187>

Assessment of the economic effectiveness of use of new organmicroelement complexes in the grain-herbs crope rotation

ABSTRACT

Relevance. The article presents the results of an economic assessment, including net income, payback and profitability of production, when using multi-purpose compost and its modifications — organmicroelement complexes: 1. Multi-purpose compost + [Zn + Mo]; 2. Multi-purpose compost + [Zn + Cu] in the grain-grass crop rotation.

Methods. Field studies were carried out in the link of the grain-grass crop rotation at the Gubino agro-polygon (Tver region, VNIIMS) on sod-weakly podzolic deep and strongly gluey light loamy drained soil on a carbonate moraine. The economic efficiency of fertilizer use was assessed using standard methods.

Results. An increase in profitability of 6.6–22.9% and ensuring the profitability of crop production at the level of 237.8–264.8% due to organic fertilizers are shown. It was revealed that the use of mineral fertilizers leads to a decrease in profitability by 9% due to costs due to the high cost of the fertilizers themselves and the cost of their application. It was determined that the organmicroelement complex — Multi-purpose compost + [Zn + Mo] provides the maximum average annual profitability of production of 264.8% and the maximum increase in profitability by 23% relative to the control (option without fertilizers). It has been proven that in the first year of crop rotation, the application of organic and mineral fertilizers, as well as their cost, increase production costs by 2.5–3.0 times relative to subsequent years. A statistically significant correlation was found between the yield of crops in the crop rotation and costs: $r = 0.61$ in the first year, $r = 0.97–0.99$ in the years after the effects of fertilizers.

Key words: organmicroelement complex, multi-purpose compost, productivity, payback in increased yield, net income, profitability of production

For citation: Treshkin I.A., Rabinovich G.Yu. Assessment of the economic effectiveness of use of new organ-microelement complexes in the grain-herbs crope rotation. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 182–187 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-182-187>

Введение/Introduction

Динамичное развитие рынка сельскохозяйственной продукции и связанное с ним удовлетворение потребностей населения в продовольствии опираются на эффективное использование трудовых и материальных ресурсов, являющихся основными средствами производства. Весьма низкая доходность аграрного производства — основополагающая проблема аграрной науки, преодоление которой позволит снизить уровень диссоциации сельскохозяйственной отрасли экономики с прочими отраслями народного хозяйства.

Эффективность использования сельскохозяйственных земель тесно связана с воспроизводством их плодородия. Интенсификация аграрного производства не позволяет почвенным ресурсам восстановиться естественным путем. Для получения стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур агротехнологиями интенсивного и высокоинтенсивного уровня предусматривается применение как минеральных, так и органических удобрений, направленность действия которых различна.

При оценке эффективности использования различных систем удобрений и их доз при возделывании сельскохозяйственных культур широко пользуются агрономической и экономической эффективностью, способной обозначить наиболее приемлемые и низкозатратные варианты [1, 2].

Основным показателем агрономической эффективности можно считать окупаемость применяемых удобрений прибавкой урожая и его качеством. По данным российских исследователей и производителей [3–5], установлено, что оплата 1 кг NPK обеспечивается прибавкой урожая: зерна — 7 кг, картофеля — 18–34 кг, сахарной свеклы — 19–34 кг. Эффективность удобрений, содержащих помет, равна или несколько превосходит минеральные удобрения.

Важнейшими показателями экономической эффективности являются себестоимость получаемой продукции, чистый доход, рентабельность производства сельскохозяйственной продукции (отношение чистого дохода к затратам на его производство) и др. Экономическая эффективность применения удобрений во многом зависит от объема и стоимости дополнительно получаемой продукции, от затрат на применение удобрений.

При росте урожайности сельскохозяйственных культур снижается себестоимость продукции, повышаются рентабельность производства и конкурентоспособность предприятия. Сельскохозяйственные товаропроизводители стремятся повысить прибыль за счет увеличения объемов производства и повышения качества получаемой продукции с минимизацией затрат. Но оптимизация затрат может привести как к снижению самих объемов, так и качества продукции, что ведет к уменьшению эффективности. При грамотной агротехнике расходы на применение удобрений всегда ниже стоимости дополнительно полученной продукции [6, 7].

В условиях постоянного удорожания сырья и энергоресурсов при производстве минеральных удобрений стоимость последних постоянно повышается. С 2020 года в России подорожали в 2 раза азотные удобрения, существенно увеличились и цены на фосфорные и калийные удобрения. Приобретение и доставка минеральных удобрений в хозяйства — высокозатратная часть расходов сельхозпредприятий [3].

В целом по России с 2009 по 2021 год внесение органических удобрений возросло с 1,0 до 1,6 т/га при

необходимой потребности в 4 т/га концентрированных органических удобрений. Применение органических удобрений позволяет не только напитать почву макро-, мезо- и микроэлементами, полезной микробиотой, но и получить экономический эффект от их пролонгированного действия по обеспечению сельскохозяйственных культур элементами питания. Это не требует значительных затрат на их производство — стоимость определяется только себестоимостью (они могут быть приготовлены непосредственно в самом хозяйстве).

Использование органических удобрений в хозяйствах с животноводческой составляющей позволяет, кроме повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечить утилизацию навоза и помета как побочного продукта животноводства (ППЖ). Но относительно хозяйства, имеющих собственных ППЖ, прибыль может быть «съедена» транспортной логистикой.

В сельскохозяйственном производстве транспортные работы включают в себя до 30% всех затрат труда и 40% затрат на энергоресурсы. Доля транспортных расходов в себестоимости продукции может достигать 40% [2, 7].

При органической системе более низкие затраты (примерно в 4 раза) на производство 1 кг питательных веществ (азота, фосфора и калия) в составе самих органических удобрений обеспечивают более высокий доход с 1 га севооборотной площади по сравнению со стоимостью поставок дорогостоящих минеральных удобрений. Но одновременно возрастают затраты на внесение органических удобрений, что в свою очередь снижает доход на единицу продукции (зерновую единицу).

Органические системы уступают минеральным в продуктивности и вырубке от реализации, но более эффективны по удельным затратам, величине дохода и окупаемости. В целом экономическая эффективность растениеводства при применении удобрений возрастает от минеральных удобрений к органическим. Несмотря на высокие расходы на транспортировку и внесение органических удобрений, они обеспечивают высокую доходность получаемой продукции [3, 5, 8].

В связи с разработкой в России новых органических удобрений рекомендации по их применению в рамках соответствующих регионам систем земледелия имеют очень большое значение для сельскохозяйственных товаропроизводителей. Особое значение данный постулат имеет для землепользования в гумидной зоне России.

Цель работы — определение экономической эффективности применения органомикроэлементных комплексов, предназначенных для достижения высокого уровня продуктивности сельскохозяйственных культур в звене зернотравяного севооборота, развернутого на дерново-подзолистой осушаемой почве.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Запланированные научные испытания проводились в микрополевым опыте в 2021–2023 гг. в звене зернотравяного севооборота на агрополигоне Губино (Тверская обл., Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», ВНИИМЗ) на дерново-слабоподзолистой глубоко- и сильноглеевой

легкосуглинистой осушаемой почве на карбонатной морене (более 60 см).

Вносились удобрения — компост многоцелевого назначения (КМН) и органомикроэлементные комплексы (ОМК) на его основе: ОМК 1 — КМН + [Zn + Mo]; ОМК 2 — КМН + [Zn + Cu].

Удобрение КМН произведено во ВНИИМЗ (Россия) способом ускоренной твердофазной аэробной ферментации органического сырья [9], является высокоэффективным органическим удобрением и имеет в своем составе макро- (азот, фосфор, калий), мезо- (сера, кремний), микроэлементы (цинк, медь, бор, магний, молибден) и др.

В целях получения удобрения с заданными свойствами и повышения его эффективности были разработаны органомикроэлементные комплексы путем обогащения КМН микроэлементами: цинком, медью и молибденом¹.

Нормы внесения каждого ингредиента, входящего в состав обогащающей добавки, в компостируемую смесь рассчитаны на основе рекомендаций ЦИНАО²: цинк (3 кг д. в. / га), медь (1,5 кг д. в. / га) и молибден (0,6 кг д. в. / га).

Схема опыта:

- 1) Контроль (без удобрений).
- 2) N₄₀P₁₅₀K₉₀ (выровнен относительно КМН).
- 3) КМН в дозе 10 т/га.
- 4) ОМК 1: КМН + [Zn + Mo].
- 5) ОМК 2: КМН + [Zn + Cu].

Площадь рандомизированно расположенных делянок — 10 м², повторность — четырехкратная.

Чередование культур в звене севооборота: яровая пшеница Злата (2021 г.) — яровой овес Яков (2022 г.) — райграс однолетний Рапид (2023 г.).

Удобрения вносили под первую культуру севооборота.

Метеорологические условия в годы проведения эксперимента незначительно отличались от среднеголетних данных как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков³.

При расчетах затрат на производство пользовались технологическими картами ВНИИМЗ по выращиванию сельскохозяйственных культур.

Чистый доход рассчитывали по формуле [10]:

$$Ч_{д} = (C + c) - E, \quad (1)$$

где: Ч_д — чистый доход, руб.; C — стоимость основной продукции, руб.; c — стоимость сопряженной и побочной продукции, руб.; E — сумма издержек, связанных с производством продукции, руб.

Увеличение чистого дохода за звено севооборота в результате применения удобрений устанавливали по формуле 2 [10]:

$$У = Ч_{у} - Ч_{о}, \quad (2)$$

где: У — увеличение чистого дохода, руб.; Ч_у — чистый доход от культуры с удобренной площади, руб.; Ч_о — чистый доход от культуры с неудобренной площади, руб.

Рентабельность производства сельскохозяйственной продукции определяли по формуле 3 [10]:

$$P = \frac{((C + c) - E) \times 100}{E}, \quad (3)$$

где: P — уровень рентабельности, %; C — стоимость основной продукции, руб.; c — стоимость сопряженной и побочной продукции, руб.; E — издержки производства, связанные с производством продукции, руб.

Полевые исследования проводили в соответствии с методикой полевого опыта по Б.А. Доспехову⁴, урожай культур севооборота учитывали пробными площадками и снопами (травы).

Статистическая обработка экспериментальных данных была проведена методом дисперсионного и регрессионного анализа с использованием пакета прикладных программ программного обеспечения MS Excel (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В связи с сокращением в России поголовья крупного рогатого скота (на 16,5%), овец и коз (на 33,4%), лошадей (на 42,1%) общий выход навоза от этих животных резко упал, что в итоге отразилось на обеспеченности пахотных земель органическими удобрениями. На фоне данной негативной тенденции поголовье птицы увеличилось на 37,6% [3].

В связи с этим перспективное решение по обеспеченности пашни необходимой органикой — производство и использование различных видов органических удобрений, в том числе высококонцентрированных, на основе птичьего помета. Эффективным представителем данных видов удобрений является разработанный учеными ВНИИМЗ компост многоцелевого назначения, получаемый технологией ускоренной твердофазной аэробной ферментации органического сырья и изготавливаемый по ТУ 9841-003-00668732-2011 «Компост многоцелевого назначения (КМН)».

При реализации полевых опытов использовались модифицированные версии КМН, обогащенные на этапе созревания удобрения микроэлементами — цинком, медью и молибденом, в результате чего КМН преобразовывался в органомикроэлементные комплексы (ОМК) — КМН + [Zn + Mo] и КМН + [Zn + Cu].

По данным российских исследователей [9], в Центральном районе Нечерноземной зоны России 1 кг действующего вещества (NPK) обеспечивается прибавкой урожая зерновых культур в пределах 3,0–4,0 кг, картофеля — 20–25 кг. Так, каждая тонна компоста многоцелевого назначения позволяет сформировать 419–444 кг зерн. ед. при нормативе 60–70 кг зерн. ед. на 1 т.

В звене зернотравяного севооборота исследованиями было установлено, что органомикроэлементный комплекс КМН + [Zn + Mo] обеспечил максимальную прибавку урожайности — 4,3 ц/га зерн. ед. (табл. 1). От остальных органических удобрений среднегодовая прибавка урожайности была в пределах 3,4–3,5 ц/га зерн. ед., от применения минеральных удобрений — 2,5 ц/га зерн. ед. (табл. 1). Окупаемость

¹ Патент на изобретение № 2598041 Российская Федерация «Способ приготовления компоста»/ Рабинович Г.Ю., Ковалев Н.Г., Смирнова Ю.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИМЗ. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 03.03.2016. Опубликовано 20.09.2016. Бюллетень № 26.

² Методические указания по применению микроудобрений при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / Всесоюзное производственно-научное объединение по агрохимическому обслуживанию сельского хозяйства, Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства. М.: ЦИНАО. 1987; 36.

³ Агрометеорологический бюллетень по Тверской области. Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Росгидромет. 2021–2023 гг.

⁴ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс. 2011; 350.

Таблица 1. Сравнительная окупаемость органических, минеральных удобрений и органомикроэлементных комплексов за ротацию звена севооборота полученной прибавкой урожая

Table 1. Comparative payback of organic, mineral fertilizers and organic microelement complexes for rotation of a crop rotation link with the resulting increase in yield

Вариант	Среднегодовая насыщенность удобрениями, т/га	Внесено NPK в составе удобрений, кг/га в год	Среднегодовая прибавка урожая, ц/га зерн. ед.	Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг	
				1 т органических	1 кг NPK
N ₄₀ P ₁₅₀ K ₉₀	–	93	2,5±0,9	–	2,7
КМН	3,3	99	3,4±0,9	103,0	3,4
КМН + [Zn + Mo]	3,3	99	4,3±0,6	130,3	4,3
КМН + [Zn + Cu]	3,3	99	3,5±1,2	106,1	3,5

1 кг NPK имела такую же тенденцию и убывала от 4,3 до 2,7 кг в ряду: КМН + [Zn + Mo] — КМН + [Zn + Cu] — КМН — NPK.

При сравнении окупаемости прибавкой урожая КМН и его модифицированных аналогов от применения 1 т органических удобрений зависимость повторила убывающий ряд от применения 1 кг NPK и варьировала от 130,3 до 103,0 кг, что превышает нормативное значение в 1,5–2,2 раза.

Отметим, что оба органомикроэлементных комплекса обеспечили большую прибавку урожайности по сравнению с традиционным КМН.

В первый год исследования удобрений (табл. 2) максимальная стоимость продукции (зерна и соломы яровой пшеницы) (51,9 тыс. руб/га) была получена на варианте опыта с применением ОМК 1: КМН + [Zn + Mo], что превысило стоимость продукции от других органических удобрений на 3,8–4,7%. Минеральные удобрения не дали серьезного эффекта по причине довольно засушливого вегетационного сезона, поэтому стоимость

полученной на варианте с NPK продукции оказалась еще ниже (на 9,3%) по отношению к лидирующему варианту.

Производственные затраты на варианте опыта с применением минеральных удобрений на 16,5–23,1% превышали затраты, понесенные на вариантах с органическими удобрениями. При этом только на варианте с минеральными удобрениями были получены убытки в размере 5,9 тыс. руб/га. Максимальные затраты обусловлены стоимостью самих минеральных удобрений, а среди органических удобрений можно выделить ОМК 1: КМН + [Zn + Mo]. Значительные издержки связаны со стоимостью молибденовой составляющей в микроэлементном комплексе.

Уровень рентабельности производства имел такую же тенденцию: отрицательную рентабельность (-13,8%) — при внесении минеральных удобрений, 17,3–22,5% — органических удобрений, 195,2% — на контроле без удобрений.

Отметим, что в расчет не брались затраты на применение химических средств защиты растений, так как их не применяли.

На втором году севооборота (2022 г.) при возделывании овса исследовалось последствие удобрений. Стоимость полученной продукции варьировала от 52,3 тыс. руб/га на варианте с минеральными удобрениями, до 55,3–56,2 тыс. руб/га — на вариантах с органическими удобрениями.

Производственные затраты на всех удобренных вариантах отличались незначительно, так как удобрения не вносились и составляли 17,6–18,1 тыс. руб/га. Стоимость уборки дополнительного урожая значимого влияния на сумму производственных затрат не оказала.

За счет этого чистый доход на вариантах с органомикроэлементными комплексами варьировал в пределах 37,3–38,0 тыс. руб/га и превосходил контрольный вариант на 56,5–59,5%.

Уровень рентабельности производства возрастал в линейке вариантов контроль — N₄₀P₁₅₀K₉₀ — КМН — КМН + [Zn + Mo] — КМН + [Zn + Cu] и составил 149,0–209,8%. Пролонгирующие свойства КМН позволили получить дополнительную основную и побочную продукцию и тем самым увеличить доход при неизменных затратах на производство. Микроэлементные составы, по-видимому, оказывали позитивное влияние на произрастание овса, способствуя увеличению его урожайности относительно варианта опыта с КМН.

В год завершения звена севооборота (2023 г.) при возделывании однолетнего райграса издержки производства несколько сократились, поскольку возделывание трав

Таблица 2. Эффективность применения минеральных, органических удобрений и органомикроэлементных комплексов в звене зернотравяного севооборота

Table 2. Efficiency of using mineral, organic fertilizers and organic microelement complexes in the grain-grass crop rotation

Статья баланса	Варианты				
	Контроль	N ₄₀ P ₁₅₀ K ₉₀	КМН 10 т/га	КМН + [Zn + Mo]	КМН + [Zn + Cu]
2021 г. Яровая пшеница					
Урожайность зерна, ц/га	17,2	19,0	19,3	20,7	20,2
Стоимость основной и побочной продукции, тыс. руб.	38,33	47,09	49,90	51,89	49,44
Издержки производства на 1 га, тыс. руб.	12,98	52,99	40,74	44,22	41,56
Чистый доход, тыс. руб.	25,35	-5,91	9,166	7,67	7,88
Уровень рентабельности производства, %	195,24	-11,14	22,50	17,34	18,95
2022 г. Овес					
Урожайность зерна, ц/га	25,4	31,3	32,2	32,8	32,9
Стоимость основной и побочной продукции, тыс. руб.	39,84	52,34	55,25	55,87	56,16
Издержки производства на 1 га, тыс. руб.	16,00	17,59	17,93	18,10	18,13
Чистый доход, тыс. руб.	23,84	34,76	37,32	37,77	38,03
Уровень рентабельности производства, %	149,02	197,62	208,17	208,71	209,81
2023 г. Райграс однолетний					
Урожайность семян, ц/га	6,3	7,4	8,9	9,7	7,7
Стоимость основной продукции, тыс. руб.	40,95	48,10	57,85	63,05	50,05
Издержки производства на 1 га, тыс. руб.	13,23	14,21	15,54	16,25	14,47
Чистый доход, тыс. руб.	27,72	33,90	42,31	46,80	35,58
Уровень рентабельности производства, %	209,59	238,62	272,31	288,02	245,85

Примечание: В расчетах использованы следующие стоимостные показатели: зерно пшеницы — 15 тыс. руб/т, зерно овса — 12 тыс. руб/т, семена райграса — 65 тыс. руб/т, сено — 5000 руб/т, солома — 3000 руб/т.

является самым низкзатратным. Некоторое увеличение (на 7,4–22,8%) произошло за счет уборки дополнительного урожая семян райграса и его доработки (сушки и сортировки).

Дополнительную стоимость получаемых семян обеспечили минеральные удобрения (увеличение на 22,3%) и органические удобрения (28,4–68,8%). При этом на третий год урожайность от ОМК 2 оказалась ниже, чем от ОМК 1 и КМН. Полагаем, что из органомикроэлементного комплекса происходило постепенное высвобождение меди, способной влиять на фотосинтетические реакции растений, поэтому уже на втором году севооборота в вариантах с ОМК резко увеличивалась урожайность. При этом вполне очевидно, что плодородие почвы из-за более интенсивного поглощения растениями элементов питания несколько снизилось. Всё вместе в конце концов отразилось на урожайности райграса (третий год севооборота), что и привело к уменьшению стоимости получаемой продукции.

За счет снижения издержек увеличилась рентабельность производства: при применении органических удобрений — на 17,3–37,4%, минеральных — на 13,8%.

В среднем за три года (рис. 1) среднегодовая рентабельность производства при применении минеральных удобрений достигла 141,7%, что на 23,2% ниже рентабельности производства варианта опыта, где удобрения не вносились. Меньшее снижение рентабельности производства по отношению к варианту без удобрений (на 7,2–9,2%) обеспечили органомикроэлементный комплекс ОМК 1 (КМН + [Zn + Mo]) и КМН, а ОМК 2 (КМН + [Zn + Cu]) снизил рентабельность производства на 14,3%.

Применение органических удобрений позволило увеличить доходность на 6,0–19,9% и обеспечить рентабельность производства на уровне 158,2–171,4%, использование же минеральных удобрений, наоборот, привело к снижению доходности на 18,4%.

Понижение рентабельности и доходности на варианте с минеральными удобрениями происходит в основном в первый год за счет издержек, связанных со стоимостью самих удобрений и затрат на их внесение. Среди органических удобрений выделяется органомикроэлементный комплекс КМН + [Zn + Mo], обеспечивающий максимальную среднегодовую рентабельность производства в 171,4% и максимальное увеличение доходности на 19,9% относительно контроля. По этим показателям вариант опыта с ОМК 2 (КМН + [Zn + Cu]) уступал вариантам с КМН и ОМК 1 из-за проявления микрокомплексом [Zn + Cu] антагонистических реакций меди относительно других элементов, формирующих продуктивность культур севооборота.

Было проведено исследование наличия корреляционно-регрессионной зависимости между производственными затратами и урожайностью сельскохозяйственных культур. Затраты рассчитывались на основе технологических карт (табл. 3).

Рис. 1. Среднегодовая рентабельность производства и чистый доход от применения минеральных и органических удобрений и органомикроэлементных комплексов в звене зернотравяного севооборота

Fig. 1. Average annual profitability of production and net income from the use of mineral and organic fertilizers and organic microelement complexes in the grain-grass crop rotation



Таблица 3. Корреляционно-регрессионная зависимость между урожайностью возделываемых культур и производственными затратами

Table 3. Correlation-regression relationship between the yield of cultivated crops and production costs

Вариант	Средние значения по годам					
	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
	урожайность (яровая пшеница), ц/га	затраты, тыс. руб.	урожайность (овес), ц/га	затраты, тыс. руб.	урожайность (семена райграса), ц/га	затраты, тыс. руб.
	X	Y	X	Y	X	Y
Контроль	17,2	13,0	25,4	16,0	6,3	13,2
N ₄₀ P ₁₅₀ K ₉₀	19,0	53,0	31,3	17,6	7,4	14,2
КМН	19,3	40,7	32,2	17,9	8,9	15,5
КМН + [Zn + Mo]	20,7	44,2	32,8	18,1	9,7	16,3
КМН + [Zn + Cu]	20,2	41,6	32,9	18,1	7,7	14,5
Коэффициент корреляции (r)	0,55		0,99		0,99	
Уравнение регрессии	Y = 0,041x + 17,23		Y = 0,0825x + 26,795		Y = 0,0415x + 5,925	

В первый год звена севооборота, когда вносились органические и минеральные удобрения, производственные затраты были высокими, превышая последующие годы в 2,5–3,0 раза. В связи с этим корреляционная зависимость между урожайностью и затратами имела среднее положительное значение — 0,55. В последующие годы, когда исследовалось последствие удобрений, особенно с выраженным пролонгирующим эффектом, формировалась очень сильная корреляционная связь урожайности культур с затратами на производство (r = 0,99).

Выводы/Conclusion

В звене зернотравяного севооборота органические удобрения обеспечили среднегодовую прибавку урожайности в пределах 3,4–3,5 ц/га зерн. ед. Максимальную прибавку урожайности (4,3 ц/га зерн. ед.) обеспечивал вариант с применением органомикроэлементного комплекса КМН + [Zn + Mo].

Окупаемость 1 кг НРК убывала от 4,3 до 2,7 кг в ряду вариантов: КМН + [Zn + Mo] — КМН + [Zn + Cu] — КМН — НРК.

Окупаемость прибавкой урожая от применения 1 т органических удобрений превышала нормативное значение в 1,5–2,2 раза и варьировала от 130,3 до 103,0 кг в следующем ряду: КМН + [Zn + Mo] — КМН + [Zn + Cu] — КМН. Оба органомикроэлементных комплекса

обеспечили наибольшую прибавку урожайности по сравнению с традиционным КМН.

В среднем за три года звена севооборота органические удобрения обеспечили рентабельность производства зерновых и трав на уровне 158,2–171,4% и увеличение доходности на 6,0–19,9%. Использование минеральных удобрений, наоборот, привело к снижению доходности на 18,4% относительно варианта без удобрений.

Максимальную среднегодовую рентабельность в 171,4% и максимальное увеличение доходности на 19,9% получили на варианте опыта с применением органомикроэлементного комплекса КМН + [Zn + Mo].

Корреляционная связь между урожайностью культуры севооборота (яровая пшеница, овес и райграс) и производственными затратами варьировала от среднего значения (0,55) в первый год до очень высокого (0,99) в годы последствия удобрений.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Материалы исследований подготовлены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»» (ВНИИМЗ) (тема НИР № 0439-2022-0007).

FUNDING

The research materials were prepared with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Center “V.V. Dokuchaev Soil Institute” (VNIIMZ) (research topic No. 0439-2022-0007).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Mikaelyan R.A. Agrobiological efficiency of organomineral fertilizers and microbiological concentrates in tomato and pepper crops. *Eurasian Union of Scientists*. 2020; 75(5): 18–24. <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.5.75.858>
- Сурова Т.С., Мишина З.А., Проскура Д.В. Экономическая эффективность воспроизводства земельных ресурсов в сельском хозяйстве. *Вестник НГИЭИ*. 2020; (12): 118–137. <https://elibrary.ru/utbwgq>
- Бондаренко А.М., Качанова Л.С. Организационно-технологический механизм развития рынка органических удобрений. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2023; 17(1): 93–102. <https://elibrary.ru/acuyfa>
- Арутюнян С.С., Микаелян Р.А. Экономическая эффективность применения органоминеральных удобрений и бактериальных концентратов на посевах томата и перца. *The scientific heritage*. 2022; 99: 3–8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7234388>
- Бобренко И.А., Матвейчик О.А., Кормин В.П. Биоэнергетическая эффективность применения удобрений под картофель. *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2021; (2): 27–33. https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_2_27
- Мамедова Ш.А. Биоэнергетическая и экономическая эффективность выращивания бобовых растений. *Бюллетень науки и практики*. 2021; 7(1): 98–106. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/62/10>
- Гурин А.Г., Котова Е.О. Оценка экономической эффективности применения сидерации при возделывании ярового рапса. *Вестник аграрной науки*. 2020; (3): 17–25. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.3.17>
- Коновалова Л.К., Окороков В.В., Фенова О.А., Окорокова Л.А. Расчет затрат на использование органических удобрений и экономическая оценка агротехнологий. *Владимирский земледелец*. 2021; (2): 58–62. <https://elibrary.ru/wzykrv>
- Ковалев Н.Г., Малинин Б.М., Барановский И.Н. Традиционные органические удобрения и КМН на мелиорированных почвах Нечерноземья. Тверь: *ЧуДо*. 2003; 160.
- Гусарова Ю.Н. Экономическая эффективность удобрений в Нечерноземной зоне. М.: *Колос*. 1977; 110.

ОБ АВТОРАХ

Игорь Александрович Трешкин

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
2016vniimz-noo@list.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0408-5913>

Галина Юрьевна Рабинович

доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая отделом биотехнологий
2016vniimz-noo@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5060-6241>

Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»,
Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017, Россия

REFERENCES

- Mikaelyan R.A. Agrobiological efficiency of organomineral fertilizers and microbiological concentrates in tomato and pepper crops. *Eurasian Union of Scientists*. 2020; 75(5): 18–24. <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.5.75.858>
- Surova T.S., Mishina Z.A., Proskura D.V. Economic efficiency of reproduction of land resources in agriculture. *Bulletin NGIEI*. 2020; (12): 118–137 (in Russian). <https://elibrary.ru/utbwgq>
- Bondarenko A.M., Kachanova L.S. Organizational and technological mechanism of the organic fertilizer market development. *Far East agrarian herald*. 2023; 17(1): 93–102 (in Russian). <https://elibrary.ru/acuyfa>
- Harutyunyan S.S., Mikaelyan R.A. Economic efficiency of the use of organomineral fertilizers and bacterial concentrates on tomato and pepper crops. *The scientific heritage*. 2022; 99: 3–8 (in Russian). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7234388>
- Bobrenko I.A., Matveychik O.A., Kormin V.P. Bioenergetic efficiency of the use of fertilizers in the cultivation of potatoes. *Vestnik of Omsk SAU*. 2021; (2): 27–33 (in Russian). https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_2_27
- Mammadova Sh.A. Energy and economic efficiency of cultivation of legumes. *Bulletin of Science and Practice*. 2021; 7(1): 98–106 (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/62/10>
- Gurin A.G., Kotova E.O. The evaluation of economic efficiency of siderates application for spring rape cultivation. *Bulletin of agrarian science*. 2020; (3): 17–25 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.3.17>
- Konvalova L.K., Okorkov V.V., Fenova O.A., Okorkova L.A. Calculation of costs of using organic fertilizers and economic assessment of agricultural technologies. *Vladimir agricolist*. 2021; (2): 58–62 (in Russian). <https://elibrary.ru/wzykrv>
- Kovalev N.G., Malinin B.M., Baranovsky I.N. Traditional organic fertilizers and indigenous minerals on reclaimed soils of the Non-Black Earth Region. Tver: *ChuDo*. 2003; 160 (in Russian).
- Gusarova Yu.N. Economic efficiency of fertilizers in the Non-Chernozem Zone. Moscow: *Kolos*. 1977; 110 (in Russian).

ABOUT THE AUTHORS

Igor Alexandrovich Treshkin

Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Researcher
2016vniimz-noo@list.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0408-5913>

Galina Yuryevna Rabinovich

Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Biotechnology Department
2016vniimz-noo@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5060-6241>

Dokuchaev Soil Science Institute,
7/2 Pyzhevsky Lane, 2 building, Moscow, 119017,
Russia