

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

**Ж.Н. Минченко, к.с.-х.н., В.И. Лазарев, д.с.-х.н.,
Курский федеральный аграрный научный центр
Россия, Курск, ул. Карла Маркса, 70б, E-mail: minchenko.knii@mail.ru**

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

Представлена комплексная агротехнологическая оценка применения различных органоминеральных удобрений с микроэлементами в процессе возделывания озимой пшеницы в почвенно-климатических условиях Курской области. Почва опытного участка – чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый. По содержанию подвижных форм микроэлементов (бор – 0,31 мг/кг, медь – 0,29, цинк – 0,34 мг/кг, марганец – 4,3 мг/100 г) почва относится к низкообеспеченной. Оценка эффективности удобрений основана на экспериментальных данных, полученных в результате полевых и лабораторных испытаний, проведенных ФГБНУ «Курский ФАНЦ». Рассматриваются практические аспекты использования органоминеральных удобрений с микроэлементами, а также их влияние на урожайность и качество зерна. Исследования, проведенные в период с 2022 по 2024 г., показывают высокую эффективность использования удобрений на посевах озимой пшеницы сорта Безостая 100. Установлено, что обработка семян и посевов удобрениями в фазы кущения и выхода в трубку способствовала снижению распространенности листовых заболеваний: бурой ржавчины на 1,2-2,7 % и степени ее развития на 1,2-2,3%, септориоза на 3,8-5,7 и 1,3-2,9% относительно контрольного варианта. Биологическая эффективность различных марок удобрений варьировалась: по бурой ржавчине от 10,4 до 23,4%, по септориозу – от 19,8 до 30,6%. Применение удобрений с микроэлементами способствовало росту урожайности озимой пшеницы на 3,7-6,1 ц/га, что соответствует 6,9-11,5%. Кроме того, наблюдалось увеличение содержания сырой клейковины в зерне на 1,5-2,6% и белка на 0,8-1,4%, по сравнению с показателями контрольного варианта. С учетом доступной цены изучаемых удобрений, их использование на посевах озимой пшеницы привело к увеличению условного чистого дохода в пределах 39087-41905 руб/га. В контрольном варианте этот показатель составил 36392 руб/га. Уровень рентабельности возрос на 1,3-10,7% относительно контроля (133,7%). Максимальный чистый доход был достигнут благодаря обработке семян и двукратному внесению в период вегетации озимой пшеницы удобрений Микро Комплекс, ЭКСТРА Мп, ЭКСТРА Мо. Использование препарата Микро Комплекс обеспечило получение максимального условного чистого дохода в размере 41905 руб/га, ЭКСТРА Мп – 41434 руб/га, ЭКСТРА Мо – 40275 руб/га. Рентабельность этих препаратов составила 144,4; 142,8 и 141,9% соответственно.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт Безостая 100, органоминеральные удобрения, микроэлементы, типичный чернозем, урожайность, уровень клейковины, белок, чистый доход, эффективность производства.

Для цитирования: Минченко Ж.Н., Лазарев В.И. Сравнительный анализ влияния органоминеральных удобрений с микроэлементами микроэлементных удобрений на продуктивность озимой пшеницы в условиях Курской области // Плодородие. – 2025. – №6. – С. 55-61. DOI: 10.25680/S19948603.2025.147.11.

В Курской области наблюдается стабильно высокий уровень урожайности озимой пшеницы, что стало возможным благодаря модернизации аграрного сектора. Этот процесс предполагает поэтапное внедрение научно обоснованных, экономически оправданных и экологически безопасных методов возделывания сельскохозяйственных культур, что, в свою очередь, содействует эффективному использованию природных ресурсов [1,2].

Современные технологии необходимо разрабатывать, сочетая различные подходы и стратегии, направленные на оптимизацию производственных процессов. Они включают: улучшение биологизации и экологизации сельскохозяйственных систем [3], внедрение новейших энергоэффективных методов обработки почвы [4], корректировку минерального питания и прогнозирование урожайности, а также применение новых биопрепаратов и микроэлементных удобрений [5-7]. Данная система позволяет возделывать сельскохозяйственные растения определенных объема и качества, принимая во внимание характеристики почвы, климатические условия и ресурсы, доступные аграриям.

Для эффективного использования данной концепции требуется всестороннее изучение биологических характеристик сельскохозяйственных культур. Также необходимо обогатить почвы нужными элементами питания, что предполагает применение различных форм и методов внесения как органических, так и минеральных удобрений. Ключевым моментом является учет их взаимодействия в рамках научно обоснованной системы удобрений и севооборота, а также других связанных факторов [8].

При возделывании сельскохозяйственных растений важную роль играют не только основные питательные вещества – азот, фосфор и калий, но и микроэлементы. Эти вещества значительно влияют на жизненные процессы растений, участвуя в ферментативных реакциях и укрепляя иммунную систему против различных заболеваний [9-11]. Кроме того, содержание микроэлементов непосредственно сказывается на качестве произведенной продукции [12].

В системе минерального питания озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) существенная роль принадлежит

ряду микроэлементов, которые, несмотря на низкие концентрации в тканях растения, выполняют ключевые физиологические функции в метаболизме, росте и стрессоустойчивости. Марганец участвует в фотосинтезе, активирует синтез лигнина, регулирует отток сахаров и водный режим. Медь регулирует фотосинтез и водный обмен, повышает устойчивость к температурным стрессам и полеганию. Цинк необходим для белкового, углеводного и фосфорного обмена, активирует ферменты, стимулирует синтез ауксинов и повышает стрессоустойчивость. Молибден обеспечивает усвоение азота, предотвращает накопление нитратов. Бор участвует в транспорте сахаров и синтезе клеточных стенок, регулирует развитие меристем и цветение, поддерживает деление клеток [13].

Исследования показывают, что недостаток основных элементов в почве уменьшает эффективность применения обычных минеральных удобрений. Это негативно отражается на естественных биологических процессах, протекающих в растениях [14, 15].

Сложившаяся ситуация создает предпосылки для научного изучения различных видов удобрений в технологиях возделывания озимой пшеницы, что может способствовать улучшению качества зерна и повышению урожайности.

Результаты многолетних стационарных исследований, проведенных в ФГБНУ «Курский ФАНЦ», позволили детально изучить причины колебаний урожайности озимой пшеницы. Комплексный анализ показал, что существенное влияние на общую дисперсию урожайности (46,5%) оказывают метеорологические условия в период активной вегетации культуры. Значимыми факторами также являются выбор предшествующих культур (15,1%) и система удобрения (16,3%). В связи с этим, только комплексный подход позволит максимально эффективно использовать потенциал культуры и создать оптимальные условия для её развития на всех этапах вегетации [16,17].

Цель исследования – провести агротехнологическую оценку воздействия различных органоминеральных удобрений с микроэлементами, произведённых в России, на продуктивность озимой пшеницы в условиях Курской области.

Методика. В период с 2022 по 2024 г. в лаборатории технологий возделывания полевых культур ФГБНУ «Курский ФАНЦ» на посевах озимой пшеницы сорта Безостая 100 проводили исследования, направленные на оценку эффективности органоминеральных удобрений с микроэлементами, зарегистрированных под торговым названием – Урожайная линия марки: Экстра Мо, Экстра Су, Экстра Zn, Экстра В, Экстра Mn, Микро Комплекс.

Эти удобрения представляют собой жидкие органоминеральные комплексы, предназначенные для устранения дефицита микроэлементов, стимуляции роста и повышения урожайности растений. Они содержат сбалансированные составы, включающие макро- и микроэлементы, аминокислоты, пептиды и альдоновые кислоты, что обеспечивает комплексное воздействие на растения.

В рамках эксперимента была разработана схема опыта, включающая обработку семян в сочетании с двукратной обработкой посевов озимой пшеницы в фазах кущение и выход в трубку (табл. 1).

Экспериментальный участок расположен на черноземе типичном мощном тяжелосуглинистом. Содержание гумуса по методу Тюрина 5,5%, щелочногидролизуемого азота 154 мг/кг почвы, подвижного фосфора и обменного

калия, определенных по методу Чирикова, 175 и 113 мг/кг соответственно. Кислотность почвы (рН_{сол.}) 5,3. Доступные для растений количества микроэлементов: бор – 0,31 мг/кг, медь – 0,29, цинк – 0,34 мг/кг, марганец – 4,3 мг/100 г почвы.

1. Способ и дозы внесения органоминеральных удобрений с микроэлементами на озимой пшенице

Вариант	Обработка семян, л/т	Обработка посевов, л/га	
		в фазе кущение	в фазе выход в трубку
1. Контроль (б/у)	–	–	–
2. Удобрение органоминеральное с микроэлементами ЭКСТРА Мо	1,5	0,5	0,5
3. Удобрение органоминеральное с микроэлементами ЭКСТРА В	1,5	1,0	1,0
4. Удобрение органоминеральное с микроэлементами ЭКСТРА Су	1,5	1,0	1,0
5. Удобрение органоминеральное с микроэлементами ЭКСТРА Zn	1,5	1,0	1,0
6. Удобрение органоминеральное с микроэлементами ЭКСТРА Mn	1,5*	1,0	1,0
7. Удобрение органоминеральное с микроэлементами Микро Комплекс	1,5*	1,0	1,0

*г/т.

Семена озимой пшеницы обработаны раствором органоминеральных удобрений с микроэлементами за 24 ч до посева. Обработку выполняли с помощью ранцевого опрыскивателя, при этом расход воды составил 15 семян л/т. В ходе вегетационного периода озимой пшеницы проведены две некорневые подкормки: в фазах кущения и выхода в трубку. Подкормки также проводились с использованием ранцевого опрыскивателя, расход рабочего раствора – 250 л/га. Опытные варианты размещены систематически, в трехкратной повторности. Каждая делянка имела посевную площадь 200 м², учетную – 100 м². Озимая пшеница высевалась рядовым методом с нормой 5,0 млн зерен на 1 га. Уборку урожая проводили с помощью комбайна Сампо-1200, применяя технологию прямого комбайнирования. Все показатели были скорректированы с учетом полной чистоты посевного материала и приведения влажности семян к стандартному значению – 14%.

Показатели энергии прорастания и лабораторной всхожести определены в соответствии с нормами ГОСТа 12038-84 (2011). Исследование структуры урожая озимой пшеницы проводили в рамках протокола государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Оценку экономической эффективности применения микроэлементных удобрений осуществляли на основе детализированных технологических карт, которые охватывали все производственные процессы. Обработка статистических данных выполнена с использованием дисперсионного анализа. Для математических вычислений применяли современные программы, такие как Microsoft Excel и Statistica, что гарантировало высокий уровень точности и надежности полученных результатов.

С 2022 по 2024 г. в Курской области наблюдались теплые и влажные метеорологические условия, характерные для данного региона. В течение вегетационного периода озимой пшеницы сумма активных температур

(САТ) колебалась от 2248°C в 2023 г. до 2434 °C в 2024 г. Тем не менее, количество атмосферных осадков в этот период было неравномерным. В 2022 г. зарегистрировано 188,4 мм осадков, что составляет 77,2% от нормы. В 2023 г. осадки достигли 240,6 мм (98,6% от нормы), а в 2024 г. составили всего 133,1 мм, что равно 54,5% от нормы в 244,0 мм. Условия увлажнения территории во время вегетации сои в 2022 и 2023 г. по гидротермическому коэффициенту были оптимальными, в то время как в 2024 г. отмечался дефицит увлажнения.

Результаты и их обсуждение. В ходе лабораторных исследований, направленных на оценку ростостимулирующих свойств изучаемых удобрений при обработке семян озимой пшеницы, выявлено, что их использование способствовало увеличению энергии прорастания семян на 1-2% к третьему дню прорастания. Лабораторная всхожесть семян также возросла на 1-2% по сравнению с контролем на седьмой день прорастания (рис. 1).

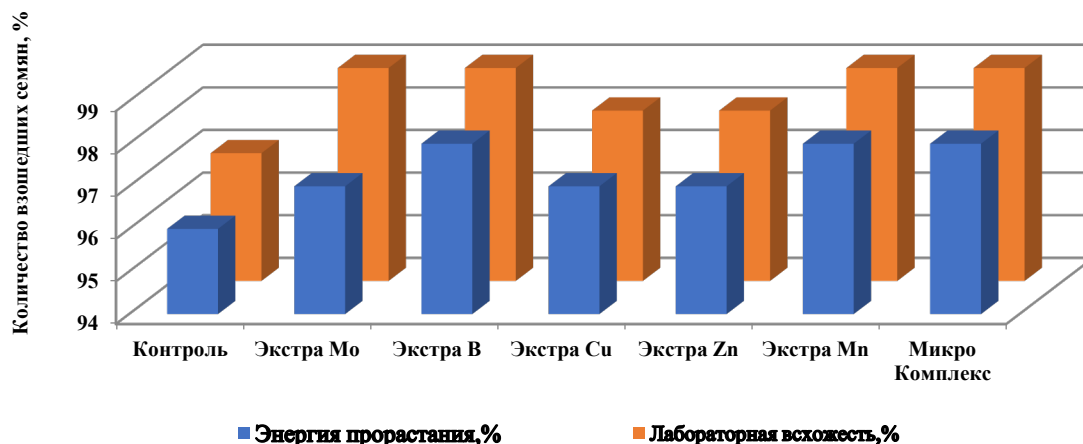


Рис. 1. Влияние органоминеральных удобрений с микроэлементами на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян озимой пшеницы сорта Безостая 100

Наибольшим стимулирующим эффектом обладали такие удобрения как ЭКСТРА Mn, ЭКСТРА В и Микро Комплекс. Обработка семян с использованием этих удобрений увеличивала энергию прорастания и лабораторную всхожесть на 2%, в то время как применение удобрений ЭКСТРА Мо, ЭКСТРА Cu и ЭКСТРА Zn способствовало росту этих показателей на 1%. В контрольном варианте величина этих показателей составила 96-97 % (рис. 2).

Проведенные полевые исследования показали, что применение удобрений с микроэлементами при возделывании озимой пшеницы значительно улучшало показатели роста и развития культуры, а также способствовало более быстрому наступлению фенологических фаз развития. Так, фаза колошение начиналась на 2 сут раньше контрольного варианта, а фаза созревание зерна, напротив, наступала на 2 сут позднее. Таким образом, использование микроудобрений приводило к увеличению общей продолжительности периода активной вегетации культуры. При этом достоверных различий в динамике развития между вариантами с разными типами микроудобрений не установлено.

Заболевания листьев и колосьев – одни из самых опасных для озимой пшеницы. Они причиняют вред растениям, прежде всего уменьшая площадь ассимиляции листьев, что нарушает физиологические процессы и может привести к преждевременному созреванию злаков, снижению урожайности и ухудшению качества зерна. Исследования показали, что обработка семян и посевов органоминеральными удобрениями с микроэлементами в фазах кущения и выхода в трубку снижала поражаемость озимой пшеницы листовостебельными заболеваниями (табл. 2).

Использование удобрений способствовало сдерживанию распространенности бурой ржавчины на 1,2-2,7%,

степени её развития на – 1,2-2,3%, по сравнению с показателями контрольного варианта. Аналогичная картина наблюдалась и по септориозу, однако эффективность удобрений была выше – распространенность снижалась на 3,8-5,7%, степень развития на – 1,3-2,9% относительно контрольного варианта. Биологическая эффективность различных марок удобрений различалась незначительно. В частности, по бурой ржавчине она составила от 10,4 до 23,4%, а по септориозу – от 19,8 до 30,6% (рис. 3).

2. Влияние органоминеральных удобрений с микроэлементами на распространенность и степень развития листовостебельных заболеваний на посевах озимой пшеницы (фаза колошение) (в среднем за 2022-2024 г.), %

Вариант	Бурая ржавчина			Септориоз		
	рас- про- стра- нен- ность	сте- пень разви- тия	биоло- гиче- ская эффе- ktiv- ность	рас- про- стра- нен- ность	сте- пень разви- тия	биоло- гиче- ская эффе- ktiv- ность
1. Контроль (б/у)	11,5	5,9	-	18,6	8,7	-
2. ЭКСТРА Мо (1,5 л/т) + (0,5 л/га) + (0,5 л/га)	10,3	4,7	10,4	14,3	7,1	23,1
3. ЭКСТРА В (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	9,1	4,0	20,8	14,2	6,9	23,6
4. ЭКСТРА Cu (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	9,9	3,6	13,9	14,7	6,6	20,9
5. ЭКСТРА Zn (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	9,5	3,7	17,3	13,1	6,3	29,5
6. ЭКСТРА Mn (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	9,3	4,3	19,3	14,9	7,4	19,8
7. Микро Комплекс (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	8,8	4,2	23,4	12,9	5,8	30,6

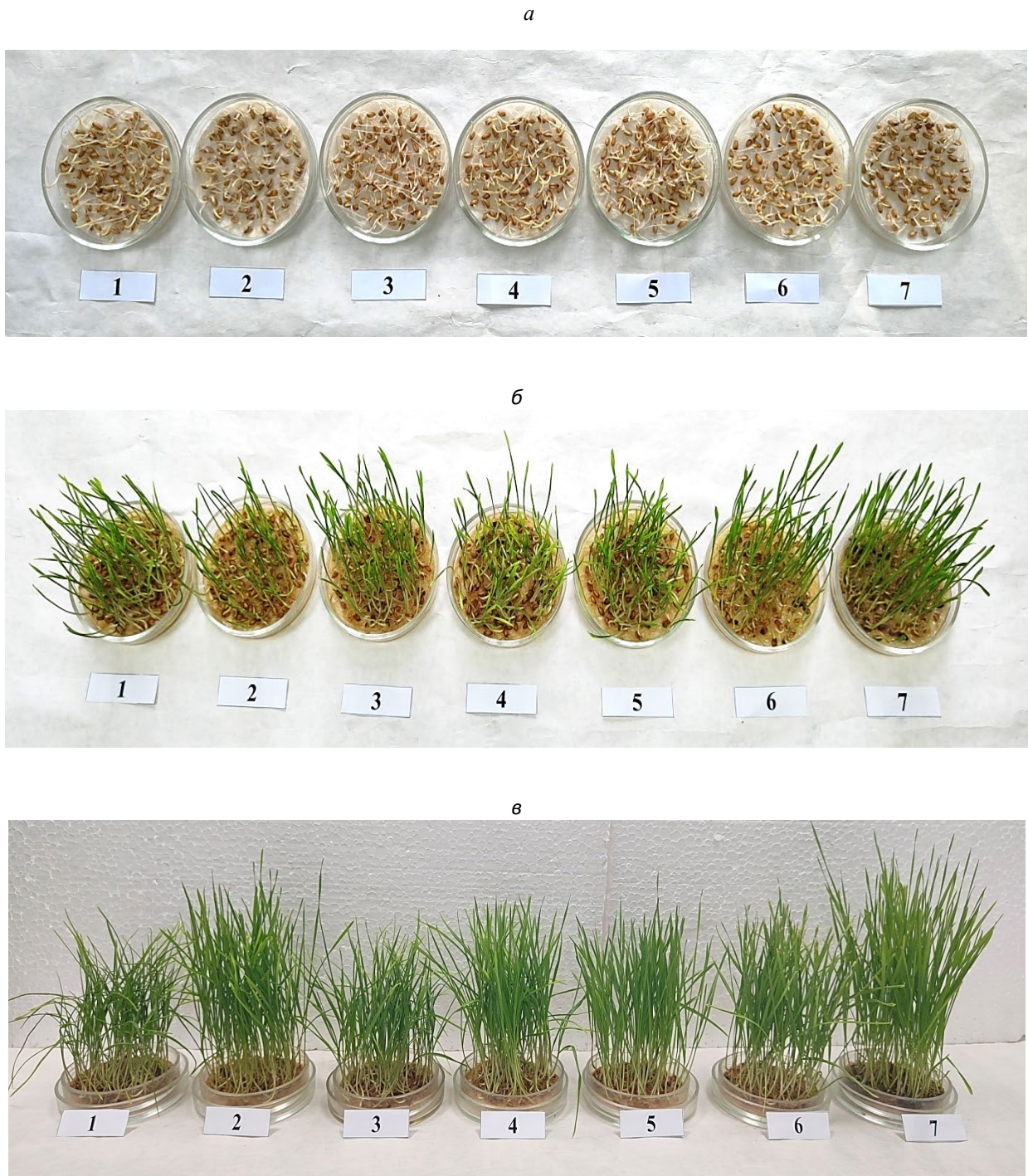


Рис. 2. Семена озимой пшеницы, обработанные органоминеральными удобрениями с микроэлементами: *а* - на 4-й день проращивания (энергия прорастания); *б* - на 7-й день проращивания (лабораторная всхожесть); *в* - на 14-й день проращивания (сила роста); 1-7 – варианты опыта

Наиболее эффективно сдерживают бурую ржавчину препараты Микро Комплекс и ЭКСТРА В – на 23,4-20,8%, а септориоз – Микро Комплекс и ЭКСТРА Zn на – 30,6-29,5%.

Высокая биологическая эффективность органоминеральных удобрений с микроэлементами в борьбе с листовостебельными заболеваниями, полагаем, объясняется тем, что их применение при обработке семян и посевов озимой пшеницы способствует ускорению роста и развития растений. Это, в свою очередь,

приводит к формированию более крепких и развитых растений, соответственно более устойчивых к различным заболеваниям.

Основными составляющими структуры урожая, влияющими на уровень урожайности озимой пшеницы, являются количество продуктивных стеблей, зерен в колосе и масса 1000 зерен. Проведенные исследования показали, что разные марки удобрений существенно воздействуют на структуру урожая озимой пшеницы (табл. 3).

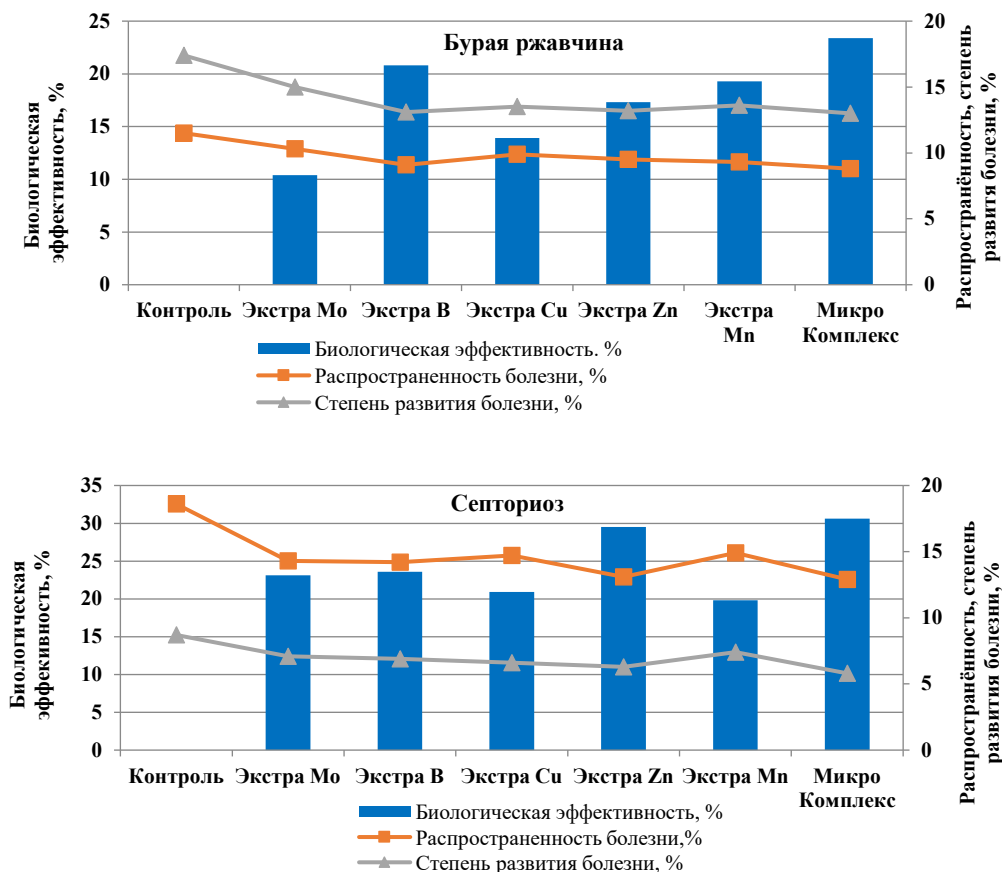


Рис. 3. Биологическая эффективность различных удобрений на посевах озимой пшеницы (в среднем за 2022-2024 г.)

3. Структурные характеристики урожая озимой пшеницы в зависимости от использованных органоминеральных микроудобрений с микроэлементами (в среднем за 2022-2024 г.)

Вариант	Продуктивные стебли, шт/м ²	Число зерен в колосе	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л
1. Контроль (б/у)	561	26,8	35,6	781
2. ЭКСТРА Мо	562	28,5	36,2	786
3. ЭКСТРА В	562	28,2	36,1	785
4. ЭКСТРА Cu	562	28,3	36,2	788
5. ЭКСТРА Zn	563	28,6	36,2	787
6. ЭКСТРА Mn	563	28,6	36,5	786
7. Микро Комплекс	564	28,8	36,6	788
НСР ₀₅	0,8	1,1	0,3	1,3

Применение удобрений для обработки семян и посевов в фазы кушения и начала выхода в трубку статистически значимо увеличивало количество продуктивных стеблей озимой пшеницы – на 1-3 шт/м². Также наблюдалось повышение числа зерен в колосе на 1,4-2,0, увеличение массы 1000 зерен на 0,4-0,7 г, натуры зерна на 4,0-7,0 г/л.

Оптимальную структуру урожая обеспечивало применение микроэлементных удобрений ЭКСТРА Mn, ЭКСТРА Zn и Микро Комплекс. В результате использования этих удобрений количество продуктивных стеблей озимой пшеницы возросло на 2-3 шт/м², число зерен в колосе увеличилось на 1,8-2,0, масса 1000 зерен возросла на 0,6-0,7 г, а натура зерна повысилась на 6-7 г/л.

Воздействие удобрений ЭКСТРА Cu, ЭКСТРА Мо и ЭКСТРА В на структуру урожая озимой пшеницы оказалось несколько менее выраженным. В этих вариантах наблюдалось увеличение количества продуктивных стеблей на 1-2 шт/м², число зерен в колосе возросло на 1,4-1,7, масса 1000 зерен увеличилась на 0,4-0,6 г, а натура зерна – на 4-5 г/л. Более высокие значения структурных показателей в вариантах с применением

удобрений способствовали увеличению урожайности зерна озимой пшеницы (табл. 4).

4. Воздействие органоминеральных удобрений с микроэлементами на уровень урожайности озимой пшеницы (в среднем за 2022-2024 г.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая	
		ц/га	%
1. Контроль (б/у)	53,0	-	-
2. ЭКСТРА Мо (1,5 л/т) + (0,5 л/га) + (0,5 л/га)	57,2	4,2	7,9
3. ЭКСТРА В (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	57,1	4,1	7,7
4. ЭКСТРА Cu (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	56,7	3,7	6,9
5. ЭКСТРА Zn (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	58,0	5,0	9,4
6. ЭКСТРА Mn (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	58,7	5,7	10,7
7. Микро Комплекс (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	59,1	6,1	11,5
НСР ₀₅		0,9	

Внесение органоминеральных удобрений с микроэлементами существенно увеличивало урожайность озимой пшеницы по сравнению с контрольным вариантом. Наибольшие прибавки урожая получены в вариантах с применением удобрений ЭКСТРА Mn, ЭКСТРА Zn и Микро Комплекс. Эффективность применения удобрений ЭКСТРА Cu, ЭКСТРА Мо и ЭКСТРА В оказалась несколько ниже.

Удобрения также способствовали увеличению содержания сырой клейковины в зерне на 1,5-2,6%, а также повышению уровня белка на 0,8-1,4%. В вариантах с использованием удобрений ЭКСТРА Cu, ЭКСТРА Zn и Микро Комплекс наблюдалось наибольшее увеличение: содержания клейковины – на 2,2-2,6%, белка – на 1,2-1,4% по сравнению с контрольным вариантом. Тем не менее, при анализе воздействия удобрений на качество зерна озимой пшеницы

достоверных различий в вариантах с разными марками удобрений не установлено (табл. 5).

Исходя из полученных результатов, видно, что эффективность применения удобрений, содержащих микроэлементы (Mn, Zn, Cu, Mo, B), напрямую коррелирует с исходным уровнем содержания подвижных форм этих элементов в почве экспериментального участка (бора – 0,31 мг/кг, меди – 0,29, цинка – 0,34 мг/кг, марганца – 4,3 мг/100 г почвы). Данная зависимость обусловлена фундаментальным принципом лимитирующих факторов: максимальный отклик растений на внесение микроэлемента наблюдается при его дефиците в почвенном растворе.

Экономическая эффективность применения органоминеральных удобрений на посевах озимой пшеницы показана в таблице 6.

Наиболее высокий условный чистый доход получен в вариантах с обработкой семян и растений озимой пшеницы удобрениями Микро Комплекс, ЭКСТРА Mn и ЭКСТРА Mo.

Применение удобрений ЭКСТРА (Cu), ЭКСТРА (Zn) и ЭКСТРА (B) показало более низкую экономическую

эффективность: условный чистый доход от их внесения и рентабельность.

5. Влияние органоминеральных удобрений с микроэлементами на качество зерна озимой пшеницы (в среднем за 2022-2024 г.)

Вариант	Показатели качества зерна, %		
	клейковина	белок	стекловидность
1. Контроль (б/у)	22,0	12,4	84
2. ЭКСТРА Mo (1,5 л/т) + (0,5 л/га) + (0,5 л/га)	23,7	13,3	87
3. ЭКСТРА B (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	23,5	13,1	86
4. ЭКСТРА Cu (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + 1,0 л/га	24,5	13,8	88
5. ЭКСТРА Zn (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	24,2	13,6	87
6. ЭКСТРА Mn (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	23,8	13,2	86
7. Микро Комплекс (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	24,6	13,8	88
НСП ₀₅	0,7	0,8	1,3

6. Экономическая эффективность использования органоминеральных удобрений с микроэлементами при возделывании озимой пшеницы (в среднем за 2022-2024 г.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Стоимость валовой продукции, руб.	Затраты, руб.	Себестоимость, руб/ц	Чистый доход, руб/га	Уровень рентабельности, %
1. Контроль	53,0	63600	27208	513,35	36392	133,7
2. ЭКСТРА Mo (1,5 л/т) + (0,5 л/га) + (0,5 л/га)	57,2	68640	28365	495,89	40275	141,9
3. ЭКСТРА B (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	57,1	68520	29061	508,94	39459	135,7
4. ЭКСТРА Cu (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	56,7	68040	28953	510,63	39087	135,0
5. ЭКСТРА Zn (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	58,0	69600	29174	503,00	40426	138,5
6. ЭКСТРА Mn (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	58,7	70440	29006	494,13	41434	142,8
7. Микро Комплекс (1,5 л/т) + (1,0 л/га) + (1,0 л/га)	59,1	70920	29015	490,94	41905	144,4

Выводы. Установлено, что на типичном черноземе с низким и средним содержанием подвижных форм микроэлементов наибольшую прибавку урожая и экономический эффект обеспечивают удобрения комплексные и с повышенным содержанием марганца. Это обусловлено их ключевой ролью в процессах фотосинтеза и азотного обмена, а также компенсацией исходного дефицита данных элементов в почве. Использование этих препаратов привело к увеличению урожайности озимой пшеницы на 4,2-6,1 ц/га, что составляет 7,9-11,5%. Также было зафиксировано увеличение уровня сырой клейковины в зерне на 1,5-2,6%, а содержание белка возросло на 0,8-1,4% относительно контрольного варианта. Данный подход экономически целесообразен, обеспечивая получение условного чистого дохода в размере – 40275-41905 руб/га, при уровне рентабельности 141,9-144,4 %.

Таким образом, целевое применение удобрений на фоне низкой обеспеченности почв подвижными формами микроэлементов позволяет не только повысить урожайность, но и оптимизировать затраты на проведение агрохимических мероприятий.

Литература

1. Завалин А.А. Проблемы и пути решения технологического развития земледелия // Земледелие. – 2024. – № 2. – С. 25-29. doi: 10.24412/0044-3913-2024-2-25-29.
2. Лазарев В.И., Лазарева Р.И., Ильин Б.С., Минченко Ж.Н. Эффективность различных способов основной обработки почвы и систем удобрения при возделывании яровой пшеницы в условиях черноземных

почв Курской области // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – №5. – С. 12-15.

3. Кирюшин В.И. Задачи и программа научно-инновационного обеспечения земледелия и землепользования: методические рекомендации. – М.: ООО «Издательство МБА», 2023. – 96 с. doi: 10.52479/978-5-6049118-2-2.

4. Савченко Е.С., Кирюшин В.И., Луккин С.В. Опыт биологизации агротехнологий при освоении адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Белгородской области // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 6. – С. 658–661. doi: 10.55186/25876740_2022_65_6_65

5. Bezuglova O., Klimenko A. Application of humic substances in agricultural industry // Agronomy. – 2022. – Т. 12. – № 3. – С. 584.

6. Кирюшин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т.30. – №3. – С. 19-25.

7. Семина С.А., Остробородова С.В. Комплексные удобрения с микроэлементами и формирование продуктивности яровой мягкой пшеницы // Нива Поволжья. – 2020. – №2. – С. 40-44.

8. Kohli, S. K., Kaur, H., Khanna, K., Khanda, N., Bhardwaj, R., Rinklebe, J. et al. (2023). Boron in plants: absorption, deficiency, and biological potential. Plant Growth Regulator 100, 267-282. doi: 10.1007/s10725-022-00844-7.

9. Fujiyama, B.S. Boron fertilization enhances photosynthesis and water use efficiency in soybean at vegetative growth stage / B.S. Fujiyama, A.R. Silva, M. Silva Junior [et al.] // Journal of Plant Nutrition. 2019. V. 42. P. 2498-2506.

10. Mekdad, A. A., Shaaban, A. (2020). Integrative applications of nitrogen, zinc, and boron to nutrients-deficient soil improves sugar beet productivity and technological sugar contents under semi-arid conditions // Journal of Plant Nutrition. –2020 –V 43 (13). P. 1935–1950. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1757701>.

11. Kopriva S., Malagoli M., Takahashi H. (2019). Sulfur nutrition: Impacts on plant development, metabolism, and stress responses. Journal of Experimental Botany.70 (16).P. 4069-4073. DOI: 10.1093/jxb/erz319.

12. Ступаков А.Г., Солнцев П.И., Алаши Т.А.Х., Куликова М.А. Удобрения как фактор повышения качества зерна озимой пшеницы при разных способах обработки почвы и средствах защиты растений в центральном черноземе // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 37-44.
13. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах / А.Н. Аристархов. – М.: МГУ, ЦИНАО, 2000 – 524 с.
14. Лазарев В.И., Ильин Б.С., Башкатов А.Я., Минченко Ж.Н., Влияние природных и антропогенных факторов на продуктивность различных видов полевых севооборотов и плодородия чернозёма типичного // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – Т. 64. – № 5 (383). – С. 83-88.
15. Айдиев А.Я., Лазарев В.И., Котельникова М.Н. Совершенствование технологий возделывания озимой пшеницы в условиях Курской области // Земледелие. – 2017. – № 1. – С. 37-39.
16. Рябчинская Т.А., Зимина Т.В. Средства, регулирующие рост и развитие растений в агротехнологиях современного производства // Агрохимия. – 2017. – №12. – С. 62–92.
17. Лазарев В.И., Минченко Ж.Н., Башкатов А.Я., Трутаева Н.Н. Эффективность некорневых подкормок гуминовыми препаратами яровой пшеницы в почвенно-климатических условиях Курской области // Агрохимия. – 2022. – № 8. – С. 51-58. – DOI 10.31857/S0002188122080117.
- References*
1. Zavalin A.A. Problems and solutions of technological development of agriculture. *Zemledelie [Agriculture]*, 2024, no. 2, pp. 25-29, doi: 10.24412/0044-3913-2024-2-25-29 (in Russian).
2. Lazarev V.I., Lazareva R.I., Ilyin B.S., Minchenko Zh.N. The effectiveness of various methods of basic tillage and fertilizer systems in the cultivation of spring wheat in the conditions of chernozem soils of the Kursk region. *Mezhdunarodnyy sel'skhozaystvennyy zhurnal [Ministry of Agriculture]*, 2019, no.5, P. 12-15 (in Russian).
3. Kiryushin V.I. Zadachi i programma nauchno-innovacionnogo obespecheniya zemledeliya i zemlepol'zovaniya: metodicheskie rekomendacii [Tasks and program of scientific and innovative support of agriculture and land use: methodological recommendations]. Moscow: IBA Publishing House LLC, 2023, 96 p. doi: 10/52479/978-5-6049118-2-2. (in Russian).
4. Savchenko E.S., Kiryushin V.I., Lukin S.V. Experience of biologization of agro-technologies in the development of adaptive landscape farming systems in the White City region. *Mezhdunarodnyy sel'skhozaystvennyy zhurnal [International Agricultural Journal]*, 2022, no. 6, pp. 658-661. doi: 10.55186/25876740_2022_65_6_65. (in Russian).
5. Bezuglova O., Klimenko A. Application of humic substances in agricultural industry // *Agronomy*. 2022. T. 12. № 3. C. 584.
6. Kiryushin V.I. Mineral fertilizers as a key factor in the development of agriculture and optimization of environmental management. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of science and technology of the agroindustrial complex]*, 2016, Vol.3, no. 3, pp.19-25 (in Russian).
7. Semina S.A., Ostroborodova S.V.. Complex fertilizers with microelements and the formation of productivity of spring soft wheat. *Niva Povolzh'ya [Niva of the Volga region]*, 2020, no. 2. pp. 40-44 (in Russian).
8. Kohli, S. K., Kaur, H., Khanna, K., Khanda, N., Bhardwaj, R., Rinklebe, J. et al. (2023). Boron in plants: absorption, deficiency, and biological potential. *Plant Growth Regulator* 100, 267-282. doi: 10.1007/s10725-022-00844-7.
9. Fujiyama, B.S. Boron fertilization enhances photosynthesis and water use efficiency in soybean at vegetative growth stage / B.S. Fujiyama, A.R. Silva, M. Silva Junior [et al.] // *Journal of Plant Nutrition*. 2019. V. 42. P. 2498-2506.
10. Mekdad, A. A., Shaaban, A. (2020). Integrative applications of nitrogen, zinc, and boron to nutrients-deficient soil improves sugar beet productivity and technological sugar contents under semi-arid conditions // *Journal of Plant Nutrition*. – 2020 – V 43 (13). P. 1935–1950. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1757701>.
11. Kopriva S., Malagoli M., Takahashi H. (2019). Sulfur nutrition: Impacts on plant development, metabolism, and stress responses. *Journal of Experimental Botany*.70 (16). P. 4069-4073. DOI: 10.1093/jxb/erz319.
12. Stupakov A.G., Solntsev P.I., Alashi T.A.Kh., Kulikova M.A. Fertilizers as a factor in improving the quality of winter wheat grain with different methods of tillage and plant protection products in the central Black Earth region // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2023. № 3. P. 37-44 (in Russian).
13. Aristarkhov, A.N. Optimization of Plant Nutrition and Application of Fertilizers in Agroecosystems / A.N. Aristarkhov. – Moscow: Moscow State University, TsINAO, 2000. – 524 p. (in Russian).
14. Lazarev V.I., Ilyin B.S., Bashkatov A.Ya., Minchenko Zh.N., The influence of natural and anthropogenic factors on the productivity of various types of field crop rotations and the fertility of typical chernozem. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skhozaystvennoj akademii [International Agricultural Journal]*, 2021, vol. 64, no. 5 (383), pp. 83-88 (in Russian).
15. Aidiev A.Ya., Lazarev V.I., Kotelnikova M.N. Improvement of winter wheat cultivation technologies in the conditions of the Kursk region. *Zemledelie [Agriculture]*, 2017, no. 1. pp. 37-39 (in Russian).
16. Ryabchinskaya T.A., Zimina T.V. Means regulating plant growth and development in agrotechnologies of modern production. *Agrohimiya [Agrochemistry]*, 2017, no. 12, pp. 62-92 (in Russian).
17. Lazarev V.I., Minchenko Zh.N., Bashkatov A.Ya., Trutaeva N.N. The effectiveness of foliar top dressing with humic preparations of spring wheat in the soil and climatic conditions of the Kursk region. *Agrohimiya [Agrochemistry]*, 2022, no. 8, pp. 51-58 (in Russian).

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECT OF ORGANOMINERAL FERTILIZERS WITH TRACE ELEMENTS ON THE PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT IN CHERNOZEM SOILS KURSK REGION

**Zh.N. Minchenko, Senior Researcher at the Laboratory of Field Crop Cultivation Technologies, Candidate of Agricultural Sciences, of the Kursk Federal Agrarian Research Center, tel. 8-951-330-41-35, e-mail: minchenko.knii@mail.ru
ul. Karla Marksa, 70 b, Kursk, 305021, Russian Federation**

V.I. Lazarev, Head of the Laboratory of technologies of cultivation of field crops and Agroecological assessment of lands, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Kursk Federal Agrarian Research Center, tel. 8-950-870-62-16, e-mail: vla190353@yandex.ru.

The article presents a comprehensive agrotechnological assessment of the use of various organomineral fertilizers with trace elements produced in Russia in the process of winter wheat cultivation in the soil and climatic conditions of the Kursk region. The soil of the experimental site is typically thick chernozem with a heavy loamy granulometric composition, and the content of mobile forms of trace elements (boron – 0.31 mg/kg, copper – 0.29 mg/kg, zinc – 0.34 mg/kg, manganese – 4.3 mg per 100 g of soil) is classified as low-maintenance. The assessment of fertilizer effectiveness is based on experimental data obtained as a result of field and laboratory tests conducted by the Kursk FANC Federal State Budgetary Institution. The practical aspects of using organic fertilizers with trace elements, as well as their impact on grain yield and quality, are considered. Studies conducted in the period from 2022 to 2024 show a high efficiency of using fertilizers on crops of winter wheat of the Bezostaya-100 variety. It was found that the treatment of seeds and crops with fertilizers in the tillering and tube phases contributed to a decrease in the prevalence of leaf-stem diseases: brown rust by 1.2-2.7% and its degree of development by 1.2-2.3%, septoria by 3.8-5.7% and 1.3-2.9%, relative to the control variant. The biological efficiency of various brands of fertilizers varied: for brown rust from 10.4% to 23.4%, for septoria – from 19.8% to 30.6%. The use of fertilizers with trace elements contributed to an increase in the yield of winter wheat by 3.7-6.1 c/ha, which corresponds to 6.9-11.5%. In addition, there was an increase in the content of crude gluten in grain by 1.5-2.6% and protein by 0.8-1.4%, compared with the indicators of the control variant. Taking into account the affordable price of the fertilizers under study, their use on winter wheat crops led to an increase in the conditional net income in the range of 39087-41905 rubles/ha. In the control version, this indicator was 36392 rubles/ha. The level of profitability increased by 1.3-10.7%, relative to control (133.7%). The maximum net income was achieved thanks to seed treatment and double application of fertilizers Micro Complex, EXTRA Mp, EXTRA Mo during the growing season of winter wheat. The use of the drug Micro Complex provided the maximum conditional net income in the amount of 41,905 rubles / ha, EXTRA Mp – 41434 rubles / ha, EXTRA Mo – 40275 rubles / ha. The profitability of these drugs was 144.4%, 142.8% and 141.9%, respectively.

Keywords: winter wheat (*Triticum aestivum* L.), Bezostaya-100 variety, organic fertilizers with trace elements, typical chernozem, yield, gluten content, protein percentage, net income, production efficiency.