

УДК 631.81:631.811.095.337:633.16“321”(470.323)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ В ПОСЕВАХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2023 г. Ж. Н. Минченко¹, В. И. Лазарев^{1,*}

¹Курский федеральный аграрный научный центр
305021 Курск, ул. Карла Маркса, 70б, Россия

*E-mail: vla190353@yandex.ru

Поступила в редакцию 20.04.2023 г.

После доработки 03.05.2023 г.

Принята к публикации 14.05.2023 г.

В результате проведенного в 2020–2022 гг. исследования установлена высокая эффективность и экологическая целесообразность применения комплексных удобрений с микроэлементами МикроФид Комплекс, МикроФид Цинк, МикроФид Бор, Реаком-Хелат Цинка и Реаком-Хелат Бора при возделывании ярового ячменя на черноземных почвах Курской обл. Использование комплексных удобрений МикроФид Комплекс, МикроФид Бор и МикроФид Цинк в виде обработки семян и посевов в фазах кущения и выхода в трубку обеспечило прибавку урожайности ярового ячменя 0.29–0.45 т/га (на 7.6–11.7%), рост белка в зерне на 0.7–0.9%, крупности зерна – на 0.9–1.2% относительно контрольного варианта. Применение моно-удобрений Реаком-Хелат Цинка и Реаком-Хелат Бора в сравнении с комплексными микроудобрениями было менее эффективным. Урожайность зерна ярового ячменя от их использования увеличилась на 0.29–0.34 т/га (на 7.6–8.9%), количество белка в зерне – на 0.1–0.2%, крупность зерна – на 0.2–0.4%. Отмечена тенденция к более высокой эффективности микроэлементных удобрений, содержащих бор: урожайность ярового ячменя от применения монохелатного удобрения Реаком-Хелат Бора была на 0.05 т/га больше, чем от удобрения Реаком-Хелат Цинка, комплексного удобрения МикроФид Бор – на 0.03 т/га больше, чем МикроФид Цинк. Применение микроэлементных удобрений в посевах ярового ячменя было экономически выгодно и экологически целесообразно.

Ключевые слова: яровой ячмень, микроэлементные удобрения, МикроФид Комплекс, МикроФид Цинк, микроФид Бор, Реаком-Хелат Цинка, Реаком-Хелат Бора, энергия прорастания семян, полевая всхожесть семян, ринхоспориоз, гельминтоспориоз, урожайность, структура урожая, содержание белка, экономическая эффективность.

DOI: 10.31857/S0002188123080082, **EDN:** ZECNGW

ВВЕДЕНИЕ

Яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L. *annua*) в Курской обл. является основной яровой зерновой культурой, от продуктивности которой во многом зависят валовые сборы зерна. В соответствии с системой земледелия области площади его посева в среднем за последние 10 лет составили 241 тыс. га, или 23.6% от площади посева зерновых культур. Средняя урожайность ярового ячменя за эти годы составила 3.91 т/га и изменялась от 2.62 т/га в 2013 г. до 5.22 т/га в 2022 г. (рис. 1).

Однако получение высоких и стабильных урожаев этой ценной зерновой культуры возможно лишь за счет освоения современных ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий возделывания, основанных на широком исполь-

зовании биологических средств защиты растений, регуляторов роста и микроэлементных удобрений [1–4].

Биологической особенностью ярового ячменя является довольно короткий период вегетации (80–95 сут), и как следствие, короткий период потребления элементов минерального питания. Уже к фазе выхода в трубку ячмень потребляет из почвы до 67% калия, до 46% – фосфора и значительное количество азота [5].

С 1 т зерна и побочной продукцией ячмень выносит из почвы: азота – 29, фосфора – 12 и калия – 27.5 кг [6]. Поэтому важным агротехническим приемом возделывания ярового ячменя является грамотно построенная система удобрения, позволяющая обеспечивать растения элементами минерального питания с самого начала его периода

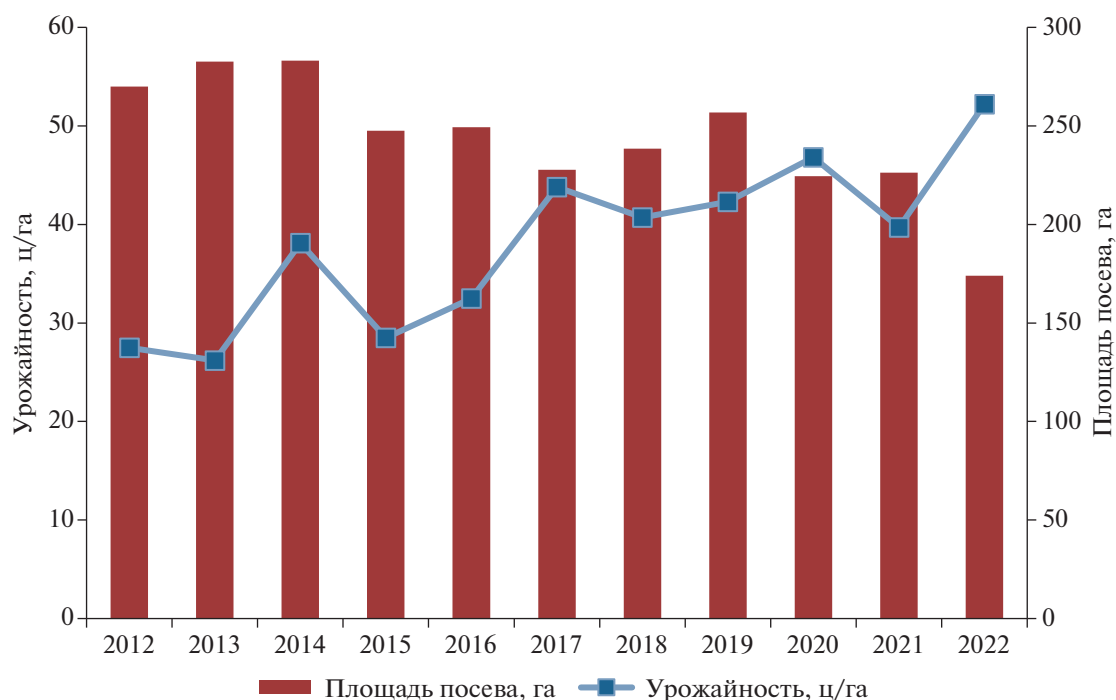


Рис. 1. Площади посева и урожайность ярового ячменя в Курской обл.

вегетации. Компенсировать недостаток питания позже практически невозможно [7, 8].

Основой современных технологий возделывания ярового ячменя, повышения его продуктивности и качества зерна, является научно обоснованная система удобрения, в которой важное значение принадлежит микроэлементным удобрениям (борным, молибденовым, медным, цинковым и др.) [9–11].

Использование таких удобрений при возделывании зерновых культур способствует изменению биохимической направленности обмена веществ в растениях, активизации работы ферментов, повышению сопротивляемости к различному роду заболеваний, в результате способствует увеличению урожайности и качества продукции [12]. Полученные ранее результаты исследований свидетельствуют о высокой отзывчивости ячменя на микроэлементные удобрения в хелатной форме. Например, в результате обработки семян удобрением марки ЖУСС увеличилась продуктивность колоса и крупность зерна, вследствие чего прибавка урожайности зерна составила 0.35–0.63 т/га [13].

В почвах, имеющих низкую обеспеченность микроэлементами, более эффективно внесение микроудобрений непосредственно в почву. В условиях средней обеспеченности почв целесообразнее совмещать обработку семян с некорневыми

подкормками посевов. Цинковые и борные удобрения рекомендуют вносить совместно с протравителем во время обработки семян. Медьсодержащие удобрения лучше вносить в виде некорневых подкормок в период вегетации ячменя [14, 15]. Установлено, что недостаток микроэлементов в почве резко снижает эффективность применения минеральных удобрений, содержащих макроэлементы, приводит к нарушению важнейших биологических процессов в растениях [16, 17].

На территории Курской обл. преобладают почвы, низко обеспеченные подвижными формами цинка, бора, марганца, меди. В большей степени это относится к серым лесным почвам всех подтипов, обладающих легким гранулометрическим составом и низким содержанием гумуса. Агрохимическое обследование почв 1-го агропочвенного района Курской обл. показало, что из общей площади обследованных почв 38% обладают низким содержанием подвижных форм бора, 58% – меди, 87% – марганца и 97% – цинка [18]. Отмечена общая закономерность распределения микроэлементов в почвенном покрове. Установлено, что их содержание повышается в направлении от северо-западных к юго-восточным районам области.

В настоящее время различные фирмы выпускают целый ряд микроэлементных удобрений, в которых микроэлементы находятся в легкоусвоя-

Таблица 1. Схема полевого опыта

Вариант	Обработка семян	Обработка посевов в фазе кущения	Обработка посевов в фазе выхода в трубку
1. Контроль без обработки		—	—
2. Реаком-Хелат Цинка	1.0 л/т	1.0 л/га	1.0 л/га
3. Реаком-Хелат Бора	1.0 л/т	1.0 л/га	1.0 л/га
4. МикроФид Комплекс	1.5 л/т	1.5 л/га	1.5 л/га
5. МикроФид Цинк	1.5 л/т	1.5 л/га	1.5 л/га
6. МикроФид Бор	1.5 л/т	1.5 л/га	1.5 л/га

емой (хелатной) форме. Эти удобрения широко используют при возделывании сельскохозяйственных культур. Вместе с тем экспериментальные данные оценки эффективности использования различных видов микроудобрений в конкретных почвенно-климатических условиях практически отсутствуют. Поэтому определение эффективности различных видов микроэлементных удобрений при возделывании ярового ячменя, их влияния на урожайность и качество зерна в условиях Курской обл. является актуальной задачей и было целью данного исследования.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценку эффективности микроудобрений проводили в 2020–2022 гг. в опытах лаборатории технологий возделывания полевых культур Курского ФАНЦ в зернопаровом севообороте: чистый пар—озимая пшеница—соя—яровой ячмень.

Объектом изучения в посевах ярового ячменя были монохелатные удобрения “Реаком-Хелат Цинка”, “Реаком-Хелат Бора” и комплексные микроудобрения “МикроФид Комплекс”, “МикроФид Цинк” “МикроФид Бор” при обработке семян и посевов в фазах кущения и начала выхода в трубку (табл. 1).

Агрохимическая характеристика почвы опытного участка имела следующие показатели: содержание гумуса в пахотном слое — 5.4% (по Тюрину), щелочногидролизуемого азота — 70 мг/кг, подвижного фосфора и обменного калия — 8.9 и 12.6 мг/100 г почвы (по Чирикову), реакция почвенной среды — pH 5.3. По содержанию подвижных форм бора (0.34 мг/кг) и меди (0.30 мг/кг), почва относится к среднеобеспеченной, а по содержанию цинка (0.32 мг/кг) и магния (4.50 мг-экв/100 г) — к низкообеспеченной.

Метеорологические условия в годы проведения исследования сложились удовлетворительно для роста и развития ярового ячменя, характеризовались теплой и влажной погодой и были ти-

пичными для условий Курской обл. Среднесуточная температура вегетационного периода (май—июль) в 2020 г. составила 14.9°C, в 2021 г. — 15.7°C, в 2022 г. — 14.8°C, т.е. была соответственно на 0.7, 1.5 и 0.6°C выше среднесуточной температуры этого периода (14.2°C). Сумма осадков за апрель—июль 2020 г. составила 213.6 мм, или 99.3% от нормы, в 2021 г. — 250.2 мм, или 116.4%, в 2022 г. — 254.6 мм, или 118.4% от среднесуточной их количества (215.0 мм).

Повторность в опыте трехкратная, варианты располагались систематически в один ярус. Делянки имели форму вытянутого прямоугольника, размер посевной делянки — $5.4 \times 50 = 270 \text{ м}^2$, учетной — 200 м^2 ($4 \times 50 \text{ м}$). В лабораторных условиях определяли влияние удобрений на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян ярового ячменя по ГОСТ 12038-84.

Полевые работы на опытном участке проводили в оптимальные агротехнические сроки с использованием районированного в области сорта ярового ячменя Прометей. Для посева использовали семена, отвечающие требованиям ГОСТа с поштучной нормой посева 4 млн шт. всхожих семян/га. Способ посева — рядовой (ширина междурядий 15 см). Глубина заделки семян — 4–5 см. Фон минерального питания — N30P30K30.

Обработку посевов ярового ячменя микроэлементными удобрениями проводили ранцевым опрыскивателем в соответствии со схемой опыта.

Уборка и учет урожая проводили самоходным комбайном “Сампо”, прямым комбайнированием. Пересчет урожая вели на 100%-ную чистоту и 14%-ную влажность зерна. Структуру урожая определяли по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985 г.). В образцах зерна определяли: содержание белка и крахмала на приборе-анализаторе зерна “Infra-tec™1241”, крупность зерна — по ГОСТ-10846-76, натуру зерна — по ГОСТ-10840-76. Статистическую обработку полученных экспериментальных данных проводили методом дисперсионного ана-

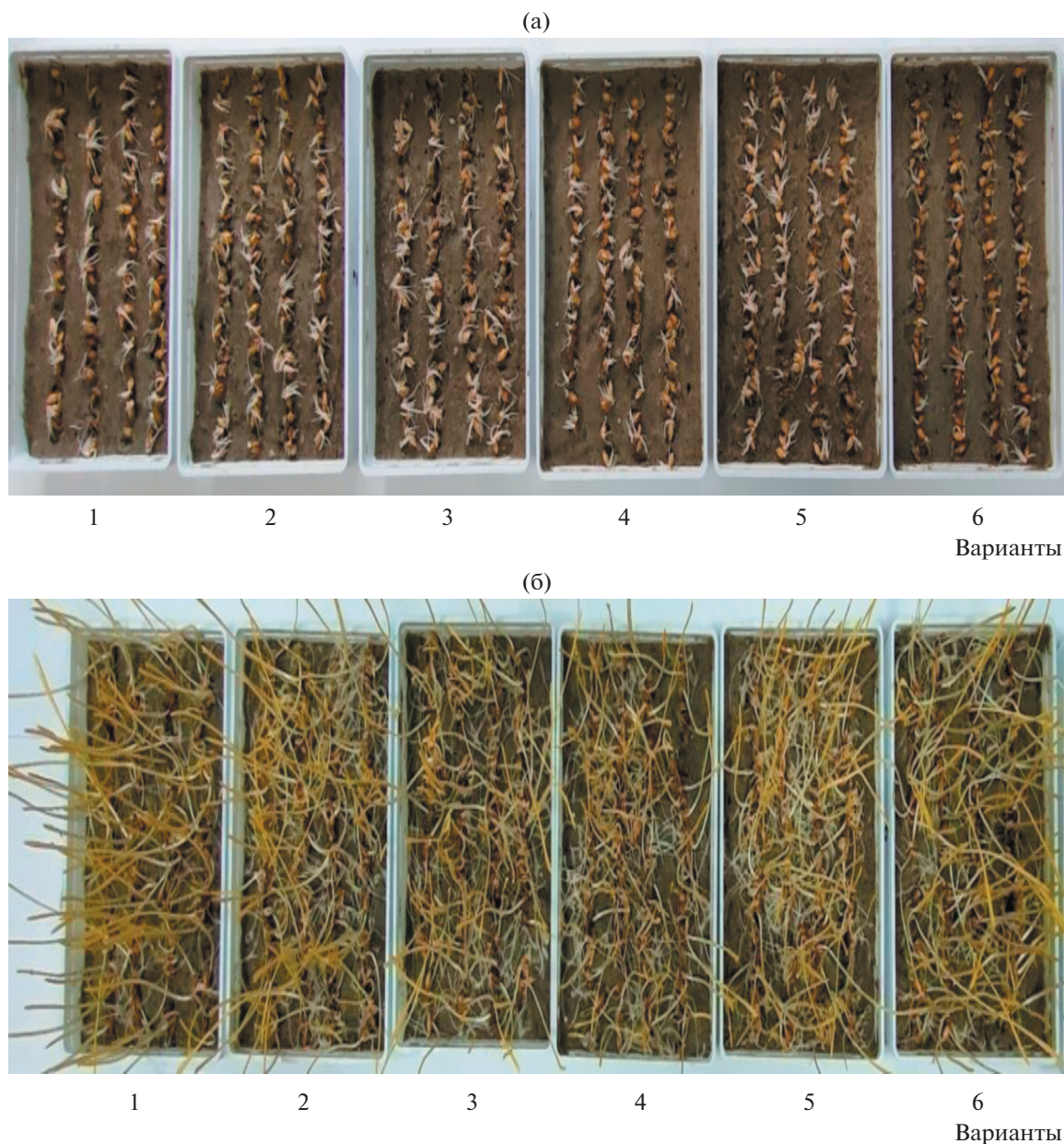


Рис. 2. Семена ячменя, обработанные микроэlementными удобрениями: (а) – на 3-и сут проращивания (энергия прорастания), (б) – на 7-е сут (лабораторная всхожесть). Варианты: 1 – контроль, 2 – “Реаком-Хелат Цинка”, 3 – “Реаком-Хелат Бора”, 4 – “МикроФид Комплекс”, 5 – “МикроФид Цинк”, 6 – “МикроФид Бор”.

лиза с использованием программ Microsoft Excel, Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В лабораторных условиях проводили определение влияния микроэlementных удобрений на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян ярового ячменя. Результаты проращивания семян ярового ячменя показали, что микроэlementные удобрения увеличивали количество

проросших зерен на 3-и сут проращивания на 3–10% (энергия прорастания), и на 1–4% на 7-е сут (лабораторная всхожесть) в сравнении с вариантом, где семена микроэlementными удобрениями не обрабатывали (рис. 2).

Наиболее высокими стимулирующими свойствами обладали комплексные микроэlementные удобрения “МикроФид Комплекс” (1.5 л/т), “МикроФид Цинк” (1.5 л/т) и “МикроФид Бор” (1.5 л/т), обработка семян которыми повышала

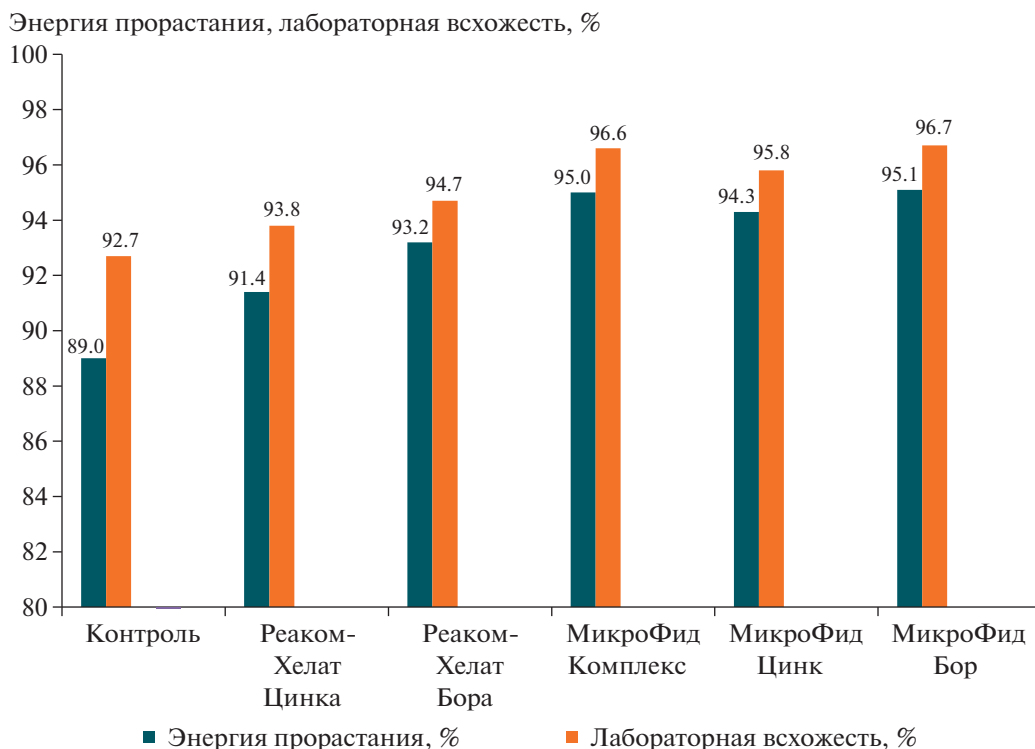


Рис. 3. Влияние микроэлементных удобрений на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян (2020–2022 гг.).

энергию прорастания на 5.3–6.1%, лабораторную всхожесть – на 3.1–4.0%. (рис. 3).

Использование монохелатных удобрений “Реаком-Хелат Цинка” (1.0 л/т) и “Реаком-Хелат Бора” (1.0 л/т) для браковки семян ярового ячменя было менее эффективно – энергия прорастания повышалась на 2.4–4.2%, а лабораторная всхожесть – на 1.1–2.0%.

Наиболее высокими стимулирующими свойствами обладали микроэлементные удобрения, содержащие бор. В вариантах с использованием микроэлементных удобрений “МикроФид Бор” (1.5 л/т) и “Реаком-Хелат Бора” (1.5 л/т) энергия прорастания повышалась на 4.2–6.1%, лабораторная всхожесть – на 2.0–4.0% в сравнении с контролем.

Проведенные полевые исследования показали высокую эффективность различных видов микроэлементных удобрений при возделывании ярового ячменя, их положительное влияние на рост и развитие растений, фитосанитарное состояние посевов, урожайность и качество зерна.

В годы проведения эксперимента в посевах ярового ячменя наблюдали поражение растений ринхоспориозом (*Rhynchosporium secalis*) и гельминтоспориозом (*Pyrenophorateres Drechsler*). Определение степени поражения растений ли-

стостебельными заболеваниями проводили в фазе начала колошения. В результате обследования установлено, что микроэлементные удобрения оказывали сдерживающее влияние на распространение листостебельных заболеваний: ринхоспориоза на – 2.9–4.5, гельминтоспориоза – на 2.7–3.4%, при развитии этих заболеваний в контрольном варианте равном 15.1 и 17.4% соответственно. Биологическая эффективность микроэлементных удобрений была примерно равной и составила: ринхоспориоз – 19.2–29.8%, гельминтоспориоз – 15.5–19.5% (рис. 4).

Микроэлементные удобрения, использованные при возделывании сои в качестве обработки семян и двукратной внекорневой подкормки, увеличили продуктивность ярового ячменя на 0.29–0.45 т/га (на 7.6–11.7%) по отношению к контролю. При анализе урожайных данных лучшие результаты были получены в вариантах с использованием комплексных микроэлементных удобрений “МикроФид Комплекс”, “МикроФид Бор” и “МикроФид Цинк”, использование которых способствовало получению урожайности ячменя 4.25–4.28 т/га (табл. 2).

Прибавки урожайности ярового ячменя от использования этих удобрений по сравнению с контролем составили 0.42–0.45 т/га или 10.9–11.7%.

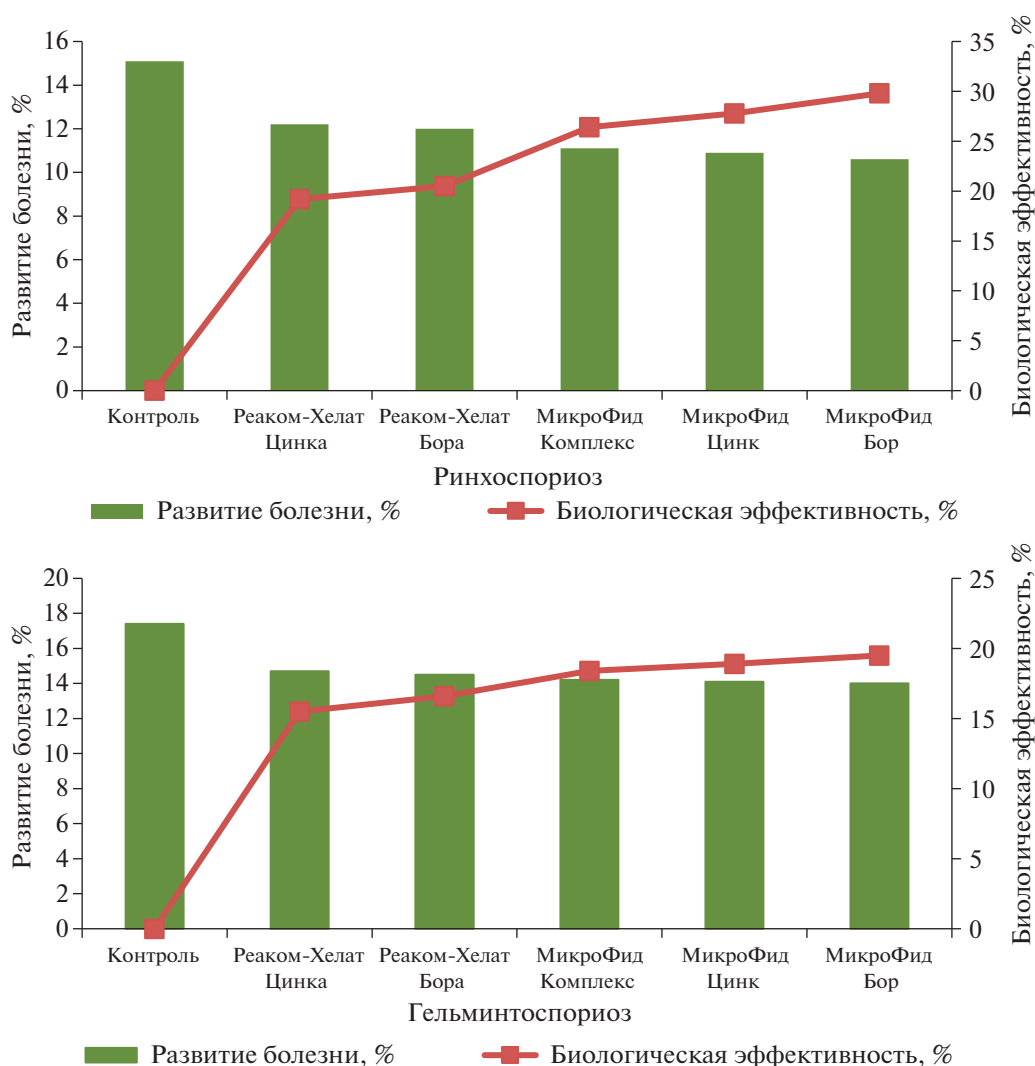


Рис. 4. Влияние микроэлементных удобрений на развитие листостебельных заболеваний ярового ячменя (2020–2022 гг.).

Эффективность обработки семян и двукратной обработки посевов монохелатными удобрениями марки “Реаком” (Реаком-Хелат Бора и Реаком-Хелат Цинка) была несколько меньше, прибавки урожайности ярового ячменя от их использования составили 0.29–0.34 т/га или 7.6–8.9% в сравнении с контролем (3.83 т/га). Наблюдали тенденцию к более высокой эффективности микроэлементных удобрений, содержащих бор: урожайность ярового ячменя от применения монохелатного удобрения “Реаком-Хелат Бора” была на 0.05 т/га больше, чем от удобрения “Реаком-Хелат Цинка”, а комплексного удобрения “МикроФид Бор” – на 0.03 т/га больше, чем удобрения “МикроФид Цинк”.

Внекорневая подкормка посевов ячменя в фазах кушения и выхода в трубку в сочетании с обработкой семян перед посевом способствовала ро-

сту количества продуктивных стеблей ячменя на 3–4 шт./м², числа зерен в колосе – на 1.0–2.0 шт., массы 1000 зерен – на 0.7–1.0 г, природы зерна – на 1.9–7.5 г/л (табл. 3).

Более высокие показатели структуры урожая обеспечивало применение комплексных микроэлементных удобрений марки МикроФид: количество продуктивных стеблей ярового ячменя в этих вариантах увеличивалось на 3–4 шт./м², количество зерен в колосе – на 1–2 шт., масса 1000 зерен – на 0.8–1.0 г, натура зерна – на 6.9–7.5 г/л. Монохелатные удобрения повышали количество продуктивных стеблей на 3 шт./м², число зерен в колосе – на 1 шт., массу 1000 зерен – на 0.7–0.8 г, натура зерна – на 1.9–2.6 г/л.

При обработке семян и двукратной обработке посевов микроэлементными удобрениями в фазах кушения и выхода в трубку крупность зерна

Таблица 2. Урожайность ярового ячменя в зависимости от внесения микроэлементных удобрений (2020–2022 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка	
		т/га	%
1. Контроль, без обработок	3.83	–	–
2. Реаком-Хелат Цинка: обработка семян (1.0 л/т) + двукратная обработка посевов (1.0 л/га)	4.12	0.29	7.6
3. Реаком-Хелат Бора: обработка семян (1.0 л/т) + двукратная обработка посевов (1.0 л/га)	4.17	0.34	8.9
4. МикроФид Комплекс: обработка семян (1.5 л/т) + двукратная обработка посевов (1.5 л/га)	4.26	0.43	11.2
5. МикроФид Цинк: обработка семян (1.5 л/т) + двукратная обработка посевов (1.5 л/га)	4.25	0.42	10.9
6. МикроФид Бор: обработка семян (1.5 л/т) + двукратная обработка посевов (1.5 л/га)	4.28	0.45	11.7
<i>HCP</i> ₀₅	0.11		

Таблица 3. Структура урожая ярового ячменя в зависимости от внесения микроэлементных удобрений (2020–2022 гг.)

Вариант	Продуктивные стебли, шт./м ²	Зерна в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л
1. Контроль, без обработок	431	23	39.6	627
2. Реаком-Хелат Цинка: обработка семян (1.0 л/т) + двукратная обработка посевов (1.0 л/га)	434	24	40.3	629
3. Реаком-Хелат Бора: обработка семян (1.0 л/т) + двукратная обработка посевов (1.0 л/га)	434	24	40.4	629
4. МикроФид Комплекс: обработка семян (1.5 л/т) + двукратная обработка посевов (1.5 л/га)	435	24	40.6	634
5. МикроФид Цинк: обработка семян (1.5 л/т) + двукратная обработка посевов (1.5 л/га)	434	25	40.4	634
6. МикроФид Бор: обработка семян (1.5 л/т) + двукратная обработка посевов (1.5 л/га)	435	25	40.5	634

повышалась на 0.2–1.2%, содержание белка в зерне – на 0.1–0.4%, крахмала – на 0.4–0.9%. Наблюдала тенденцию к более сильному влиянию комплексных микроэлементных удобрений марки МикроФид (МикроФид Комплекс, МикроФид Цинк и МикроФид Бор) на качество зерна ярового ячменя в сравнении с монохелатными микроэлементными удобрениями “Реаком-Хелат Цинка” и “Реаком-Хелат Бора”. Однако влияние различных видов микроэлементных удобрений при сравнении их между собой на показатели качества зерна ярового ячменя было практически равным и находилось в пределах наименьшей существенной разницы (табл. 4).

При расчете экономической эффективности использования микроэлементных удобрений в посевах ярового ячменя за основу были приняты следующие показатели. Стоимость микроэлементных удобрений: “МикроФид Комплекс” – 260 руб./л. “МикроФид Бор” – 320 руб./л, “Мик-

роФид Цинк” – 280 руб./л, “Реаком-Хелат Цинка” – 189 руб./л, “Реаком-Хелат Бора” – 202 руб./л, средняя закупочная цена зерна ярового ячменя – 12000 руб./т. При возделывании ярового ячменя в контрольном варианте (без применения микроэлементных удобрений) стоимость валовой продукции с 1 га составила 45960 руб., чистый доход – 24154 руб./га при уровне рентабельности равном 111%. В результате двукратной обработки посевов ярового ячменя в сочетании с обработкой семян микроэлементными удобрениями стоимость валовой продукции с 1 га увеличилась на 3480–5400 руб., сумма условно чистого дохода – на 2664–3976 руб./га, уровень рентабельности вырос на 7.8–11.2%, в сравнении с показателями, полученными в контрольном варианте.

Наиболее экономически эффективными в посевах ярового ячменя были комплексные микроэлементные удобрения “МикроФид Комплекс”,

Таблица 4. Влияние микроэлементных удобрений на качество зерна ярового ячменя (2020–2022 гг.)

Вариант	Белок	Крахмал	Крупность зерна
	%		
1. Контроль, без обработок	11.4	51.5	95.4
2. Реаком-Хелат Цинка: обработка семян (1.0 л/т) + двукратная обработка посевов (1.0 л/га)	11.5	51.9	95.6
3. Реаком-Хелат Бора: обработка семян (1.0 л/т) + двукратная обработка посевов (1.0 л/га)	11.6	52.0	95.8
4. МикроФид Комплекс: обработка семян (1.5 л/т) + двукратная обработка посевов (1.5 л/га)	11.8	52.3	96.5
5. МикроФид Цинк: обработка семян (1.5 л/т) + двукратная обработка посевов (1.5 л/га)	11.6	52.2	96.6
6. МикроФид Бор: обработка семян (1.5 л/т) + двукратная обработка посевов (1.5 л/га)	11.7	52.4	96.3
<i>НСР₀₅</i>	0.2	0.5	–0.6

“МикроФид Бор” и “МикроФид Цинк”. Двукратная некорневая обработка посевов в фазах кушения и выхода в трубку в сочетании с обработкой семян этими удобрениями обеспечивала получение 27 898–28 130 руб./га условно чистого дохода при уровне рентабельности 121–121%. Экономическая эффективность монохелатных удобрений “Реаком-Хелат Цинка” и “Реаком-Хелат Бора” была меньше: величина условно чистого дохода от использования этих удобрений составила 26 818–27 394 руб./га, уровень рентабельности – 119–121%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлена высокая эффективность использования различных видов микроэлементных удобрений в посевах ярового ячменя в почвенно-климатических условиях Курской обл. Обработка семян и двукратная обработка комплексными удобрениями с микроэлементами “МикроФид Комплекс”, “МикроФид Цинк” и “МикроФид Бор” посевов ярового ячменя сорта Прометей в фазах кушения и выхода в трубку повышала урожайность на 0.29–0.45 т/га или на 7.6–11.7%, крупность зерна – на 0.9–1.2%, содержание белка в зерне – на 0.7–0.9% в сравнении с вариантом, где микроэлементные удобрения не вносили. Использование моноудобрений “Реаком-Хелат Цинк” и “Реаком-Хелат Бор” в сравнении с комплексными микроудобрениями было менее эффективным. Рост урожайности ярового ячменя от их использования составил 0.29–0.34 т/га (на 7.6–8.9%), крупность зерна увеличилась на 0.2–0.4%, количество белка в зерне – на 0.1–0.2%. Отмечена тенденция к более высокой эф-

фективности микроэлементных удобрений, содержащих бор: урожайность ярового ячменя от применения монохелатного удобрения “Реаком-Хелат Бора” была на 0.05 т/га больше, чем от удобрения “Реаком-Хелат Цинка”, а комплексного удобрения “МикроФид Бор” – на 0.03 т/га больше, чем удобрения “МикроФид Цинк”.

Возделывание ярового ячменя с использованием микроудобрений марки МикроФид повышало стоимость валовой продукции на 5040–5400 руб./га, условно чистый доход – на 3744–3976 руб./га, уровень рентабельности – на 10.0–11.2%. Эффективность монохелатных микроэлементных удобрений марки Реаком при аналогичных способах внесения была меньше: стоимость валовой продукции от их использования повышалась на 3480–4080 руб./га, чистый доход – на 2664–3240 руб./га, уровень рентабельности – на 7.8–10.2%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кирюшин В.И.* Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достиж. науки и техн. АПК. 2016. Т. 30. № 3. С. 19–25.
2. *Милащенко Н.З., Трушкин С.В.* К проблеме освоения инновационных технологий // Плодородие. 2011. № 3. С. 50–52.
3. *Аллахвердиев С.Р., Ерошенко В.И.* Современные технологии в органическом земледелии // Междунард. журн. фундамент. и прикл. исслед. 2017. № 1. С. 76–79.
4. *Сычев В. Г.* Перспективы использования новых агрохимикатов в современных агротехнологиях // Мат-лы докл. участников 10-й науч.-практ. конф. “Анапа-2018”. М., 2018. С. 3–7.

5. *Ториков В.Е.* Влияние условий возделывания на урожайность ярового ячменя // Вестн. Брянск. ГСХА. 2009. № 3. С. 38–43.
6. *Алметов Н.С.* Урожайность ячменя на дерново-слабоподзолистых почвах в зависимости от доз и соотношений минеральных удобрений // *Агрохимия*. 1996. № 1. С. 41–52
7. *Барбасов Н.В.* Эффективность применения новых форм комплексных микроудобрений и регуляторов роста при возделывании среднепозднего сорта ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Вестн. Белорус. ГСХА. 2017. № 3. С. 85–89.
8. *Абашев В.Д.* Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна ячменя // *Пермс. аграрн. вестн.* 2015. № 4 (12). С. 4–8.
9. *Федотова Е.Н.* Действие микроэлементов и биоудобрений на вынос питательных веществ растениями ярового ячменя из почвы и минеральных удобрений // *Владимир. земледелец*. 2016. № 4 (78). С. 23–25.
10. *Александрова Н.А.* Влияние микроэлементов на посевные качества семян ячменя сорта Раушан // *Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: мат-лы III нац. научн.-практ. конф. Кузбасс. ГСХА*. 2019. С. 191–197.
11. *Бэлл Р.В., Дэлл Б.* Роль микроэлементов в устойчивом производстве продовольствия, кормов, волокон и биоэнергии. М.: *Международ. ин-т питания раст.*, 2017. 244 с.
12. *Ксенз А.Я., Камбулов С.И., Дёмина Е.Б.* Влияние микроэлементных удобрений на продуктивность озимой пшеницы // *Вестн. аграрн. науки Дона*. 2016. № 4. С. 69–77.
13. *Гейгер Е.Ю., Варламова Л.Д., Семенов В.В.* Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования ПАВ // *Агрохим. вестн.* 2017. № 2. С. 29–32.
14. *Ягодин Б.Я., Вильямс М.В., Тимощук Н.В., Демьянова Т.А.* Определение оптимального соотношения N : P : K в удобрении при возделывании ячменя // *Изв. ТСХА*. 1989. Вып. 6. С. 35–41.
15. *Аристархов А.Н., Волков А.В., Яковлева Т.А.* Эффективность применения цинковых микроудобрений под яровую пшеницу на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья // *Плодородие*. 2014. № 2. С. 9–12.
16. *Матяш И.С., Рыбина В.Н.* Влияние гуминовых и микроудобрений на урожайность зерна ярового ячменя. Мат-лы XXII *Международ. научн.-производ. Конф. “Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы”* (28–29 мая 2018 г.) в 2-х т. Майский: *Белгород. ГАУ*, 2018. Т. 1. С. 133.
17. *Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Кизинек С.В.* Агрохимические основы применения удобрений. Май-коп: *Полиграф-Юг*, 2013. 572 с.
18. *Лазарев В.И., Минченко Ж.Н.* Эффективность микроэлементных удобрений марки МикроФид при обработке семян и посевах яровой пшеницы в условиях черноземных почв Курской области // *Земледелие*. 2020. № 3. С. 20–23.

Effectiveness of the Use of Fertilizers with Trace Elements on Spring Barley Crops in the Conditions of the Kursk Region

Zh. N. Minchenko^a and V. I. Lazarev^{a,#}

^a*Kursk Federal Agrarian Scientific Center, ul. Karla Marxa 70b, Kursk 305021, Russia*

[#]*E-mail: vla190353@yandex.ru*

As a result of the research conducted in 2020–2022, the high efficiency and environmental feasibility of using complex fertilizers with microelements MicroFid Complex, MicroFid Zinc, microFid Boron with Zinc Chelate Reagent and Boron Chelate reagent in the cultivation of spring barley on chernozem soils of the Kursk region was established. The use of complex fertilizers MicroFid Complex, MicroFid Boron and MicroFid Zinc in the form of seed treatment and sowing in the phases “tillering” and “exit into the tube” provided an increase in the yield of spring barley – 0.29–0.45 t/ha (on 7.6–11.7%), protein growth in grain by 0.7–0.9%, grain size by 0.9–1.2%, relative to the control variant. The use of mono-fertilizers Zinc Chelate Reagent and Boron Chelate Reagent in comparison with complex micronutrients was less effective. The increase in the yield of spring barley from their use increased by 0.29–0.34 t/ha (7.6–8.9%), the amount of protein in the grain – by 0.1–0.2%, grain size – by 0.2–0.4%. There was a tendency of higher efficiency of microelement fertilizers containing boron: the yield of spring barley from the use of monoselate fertilizer Reakom-Boron Chelate was 0.05 t/ha higher than from fertilizer Reakom-Zinc Chelate, and complex fertilizer MicroFid Boron – 0.03 t/ha higher than MicroFid Zinc. The use of trace element fertilizers on spring barley crops was economically profitable and environmentally sound.

Key words: spring barley, microelement fertilizers, MicroFid Complex, MicroFid Zinc, microFid Boron Zinc Chelate Reagent, Boron Chelate reagent, seed germination energy, field germination of seeds, rhizosporiosis, helminthosporiosis, yield, crop structure, protein content, economic efficiency.