

Эффективность различных микроудобрений при возделывании сои

Ж. Н. Минченко¹✉

¹ Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И. И. Иванова, Курск, Россия

✉ E-mail: minchenko.knii@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – определить степень влияния различных видов микроудобрений на продуктивность и качество зерна сои при возделывании ее на базе ФГБНУ Курский ФАНЦ. В сравнительной оценке изучалась эффективность обработки семян и посевов сои в фазах 2-го и 6-го тройчатого листа комплексными микроудобрениями «МикроФид Комплекс», «МикроФид Цинк» и «МикроФид Бор» и монохелатными удобрениями «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора». **Научная новизна.** Впервые в условиях черноземов Курской области изучено влияние различных видов микроудобрений на урожайность и качество зерна сои. **Методы.** В соответствии со схемой опыта для обработки семян и посевов сои микроудобрениями использовали ранцевый опрыскиватель. Посев проводился рядовым способом с нормой высева 600 тыс. всхожих семян на гектар. Все учеты и наблюдения проводились в соответствии с общепринятой методикой полевого опыта. Качественные показатели зерна определяли на анализаторе зерна INFRATEC™1241. Для обработки полученных экспериментальных данных использовали метод дисперсионного анализа. **Результаты.** Обработка семян в сочетании с двукратной некорневой подкормкой посевов сои микроудобрениями оказывала положительное влияние на рост и развитие растений, формирование азотфиксирующих клубеньков на корнях сои, способствовала увеличению урожайности на 0,25–0,44 т/га (10,7–18,8 %), содержанию белка в зерне на 1,0–1,9 %, жира на 0,9–1,3 % в сравнении с контрольным вариантом. Использование комплексных микроудобрений было наиболее выгодно с экономической точки зрения в сравнении с монохелатными удобрениями. Лучшие экономические показатели получены в варианте с использованием комплексного микроэлементного удобрения «МикроФид Бор» при обработке семян (1,5 л/т) в сочетании с двукратной некорневой обработкой посевов (1,5 л/га). Удобрение способствовало увеличению условно чистого дохода на 14 654 руб/га, снижению себестоимости 1 т зерна на 1 717,5 руб., росту уровня рентабельности на 32,1 %.

Ключевые слова: соя, микроудобрения, чернозем, обработка семян, некорневые подкормки, структура урожая, продуктивность, качество зерна, экономические показатели.

Для цитирования: Минченко Ж. Н. Эффективность различных микроудобрений при возделывании сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 09 (224). С. 22–31. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-22-32.

Дата поступления статьи: 04.05.2022, **дата рецензирования:** 30.05.2022, **дата принятия:** 15.06.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

В последние годы в условиях повышенного спроса на высокобелковое зерно соя является одной из наиболее рентабельных сельскохозяйственных культур [1; 2]. Именно поэтому площади посева сои в Курской области имеют тенденцию к увеличению. Если в 2017 г. посевные площади составляли 173 тыс. га при валовом сборе зерна 290 909 т, то уже в 2021 г. площадь посевов достигла 277 тыс. га, валовой сбор зерна составил 516 000 т. Уровень урожайности сои в 2017–2021 гг. составил 17,0–21,7 ц/га, что говорит о неполном использовании потенциальных возможностей этой культуры [3–5].

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства, помимо увеличения валовых сборов зерна, остро стоит вопрос о повышении качества полученной продукции – показателе, дающем возможность товаропроизводителям реализовать полученный урожай по более выгодной для них цене [6–8]. Современные ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур в целях оптимизации минерального питания предусматривают широкое использование стимуляторов роста, биологических и микроэлементных удобрений [9–11].

Применение удобрений с микроэлементами обусловлено тем, что недостаток микроэлементов в кри-

тические фазы развития сои приводит к снижению темпов роста и развития, нарушению протекания различных процессов в организме растения на молекулярном уровне, снижению стрессоустойчивости, в результате происходит снижение уровня урожайности и качества полученной продукции [12–16].

По обеспеченности подвижными формами микроэлементов почвы Курской области являются средне- и низкообеспеченными. Исходя из этого возникает необходимость в применении удобрений с микроэлементами при возделывании сои [17]. Научно обоснованный подход в системе удобрения способствует уменьшению химической нагрузки на почву, снижению расходов энергоресурсов, получению высокого урожая зерна [18; 19].

Методология и методы исследования (Methods)

Оценку эффективности микроудобрений проводили в 2019–2022 гг. в ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в опыте лаборатории технологий возделывания полевых культур, в зернопаровом севообороте (чистый пар, озимая пшеница, соя, яровая пшеница). Объектом изучения на посевах сои были комплексные микроудобрения «МикроФид Комплекс», «МикроФид Цинк», «МикроФид Бор» и монохелатные удобрения «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора».

Удобрения с микроэлементами серии «МикроФид» – это глицириносодержащие высокопитательные комплексы с необходимым сбалансированным набором микроэлементов в доступной для растений хелатной форме. Удобрения позволяют восполнить недостающие элементы минерального питания в почве и растениях. Природное ПАВ, входящее в состав удобрений, способствует усилению проникновения элементов минерального питания в растения. Высокое содержание глицерина обеспечивает стимулирующий и защитный эффекты.

Удобрения серии «Реаком» – хелатные удобрения для обеспечения питания растений микроэлементами в критические фазы развития. Удобрения позволяют повысить энергию прорастания, увеличить всхожесть, стойкость к заболеваниям, плохим погодным условиям. Некорневые подкормки ускоряют цветение, опыление, повышают качество исходной продукции. Эффективно поглощаются растениями благодаря прилипающим и пленкообразующим свойствам и равномерному распределению по поверхности семян и листьев растений.

Схема опыта включала в себя варианты с использованием микроэлементных удобрений в виде предпосевной обработки семян в сочетании с некорневыми подкормками посевов сои в фазах 2-го и 6-го тройчатого листа и контроль, где обработка микроэлементными удобрениями не проводилась. Повторность в опытах трехкратная с систематическим расположением делянок, имеющих форму вытянутого прямоугольника в один ярус, с учетной площадью 100 м².

Участок с вариантами опыта располагался на черноземе типичном мощном тяжелосуглинистом. Агрохимическая характеристика опытного участка представлена следующими показателями: 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 = 5,6. Почва является среднеобеспеченной по содержанию В (0,34 мг/кг) и Cu (0,30 мг/кг), низкообеспеченной по содержанию подвижных форм Zn (0,32 мг/кг) и Mn (4,5 мг / 100 г).

Для посева использовали сою сорта Казачка. Проводили посев рядовым способом с шириной междурядий 15 см, нормой высева 0,6 млн всхожих семян на 1 га. Фон минерального питания – N₃₀P₃₀K₃₀.

В лабораторных условиях определяли влияние удобрений на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сои по ГОСТ 12038-84.

Для определения структурных показателей сои с каждой делянки за несколько дней до уборки отбирались сноповые образцы. Убирали сою способом прямого комбайнирования самоходным комбайном «Сампо-500», сразу же проводили учет урожая, пересчитывая его на 12-процентную влажность и 100-процентную чистоту зерна. Определяли массу 1000 зерен (ГОСТ 10842-76), массу зерна (ГОСТ 10840-76). Качественные показатели (содержание белка и жира) определяли на анализаторе зерна Infratec™1241. Используя дисперсионный метод математического анализа (по Б. А. Доспехову), обрабатывали полученные экспериментальные данные.

Результаты (Results)

Результаты проращивания, проводимые в лабораторных исследованиях, свидетельствуют о том, что при обработке семян микроудобрениями энергия прорастания (на 3-й день проращивания) повышалась на 2,0–8,0 %, лабораторная всхожесть (на 7-й день проращивания) – на 2,7–5,3 % в сравнении с вариантом без обработки семян. Впоследствии микроудобрения оказывали стимулирующее действие и на рост проростков сои (рис. 1).

В варианте с использованием микроэлементного удобрения «МикроФид Бор» (1,5 л/т) было наибольшее увеличение энергии прорастания на 8 %, лабораторной всхожести – на 5,3 % в сравнении с контролем. Влияние удобрений «МикроФид Комплекс» (1,5 л/т) и «МикроФид Цинк» (1,5 л/т) на эти показатели было несколько ниже: энергия прорастания от их применения повышалась на 4,8–5,4 %, лабораторная всхожесть – на 3,3–4,0 %. Монохелатные удобрения «Реаком-Хелат Цинка» (1 л/т) и «Реаком-Хелат Бора» (1 л/т) обладали наименьшим стимулирующим эффектом, энергия прорастания повышалась на 2–3,4 %, а лабораторная всхожесть – на 2–2,7 %.

Микроудобрения также положительно влияли и на полевую всхожесть семян сои. При подсчете густоты стояния в период всходов сои установлено, что обработка семян микроудобрениями способствовала увеличению полевой всхожести семян на 3,3–6,1 % в сравнении с контролем (таблица 1).

В вариантах с обработкой семян комплексными микроудобрениями («МикроФид Комплекс», «МикроФид Цинк» и «МикроФид Бор») полевая всхожесть была наиболее высокой (5,0–6,1 %). В вариантах с применением монохелатных удобрений («Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора») повышение составило 3,3–4,0 %.

Применение двукратной некорневой подкормки сои в фазы развития 2-го и 6-го тройчатого листа в сочетании с обработкой семян микроудобрениями способствовало стимулированию роста и развития растений, в результате чего растения имели более мощную корневую систему и вегетативную массу. При определении площади листовой поверхности сои установлено, что применение микроэлемент-

ных удобрений способствовало увеличению площади листовой поверхности посевов сои в фазе образования бобов на 6,1–9,5 тыс. м²/га в сравнении с контрольным вариантом (42,3 тыс. м²/га) (рис. 2).

Более высокий показатель отмечался в варианте с использованием комплексного микроэлементного удобрения «МикроФид Бор» (51,8 тыс. м²/га). Удобрения «МикроФид Комплекс» и «МикроФид Цинк» обеспечили несколько меньшую площадь листовой поверхности (49,8 и 50,1 тыс. м²/га). Монохелатные удобрения «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора» влияли на этот показатель в меньшей степени. Площадь листовой поверхности в вариантах с их применением составила 48,4 и 49,2 тыс. м²/га соответственно.

В результате наблюдений за формированием клубеньков на корнях сои установлено, что в вариантах с применением микроэлементных удобрений создавались более благоприятные условия для образования и развития клубеньковых бактерий на корнях растений. В результате этого активность бо-

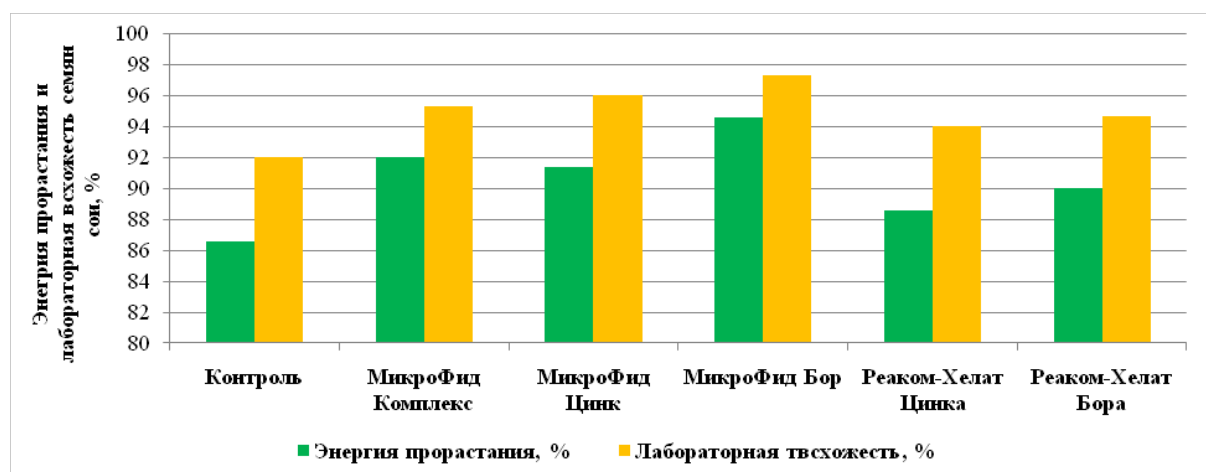


Рис. 1. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян сои в зависимости от обработки семян микроэлементными удобрениями (среднее за 2019–2021 гг.)

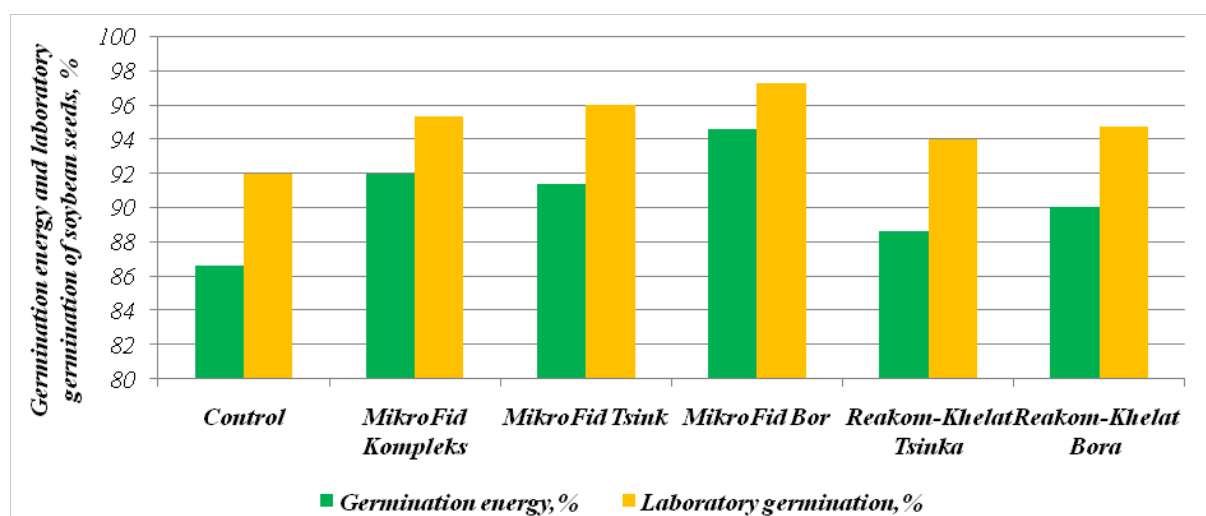


Fig. 1. Germination energy and laboratory germination of soybean seeds depending on seed treatment with trace element fertilizers (average for 2019–2021)

Таблица 1

Полевая всхожесть семян сои в зависимости от обработки микроэлементными удобрениями (среднее за 2019–2021 гг.)

Вариант	Растения, взшедшие на 1 м ² , шт.	Полевая всхожесть, %
1. Контроль (без обработки)	54,3	90,5
2. МикроФид Комплекс (1,5 л/т)	57,3	95,5
3. МикроФид Цинк (1,5 л/т)	57,0	95,0
4. МикроФид Бор (1,5 л/т)	58,0	96,6
5. Реаком-Хелат Цинка (1,0 л/т)	56,3	93,8
6. Реаком-Хелат Бора (1,0 л/т)	56,7	94,5

Table 1

Germination of seeds with microelement field fertilizers without soybean treatment depending (on average for 2019–2021)

Option	Plants that have ascended to 1 m ² , pcs.	Field germination, %
1. Control (without treatment)	54.3	90.5
2. MikroFid Kompleks (1.5 l/t)	57.3	95.5
3. MikroFid Tsink (1.5 l/t)	57.0	95.0
4. MikroFid Bor (1.5 l/t)	58.0	96.6
5. Reakom-Khelat Tsinka (1.0 l/t)	56.3	93.8
6. Reakom-Khelat Bora (1.0 l/t)	56.7	94.5

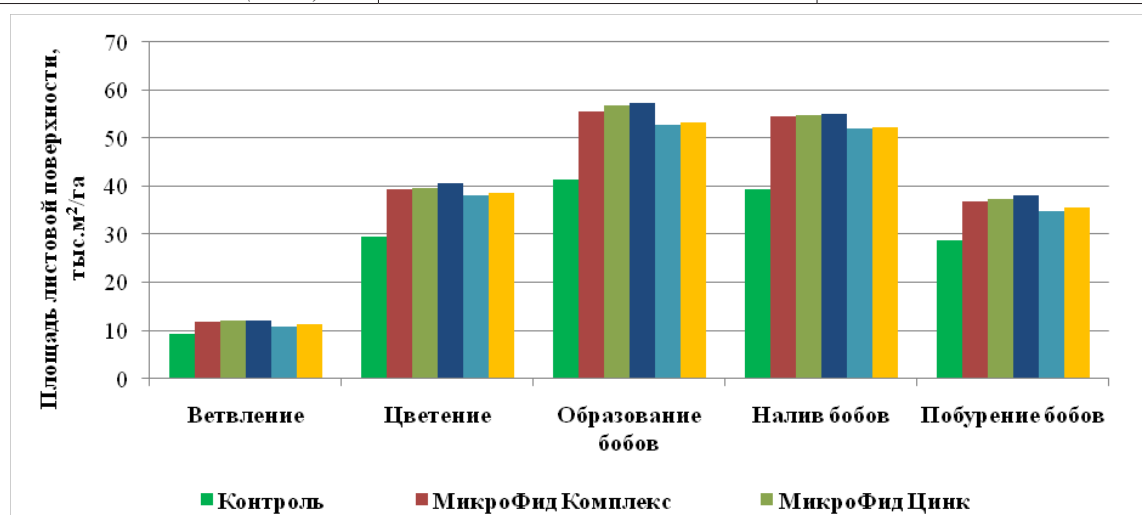


Рис. 2. Формирование площади листовой поверхности сои в зависимости от применяемых микроэлементных удобрений (среднее за 2019–2021 гг.)

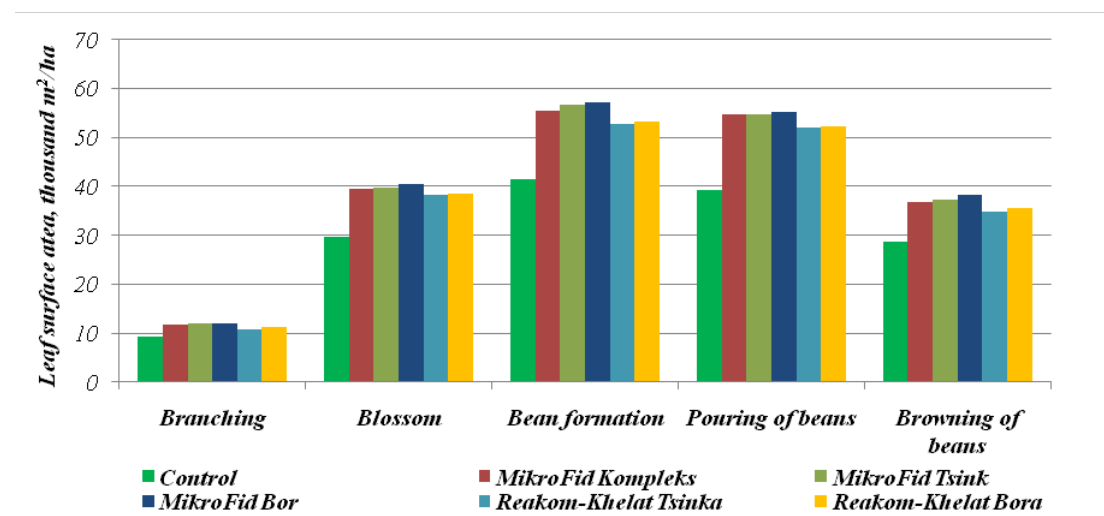


Fig. 2. Formation of the soybean leaf surface area depending on the microelement fertilizers used (average for 2019–2021)

бово-ризобиального симбиоза возросла и, как следствие, увеличилось образование азотфиксирующих клубеньков на корнях растений сои (таблица 2).

Учет азотфиксирующих клубеньков проводили в фазе плодообразования, когда развитие клубеньков достигло своего максимального значения. Наши исследования показали, что в вариантах с обработкой семян и посевов микроэлементными удобрениями количество и масса клубеньков изменялись по отношению к контролю и в зависимости от вида применяемого удобрения. Максимальное количество клубеньков было образовано в вариантах с применением комплексных микроудобрений («МикроФид Комплекс», «МикроФид Цинк» и «МикроФид Бор»): 32,6–37,3 шт. с массой 1,75–1,91 г. Минимальные показатели были получены в результате использования монохелатных удобрений («Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора»): 28,7 и 30,2 шт. с массой 1,54 и 1,62 г.

Установлено положительное влияние изучаемых удобрений на элементы структуры урожая сои. Так, обработка семян и посевов микроудобрениями марки «МикроФид» способствовала увеличению количества бобов на 1 растении на 1,5–1,7 шт., ко-

личества зерен в 1 бобе – на 0,19–0,21 шт., массу 1000 зерен – на 0,9–1,1 г в сравнении с элементами структуры в контрольном варианте. В вариантах с применением «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора» структурные показатели по отношению к контролю возросли в меньшей степени: количество бобов с 1 растения – на 0,9–1,1 шт., озерненность 1 боба – на 0,17–0,18 шт., масса 1000 зерен – на 0,4–0,8 г (таблица 3).

Более высокий уровень урожайности сои был получен в вариантах с лучшими структурными показателями. Так, двукратная некорневая подкормка сои в сочетании с обработкой семян комплексными удобрениями с микроэлементами марки «МикроФид» способствовала повышению урожайности сои на 0,36–0,44 т/га, или на 15,4–18,8 %, в сравнении с показателем урожайности в контрольном варианте (2,34 т/га) (таблица 4).

При аналогичных способах применения монохелатных удобрений марки «Реаком» прибавки урожая сои были ниже и составили 0,25 и 0,32 т/га, что на 10,7 и 13,7 % выше, чем в контрольном варианте (таблица 3).

Таблица 2
Образование азотфиксирующих клубеньков на корнях сои в зависимости от применяемых микроэлементных удобрений (фаза плодообразования)

Варианты	Количество клубеньков, шт. на 1 растение	Масса клубеньков, г на 1 растение
1. Контроль	25,3	1,04
2. МикроФид Комплекс: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	32,6	1,75
3. МикроФид Цинк: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	34,1	1,83
4. МикроФид Бор: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	37,3	1,91
5. Реаком-Хелат Цинка: обработка семян (1 л/т) + двукратная обработка посевов (1,0 л/га)	28,7	1,54
6. Реаком-Хелат Бора: обработка семян (1 л/т) + двукратная обработка посевов (1,0 л/га)	30,2	1,62

Table 2
Formation of nitrogen-fixing nodules on soybean roots depending on the microelement fertilizers used (fruit formation phase)

Option	Number of nodules, pcs. per 1 plant	Weight of nodules, g per 1 plant
1. Control	25.3	1.04
2. MikroFid Kompleks: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	32.6	1.75
3. MikroFid Tsink: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	34.1	1.83
4. MikroFid Bor: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	37.3	1.91
5. Reakom-Khelat Tsinka: seed treatment (1 l/t) + double treatment of crops (1 l/ha)	28.7	1.54
6. Reakom-Khelat Bora: seed treatment (1 l/t) + double treatment of crops (1 l/ha)	30.2	1.62

Структурные показатели урожая сои в зависимости от применяемых микроэлементных удобрений (среднее за 2019–2021 гг.)

Вариант	Высота крепления нижнего боба, см	Количество бобов на 1 растении, шт.	Озерненность 1 боба, шт.	Масса зерна с 1 растения, г	Масса 1000 зерен, г
1. Контроль	18,7	18,8	1,94	4,52	123,8
2. МикроФид Комплекс: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	22,7	20,3	2,13	5,39	124,7
3. МикроФид Цинк: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	23,4	20,3	2,13	5,41	124,8
4. МикроФид Бор: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	23,8	20,5	2,15	5,52	124,9
5. Реаком-Хелат Цинка: обработка семян (1 л/т) + двукратная обработка посевов (1,0 л/га)	20,9	19,7	2,11	5,16	124,2
6. Реаком-Хелат Бора: обработка семян (1 л/т) + двукратная обработка посевов (1,0 л/га)	22,8	19,9	2,12	5,27	124,6

Table 3
Structural indicators of soybean yield depending on the applied trace element fertilizers, (average for 2019–2021)

Option	Mounting height of the lower bean, cm	Number of beans per 1 plant, pcs.	Water content of 1 bean, pcs.	Grain weight from 1 plant, g	Weight of 1000 grains, g
1. Control	18.7	18.8	1.94	4.52	123.8
2. MikroFid Kompleks: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	22.7	20.3	2.13	5.39	124.7
3. MikroFid Tsink: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	23.4	20.3	2.13	5.41	124.8
4. MikroFid Bor: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	23.8	20.5	2.15	5.52	124.9
5. Reakom-Khelat Tsinka: seed treatment (1 l/t) + double treatment of crops (1 l/ha)	20.9	19.7	2.11	5.16	124.2
6. Reakom-Khelat Bora: seed treatment (1 l/t) + double treatment of crops (1 l/ha)	22.8	19.9	2.12	5.27	124.6

В вариантах с применением микроэлементных удобрений было получено более качественное зерно сои с содержанием белка на 1,0–1,9 %, жира на 0,9–1,3 % выше в сравнении с вариантом, где микроэлементные удобрения не использовались.

Максимальное содержание белка (36,7 %) и жира (23,7 %) в зерне обеспечивало микроэлементное удобрение «МикроФид Бор» при обработке семян и двукратной обработке посевов в фазе 2-го и 6-го тройчатого листа. В вариантах с применением удобрений «МикроФид Комплекс», «МикроФид

Цинк» содержание белка в зерне увеличивалось на 1,3 и 1,5 %, жира – 1,2 %. С применением монохелатных удобрений «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора» содержание белка и жира повышалось на 1,0 и 1,2 %, 0,9 и 1,1 % по отношению к контрольному варианту при НСР₀₅ 0,5–0,6 % (рис. 3).

В результате анализа полученных экспериментальных данных установлено, что наиболее экономически эффективным на посевах сои было использование комплексного микроэлементного удобрения «МикроФид Бор». Двукратная некорневая

Таблица 4
Урожайность сои в зависимости от применяемых микроэлементных удобрений, (среднее за 2019–2021 гг.)

Вариант	Урожайность, (т/га)	Прибавка, (т/га)
1. Контроль	2,34	–
2. МикроФид Комплекс: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	2,70	0,36
3. МикроФид Цинк: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	2,73	0,39
4. МикроФид Бор: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	2,78	0,44
5. Реаком-Хелат Цинка: обработка семян (1 л/т) + двукратная обработка посевов (1,0 л/га)	2,59	0,25
6. Реаком-Хелат Бора: обработка семян (1 л/т) + двукратная обработка посевов (1,0 л/га)	2,66	0,32
НСР ₀₅	0,16	

Table 4
Soybean yield depending on the microelement fertilizers used, (average for 2019–2021)

Option	Yield, (t/ha)	Increase, (t/ha)
1. Control	2.34	–
2. MikroFid Kompleks: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	2.70	0.36
3. MikroFid Tsink: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	2.73	0.39
4. MikroFid Bor: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	2.78	0.44
5. Reakom-Khelat Tsinka: seed treatment (1 l/t) + double treatment of crops (1 l/ha)	2.59	0.25
6. Reakom-Khelat Bora: seed treatment (1 l/t) + double treatment of crops (1 l/ha)	2.66	0.32
LSD ₀₅	0.16	

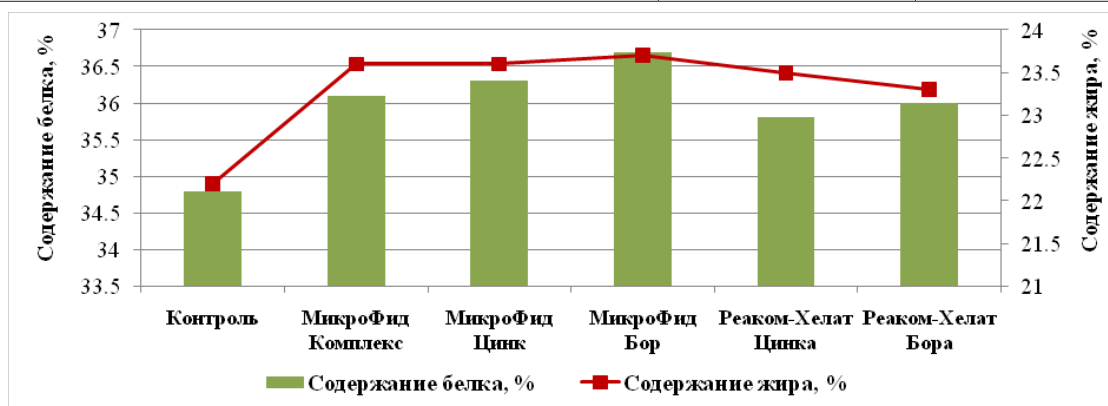


Рис. 3. Содержание белка и жира в зерне сои в зависимости от применяемых микроэлементных удобрений (2019–2021 гг.)

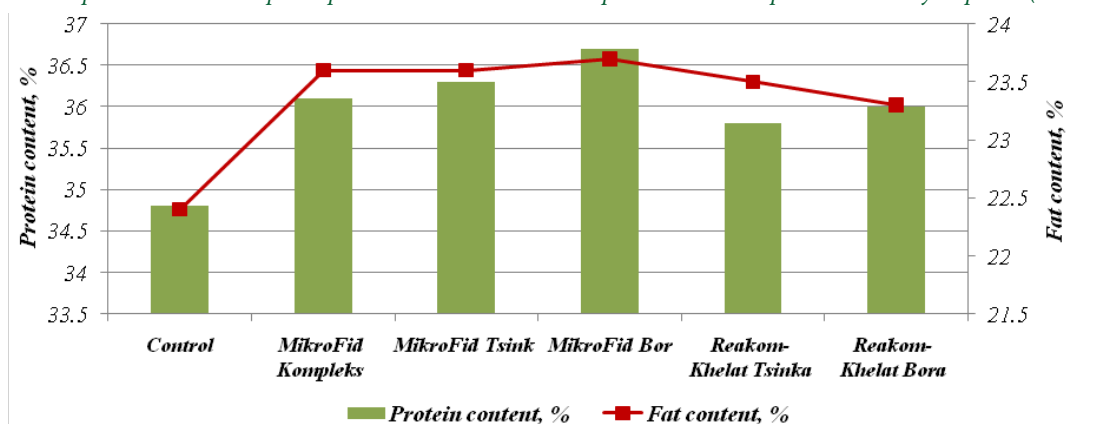


Fig. 3. Protein and fat content in soybean grain depending on the microelement fertilizers used (2019–2021)

обработка посевов сои (1,5 л/га) в фазах 2-го и 6-го тройчатого листа в сочетании с обработкой семян (1,5 л/т) удобрением обеспечила прибавку урожайности сои – 0,44 т/га (на сумму 16 500 руб/га), способствовала увеличению условно чистого дохода на 14 654 руб/га, снижению себестоимости 1 т зерна на 1 717,5 руб., росту рентабельности на 32,1 % (таблица 5).

Экономические показатели эффективности использования удобрений «МикроФид Комплекс» и «МикроФид Цинк» были несколько ниже. Урожайность в вариантах увеличилась на 0,36 и 0,39 т/га. Сумма условно чистого дохода возросла соответственно на 11 841 и 12 903 руб./га, уровень рентабельности – на 25,4 и 28,0 % при снижении себестоимости 1 т зерна на 1391,8 и 1518,8 руб. Наименьшие показатели эффективности были в вариантах с применением монохелатных удобрений «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора». Прибавка урожайности составила 0,25 и 0,32 т/га, уровень рентабельности вырос на 17,3 и 24,3 % соответственно при снижении себестоимости 1 т зерна на 973,3 и 1333,5 руб. Сумма условно чистого дохода

увеличилась на 8134 и 10 732 руб/га соответственно.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, в результате исследований установлена высокая эффективность использования различных видов удобрений с микроэлементами на посевах сои в почвенно-климатических условиях Курской области. Обработка семян и вегетирующих растений сои в фазы развития 2-го и 6-го тройчатого листа комплексными удобрениями «МикроФид Комплекс», «МикроФид Цинк» и «МикроФид Бор» увеличивала урожайность сои на 0,36–0,44 т/га, или на 15,4–18,8 %, содержание белка зерне – на 1,3–1,9 %, жира – на 1,2–1,3 % в сравнении с контрольным вариантом.

Монохелатные удобрения «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора» при сравнительной оценке с комплексными микроэлементными удобрениями показали меньшую эффективность. Урожайность сои от их применения увеличилась соответственно на 0,25 и 0,32 т/га (10,7 и 13,7 %), содержание белка в зерне – на 1,0 и 1,2 %, жира – на 0,9 и 1,1 %.

Таблица 5

Экономическая эффективность различных видов микроэлементных удобрений при возделывании сои (среднее за 2019–2021 гг.)

Показатели	Вариант					
	1. Контроль	2. МикроФид Комплекс	3. МикроФид Цинк	4. МикроФид Бор	5. Реаком-Хелат Цинка	6. Реаком-Хелат Бора
1. Урожайность, т/га	2,34	2,70	2,73	2,78	2,59	2,66
2. Стоимость валовой продукции, руб.	87 750	101 250	102 375	104 250	97 125	99 750
3. Производственные затраты, руб.	35 210	36 869	36 932	37 056	36 451	36 478
4. Себестоимость продукции, руб/т	15 047,0	13 655,2	13 528,2	13 329,5	14 073,7	13 713,5
5. Чистый доход, руб/га	52 540	64 381	65 443	67 194	60 674	63 272
6. Уровень рентабельности, %	149,2	174,6	177,2	181,3	166,5	173,5

Table 5

Economic efficiency of various types of trace element fertilizers in soybean cultivation (average for 2019–2021)

Indicators	Option					
	1. Control	2. MicroFid Kompleks	3. MicroFi Tsink	4. MicroFid Bor	5. Reakom-Khhelat Tsinka	6. Reakom-Khelat Bora
Yield, t/ha	2.34	2.70	2.73	2.78	2.59	2.66
The cost of gross output, rub.	87 750	101 250	102 375	104 250	97 125	99 750
Production costs, rub.	35 210	36 869	36 932	37 056	36 451	36 478
Cost price, rub/t	15 047,0	13 655,2	13 528,2	13 329,5	14 073,7	13 713,5
Net income, rub/ha	52 540	64 381	65 443	67 194	60 674	63 272
The level of profitability, %	149.2	174.6	177.2	181.3	166.5	173.5

Библиографический список

1. Рощина Е. Ю. Эффективность производства сои в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. № 1. С. 78–81.
2. Дорохов А. С., Бельшклина М. Е., Большева К. К. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития // Вестник Ульяновской ГСХА. 2019. № 3. С. 25–33
3. Лазарев В. И., Шумаков В. А. Эффективность технологических приемов возделывания сои сорта Казачка с учетом особенностей сортовой агротехники // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 15–17.
4. Лазарев В. И., Башкатов А. Я., Минченко Ж. Н. Эффективность микроэлементных удобрений при возделывании сои сорта Казачка в условиях Курской области // Земледелие. 2018. № 2. С. 34–36.
5. Фадеева А. Н., Абросимова Т. Н. Урожайность и качество семян сортов сои различного эколого-географического происхождения // Земледелие. 2019. № 3. С. 37–40. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10310.
6. Сычев В. Г., Милащенко Н. З., Шафран С. А. Агротехнические аспекты получения высококачественного зерна в России // Плодородие. 201. № 1 (100). С. 18–19.
7. Баширова С. А. Интенсификация сельскохозяйственного производства как важнейшее условие научно-технического прогресса // Экономический вестник Донбасса. 2019. № 2 (56). С. 103–107.
8. Лукашик А. Ф. Интенсификация сельскохозяйственного производства, как одного из направлений развития отрасли // Вестник КемРИПК. 2018. № 1. С. 30–32.
9. Пыхтин И. Г., Гостев А. В. Концептуальная модель построения структуры базы данных ресурсосберегающих агротехнологий // Земледелие. 2018. № 7. С. 42–45. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10712.
10. Аллахвердиев С. Р., Ерошенко В. И. Современные технологии в органическом земледелии // Международный журнал фундаментальных и прикладных исследований. 2017. № 1. С. 76–79.
11. Рафальская Н. Б., Синеговская В. Т., Рафальский С. В. Фотосинтетическая и семенная продуктивность сои при применении приемов биологизации ее возделывания в Приамурье // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. № 2-2. С. 305–307.
12. Бэлл Р. В., Дэлл Б. Роль микроэлементов в устойчивом производстве продовольствия, кормов, волокна и биоэнергии / Пер. с англ. Москва: Международный институт питания растений, 2017. 221 с.
13. Mousavi S., Nejad S., Nourgholipour F., Abbaszadeh Zoshkey S. Agronomic aspects of boron: fertilizers, agronomical strategy, and interaction with other nutrients. In book: Boron in Plants and Agriculture. 2022. Pp. 249–270. DOI: 10.1016/B978-0-323-90857-3.00011-4.
14. Pawlowski M., Helfenstein J., Frossard E., Hartman G. L. Boron and zinc deficiencies and toxicities and their interactions with other nutrients in soybean roots, leaves, and seeds // Journal of Plant Nutrition. 2019. No. 42 (6), Pp. 634–649. DOI: 10.1080/01904167.2019.1567782.
15. Raj A. B., Raj S. K. Zinc and boron nutrition in pulses: A review How to Cite // Journal of Applied and Natural Science. 2019. No. 11. Pp. 673–679. DOI: 10.31018/jans.v11i3.2157.
16. Семина С. А., Жеряков Е. В., Жерякова Ю. И. Динамика содержания макроэлементов в растениях сахарной свеклы при применении микроудобрений // Аграрный вестник Урала. 2020. № 01 (204). С. 21–29. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-204-01-21-29.
17. Пироженов В. В., Цыганков Д. Н., Мирошниченко О. Н. Мониторинг состояния плодородия пахотных почв Курской области // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 4. С. 12–13.
18. Тишков Н. М., Тильба В. А., Дряхлов А. А. Эффективность некорневой подкормки сои микроэлементами на черноземе выщелоченном Краснодарского края при многолетнем учете динамики изменения температурного режима и условий увлажнения // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур 2017. № 2. С. 37–54.
19. Сычев В. Г. Перспективы использования новых агрохимикатов в современных агротехнологиях // Материалы докладов участников 10-й научно-практической конференции «Анапа-2018». Москва, 2018. С. 3–7.

Об авторе:

Жанна Николаевна Минченко¹, аспирант, ORCID 0000-0003-4352-6013, AuthorID 1017751;
+ 7 951 330-41-35, minchenko.knii@mail.ru

¹ Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И. И. Иванова, Курск, Россия

The effectiveness of various microfertilizers in the cultivation of soybeans

Zh. N. Minchenko¹✉

¹Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov, Kursk, Russia

✉E-mail: minchenko.knii@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to determine the degree of influence of various types of micronutrients on the productivity and quality of soybean grain when it is cultivated on the basis of the Kursk State Agricultural University. In a comparative assessment, the effectiveness of processing soybean seeds and crops in phases 2 and 6 of the triple leaf with complex microfertilizers “MikroFid Kompleks”, “MikroFid Tsink” and “MikroFid Bor” and monochelate fertilizers “Reakom-Khelat Tsinka” and “Reakom-Khelat Bora” was studied. **Scientific novelty.** For the first time in the conditions of chernozems of the Kursk region, the influence of various types of micro-fertilizers on the yield and quality of soybean grain was studied. **Methods.** In accordance with the scheme of the experiment, a knapsack sprayer was used for processing seeds and soybean crops with micro fertilizers. Sowing was carried out in an ordinary way with a seeding rate of 600 thousand germinating seeds per hectare. All records and observations were carried out in accordance with the generally accepted methodology of field experience. Grain quality indicators were determined on the grain analyzer “INFRATECTM1241”. The method of dispersion analysis was used to process the experimental data obtained. **Results.** Seed treatment in combination with two-fold foliar fertilization of soybean crops with micro fertilizers had a positive effect on plant growth and development, the formation of nitrogen-fixing nodules on soybean roots, contributed to an increase in yield by 0.25–0.44 t/ha (10.7–18.8 %), protein content in grain by 1.0–1.9 %, fat by 0.9–1.3 %, in comparison with the control version. The use of complex micronutrients was the most economically advantageous in comparison with monochelate fertilizers. The best economic indicators were obtained in the variant using the complex microelement fertilizer “MikroFid Bor” in seed treatment (1.5 l/t), in combination with two-fold non-root treatment of crops (1.5 l/ha). The fertilizer contributed to an increase in conditional net income by 14 654 rubles/ha, a decrease in the cost of 1 ton of grain by 1717.5 rubles, and an increase in the level of profitability by 32.1 %.

Keywords: soy, micro fertilizers, chernozem, seed treatment, non-root fertilizing, crop structure, productivity, grain quality, economic indicators.

For citation: Minchenko Zh. N. Effektivnost' razlichnykh mikroudobreniy pri vozdeleyvanii soi [The effectiveness of various microfertilizers in the cultivation of soybeans] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 09 (224). Pp. 22–32. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-22-32. (In Russian.)

Date of paper submission: 04.05.2022, **date of review:** 30.05.2022, **date of acceptance:** 15.06.2022.

References

1. Roshchina E. Yu. Effektivnost' proizvodstva soi v sel'skokhozyaistvennykh organizatsiyakh Krasnodarskogo kraya [The efficiency of soybean production in agricultural organizations of the Krasnodar territory] // Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur. 2018. No. 1. Pp. 78–81. (In Russian.)
2. Dorokhov A. S., Belyshkina M. E., Bol'sheva K. K. Proizvodstvo soi v Rossiyskoy Federatsii: osnovnye tendentsii i perspektivy razvitiya [Soybean production in the Russian Federation: main trends and development prospects] // Vestnik of Ulyanovsk state Agricultural Academy. 2019. No. 3. Pp. 25–33. (In Russian.)
3. Lazarev V. I., Shumakov V. A. Effektivnost' tekhnologicheskikh priemov vozdeleyvaniya soi sorta Kazachka s uchetom osobennostey sortovoy agrotekhniki [The effectiveness of technological methods of cultivating soybeans of the Kazachka variety, taking into account the peculiarities of varietal agrotechnics] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaistvennoy akademii. 2018. No. 1. Pp. 15–17. (In Russian.)
4. Lazarev V. I., Bashkatov A. Ya., Minchenko Zh. N. Effektivnost' mikroelementnykh udobreniy pri vozdeleyvanii soi sorta Kazachka v usloviyakh Kurskoy oblasti [The effectiveness of trace element fertilizers in the cultivation of soybeans of the Kazachka variety in the conditions of the Kursk region] // Zemledelie. 2018. No. 2. Pp. 34–36. (In Russian.)
5. Fadeeva A. N., Abrosimova T. N. Urozhainost' i kachestvo semyan sortov soi razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya [Yield and seed quality of soybean varieties of various ecological and geographical origin] // Zemledelie. 2019. No. 3. Pp. 37–40. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10310. (In Russian.)

6. Sychev V. G., Milashchenko N. Z., Shafran S. A. Agrokhimicheskie aspekty polucheniya vysokokachestvennogo zerna v Rossii [Agrochemical aspects of obtaining high-quality grain in Russia] // Plodorodie. 2018. No. 1 (100). Pp. 18–19. (In Russian.)
7. Bashirova S. A. Intensifikatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva kak vazhneishee uslovie nauchno-tekhnicheskogo progressa [Intensification of agricultural production as the most important condition for scientific and technological progress] // Ekonomicheskii vestnik Donbassa. 2019. No. 2 (56). Pp. 103–107. (In Russian.)
8. Lukashik A. F. Intensifikatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva kak odnogo iz napravleniy razvitiya otrasli [Intensification of agricultural production as one of the directions of development of the industry] // Vestnik KemRIPK. 2018. No. 1. Pp. 30–32. (In Russian.)
9. Pykhtin I. G., Gostev A. V. Kontseptual'naya model' postroeniya struktury bazy dannykh resursosbergayushchikh agrotekhnologii [A conceptual model for building a database structure of resource-saving agricultural technologies] // Zemledelie. 2018. No. 7. Pp. 42–45. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10712. (In Russian.)
10. Allakhverdiev S. R., Eroshenko V. I. Sovremennye tekhnologii v organicheskom zemledelii [Modern technologies in organic farming] // Mezhdunarodnyy zhurnal fundamental'nykh i prikladnykh issledovaniy. 2017. No. 1. Pp. 76–79. (In Russian.)
11. Rafal'skaya N. B., Sinegovskaya V. T., Rafal'skiy S. V. Fotosinteticheskaya i semennaya produktivnost' soi pri primenenii priemov biologizatsii ee vozdeyvaniya v Priamur'e [Photosynthetic and seed productivity of soybeans when using methods of biologization of its cultivation in the Amur region] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2018. No. 2-2. Pp. 305–307. (In Russian.)
12. Bell R. V., Dell B. Rol' mikroelementov v ustoychivom proizvodstve prodovol'stviya, kormov, volokna i bioenergii [The role of trace elements in the sustainable production of food, feed, fiber and bioenergy] / Translate from English. Moscow: Mezhdunarodnyy institut pitaniya rasteniy, 2017. 221 p. (In Russian.)
13. Mousavi S., Nejad S., Nourgholipour F., Abbaszadeh Zoshkey S. Agronomic aspects of boron: fertilizers, agronomical strategy, and interaction with other nutrients. In book: Boron in Plants and Agriculture. 2022. Pp. 249–270. DOI: 10.1016/B978-0-323-90857-3.00011-4.
14. Pawlowski M., Helfenstein J., Frossard E., Hartman G. L. Boron and zinc deficiencies and toxicities and their interactions with other nutrients in soybean roots, leaves, and seeds // Journal of Plant Nutrition. 2019. No. 42 (6), Pp. 634–649. DOI: 10.1080/01904167.2019.1567782.
15. Raj A. B., Raj S. K. Zinc and boron nutrition in pulses: A review How to Cite // Journal of Applied and Natural Science. 2019. No. 11. Pp. 673–679. DOI: 10.31018/jans.v11i3.2157.
16. Semina S. A., Zheryakov E. V., Zheryakova Yu. I. Dinamika soderzhaniya makroelementov v rasteniyakh sakharnoy svekly pri primenenii mikroudobreniy [Dynamics of macronutrient content in sugar beet plants with the use of micronutrients] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 01 (204). Pp. 21–29. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-204-01-21-29. (In Russian.)
17. Pirozhenko V. V., Tsygankov D. N., Miroshnichenko O. N. Monitoring sostoyaniya plodorodiya pakhotnykh pochv Kurskoy oblasti [Monitoring of the state of fertility of arable soils of the Kursk region] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2019. No. 4. Pp. 12–13. (In Russian.)
18. Tishkov N. M., Til'ba V. A., Dryakhlov A. A. Effektivnost' nekornevoy podkormki soi mikroelementami na chernozeme vyshchelochennom Krasnodarskogo kraya pri mnogoletnem uchete dinamiki izmeneniya temperaturnogo rezhima i uslovii uvlazhneniya [The effectiveness of foliar fertilization of soybeans with trace elements on the leached chernozem of the Krasnodar Territory with long-term consideration of the dynamics of changes in temperature conditions and humidification conditions] // Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur. 2017. No. 2. Pp. 37–54. (In Russian.)
19. Sychev V. G. Perspektivy ispol'zovaniya novykh agrokhimikatov v sovremennykh agrotekhnologiyakh [Prospects for the use of new agrochemicals in modern agricultural technologies] // Anapa-2018: materialy dokladov uchastnikov 10-y nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moscow, 2018. Pp. 3–7. (In Russian.)

Author's information:

Zhanna N. Minchenko¹, postgraduate, ORCID 0000-0003-4352-6013, AuthorID 1017751; +7 951 330-41-35, mincheko.knii@mail.ru

¹ Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov, Kursk, Russia