

## Агроэкологическое обоснование применения микроэлементных удобрений при возделывании яровой пшеницы

© 2020. В. И. Лазарев, д. с.-х. н., профессор, зам. директора, Ж. Н. Минченко, м. н. с., А. Я. Башкатов, с. н. с., Курский федеральный аграрный научный центр, 305021, Россия, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70б, e-mail: vla190353@yandex.ru

В результате проведённых в 2017–2019 гг. исследований установлена высокая эффективность и экологическая целесообразность применения комплексных удобрений с микроэлементами Аквадон–Микро, МикроФид Комплекс и Новоферт на посевах яровой мягкой пшеницы на чернозёмных почвах Курской области. Обработка семян комплексными удобрениями с микроэлементами в сочетании с двукратным опрыскиванием посевов в фазе «кущение» и фазе «начало выхода в трубку» повышала урожайность яровой пшеницы на 0,57–0,75 т/га, или 14,7–19,4%, содержание сырой клейковины в зерне – на 1,8–2,0%, в сравнении с контролем. Лучшие экономические показатели при возделывании яровой пшеницы обеспечивало применение комплексного удобрения с микроэлементами Аквадон–Микро. Обработка семян (2,0 л/т) и двукратная обработка посевов в фазе кущения (2,0 л/га) и фазе начала выхода в трубку (2,0 л/га) увеличивала стоимость валовой продукции на 7500 руб./га, величину условно чистого дохода на 6170,0 руб./га, уровень рентабельности – на 22,2%, способствовала снижению себестоимости 1 т зерна на 626,86 руб. Экономическая эффективность комплексных удобрений с микроэлементами Новоферт и МикроФид Комплекс при аналогичных способах внесения была практически равной и несколько ниже эффективности микроэлементного удобрения Аквадон–Микро: стоимость валовой продукции от их использования повышалась на 5700–5800 руб./га, величина условно чистого дохода – на 4942–4770 руб./га, уровень рентабельности – на 18,9–17,9%, при снижении себестоимости 1 т зерна на 541,62–513,93 руб.

**Ключевые слова:** микроэлементные удобрения, МикроФид Комплекс, Аквадон–Микро, Новоферт, яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.), урожайность, содержание клейковины, экономическая эффективность.

## Agroecological justification for the use of complex micronutrient-enriched fertilizers in the cultivation of spring soft wheat

© 2020. V. I. Lazarev ORCID: 0000-0002-2931-8560  
J. N. Minchenko ORCID: 0000-0003-4352-6013  
A. Ya. Bashkatov ORCID: 0000-0002-9340-0622  
Kursk Federal Agrarian Scientific Center,  
70, Karla Marksa St., Kursk, Russia, 305021,  
e-mail: vla190353@yandex.ru

According to the studies conducted in 2017–2019, the use of complex micronutrient-enriched fertilizers such as Aquadon–Micro, MicroFeed Complex and Novofert on spring soft wheat crops on chernozem soils of the Kursk region has been proved to be highly effective and environmentally desirable. Seed treatment with complex micronutrient-enriched fertilizers in combination with two-time spraying of crops during the “Tillering” phase and the “Beginning of Erect Growth” phase has increased the yield of spring wheat by 0.57–0.75 ton/ha, or 14.7–19.4%, and the content of crude gluten in the grain by 1.8–2.0% compared with the control. The highest increase of economical indexes in cultivation of spring wheat has been achieved through the effective use of complex fertilizer Aquadon–Micro. Seed treatment (2.0 L/ton) and two–time spraying of crops during the “Tillering” phase (2.0 L/ha) and the “Beginning of Erect Growth” phase (2.0 L/ha) has increased the cost of gross output by 7500 rub/ha, the net income by 6170.0 rub/ha and the profitability by 22.2%. It has also helped to reduce the cost price of 1 ton of grain by 626.86 rub. The economic efficiency of complex fertilizers Novofert and MicroFeed Complex applied in the same way has been proved to be slightly lower than the effectiveness of the Aquadon–Micro fertilizer: the cost of gross output has enhanced by 5700–5800 rub/ha, the net income by 4942–4770 rub/ha, the profitability by 18.9–17.9%. The cost price reduction of 1 ton of grain was 541.62–513.93 rubles.

**Keywords:** micronutrient-enriched fertilizers, MicroFeed Complex, Aquadon–Micro, Novofert, spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.), crop yield, crop capacity, gluten content, economic efficiency.

Одним из основных направлений современного аграрного производства является переход на экологически безопасные и экономически обоснованные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, позволяющие повысить урожайность и качество продукции и одновременно снизить загрязнение окружающей среды [1–3]. Это требует значительных изменений применяемых технологий в сторону биологизации (экологизации) и ресурсосбережения, с использованием биологических средств защиты растений, регуляторов роста и комплексных удобрений с микроэлементами в хелатной форме [4–6]. Важную роль в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, наряду с макроудобрениями (азотными, фосфорными, калийными), играют микроэлементные удобрения (борные, молибденовые, медные, цинковые и др.) [7–9]. Микроэлементы изменяют биохимическую направленность обмена веществ в растениях, связанную с активностью ферментов, повышают устойчивость к болезням, увеличивают урожайность и улучшают качество продукции [10–12].

Исследованиями целого ряда авторов [13, 14] установлено, что дефицит микроэлементов в почве препятствует получению максимального эффекта от применения основных минеральных удобрений, приводит к нарушению важнейших биологических процессов в организме растения.

Анализ содержания основных микроэлементов в почвах Курской области показал, что они имеют низкую обеспеченность подвижными формами бора, меди, цинка, марганца. Наименее обеспечены подвижными микроэлементами серые лесные почвы всех подтипов, имеющие лёгкий гранулометрический состав и низкое содержание гумуса. По данным агрохимического обследования пахотные почвы хозяйств 1-го агропочвенного района Курской области с низким содержанием подвижных форм бора составляют 38%, меди – 58%, марганца – 87% и цинка – 97% от обследованной пашни [15]. Общей закономерностью в распределении микроэлементов в почвенном покрове области является повышение их содержания от почв северо-западных районов к почвам юго-восточных районов.

В настоящее время различными фирмами выпускается целый ряд таких удобрений (Аквадон–Микро, Новоферт, МикроФид и др.), в состав которых, помимо основных макроэлементов, входят микроэлементы в легкоусвояемой (хелатной) форме. Однако

данных по эффективности их применения в конкретных почвенно-климатических условиях и влиянию на экологическое состояние окружающей среды явно недостаточно.

В связи с этим, основная цель настоящего исследования заключалась в научном обосновании и экспериментальном подтверждении целесообразности использования комплексных удобрений с микроэлементами для оптимизации продукционного процесса агрофитоценозов яровой мягкой пшеницы, определении их влияния на рост и развитие растений, урожайность и качество зерна в условиях чернозёмных почв Курской области.

### Объекты и методы

Исследования проводились в стационарном опыте лаборатории технологии возделывания полевых культур и экологической оценки земель ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в 2017–2019 гг.

Материалом для исследований служили комплексные удобрения с микроэлементами МикроФид Комплекс, Аквадон–Микро, Новоферт, которые применяли путём обработки семян и посевов мягкой яровой пшеницы сорта Дарья.

МикроФид-Комплекс – это универсальное комплексное жидкое микроудобрение с высоким содержанием глицерина, кремния и микроэлементов (**Mg, B, Cu, Mn, Zn**) в доступной хелатной форме. Препарат восполняет недостающие в почве и растениях элементы минерального питания. Рекомендуется для листовых подкормок в течение всего вегетационного периода, а также для предпосевной обработки семян. За счёт высокого содержания глицерина препарат обладает стимулирующим и защитным эффектом. Производитель – ООО Агрипрофи.

Аквадон–Микро представляет собой водно-полимерный высокомолекулярный комплекс, содержащий микроэлементы – железо, молибден, бор, кобальт, медь, цинк и марганец в хелатной форме. Аквадон–Микро содержит азотфиксирующий и фотосинтезирующий комплекс:  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mo^{+6}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $B^{+3}$ , а также репродуктивно-защитный элемент –  $S^{+6}$ . Удобрение имеет высокий уровень экологической безопасности. Разработчик и производитель ООО «Оргполимерсинтез СПб» (г. Санкт Петербург).

Новоферт – водорастворимое комплексное (азотно-фосфорно-калийное) физиологически сбалансированное удобрение, содержащее

мезо- (магний, кальций, сера) и микроэлементы (медь, железо, цинк, марганец) в хелатной форме (хелатирующий агент ЭДТА), а также бор, молибден в минеральной форме. Новоферт является индуктором иммунитета растений, обладает адаптогенными свойствами, способствует антистрессовой устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды (засуха, заморозки и т. д.), характеризуется высокой химической чистотой и растворимостью, повышает урожайность и качество продукции. Производитель – ООО «Новоферт».

Почва опытного участка представлена чернозёмом типичным мощным тяжелосуглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое – 6,1%, подвижного фосфора (по Чирикову) – 15,6 мг/100 г почвы, обменного калия (по Масловой) – 11,3 мг/100 г почвы. Реакция почвенной среды нейтральная (рН 6,5 ед.). По содержанию подвижных форм бора (0,34 мг/кг), меди (0,30 мг/кг), цинка (0,32 мг/кг), магния (4,50 мг-экв./100 г) почва опытного участка относится к среднеобеспеченной.

Метеорологические условия в годы проведения эксперимента были типичными для Курской области. Периоды вегетации яровой пшеницы 2017 и 2018 гг. выдались прохладными и влажными: среднесуточная температура апреля–июля на 0,3–0,2 °С ниже средней многолетней, при сумме осадков 110,7–126,5% от нормы. Среднесуточная температура апреля–июля 2019 г. была на 1,8 °С выше средней многолетней (14,2 °С), а сумма осадков составила 197,5 мм, или 91,9% от нормы (215 мм).

Полевые работы на опытном участке проводили в лучшие агротехнические сроки, технология возделывания яровой пшеницы – общепринятая в Курской области. Схема опыта включала в себя следующие варианты: 1) Контроль (без обработок); 2) МикроФид Комплекс, обработка семян (1,5 л/т) + опрыскивание посевов в фазах кущения и начало выхода в трубку (по 1,5 л/га); 3) Аквадон–Микро, обработка семян (2 л/т) + опрыскивание посевов в фазах кущения и начало выхода в трубку (по 2 л/га); 4) Новоферт, обработка семян (100 г/т) + опрыскивание посевов в фазах кущения и начало выхода в трубку (по 3,0 кг/га).

Уборку проводили самоходным комбайном «Сампо–500» прямым комбайнированием. В образцах зерна определяли содержание сырой клейковины (ГОСТ 54478-2011), массу зерна (ГОСТ 10840-2017), массу 1000 зёрен (ГОСТ 10842-89). Обработку экспериментальных данных осуществляли методом

дисперсионного анализа с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel.

## Результаты и обсуждение

Проведённые исследования свидетельствуют о том, что использование комплексных минеральных удобрений с микроэлементами для обработки семян яровой пшеницы способствовало активизации биохимических процессов в зерне при прорастании, увеличивало полевую всхожесть семян. Подсчёт растений яровой пшеницы после появления всходов показал, что в вариантах с обработкой семян микроэlementными удобрениями МикроФид Комплекс, Аквадон–Микро и Новоферт количество взошедших растений яровой пшеницы на 1 м<sup>2</sup> в сравнении с контрольным вариантом повышалось на 18, 16 и 14 шт. при наименьшей существенной разности НСР<sub>05</sub>, равной 3,9 шт., а полевая всхожесть семян соответственно на 3,6; 3,2; 2,8% при НСР<sub>05</sub>, равной 1,4%.

Комплексные минеральные удобрения с микроэлементами обеспечивали лучшую структуру урожая яровой пшеницы. Так, при обработке семян и двукратной обработке посевов препаратами Новоферт и МикроФид Комплекс количество продуктивных стеблей возрастало до 518–520 шт./м<sup>2</sup>, озернёность колоса – до 29,1–29,2 шт., масса 1000 зёрен – до 31,3–31,6 г., натура зерна – до 765–768 г/л, при величине этих показателей в контрольном варианте – 495 шт./м<sup>2</sup>, 25,9 шт., 28,9 г и 761 г/л соответственно.

Влияние комплексного минерального удобрения с микроэлементами Аквадон–Микро при аналогичных способах применения на элементы структуры урожая яровой мягкой пшеницы было более значительным: количество продуктивных стеблей возрастало до 528 шт./м<sup>2</sup>, озернёность колоса – до 29,5 шт., масса 1000 зёрен – до 31,7 г., натура зерна – до 770 г/л (табл. 1).

Более высокие показатели структуры урожая в вариантах с использованием комплексных минеральных удобрений с микроэлементами обеспечили получение более высокой урожайности яровой пшеницы и качества зерна (табл. 2).

В среднем за годы исследований эффективность обработки семян и двукратной обработки посевов яровой пшеницы в фазе кущения и фазе выхода в трубку комплексными удобрениями с микроэлементами МикроФид Комплекс и Новоферт была примерно равной, прибавки урожая в сравнении с контролем составили 0,58–0,57 т/га, соответственно.

Таблица 1 / Table 1

Влияние комплексных минеральных удобрений с микроэлементами на элементы структуры урожая яровой пшеницы (2017–2019 гг.) / The effect of complex mineral fertilizers with microelements on the elements of the structure of the spring wheat crop (2017–2019)

Вариант Variant	Количество, продуктивных стеблей на 1 м <sup>2</sup> The number of ears per 1 m <sup>2</sup>	Количество зёрен в колосе, шт. Number of grains per ear, pcs.	Масса 1000 зёрен, г Mass of 1000 grains, g	Натура зерна, г/л Grain unit, g/L
1. Без обработки (контроль) Without fertilizer application (control sample)	495	25,9	28,9	761
2. МикроФид Комплекс (1,5 л/т) + МикроФид Комплекс (1,5 л/га) + МикроФид Комплекс (1,5 л/га) MicroFeed Complex (1.5 L/ton) + MicroFeed Complex (1.5 L/ha) + MicroFeed Complex (1.5 L/ha)	520	29,2	31,6	768
3. Аквадон–Микро (2 л/т) + Аквадон–Микро (2 л/га) + Аквадон–Микро (2 л/га) Aquadon Micro (2 L/ton) + Aquadon Micro (2 L/ha) + Aquadon Micro (2 L/ha)	528	29,5	31,7	770
4. Новоферт (100 г/т) + Новоферт (3 кг/га) + Новоферт (3 кг/га) Novofert (100 g/ton) + Novofert (3 kg/ha) + Novofert (3 kg/ha)	518	29,1	31,3	765
НСР <sub>05</sub>	10 шт. pcs.	1,5 шт. pcs.	0,9 г g	4,0 г/л g/L

Таблица 2 / Table 2

Влияние комплексных минеральных удобрений с микроэлементами на урожайность и качество зерна яровой пшеницы (2017–2019 гг.) / The effect of complex micronutrient-enriched fertilizers on the yield and grain quality of spring wheat (2017–2019)

Варианты Variant	Урожайность / Yield		Содержание клейковины, % Gluten content, %	Прибавка, % Increase, %
	т/га ton/ha	прибавка, т/га increase, ton/ha		
1. Без обработки (контроль) / Without fertilizer application (control sample)	3,87	–	20,9	–
2. МикроФид Комплекс (1,5 л/т) + МикроФид Комплекс (1,5 л/га) + МикроФид Комплекс (1,5 л/га) MicroFeed Complex (1.5 L/ton) + MicroFeed Complex (1.5 L/ha) + MicroFeed Complex (1.5 L/ha)	4,45	0,58	22,9	2,0
3. Аквадон–Микро (2 л/т) + Аквадон–Микро (2 л/га) + Аквадон–Микро (2 л/га) Aquadon Micro (2 L/ton) + Aquadon Micro (2 L/ha) + Aquadon Micro (2 L/ha)	4,62	0,75	22,7	1,8
4. Новоферт (100 г/т) + Новоферт (3 кг/га) + Новоферт (3 кг/га) Novofert (100 g/ton) + Novofert (3 kg/ha) + Novofert (3 kg/ha)	4,44	0,57	22,8	1,9
НСР <sub>05</sub>	0,22 т/га / ton/ha		0,6%	

Эффективность препарата Аквадон–Микро при аналогичных способах применения была несколько выше – 0,75 т/га при урожайности в контрольном варианте, равной 3,87 т/га.

Обработка семян комплексными удобрениями с микроэлементами в сочетании с двукратной обработкой посевов в фазе кущения и фазе выхода в трубку оказывала существенное влияние на содержание сырой клейковины в зерне яровой пшеницы. В вариантах с использованием препарата МикроФид Комплекс содержание сырой клейковины повышалось на 2,0%, Аквадон–Микро и Новоферт – на 1,8 и 1,9% соответственно.

Использование комплексных удобрений с микроэлементами на посевах яровой пшеницы повышало её урожайность и качество зерна, увеличивало стоимость валовой продукции и, учитывая невысокую стоимость самих удобрений и малые дозы их внесения, было экономически выгодно. Установлено, что лучшие экономические показатели при возделывании яровой пшеницы обеспечивало применение комплексного удобрения с микроэлементами Аквадон–Микро. Обработка семян (2,0 л/т) и двукратная обработка посевов в фазе куще-

ния (2,0 л/га) и фазе начало выхода в трубку (2,0 л/га) повышала урожайность яровой пшеницы на 0,75 т/га, увеличивала стоимость валовой продукции на 7500 руб./га, величину условно чистого дохода на 6170,0 руб./га, уровень рентабельности – на 22,2%, способствовала снижению себестоимости 1 т зерна на 626,86 руб. Экономическая эффективность комплексных удобрений с микроэлементами Новоферт и МикроФид Комплекс при аналогичных способах внесения была практически равной и несколько ниже эффективности микроэлементного удобрения Аквадон–Микро. Так, обработка семян и двукратная обработка посевов в фазе кущения и фазе начало выхода в трубку этими удобрениями повышала стоимость валовой продукции на 5700–5800 руб./га, величину условно чистого дохода на 4942–4770 руб./га, уровень рентабельности – на 18,9–17,9%, снижала себестоимость 1 т зерна на 541,62–513,93 руб. (табл. 3).

### Заключение

Таким образом, результаты проведённых испытаний свидетельствуют о высокой эффек-

Таблица 3 / Table 3

Экономическая эффективность использования комплексных удобрений с микроэлементами на посевах яровой пшеницы (2017–2019 гг.) / Economic efficiency of complex micronutrient-enriched fertilizers in spring wheat crops (2017–2019)

Вариант Variant	Урожайность, т/га Yield, ton/ha	Стоимость продукции, руб. The cost of products, rub.	Производственные затраты, руб. Production expenses, rub.	Себестоимость, руб./т Cost price, rub/ton	Чистый доход, руб./га Net income, rub/ha	Уровень рентабельности, % Profitability, %
1. Без обработки (контроль) / Without fertilizer application (control sample)	3,87	38700	21806,69	5634,80	16893,31	77,4
2. МикроФид Комплекс (1,5 л/т) + МикроФид Комплекс (1,5 л/га) + МикроФид Комплекс (1,5 л/га) MicroFeedComplex (1.5 L/ton) + MicroFeedComplex (1.5 L/ha) + MicroFeedComplex (1.5 L/ha)	4,45	44500	22664,69	5093,18	21835,31	96,3
3. Аквадон–Микро (2 л/т) + Аквадон–Микро (2 л/га) + Аквадон–Микро (2 л/га) Aquadon Micro (2 L/ton) + Aquadon Micro (2 L/ha) + Aquadon Micro (2 L/ha)	4,62	46200	23136,69	5007,94	23063,31	99,6
4. Новоферт (100 г/т) + Новоферт (3 кг/га) + Новоферт (3 кг/га) Novofert (100 g/ton) + Novofert (3 kg/ha) + Novofert (3 kg/ha)	4,44	44400	22736,69	5120,87	21663,31	95,3

тивности и экологической целесообразности применения комплексных удобрений с микроэлементами на посевах яровой пшеницы в условиях чернозёмных почв Курской области, вследствие высокой физиологической сбалансированности в них элементов минерального питания, лучшей их усвояемости и невысоких доз внесения. Использование микроэlementных удобрений Аквадон–Микро, МикроФид Комплекс и Новоферт при обработке семян и посевов в фазах «кущение» и «начало выхода в трубку» повышало урожайность яровой пшеницы на 0,57–0,75 т/га, или 14,7–19,4%, содержание сырой клейковины в зерне – на 1,8–2,0%. Лучшие экономические показатели при возделывании яровой пшеницы обеспечивало применение комплексного удобрения с микроэлементами Аквадон–Микро.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» по теме № 0632-2019-0010.*

### Литература

1. Кирюшин В.И., Кирюшин С.В. Агротехнологии. С-Пб.: Лань, 2015. 463 с.
2. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Яковлева Т.А. Цинк в агроэкосистемах России: мониторинг и эффективность применения. М.: ВНИИА, 2015. 203 с.
3. Kabata A. Trace elements in soils and plants. 4th ed. London–N.Y.: CRC Press Taylor and Francis Group Boca Raton, 2011. 534 p.
4. Maze P. Determination des elements mineraux rares necessaries a development du mais // Comptes Rendus de l'Academie des Science. 1915. V. 160. P. 211–214.
5. Arshad Ullah M., Sarfraz M., Sadiq M., Mehdi S.M., Hassan G. Effects of pre-sowing seed treatments with micronutrients on growth parameters of Raya // Asian Journal of Plant Sciences. 2012. No. 1 (1). P. 22–23.
6. Бэлл Р.В., Дэлл Б. Роль микроэлементов в устойчивом производстве продовольствия, кормов, волокна и биоэнергии. М.: Международный институт питания растений, 2017. 244 с.
7. Матяш И.С., Рыбина В.Н. Влияние гуминовых и микроудобрений на урожайность зерна ярового ячменя // Материалы XXII международной научно-производственной конференции «Органическое сельское хозяйство проблемы и перспективы» в 2 томах. Майский: Изд-во ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. Т. 1. С. 133.
8. Feng J., Guihua B., Dadong Z., Yanhong D., Lingjian M., Bockus W., Dowell F. Fusarium-damaged kernels and deoxynivalenol in Fusarium-infected U.S. winter wheat // Phytopathology. 2014. V. 104. P. 472–478.

9. Papouskova J., Capouchova I., Kostelanska M., Škeřiková A., Prokinová E., Hajšlová J. Changes in baking quality of winter wheat with different intensity of *Fusarium* spp. contamination detected by means of new rheological system Mixolab // Czech Journal of Food Sciences. 2011. V. 29. No. 4. P. 420–429.

10. Franzen D.W., McMullen M.V., Mosset D.S. Spring wheat and durum yield and disease responses to copper fertilization of mineral soils // Agronomy journal. 2008. V. 100. No. 2. P. 371–375.

11. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Кизинек С.В. Агрохимические основы применения удобрений. Майкоп: Полиграф-Юг, 2013. 572 с.

12. Митрохина О.А., Проценко Е.П. Влияние способа применения микроэлементов на их вынос и урожайность озимой пшеницы // Земледелие. 2013. № 5. С. 15–16.

13. Isaychev V.A., Andreev N.N., Polovinkin V.G., Antonova S.V. The formation of crop yield grain quality in winter wheat in depends on application of mineral fertilizers and growth regulators // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. V. 8. No. 2. P. 1974–1983.

14. Ксенз А.Я., Камбулов С.И., Дёмина Е.Б. Влияние микроэlementных удобрений на продуктивность озимой пшеницы // Вестник аграрной науки Дона. 2016. № 4. С. 69–77.

15. Лазарев В.И., Минченко Ж.Н. Эффективность микроэlementных удобрений марки МикроФид при обработке семян и посевов яровой пшеницы в условиях чернозёмных почв Курской области // Земледелие. 2020. № 3. С. 20–23.

### References

1. Kiryushin V.I., Kiryushin S.V. Agrotechnology. Sankt-Peterburg: Lan, 2015. 446 p. (in Russian).
2. Sychev V.G., Aristarkhov A.N., Yakovleva T.A. Zinc in Russian agroecosystems: monitoring and application efficiency. Moskva: VNIIA, 2015. 203 p. (in Russian).
3. Kabata A. Trace elements in soils and plants. 4th ed. London–N.Y.: CRC Press Taylor and Francis Group Boca Raton, 2011. 534 p. doi: 10.1017/S0014479711000743
4. Maze P. Determination des elements mineraux rares necessaries a development du mais // Comptes Rendus de l'Academie des Science. 1915. V. 160. P. 211–214.
5. Arshad Ullah M., Sarfraz M., Sadiq M., Mehdi S.M., Hassan G. Effects of pre-sowing seed treatments with micronutrients on growth parameters of Raya // Asian Journal of Plant Sciences. 2012. No. 1 (1). P. 22–23. doi: 10.3923/ajps.2002.22.23
6. Bell R.V., Dell B. The role of trace elements in the sustainable production of food, feed, fiber and bioenergy. Moskva: Mezhdunarodnyy institute pitaniyarasteniy, 2017. 244 p. (in Russian).
7. Matyash I.S., Rybina V.N. Effect of humic and micronutrient fertilizers on spring barley grain productivity //

Materials of the XXII International Scientific-Industrial Conference “Organic Agriculture Problems and Prospects” in 2 volumes. Maisky: Izdatelstvo FGBOUVO Belgorodskiy GAU, 2018. V. 1. P. 133 (in Russian).

8. Feng J., Guihua B., Dadong Z., Yanhong D., Lingjian M., Bockus W., Dowell F. Fusarium-damaged kernels and deoxynivalenol in Fusarium-Infected U.S. winter wheat // *Phytopathology*. 2014. V. 104. P. 472–478. doi: 10.1094/PHTO-07-13-0187-R

9. Papouškova J., Capouchova I., Kostelanska M., Škeříková A., Prokinová E., Hajšlová J. Changes in baking quality of winter wheat with different intensity of *Fusarium* spp. contamination detected by means of new rheological system Mixolab // *Czech Journal of Food Sciences*. 2011. V. 29. No. 4. P. 420–429. doi: 10.17221/426/2010-CJFS

10. Franzen D.W., McMullen M.V., Mosset D.S. Spring wheat and durum yield and disease responses to copper fertilization of mineral soils // *Agronomy journal*. 2008. V. 100. No. 2. P. 371–375. doi: 10.2134/agrojn12007.0200

11. Sheujen A.Kh., Bondareva T.N., Kizinek S.V. Agrochemical basis for the use of fertilizers. Maykop: Poligraf-Yug, 2013. 572 p. (in Russian).

12. Mitrokhina O.A., Protsenko E.P. Influence of the method of using micro-elements on their removal and yield of winter wheat // *Zemledelie*. 2013. No. 5. P. 15–16 (in Russian).

13. Isaychev V.A., Andreev N.N., Polovinkin V.G., Antonova S.V. The formation of crop yield grain quality in winter wheat in depends to application of mineral fertilizers and growth regulators // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2017. V. 8. No. 2. P. 1974–1983. doi: 10.18286/1816-45-2017-4-9-13

14. Ksenz A.Ya., Kambulov S.I., Dyomina E.B. The effect of micronutrient fertilizers on the productivity of winter wheat // *Vestnik agrarnoy nauki Dona*. 2016. No. 4. P. 69–77 (in Russian).

15. Lazarev V.I., Minchenko Zh.N. The effectiveness of micronutrient fertilizers brand MicroFid in the processing of seeds and crops of spring wheat in the conditions of chernozem soils of the Kursk region // *Zemledelie*. 2020. No. 3. P. 20–23 (in Russian). doi: 10.24411/0044-3913-2020-10205