

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ СОРТОВ ЗЕРНОВОГО СОРГО

Д. А. Степанченко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела семеноводства, 0709-Den@mail.ru, ORCID 0000-0002-8263-188X;

Е. В. Васильева, доктор экономических наук, профессор главный научный сотрудник службы научных исследований и производственного процесса, vasilievaev2574@yandex.ru, ORCID 0000-0003-0455-6164;

В. И. Старчак, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства, председатель совета молодых учёных, viktorija_starchak@rambler.ru, ORCID 0000-0001-7312-4547;

И. Г. Ефремова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства, efremova-irina1946irina@yandex.ru, ORCID 0000-0002-7188-9332;

В. В. Светлов кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела биохимии и биотехнологии, svsvetlov1992@mail.ru, ORCID 0000-0003-0270-1970.

ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы,

410050, г. Саратов, ул. 1-й Институтский проезд, д. 4, rossorgo@yandex.ru.

В статье отражены трехлетние данные, по применению хелатных микроудобрений «нового поколения» в посевах зернового сорго возделываемого в засушливых условиях Саратовского Правобережья. Основной целью научных исследований являлось: установить действие хелатных микроудобрений на структуру урожая сортов зернового сорго и определить экономический и производственный эффект от их применения. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: 1) выявить влияние микроудобрений на показатель масса семян с одного соцветия; 2) оценить действие препаратов Reasil Micro Amino Zn и Reasil Forte Carb Ca/Mg/B-Amino на признак число семян с одного соцветия; 3) изучить действие вышеуказанных препаратов на показатель масса 1000 семян; 4) определить экономический эффект от применения микроудобрений в хелатной форме.

Настоящими исследованиями установлено достоверное влияние хелатных микроудобрений на анализируемые показатели структуры урожая. Обнаружено существенное влияние препарата Reasil Micro Amino Zn в литровой дозе на сортах Ассистент, РСК Локус и Кулон на показатель масса семян с одного растения, которая на опытных вариантах оказалось выше контрольного на 27,3%; 56,9% и 21,4% соответственно. На вариантах, где использовали Reasil Forte Carb Ca/Mg/B-Amino, самыми отзывчивыми оказались сорта РСК Локус и Кулон, именно на этих сортах все три дозы показали достоверные различия по анализируемому признаку, и превысили контроль от 26,9 до 38,9 %. Обнаружено действие данных препаратов на признак – число семян с одного соцветия. Самым отзывчивым на применяемые удобрения оказался сорт Гарант, именно на этом сорте оба препарата и все изучаемые дозы оказались наиболее эффективными. Разница с контрольным вариантом варьировала от 46,9 до 63,7% и от 21,1 до 88,2% соответственно. Установлено достоверное влияние микроудобрений в хелатной форме на увеличение массы 1000 семян. Самым эффективным оказалось применение всех изучаемых доз обоих препаратов на сортах Бакалавр и Принц, на которых отмечены существенные различия по сравнению с контрольным вариантом, которая варьировала от 4,5 до 17,2 %, Увеличение рентабельности, в среднем на 40-50% при применении удобрений (во всех исследуемых дозировках) наблюдалось у сортов зернового сорго Бакалавр, Ассистент, Локус, Кулон, Принц.

Ключевые слова: сорт, зерновое сорго, хелатные микроудобрения, масса 1000 семян, число семян с одного соцветия, масса семян с одного соцветия, экономическая оценка, эффективность.

Для цитирования: Степанченко Д. А., Васильева Е. В., Ефремова И. Г., Старчак В. И., Светлов В. В. Эффективность применения хелатных микроудобрений в посевах зернового сорго при применении хелатных микроудобрений и их воздействие на структуру урожая // Зерновое хозяйство России 2026. Т.18, № С.87-96. DOI: 10.31367/2079-8725-2026-102-1-87-96



THE EFFICIENCY OF CHELATED MICRONUTRIENT FERTILIZERS AND THEIR IMPACT ON THE YIELD STRUCTURE OF GRAIN SORGHUM VARIETIES

D.A. Stepanchenko, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department of seed production, 0709-Den@mail.ru, ORCID 0000-0002-8263-188X;

E.V. Vasilieva, Doctor of Economic Sciences, professor, main researcher of the scientific research and production process service, vasilievaev2574@yandex.ru, ORCID 0000-0003-0455-6164;

V.I. Starchak, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department of breeding and primary seed production, chairman of the of the Council of young scientists, viktorija_starchak@rambler.ru, ORCID 0000-0001-7312-4547;

I.G. Efremova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of breeding and primary seed production, efremova-irina1946irina@yandex.ru, ORCID 0000-0002-7188-9332;

V.V. Svetlov, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the department of biochemistry and biotechnologies, svsvetlov1992@mail.ru, ORCID 0000-0003-0270-1970.

FSBSI Russian Research and Project-technological Institute of sorghum and maize "Rossorgo", 410050, Saratov, 1-st Institutsky, 4, e-mail: rossorgo@yandex.ru.

The current paper has presented three-year data on the chelated micronutrient fertilizers of the "new generation" for grain sorghum crops grown in the arid conditions of the Saratov Right Bank. The primary purpose of the current study was to determine the impact of chelated micronutrient fertilizers on the yield structure of grain sorghum varieties and to establish the economic and production benefits of their use. To achieve this goal, there have been set the tasks to identify the effect of micronutrient fertilizers on the indicator of seed weight per panicle, to evaluate the effect of the products Reasil Micro Amino Zn and Reasil Forte Carb Ca/Mg/B-Amino on the trait 'number of seeds per panicle', to study the effect of the above-mentioned products on the trait '1000-seed weight', to determine the economic effect of the use of micronutrient fertilizers in chelated form. The current study has established a significant impact of chelated micronutrient fertilizers on the analyzed yield structure elements. A one-liter dose of the product Reasil Micro Amino Zn on the varieties Asistent, RSK Lokus, and Kulon had a significant impact their trait 'seed weight per plant' exceeding the control by 27.3%, 56.9%, and 21.4%, respectively. When using the product Reasil Forte Carb Ca/Mg/B-Amino, the most responsive varieties were RSK Lokus and Kulon. On these varieties, all three doses showed significant differences in the trait, exceeding the control by 26.9% to 38.9%. These products were found to affect the trait 'seed number per panicle'. The variety Garant was the most responsive to the fertilizers; both products and all doses tested were most effective on this variety. The differences from the control ranged from 46.9 to 63.7% and from 21.1 to 88.2%, respectively. There has been identified a significant effect of chelated micronutrient fertilizers on the increase of '1000-seed weight'. The most effective results were demonstrated by applying all studied doses of both products to the varieties Bakalavr and Prints, which demonstrated significant differences compared to the control, ranging from 4.5 to 17.2%. There has been found a profitability increase by an average of 40-50% when using fertilizers (in all studied dosages) in the grain sorghum varieties Bakalavr, Asistent, Lokus, Kulon, and Prints.

Keywords: *variety, grain sorghum, chelated micronutrient fertilizers, 1000-seed weight, number of seeds per panicle, seed weight per panicle, economic evaluation, efficiency.*

Введение. В современном земледелии особую роль уделяют разработки и внедрению ресурсосберегающих технологий. Такие технологии направлены на снижение себестоимости получаемой продукции и увеличению урожайности и качества семян возделываемых культур (Ефремова, 2020; Корсаков, 2019). Одним из направлений вышеуказанных технологий является применение различных видов химических препаратов способствующих достоверной прибавки урожая сельскохозяйственных, овощных и плодовых культур (Пронько, 2019; Рак, 2015). К данным удобрениям относятся: гуминовые, хелатные микроудобрения, биоудобрения, различные регуляторы и стимуляторы роста и развития растений, а также почвоулучшители. Все эти препараты различаются друг от друга по химическому составу, но объединены низкой стоимостью и высокой эффективностью применения (Корсаков, 2019; Степанченко, 2023). При анализе научной литературы выявлены многочисленные опыты по применению данных удобрений в посевах зерновых, пропашных, масличных, зернобобовых, овощных и плодовых культурах, где они показали существенное влияние на продуктивность. Однако действие хелатных микроудобрений на структуру урожая зернового сорго изучена недостаточно широко. Данное обстоя-

тельство послужило поводом для научных исследований.

Цель исследований: установить действие хелатных микроудобрений на структуру урожая сортов зернового сорго и определить экономический и производственный эффект от их применения.

Задачи исследований:

- выявить влияние микроудобрений на показатель «масса семян с одного соцветия»;
- оценить действие препаратов Reasil Micro Amino Zn и Reasil Forte Carb Ca/Mg/B-Amino на признак число семян с одного соцветия;
- изучить действие вышеуказанных препаратов на показатель «масса 1000 семян»;
- провести экономическую оценку и определить экономический эффект от применения хелатных удобрений.

Материалы и методы исследований. Основными методами проводимых исследований являлись: теоретические (абстрагирование, идеализация, анализ, синтез, индукция, дедукция), эмпирические (наблюдение; визуализация, описание сортообразцов; сравнение; классификация полученных данных) и прикладные (разработка схем применения микроудобре-

ний в хелатной форме при выращивании исследуемых сортов зернового сорго).

Полевые опыты закладывали и проводили в период с 2021 по 2023 гг. на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Объектами исследований являлись восемь новых сортов зернового сорго селекции института – Бакалавр, Ассистент, Магистр, Гарант, РСК Каскад, РСК Локус, Кулон и Принц (Государственный реестр селекционных достижений, 2020). На вышеуказанных сортах применяли в качестве листовых обработок в период вегетации зернового сорго хелатные микроудобрения – Reasil Micro Amino Zn (далее Реасил Zn) и Reasil Forte Carb Ca/Mg/B-Amino (далее Реасил Ca).

Посев зернового сорго проводили во второй декаде мая широкорядным способом (ширина междурядья 70 см) с помощью селекционной сеялки СКС-6-10 на глубину 5-7 см площадь делянки 7,7 м², повторность трехкратная, размещение делянок рендомизированное. Густота стояния 120000 растений/га. Агротехника возделывания – зональная разработанная научными учреждениями Нижнего Поволжья, включающая основные приемы обработки почвы, посева, ухода за растениями и уборки. В период вегетации сорго проведено 3 междурядных обработки (последняя из них была с орудиями агрегатом МТЗ-82 + КПС 4-2. Опрыскивание растений сорго хелатными микроудобрениями проводили в утренние часы и безветренную погоду, когда тургор растений максимально снижен, по фенологическим фазам роста и развития – всходы, кушение и выход в трубку. Норма расхода рабочей жидкости 200 л/га (всходы - кушение) 300 л/га (фаза выхода в трубку).

Схема опыта включала следующие варианты:

Вариант 1 – контроль (без удобрений);

Вариант 2 – однократное внесение Reasil micro Amino Zn по вегетирующим растениям в фазу 3-5 листьев (доза 1,0 л/га);

Вариант 3 – двукратное внесение Reasil micro Amino Zn по вегетирующим растениям: в фазу 3-5 листьев и через 10 дней после первой обработки (доза 1,0+1,0 л/га);

Вариант 4 – трехкратное внесение Reasil micro Amino Zn (доза 1,0 л/га) по вегетирующим растениям: первое – в фазу 3-5 листьев, последующие – с интервалом 10 дней;

Вариант 5 – однократное внесение Reasil Forte Carb Ca/Mg/B Amino по вегетирующим растениям в фазу 3-5 листьев (доза 1,0 л/га);

Вариант 6 – двукратное внесение Reasil Forte Carb Ca/Mg/B Amino по вегетирующим растениям: в фазу 3-5 листьев и через 10 дней после первой обработки (доза 1,0+1,0 л/га);

Вариант 7 – трехкратное внесение Reasil Forte Carb Ca/Mg/B Amino (доза 1,0 л/га) по вегетирующим растениям: первое – в фазу 3-5 листьев, последующие – с интервалом 10 дней.

Измерение проводили согласно принятым методикам. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы AGROS версии 2.09 методом

двухфакторного дисперсионного анализа (фактор А – сорт, фактор В – варианты применения удобрений) (Доспехов, 2011).

Систематизация показателей производственной и экономической эффективности производилась с использованием методов экономического анализа (Басовский, 2023; Савицкая, 2024).

Характеристика погодных условий в годы проведения исследований

Климат Саратовской области резко континентальный. Для данной климатической зоны характерно частое проявление почвенных и воздушных засух. Температурный режим и условия влагообеспеченности неоднородны. Среднегодовая сумма осадков варьирует в пределах 250 – 450 мм. Ресурсы тепла за период вегетации сорговых культур составляет 2400-3100°С. Среднегодовая температура воздуха +4,8°С. Абсолютный минимум температур наблюдается в январе и составляет -40°С, абсолютный максимум – +42°С в июле-августе. Наибольшие среднесуточные температуры воздуха (21,0-21,7°С) и количество выпавших осадков (51 мм) наблюдаются в июле.

Метеорологические условия 2021 года значительно отличались от среднемноголетних показателей. В июне и сентябре выпало осадков больше на 30 мм и 41,32 мм, соответственно, тогда как в августе осадки практически отсутствовали – 3,3 мм. На этот период у большинства образцов сорговых культур пришлось цветение. Кроме того, август месяц проходил в условиях повышенных температур воздуха: на 2,6-6,8°С. Сентябрь оказался более приближенным по среднедекадным температурам воздуха к среднемноголетним.

Метеорологические условия 2022 года отличались от среднемноголетних показателей. Так, среднемесячная температура воздуха мая оказались ниже среднемноголетнего показателя на 3,4°С. Ухудшение погодных условий в период посева отразилось на прорастании семян сорговых культур. В результате период посев-всходы оказался очень продолжительным (20-23 дня). Средние показатели температуры воздуха июня и июля остались на уровне среднемноголетних и только в августе были выше на 4,1°С. Также июль характеризовался обильным выпадением осадков (73,5 мм), тогда как среднемноголетнее количество – 51,0 мм. Незначительное выпадение осадков отмечено в августе – 12,6 мм.

Отличительной особенностью вегетационного сезона 2023 г. для сорго являлось следующее: период посева (вторая декада мая) проходил в условиях оптимального для данной зоны температурного режима и выпадением осадков выше среднемноголетних показателей на 13,3 мм; период кушения – начало трубкования растений (третья декада июня) характеризовался обильными осадками – 45,8 мм в сочетании со снижением среднедекадной температуры воздуха на 3,0°С; вегетация растений сорго в июле происходила в условиях повышения температуры воздуха в первой и третьей декадах на 1,1-3,2°С; средние показатели температуры воздуха августа (когда у сорго отмечается прохождение фаз выметывание и цветение) оказа-

лись выше среднемноголетних на 3,9-5,4°C с недостаточным выпадением осадков – всего 25,6 мм против 44,0 мм по среднемноголетним показателям. Кроме того, относительно «теплая» погода в сентябре способствовала ускоренному наливу семян у более поздних образцов, что позволило растениям достичь восковой спелости.

Гидротермические коэффициенты оказались различными в годы исследований и составили в 2021 г. – 0,62; в 2022 г. – 0,75; в 2023 г. – 0,69.

Результаты и их обсуждение. Полевые исследования показали, что опрыскивание по вегетирующим растениям зернового сорго хелатными микроудобрениями оказало не однозначное влияние на показатель – масса семян с одного соцветия.

Обработка зернового сорго сорта Гарант цинковым препаратом по вегетативным органам оказалась эффективной во всех изучаемых дозах. Масса семян с одного соцветия варьировала от 28,2-29,6 г, чем превышала контрольный вариант на 14,6-20,3%. На сортах РСК Каскад, РСК Локус, Кулон и Принц эффективной оказалась двойная доза препарата Реасил Zn. Масса семян с одного соцветия изменялась в пределах от 17,2 до 24,4 г и превышала контроль от 9 до 35,2 %. Литровая доза хелатного удобрения Реасил Zn

оказала достоверное влияние на сорта Ассистент (28,0 г), РСК Локус (22,6г) и Кулон (17,6 г). Масса семян с одного соцветия на опытных вариантах оказалось выше контрольного на 27,3%; 56,9% и 21,4% соответственно. Тройная доза вышеуказанного препарата оказалась значимой на сорте РСК Каскад -26,4 г, контрольный вариант был ниже на 18,9%. Применение Реасил Са было наиболее эффективным на сортах РСК Локус и Кулон, именно на этих сортах все три дозы показали достоверные различия, наименьшая существенная разница составила по фактору (A)= 2,02; по фактору (B)= 1,90, по фактору (AB) = 5,34 (Рис. 1).

На сорте РСК Локус масса семян с одного растения варьировала от 17,5 до 20,0 г, а на Кулоне от 17,1 до 18,4 г. Разница с контролем варьировала от 21,5 до 38,9% и от 17,9 до 26,9% соответственно. Двойная доза препарата Реасил Са оказалась выгодной на сортах Бакалавр, РСК Каскад и Принц. Масса семян с одного соцветия изменялась от 20,7 до 28,0 г и была выше контроля на 21,1-26,1% соответственно. Литровая доза удобрения Реасил Са проявила себя на сортах Бакалавр и Гарант. Масса семян с одного соцветия изменялась в пределах 19,7-28,9 г. и оказалась выше контрольного варианта на 15,9-17,5%.

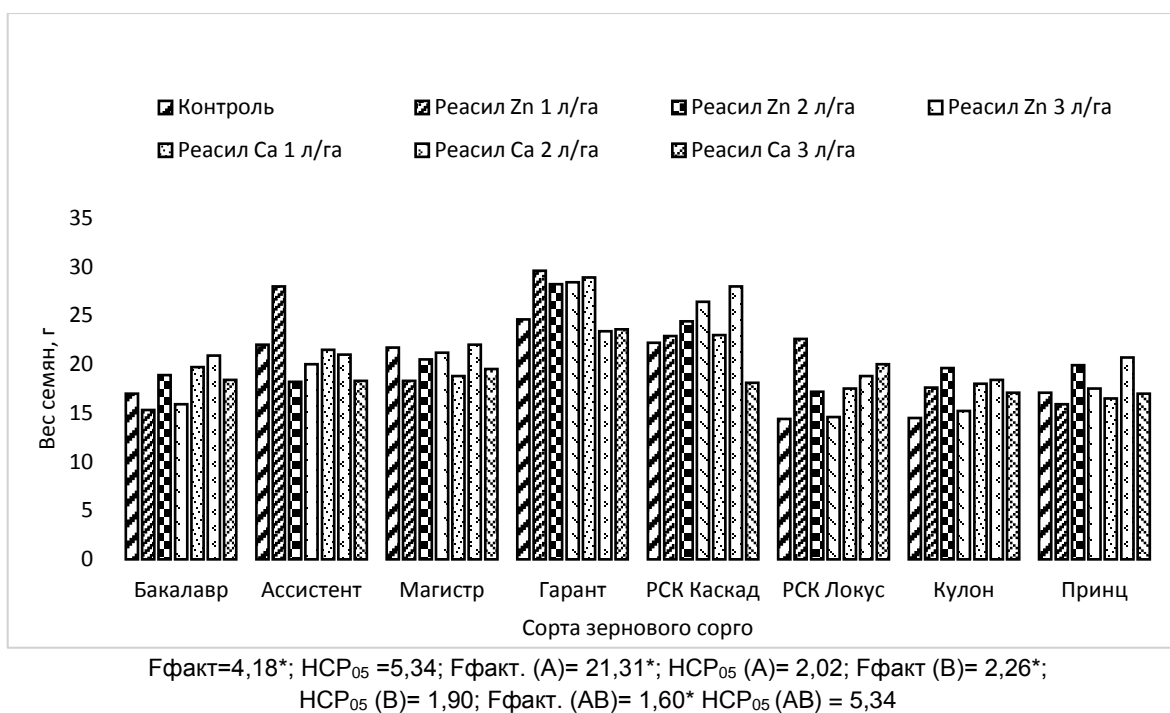


Рис. 1. Влияние хелатных микроудобрений на массу семян с одного соцветия на сортах зернового сорго (г) в среднем за 2021-2023 гг.

Fig. 1. Effect of chelated micronutrient fertilizers on seed weight per panicle of grain sorghum varieties (g), mean in 2021-2023

Использование хелатных микроудобрений в посевах зернового сорго оказало неоднозначное влияние на показатель число семян с одного соцветия. Самым отзывчивым на применяемые удобрения оказался сорт Гарант, именно на этом сорте оба препарата и

все изучаемые дозы оказались наиболее эффективными. На вариантах с применением цинкового препарата число семян с соцветия варьировало от 952,9 до 1061,8 шт, а при применении Реасил Са от 785,9 до 1221,0 шт. Разница с контрольным вариантом вари-

ривала от 46,9 до 63,7% и от 21,1 до 88,2% соответственно (Рис. 2).

Применение препарата Реасил Са оказалось эффективным на сортах Бакалавр и Кулон, где все изучаемые дозы оказали достоверный эффект). На Бакалавре число семян с одного соцветия изменялось в пределах от 625,0 до 699,4 шт., а на Кулоне от 637,9 до 665,6 шт., чем превышала контроль на 17,8-31,8% и на 16,7-21,8% соответственно. Доза 1 л/га данного удобрения оказалось эффективной на сортах Магистр и РСК Каскад. Число семян увеличилось до 748,1-795,1 шт. и превышало контрольный вариант на 2,7-14,0%. Двойная доза этого микроудобрения способствовала увеличению количества семян в одном соцветии у сортов РСК Каскад (939,9 шт), РСК Локус (587,6 шт) и Принц (718,3 шт). Разница с контролем варьировала от 21,4 до 31,1 %. Тройная доза данного препарата оказала достоверное влияние на изучаемый показатель у сортов РСК Локус (571,9 шт.) и Принц (632,0

шт.), чем превысила контрольный вариант на 13,7-27,6%.

Использование цинкового удобрения наиболее эффективным оказалось при опрыскивании дозой 2 л/га на сортах Бакалавр (648,6 шт.), РСК Локус (541,2 шт.), Кулон (713,1 шт.) и Принц (715,9 шт). Количество семян с одного соцветия на контрольном варианте было меньше на 22,2%, на 20,8%, 30,5%, 28,8% соответственно. Литровая доза этого препарата оказалась эффективной на сортах РСК Локус и Ассистент, количество семян с одного соцветия изменялось в пределах от 704,0 до 833,3 шт. и оказались выше контроля на 57,1-35,5% соответственно. Тройная доза данного микроудобрения способствовала существенному увеличению количества семян с одного соцветия на сортах Принц и РСК Каскад и оно достигло до 631,1 - 874,4 шт. и оказалось выше контроля на 13,5-13,0 % соответственно.

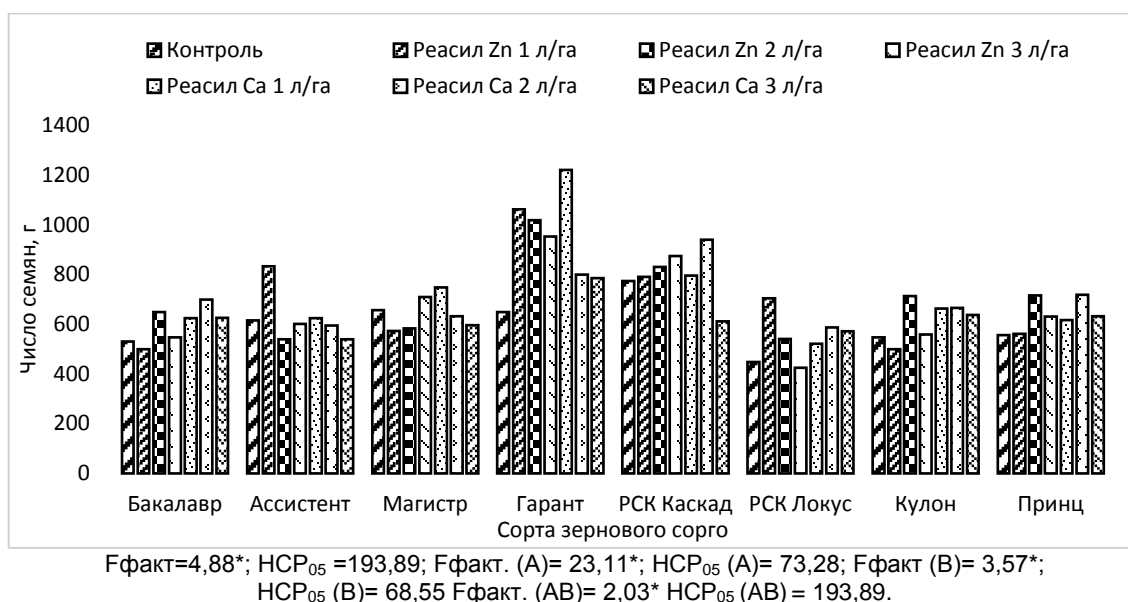


Рис. 2. Влияние хелатных микроудобрений на число семян с одной метелки на сортах зернового сорго (шт.) в среднем за 2021-2023 гг.

Fig. 2. Effect of chelated micronutrient fertilizers on a number of seeds per panicle of grain sorghum varieties (pcs), mean in 2021-2023

Установлено достоверное влияние микроудобрений в хелатной форме на увеличение массы 1000 зерен сортов. Самым эффективным оказалось применение всех изучаемых доз обоих препаратов на сортах Бакалавр и Принц, на которых отмечены существенные различия по сравнению с контрольным вариантом. Опрыскивание растений сорта Бакалавр в период вегетации удобрением Реасил Zn привело к увеличению массы 1000 зерен от 29,3 до 30,3 г, а сорта Принц – от 26,2 до 27,7 г, прибавка к контрольному варианту составила 4,5-8,1% и 12,9-19,2%, соответственно. Листовая обработка растений препаратом Реасил Са на данных сортах привела к увеличению изучаемого показателя сорта Бакалавр до 30,0 - 31,0 г или на 7,00-10,44 %, а сорта Принц – до 26,0-27,3 г или 11,6-17,2% по отношению к контролю. Хорошо проявил себя пре-

парат Реасил Zn на сорте Гарант, все три изучаемые дозы способствовали увеличению массы 1000 зерен до 27,5-28,3 г и превысили контрольный вариант на 9,7-13,1%.

Использование Реасил Са на данном сорте оказалось эффективным при дозах 2 и 3 л/га: масса 1000 зерен варьировала от 27,9 до 28,2 г, прибавка к контролю достигла 11,6-12,7%. Листовая обработка растений сорго препаратом Реасил Са была наиболее эффективной на сорте Кулон, который отозвался увеличением массы 1000 семян в результате применение всех изучаемых доз – масса 1000 зерен увеличилась до 27,5-28,5 г или на 9,6-13,7% относительно контроля (Рис. 3).

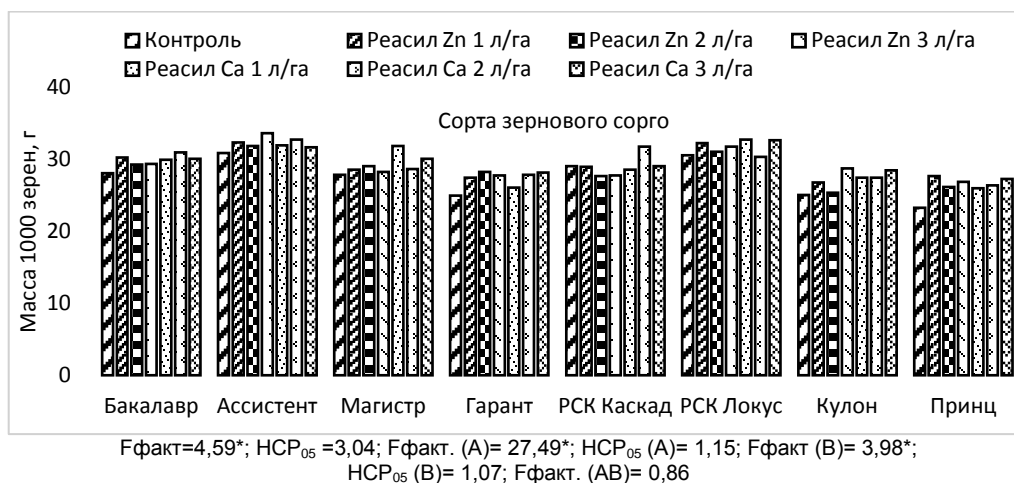


Рис. 3. Действие хелатных микроудобрений на массу 1000 зерен (г) сортов зернового сорго в среднем за 2021-2023 гг.

Fig. 3. Effect of chelated micronutrient fertilizers on 1000-seed weight (g) of grain sorghum varieties, mean in 2021-2023

Опрыскивание растений сорго удобрением Реасил Zn оказалось продуктивным в дозах 1 и 3 л/га, когда масса 1000 зерен повысилась до 26,8-28,5 г или на 6,9-13,7% в сравнении с контролем. На сорте РСК Локус оба препарата проявили себя в дозах 1 и 3 л/га. Применение Реасил Zn позволило увеличить массу 1000 зерен до 31,8-32,3 г или на 3,9-5,6%, а препарат Реасил Ca способствовал повышению показателя до 32,7-32,8 г, превышение контрольного варианта составило 7,1-7,3%. На сорте Ассистент использование Реасил Zn в дозах 1 и 3 л/га оказало существенное повышение данного параметра, его величина варьировала от 32,4 до 33,7 г и превышала контроль на 4,7-8,9%. Обработка сорта Реасилом Ca оказалась наиболее эффективной в дозе 2 л/га, при этом масса 1000 зерен достигла 32,8 г и была выше контрольного варианта на 6,0%.

На сорте Магистр применение Реасил Ca в дозах 1 и 3 л/га способствовало увеличению массы 1000 зерен

до 30,1-31,9 г или на 7,8-14,4%. Использование Реасил Zn было эффективным в дозе 2 л/га, когда масса 1000 зерен достигла 29,1 г, превышение контрольного варианта было на 4,2%. Листовая обработка растений зернового сорго сорта РСК Каскад хелатным микроудобрением Реасил Ca оказалась эффективной в дозе 2 л/га: масса 1000 зерен повысилась до 31,8 г или на 9,2% по отношению к контролю.

Листовые обработки посевов зернового сорго в период вегетации оказали неоднозначное влияние на урожайность зерна. Динамика признака приведена на рисунке 4, реакция действия дозировок препаратов (фактор В) на сорт (фактор А) и совокупности факторов (AB), подтверждается статистической обработкой и наличием НСР. Наиболее отзывчивыми на применение удобрений в хелатной форме оказались сорта Кулон и Принц, которые показали достоверное повышение урожайности зерна при действии всех доз обоих препаратов (рис. 4).

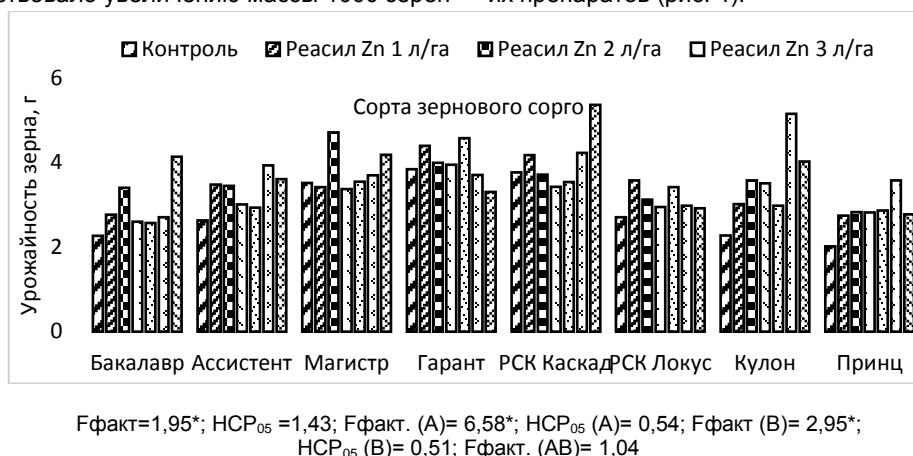


Рис. 4. Действие хелатных микроудобрений на урожайность зерна (т/га) сортов зернового сорго в среднем за 2021-2023 гг.

Fig. 4. Effect of chelated micronutrient fertilizers on grain productivity (t/ha) of grain sorghum varieties, mean in 2021-2023

Опрыскивание растений сорго сорта Кулон хелатным препаратом Реасил Zn в изучаемых дозах способствовало увеличению урожая зерна от 3,02 до 3,58

т/га, прибавка к контрольному варианту изменялась в пределах от 32,5 до 57,0%. Использование удобрения Реасил Ca на вышеуказанном сорте повысило урожай

зерна от 2,98 до 5,16 т/га или на 30,7-126,3% относительно контроля.

Листовая обработка сорта Принц удобрением Реасил Zn оказала достоверное влияние на увеличение урожайности зерна, которая варьировала при всех применяемых дозах от 2,75 до 2,83 т/га, прибавка к контрольному варианту достигла 36,1 и 40,1%, соответственно. На вариантах опыта с Реасил Са также все дозы оказались эффективными: урожай зерна повысился в пределах 2,78 – 3,58 т/га и превысил контрольный вариант на 37,6-77,2%. На сортах РСК Локус и Гарант у обоих препаратов доза 1 л/га оказалась наиболее эффективной, при этом урожайность зерна сорта РСК Локус достигала 3,42-3,58 т/га, сорта Гарант 4,40-4,58 т/га. Прибавка к контролю на РСК Локус варьировала от 26,2 до 32,1%, а на сорте Гарант – от 14,3 до 19,0%, соответственно. Выявлена наибольшая

эффективность применения препарата Реасил Са в дозе 3 л/га на сорте РСК Каскад: урожай зерна повысился до 5,37 т/га и превысил контроль на 42,4%.

На Ассистенте применение Реасил Zn в дозах 1 и 2 л/га привело к повышению урожая зерна до 3,45-3,48 т/га, что выше контрольного варианта на 31,2-32,3%, соответственно. Использование Реасил Са в дозах 2 и 3 л/га способствовало увеличению урожая зерна до 3,61-3,94 т/га или на 37,3-49,8% относительно контроля. У сортов Бакалавр и Магистр применение листовых обработок хелатным микроудобрением Реасил Zn в дозе 2 л/га привело к увеличению урожая зерна до 3,41 и 4,72 т/га, прибавка к контрольному варианту достигла до 34,1- 50,2%, а обработка посевов удобрением Реасил Са в дозе 3 л/га повысила урожай зерна на 19,0-82,4%, соответственно.

Экономическая оценка применения хелатных микроудобрений при выращивании сортов зернового сорго Economic evaluation of the chelated micronutrient fertilizers for growing grain sorghum varieties

Сорт	Урожайность зерна, т/га	Прибавка, т/га	Урожайность с учетом прибавки, т/га	Выручка, руб. (Цена 50000 руб./т элитных семян)	Затраты, руб.	Прибыль, руб.	Рентабельность, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Бакалавр контроль	2,27	-	-	113 500,00	110 034,67	3 465,33	3,15
Бакалавр Расил Zn 1 л/га	2,77	0,50	3,27	163 500,00	110 529,67	52 970,33	47,92
Бакалавр Расил Zn 2 л/га	3,41	1,14	4,55	227 500,00	111 024,67	116 475,33	104,91
Бакалавр Расил Zn 3 л/га	2,60	0,33	2,93	146 500,00	111 519,67	34 980,33	31,37
Бакалавр Расил Са 1 л/га	2,57	0,30	2,87	143 500,00	110 513,67	32 986,33	29,85
Бакалавр Расил Са 2 л/га	2,71	0,44	3,15	157 500,00	110 992,67	46 507,33	41,90
Бакалавр Расил Са 3 л/га	4,14	1,87	6,01	300 500,00	111 471,67	189 028,33	169,58
Ассистент контроль	2,63	-	-	131 500,00	110 034,67	21 465,33	19,51
Ассистент Расил Zn 1 л/га	3,48	0,85	4,33	216 500,00	110 529,67	105 970,33	95,88
Ассистент Расил Zn 2 л/га	3,45	0,82	4,27	213 500,00	111 024,67	102 475,33	92,30
Ассистент Расил Zn 3 л/га	3,01	0,38	3,39	169 500,00	111 519,67	57 980,33	51,99
Ассистент Расил Са 1 л/га	2,94	0,31	3,25	162 500,00	110 513,67	51 986,33	47,04
Ассистент Расил Са 2 л/га	3,94	1,31	5,25	262 500,00	110 992,67	151 507,33	136,50
Ассистент Расил Са 3 л/га	3,61	0,98	4,59	229 500,00	111 471,67	118 028,33	105,88
Магистр контроль	3,52	-	-	176 000,00	110 034,67	65 965,33	59,95
Магистр Расил Zn 1 л/га	3,42	-	-	171 000,00	110 529,67	60 470,33	54,71
Магистр Расил Zn 2 л/га	4,72	1,20	5,92	296 000,00	111 024,67	184 975,33	166,61
Магистр Расил Zn 3 л/га	3,38	0,14	3,52	176 000,00	111 519,67	64 480,33	57,82
Магистр Расил Са 1 л/га	3,55	0,03	3,58	179 000,00	110 992,67	68 007,33	61,27
Магистр Расил Са 2 л/га	3,70	0,18	3,88	194 000,00	110 992,67	83 007,33	74,79
Магистр Расил Са 3 л/га	4,19	0,67	4,86	243 000,00	111 471,67	131 528,33	117,99
Гарант контроль	3,85	-	-	192 500,00	110 034,67	82 465,33	74,94
Гарант Расил Zn 1 л/га	4,40	0,55	4,95	247 500,00	110 529,67	136 970,33	123,92
Гарант Расил Zn 2 л/га	4,00	0,15	4,15	207 500,00	111 024,67	96 475,33	86,90
Гарант Расил Zn 3 л/га	3,95	0,10	4,05	202 500,00	111 519,67	90 980,33	81,58

Продолжение таблицы

Гарант Расил Са 1 л/га	4,58	0,73	5,31	265 500,00	110 513,67	154 986,33	140,24
Гарант Расил Са 2 л/га	3,71	-	3,71	185 500,00	110 992,67	74 507,33	67,13
Гарант Расил Са 3 л/га	3,31	-	3,31	165 500,00	111 471,67	54 028,33	48,47
РСК Каскад контроль	3,77	-	-	188 500,00	110 034,67	78 465,33	71,31
РСК Каскад Zn 1 л/га	4,18	0,41	4,59	229 500,00	110 529,67	118 970,33	107,64
РСК Каскад Zn 2 л/га	3,72	-	3,72	186 000,00	111 024,67	74 975,33	67,53
РСК Каскад Zn 3 л/га	3,43	-	3,43	171 500,00	111 519,67	59 980,33	53,78
РСК Каскад Са 1 л/га	3,54	-	3,54	177 000,00	110 513,67	66 486,33	60,16
РСК Каскад Са 2 л/га	4,23	0,46	4,69	234 500,00	110 992,67	123 507,33	111,28
РСК Каскад Са 3 л/га	5,37	1,60	6,97	348 500,00	111 471,67	237 028,33	212,64
РСК Локус контроль	2,71	-	-	135 500,00	110 034,67	25 465,33	23,14
РСК Локус Zn 1 л/га	3,58	0,87	4,45	222 500,00	110 529,67	111 970,33	101,30
РСК Локус Zn 2 л/га	3,13	0,42	3,55	177 500,00	111 024,67	66 475,33	59,87
РСК Локус Zn 3 л/га	2,95	0,24	3,19	159 500,00	111 519,67	47 980,33	43,02
РСК Локус Са 1 л/га	3,42	0,71	4,13	206 500,00	110 513,67	95 986,33	86,85
РСК Локус Са 2 л/га	2,98	0,27	3,25	162 500,00	110 992,67	51 507,33	46,41
РСК Локус Са 3 л/га	2,92	0,21	3,13	156 500,00	111 471,67	45 028,33	40,39
Кулон контроль	2,28	-	-	114 000,00	110 034,67	3 965,33	3,60
Кулон Zn 1 л/га	3,02	0,74	3,76	188 000,00	110 529,67	77 470,33	70,09
Кулон Zn 2 л/га	3,58	1,30	4,88	244 000,00	111 024,67	132 975,33	119,77
Кулон Zn 3 л/га	3,51	1,23	4,74	237 000,00	111 519,67	125 480,33	112,52
Кулон Са 1 л/га	2,98	0,70	3,68	184 000,00	110 513,67	73 486,33	66,50
Кулон Са 2 л/га	5,16	2,88	8,04	402 000,00	110 992,67	291 007,33	262,19
Кулон Са 3 л/га	4,03	1,75	5,78	289 000,00	111 471,67	177 528,33	159,26
Принц контроль	2,02	-	-	101 000,00	100 034,67	965,33	0,96
Принц Zn 1 л/га	2,75	0,73	3,48	174 000,00	110 529,67	63 470,33	57,42
Принц Zn 2 л/га	2,83	0,81	3,64	182 000,00	111 024,67	70 975,33	63,93
Принц Zn 3 л/га	2,82	0,80	3,62	181 000,00	111 519,67	69 480,33	62,30
Принц Са 1 л/га	2,87	0,85	3,72	186 000,00	110 513,67	75 486,33	68,30
Принц Са 2 л/га	3,58	1,56	5,14	257 000,00	110 992,67	146 007,33	131,55
Принц Са 3 л/га	2,78	0,76	3,54	177 000,00	111 471,67	65 528,33	58,78

Эффективность применения хелатных микроудобрений при выращивании сортов зернового сорго показана в таблице 5. Согласно представленным данным, увеличение рентабельности, в среднем на 40-50% после применения удобрений (во всех исследуемых дозировках) наблюдалось у сортов сорго Бакалавр, Ассистент, Локус, Кулон, Принц по сравнению с контролем.

Снижение рентабельности наблюдалось выборочно (по некоторым дозам внесения) по сравнению с контролем у следующих сортов зернового сорго: Магистр - при дозе Расил Zn 1 л/га на 5.24%, при дозе Расил Zn 3 л/га на 2.13%; Гарант - при дозе Расил Са 2 л/га на 7.81%, при дозе Расил Са 3 л/га на 26.47%; РСК Каскад - при дозе Zn 2 л/га, Zn 3 л/га, Са 1 л/га рентабельность снизилась, соответственно, на: 3.79%, 11.53%, 11.15%.

В целом, применение хелатных микроудобрений показало хорошие результаты: урожайность увеличилась, увеличились также прибыль и рентабельность возделывания сортов зернового сорго.

Выводы. В результате полевых опытов было установлено неоднозначное действие применяемых хелатных микроудобрений на структуру урожая сортов зернового сорго. На некоторых сортах отмечалась ге-

нотипическая реакция, на других сортах была установлена лишь тенденция к увеличению показателей анализируемых признаков.

Настоящими исследованиями были определены препараты оптимальные дозы повлиявшие на формирование тех или иных показателей структуры урожая.

- На показатель масса семян с одного соцветия в наилучшей степени повлияло применение цинкового препарата во всех изучаемых дозах на сорте Гарант. Масса семян с одного соцветия повысилась на 14,6-20,3% относительно контрольного варианта. Применение Реасил Са оказалось выгодным на сортах РСК Локус и Кулон величина анализируемого показателя при применении всех изучаемых доз повысилась на 21,5-38,9% и на 17,9-26,9% соответственно.

- На признак число семян с одного соцветия в наибольшей степени оказало влияние оба препарата и все изучаемые дозы на сорте Гарант, величина вышеуказанного признака возросла до 46,9-63,7% и до 21,1-88,2% соответственно.

- Листовые обработки вегетирующих растений сорго удобрениями Реасил Zn и РеасилСа на всех вариантах опыта оказалось эффективным при формировании массы 1000 зерен на сортах Бакалавр и

Принц, прибавка к контрольному варианту составила 4,5-8,1% и 12,9-19,2%, соответственно.

В целом, применение хелатных микроудобрений показало хорошие результаты. Увеличение рентабельности, в среднем на 40-50% после применения удобрений (при всех дозах) наблюдалось у сортов сор-

го Бакалавр, Ассистент, Локус, Кулон, Принц по сравнению с контролем.

Финансирование. Работа проведена в рамках Государственного задания № 082-00205-23 министерства сельского хозяйства Российской Федерации в соответствии с тематическим планом ФГБНУ РосНИИСК «Россорго».

Библиографический список

1. Басовский Л.Е., Басовская Е.Н. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности. Москва: ИНФРА-М, 2023. 336 с.
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. В 2-х т. Т. 1 «Сорта растений» // Официальное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2020.-516 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 2011. 336 с.
4. Ефремова И.Г., Кибальник О.П., Семин Д.С., Куколева С.С., Старчак В.И., Пронько В.В. Эффективность гуминовых препаратов на посевах сахарного сорго в черноземной степи Саратовского правобережья // Аграрный научный журнал. 2020. № 5. С. 9-13
5. Корсаков К.В., Пронько В.В., Пронько Н.А., Белоголовцев В.П., Корсак В.В. Продуктивность свеклы столовой при внесении гуминовых препаратов и хелатных удобрений на орошаемых каштановых почвах Саратовского Заволжья // Аграрный научный журнал. 2019. № 5. С. 25-29
6. Корсаков К.В., Пронько Н.А., Пронько В.В., Белоголовцев В.П., Корсак В.В. Влияние гуминовых препаратов и хелатных форм удобрений на продуктивность столовой моркови в Саратовском Заволжье при орошении. // Аграрный научный журнал. № 4. 2019 г. С.16-20
7. Пронько Н. А., Кибальник О. П., Ефремова И. Г., Степанченко Д. А. Эффективность хелатных удобрений в земледелии России (Аналитический обзор) // Научная жизнь. 2021. Т 16, № 8 (120). С 1074-1083
8. Рак М.В., Титова С.А., Николаева Т.Г., Муковозчик В.А. Эффективность применения жидких хелатных микроудобрений микростим при возделывании кукурузы // Почвоведение и агрохимия. 2015. № 1(54). С. 200-207
9. Савицкая Г.В. Комплексный анализ хозяйственной деятельности предприятия. Москва: ИНФРА-М, 2023. 608 с.
10. Степанченко Д. А., Степанченко В. И., Бочкарева Ю. В., Ефремова И. Г. Семен Д. С. Влияние хелатных микроудобрений на элементы семенной продуктивности сортов зернового сорго в Поволжье // Электронный журнал АгроЭкоИнфо № 2 (56). 2023 г. Порядковый № 8.

References

1. Basovskii L.E., Basovskaya E.N. Kompleksnyi ekonomicheskii analiz khozyaistvennoi deyatel'nosti [Comprehensive economic analysis of business activities]. Moskva: INFRA-M, 2023. 336 s.
2. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchen-nykh k ispol'zovaniyu. V 2-kh t. T. 1 «Sorta rastenii» [State register of breeding achievements approved for use. In 2 volumes. Volume 1 "Plant Varieties"] // Ofitsial'noe izda-nie. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh». 2020. 516 s.
3. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Kolos, 2011. 336 s.
4. Efremova I.G., Kibal'nik O.P., Semina D.S., Kukoleva S.S., Starchak V.I., Pron'ko V.V. Effektivnost' guminovykh preparatov na posevakh sakharnogo sorogo v chernozemnoi stepi Saratovskogo pravoberezh'ya [Efficiency of humic products on sweet sorghum crops in the blackearth steppe of the Saratov right-bank] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2020. № 5. S. 9-13
5. Korsakov K.V., Pron'ko V.V., Pron'ko N.A., Belogolovtsev V.P., Korsak V.V. Produktivnost' svekly stolovoi pri vnesenii guminovykh preparatov i khelatnykh udobrenii na oroshaemykh kashtanovykh pochvakh Saratovskogo Zavolz'h'ya [Beet root productivity with the application of humic products and chelated fertilizers on irrigated chestnut soils of the Saratov Trans-Volga region] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2019. № 5. S. 25-29
6. Korsakov K.V., Pron'ko N.A., Pron'ko V.V., Belogolovtsev V.P., Korsak V.V. Vliyanie guminovykh preparatov i khelatnykh form udobrenii na produktivnost' stolovoi morkovi v Saratovskom Zavolz'h'e pri oroshenii [The effect of humic products and chelated fertilizers on carrot productivity in the Saratov Trans-Volga region under irrigation] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. № 4. 2019 g. S.16-20
7. Pron'ko N. A., Kibal'nik O. P., Efremova I. G., Stepanchenko D. A. Effektivnost' khelatnykh udobrenii v zemledelii Rossii (Analiticheskii obzor) [Efficiency of chelated fertilizers in Russian agriculture (An analytical review)] // Nauchnaya zhizn'. 2021. T 16, № 8 (120). S 1074-1083
8. Rak M.V., Titova S.A., Nikolaeva T.G., Mukovozchik V.A. Effektivnost' primeneniya zhidkikh khelatnykh mikroudobrenii mikrostim pri vzdelyvanii kukuruzy // Pochvovedenie i agrokimiya [Efficiency of using liquid chelated microfertilizers 'Mikrostim' in maize cultivation]. 2015. № 1(54). S. 200-207
9. Savitskaya G.V. Kompleksnyi analiz khozyaistvennoi deyatel'nosti predpriyatiya [Comprehensive analysis of business activities of the enterprise]. Moskva: INFRA-M, 2023. 608 s.

10. Stepanchenko D. A., Stepanchenko V. I., Bochkareva Yu. V., Efremova I. G. Semen D. S. Vliyanie khelatnykh mikroudobrenii na elementy semennoi produktivnosti sortov zernovogo sorgo v Povolzh'e [Comprehensive analysis of business activities of the enterprise] // Elektronnyi zhurnal AgroEkoInfo № 2 (56). 2023 g. Poryadkovyi № 8.

Поступила: 15.05.25; доработана после рецензирования: 17.09.25; принята к публикации: 18.09.25.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Степанченко Д. А. – концептуализация исследований, подготовка опыта, выполнение полевых работ, сбор данных, подготовка рукописи. Васильева Е. В. – расчет и описание экономической эффективности и методологии. Старчак В. И. – подготовка сопроводительных документов, автор корреспондент, сбор полевых данных. Ефремова И. Г. – финальная доработка текста. Светлов В. В. – сбор полевых данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.