

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. ДРОНОВ, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0001-5398-4822

E-mail: dronov.bsga@yandex.ru

С.А. БЕЛЬЧЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0001-7467-8314

В.В. МАМЕЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0003-4328-2653

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Аннотация. В статье представлены результаты изучения минерального питания и продуктивного потенциала кукурузы на зерно в условиях серых лесных почв Брянского ополья. Полевые эксперименты проведены на опытном поле Брянского ГАУ в период 2021-2023 годов. Цель данной работы - выявить эффективность минеральных и микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно в агроклиматических условиях региона. В качестве объекта исследований взят отечественный раннеспелый гибрид кукурузы Воронежский 175 АСВ (ФАО 180). Использованы полевые, лабораторные и статистические методы. В задачи исследования входила оценка влияния комплексного применения минеральных и микроудобрений хелатного типа (Ультрамаг Комби и КомплеМет марка: Кукуруза) на урожайность, структуру урожая и качество зерна. В результате рассмотрены особенности формирования высокопродуктивных посевов кукурузы в зависимости от уровня минерального питания. В среднем за 3 года на фоне основного внесения азофоски ($N_{80}P_{80}K_{80}$) существенное увеличение урожайности зерна на 1,79 т/га или 33,4% обеспечило применение сульфата аммония (N_{65}) в предпосевную подготовку почвы. На фоне с азофоской+сульфат аммония достоверная прибавка урожайности зерна (1,03 т/га или 11,4%) отмечена при проведении foliarной подкормки микроудобрением КомплеМет (норма 2 л/га) в фазу 6-8 листьев. На этом варианте получены высокая урожайность зерна 8,17 т/га, лучшие показатели структуры урожая и качества зерна: содержание сырого протеина достигло 10,8%, сырого жира и крахмала – 5,4% и 56,9%. В этом варианте отмечен наибольший уровень рентабельности – 84,3% при себестоимости 6427 рублей за 1 тонну зерна.

Ключевые слова: кукуруза, минеральные удобрения, микроудобрения, хелатные формы, foliarные подкормки, урожайность зерна, качество.

Для цитирования: Дронов А.В., Бельченко С.А., Мамеев В.В. Эффективность комплексного применения макро- и микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно в Брянской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):82-87. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-82-87

EFFECTIVENESS OF COMPREHENSIVE APPLICATION OF MACRO- AND MICROFERTILIZERS IN CULTIVATION OF CORN FOR GRAIN IN THE BRYANSK REGION

A.V. Dronov, S.A. Belchenko, V.V. Mameev

FSBEI HE BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Abstract: The article presents the results of a study of mineral nutrition and the productive potential of corn for grain in conditions of gray forest soils of the Bryansk Opolye. Field

experiments were carried out on the experimental field of the Bryansk State Agrarian University in the period 2021-2023. The purpose of this work is to identify the effectiveness of mineral and microfertilizers when cultivating corn for grain in the agroclimatic conditions of the region. The domestic early maturing corn hybrid Voronezhsky 175 ASV (FAO 180) was taken as the object of research. Field, laboratory and statistical methods were used. The objectives of study included assessing the impact of integrated use of mineral and chelate-type microfertilizers (Ultramag Combi and KompleMet brand: Corn) on yield, crop structure and grain quality. As a result, the features of formation highly productive corn crops depending on the level of mineral nutrition are considered. On average, over 3 years, against the background of the main application of azophoska ($N_{80}P_{80}K_{80}$), a significant increase in grain yield by 1.79 t/ha or 33.4% was ensured by the use of ammonium sulfate (N_{65}) in pre-sowing soil preparation. Against the background with azophoska + ammonium sulfate, a significant increase in grain yield (1.03 t/ha or 11.4%) was noted when carrying out foliar feeding with KompleMet microfertilizer (norm 2 l/ha) in the phase of 6-8 leaves. In this variant, a high grain yield of 8.17 t/ha was obtained, with better crop structure and grain quality indicators: the content of crude protein reached 10.8%, crude fat and starch-5.4% and 56.9%. This option has the highest level of profitability of 84.3% at a cost of 6,427 rubles per 1 ton of grain.

Keywords: corn, mineral fertilizers, microfertilizers, chelate forms, foliar fertilizers, grain yield, quality.

Введение. Кукуруза (*Zea mays* L.), маис является высокоурожайной, универсальной и широко распространенной культурой во многих странах Старого и Нового Света. По заявлению Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (FAO) кукуруза – это стратегическая культура XXI века (широко используется для переработки на биотопливо и биоэтанол). В современном земледелии кукуруза третья по значимости культура в мире после пшеницы и риса, возделывается в 60 странах на площади 190 млн. га и мировое производство составляет около 1 млрд. 200 млн. тонн зерна, что по валовому сбору зерна ставит её на первое место [1].

В соответствии со Стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года, важными направлениями является масштабное развитие животноводства и создание прочной сбалансированной кормовой базы [2]. Следует отметить, что в АПК России отмечается тенденция увеличения площадей, занимаемых кукурузой. Благодаря своей универсальности, высокой урожайности, питательности кукурузное зерно широко используется для кормления практически всех видов сельскохозяйственных животных и птицы. Для её возделывания в северных районах страны предпочтение отдаётся использованию раннеспелых (ФАО 100-200), наиболее конкурентоспособных и урожайных гибридов [3, 4]. Многими исследованиями доказано, что в повышении урожайности и улучшении биохимического состава большое внимание уделяется оптимизации минерального питания растений макро- и микроэлементами. Широко внедряются инновационные элементы современных агротехнологий кукурузы, к которым следует отнести применение жидких микроудобрений, содержащие хелатные соединения для foliarных подкормок [5, 6, 7].

Цель работы – выявить эффективность применения минеральных и микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно в агроклиматических условиях Центрального региона (Брянская область).

В задачи исследования входила оценка влияния комплексного применения минеральных и микроудобрений хелатного типа (Ультрамаг Комби и КомплеМет марка: Кукуруза) на формирование урожайности, структуры урожая и качества зерна.

Условия, материал и методы исследований

Полевые эксперименты выполнены на опытном поле Брянского ГАУ в период 2021-2023 годов. В качестве объекта исследований был взят отечественный трехлинейный модифицированный раннеспелый гибрид кукурузы Воронежский 175 АСВ (ФАО 180)

универсального использования с выраженным эффектом ремонтантности (stay green). Опыты по изучению и оценке эффективности применения минеральных и микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно проводили в соответствии с Широким унифицированным классификатором СЭВ и международным классификатором СЭВ видов *Zea mays L.*, (1977) и Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989).

Почва опытного поля серая лесная легкосуглинистая, хорошо окультуренная. Содержание органического вещества (гумуса) 3,6-3,7% (по Тюрину), рН (сол.) гумусового горизонта 5,5-5,7. Почва высоко обеспечена подвижными формами фосфора 280-302 мг и обменного калия 178-194 мг/кг почвы (по Кирсанову), обеспеченность доступными формами микроэлементов (кобальт, молибден, цинк) низкая. Предшественником по годам исследований являлись пшеница озимая и однолетние травы (вика яровая + овес посевной). После уборки предшественников выполнена основная обработка почвы по типу зяби. Весной перед посевом кукурузы проведены 2 культивации с внесением азофоски (фон – $N_{80}P_{80}K_{80}$) и сульфата аммония (фон $+N_{65}$) соответственно. В опыте для некорневых (фолиарных) подкормок использовали 2 жидких микроудобрения, содержащих хелатные соединения в фазу 6-8 листьев (по рекомендациям разработчиков) – Ультрамаг Комби (АО «Щелково Агрохим», Россия) и КомплеМет марка: Кукуруза (ООО «НТП-Синтез», республика Беларусь) с нормой 2 л/га. Посев кукурузы проводился сеялкой СПЧ-6 с нормой высева 80 тыс. шт. всхожих семян/га. Для борьбы с сорняками применяли гербицид компании «Август» Фултайм (2 л/га), норма рабочего раствора 250 л/га. Площадь посевной делянки (вариант) – 100 м², размещение вариантов - систематическое. В течение вегетационного периода за годы испытания проводили фенологию за ростом и развитием, определение высоты растений и высоты прикрепления початков. Учёт биологической урожайности зерна проводили с делянки площадью 25 м² в 4-х кратной повторности вручную путем взвешивания. При учёте определяли показатели структуры урожая: длина початков, число рядов зёрен, их количество в ряду, масса зерна с початка, уборочная влажность, масса 1000 штук, урожайность в пересчёте на 14% -ную влажность. Лабораторные анализы качества зерна выполнены в Центре коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ. Проведение полевых опытов и статистическую обработку данных осуществляли по методике Б.А. Доспехова [8].

Климат Брянской области умеренно тёплый и влажный. По количеству осадков территория области относится к зоне умеренного увлажнения. Метеорологические условия вегетационных периодов гибрида Воронежский 175 АСВ в полевом эксперименте с комплексным применением минеральных и микроудобрений за 2021-2023 годы характеризовались существенным варьированием, при этом значительно отличаясь от среднеголетних показателей, как по температуре, так и по количеству осадков. Но необходимо заметить, что отличительной особенностью погодных условий за вегетационный период 2023 года был тёплый период (май-июль) и благоприятный сентябрь для созревания зерна кукурузы. Среднемесячная температура воздуха за май-сентябрь составила 18,4°C, что выше климатической нормы на 3,2°C. Следовательно, на основании сведений об агрометеорологических условиях следует констатировать, что они были достаточно благоприятными для формирования высоких урожаев зерна изучаемого раннеспелого гибрида в условиях района исследований.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований за 3 года на фоне основного внесения азофоски ($N_{80}P_{80}K_{80}$) нами отмечена эффективность сульфата аммония (N_{65}) при существенном увеличении урожайности зерна, где прибавка составила 1,79 т/га или 33,4% (табл. 1). В среднем на этом варианте получена урожайность зерна 7,14 т/га, тогда как на контроле – 5,35 т/га. На фоне с азофоской+сульфат аммония достоверная прибавка урожайности зерна (1,03 т/га или 11,4%) отмечена при проведении фолиарной подкормки микроудобрением КомплеМет (норма 2 л/га) в фазу 6-8 листьев. На этом варианте получена высокая урожайность 8,17 тонн зерна с гектара. Из таблицы 1 видно, что максимальная

биологическая урожайность зерна при стандартной 14% влажности достигла в благоприятном 2023 году – 8,57 т/га (вариант 4).

Таблица 1

**Влияние макро- и микроудобрений на урожайность зерна гибрида кукурузы
Воронежский 175 АСВ**

n/n	Вариант опыта	Урожайность зерна в пересчёте на 14 % влажность, т/га			В среднем за 3 года, т/га
		2021	2022	2023	
1	Фон (азофоска N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀) - контроль	5,01	5,20	5,85	5,35
2	Фон+сульфат аммония (N ₆₅)	6,83	6,90	7,70	7,14
3	Фон+сульфат аммония (N ₆₅) + Ультрамаг Комби	7,53	7,26	7,98	7,59
4	Фон+сульфат аммония (N ₆₅) +КомплеМет	8,12	7,81	8,57	8,17
НСР ₀₅		0,44	0,50	0,57	

Весьма достоверное увеличение урожайности зерна гибрида Воронежский 175 АСВ от совместного применения минеральных удобрений (азофоска и сульфат аммония) с микроудобрениями в хелатной форме обусловлено увеличением отдельных показателей структуры урожая кукурузы (табл. 2). Так, длина початка на вариантах с микроудобрениями выше на 0,8-2,0 см, чем на контроле. Нами отмечена заметная связь урожайности с количеством зерен в початке (озерненность) и массой зерна с 1 початка. Внесение микроудобрений влияло на увеличение отдельных элементов структуры, по сравнению с контрольным вариантом. Следует отметить, что большинство початков имели хорошо выровненный внешний вид, особенно на вариантах 3 и 4 (комплексное внесение минеральных и микроудобрений).

Таблица 2

**Элементы структуры урожая кукурузы в зависимости от уровня минерального
питания (среднее за 2022-2023 гг.)**

Показатели	Фон (азофоска N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀) - контроль	Фон+сульфат аммония (N ₆₅)	Фон+сульфат аммония (N ₆₅) + Ультрамаг Комби	Фон+сульфат аммония (N ₆₅) +КомплеМет
Длина початка, см	17,8	18,6	19,1	19,8
Количество зерен в ряду, шт.	33,4	37,0	37,6	38,1
Количество рядов в початке, шт.	16,4	17,0	16,2	17,2
Озерненность початка, шт.	547,8	629,0	609,1	655,3
Масса 1 початка, на момент учетной влажности, г	241,7	256,0	262,8	273,9
Масса зерна с 1 початка, г	193,8	206,0	215,3	218,9
Выход зерна с учетом уборочной влажности, %	80,2	80,4	81,9	79,9

Известно, что уровень использования растениеводческой продукции из кукурузы для различных целей определяется качественным составом зерна, соотношением основных питательных веществ, минеральных элементов, ферментов. Нами в этой связи проведён биохимический состав зерна в лаборатории Центра коллективного пользования Брянского ГАУ на инфракрасном анализаторе ИнфраЛЮМ ФТ-12 с программным обеспечением «СпектраЛЮМ/Про». Результаты качественного анализа зерна представлены в таблице 3.

Таблица 3

Качественные показатели зерна кукурузы в зависимости от применения макро- и микроудобрений, (среднее за 2021-2022 гг.)

Вариант опыта	Содержание, %		
	Сырой протеин	Сырой жир	Крахмал
1. Фон (азофоска N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀) - контроль	8,6	4,5	52,1
2. Фон+сульфат аммония (N ₆₅)	9,1	4,8	54,2
3. Фон+сульфат аммония (N ₆₅)+ Ультрамаг Комби	9,7	5,0	55,8
4. Фон+сульфат аммония (N ₆₅) +КомплеМет	10,8	5,4	56,9

Определение качественных показателей зерна показало, что на вариантах опыта содержание сырого протеина варьировало в пределах от 8,8 до 10,8%, сырого жира - от 4,5 до 5,4%, крахмала – от 52,1 до 56,9%. При этом было заметно, что увеличение показателей качества зерна кукурузы наблюдалось на вариантах с применением микроудобрений Ультрамаг Комби и КомплеМет марка: Кукуруза в фолиарные подкормки.

Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований в среднем за 3 года на фоне основного внесения азофоски (N₈₀P₈₀K₈₀) существенное увеличение урожайности зерна на 1,79 т/га или 33,4% обеспечило применение сульфата аммония (N₆₅) в предпосевную подготовку почвы. На фоне с азофоской+сульфат аммония достоверная прибавка урожайности зерна (1,03 т/га или 11,4%) отмечена при проведении фолиарной подкормки микроудобрением КомплеМет (норма 2 л/га) в фазу 6-8 листьев. На этом варианте получены высокая урожайность зерна 8,17 т/га, лучшие показатели структуры урожая и качества зерна: содержание сырого протеина достигло 10,8%, сырого жира и крахмала - 5,4% и 56,9%. В этом варианте отмечен наибольший уровень рентабельности 84,3% при себестоимости 6427 рублей за 1 тонну зерна.

Литература

1. Нестеренко О.А., Дронов А.В., Мамеев В.В., Петрова С.Н., Лукашина А.А. Оценка эффективности применения комплексных удобрений при возделывании кукурузы на зерно // Вестник Курской ГСХА. – 2021. – №.6. – С. 20-27.
2. Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 12 апреля 2020 г. № 993-р. [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справочные правовые системы: Законодательство. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
3. Дронов А.В., Бельченко С.А., Мамеев В.В., Нестеренко О.А. Параметры адаптивной способности и урожайности зерна гибридов кукурузы (ФАО 100-300) в условиях юго-западной части Нечерноземья (Брянская область) // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 1(41). – С. 115-125. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-115-125.
4. Бельченко С.А., Ториков В.Е., Дронов А.В., Малякко Г.П., Мельникова О.В. Эффективность возделывания гибридов кукурузы разных групп спелости на юго-западе Центрального региона России: монография. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. – 180 с.

5. Полянский А.Л., Малышева Е.В., Мязин Н.Г. Оценка применения минеральных удобрений под кукурузу при возделывании на зерно в западной части ЦЧР // Вестник Брянской ГСХА. – 2023. – № 6 (100). – С. 36-41. DOI:10.52691/2500-2651-2023-100-6-36-41.
6. Мухина М.Т., Боровик Р.А., Ламмас М.Е. Действие пролонгированных микроудобрений на рост и фотосинтетическую активность кукурузы // Кормопроизводство. – 2021. – №10. – С. 27-32.
7. Демидова А.Г., Ахмедшина Д.А. Эффективность азотной подкормки кукурузы на зерно в зависимости от фона основного удобрения в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Сельскохозяйственный журнал. – 2021. – Т.14, – № 2. – С. 11-18. DOI: 10.25930/2687-1254/002.2.14.2021
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. – М.: Альянс, 2014. – 351 с.

References

1. Nesterenko O.A., Dronov A.V., Mameev V.V., Petrova S.N., Lukashina A.A. Evaluation of effectiveness the use of complex fertilizers in cultivation corn for grain. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2021, no 6, pp. 20-27. (In Russian)
2. Strategy for the development of agro-industrial and fisheries complexes of the Russian Federation for the period up to 2030. Decree of the Government of the Russian Federation No. 993-r dated April 12, 2020 [Electronic resource]. *ConsultantPlus: reference legal systems: Legislation*. - Access mode: <http://www.consultant.ru>. (In Russian)
3. Dronov A.V., Bel'chenko S.A., Mameev V.V., Nesterenko O.A. Parameters of adaptive capacity and grain yield of corn hybrids (FAO 100-300) in the conditions of the southwestern part of the Non-Chernozem region (Bryansk region). *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no 1(41), pp. 115-125. DOI 10.24412/2309-348X-2022-1-115-125. (In Russian)
4. Bel'chenko S.A., Torikov V.E., Dronov A.V., Malyavko G.P., Mel'nikova O.V. The efficiency of cultivation of corn hybrids of different maturity groups in the south-west of the Central region of Russia: monograph. *Bryansk: Publishing House of the Bryansk State University*. 2023, 180 p. (In Russian)
5. Polyanskii A.L., Malysheva E.V., Myazin N.G. Evaluation of using mineral fertilizers for corn in grain cultivation in the western part of the central black soil region. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2023, no 6 (100), pp. 36-41. DOI 10.52691/2500-2651-2023-100-6-36-41. (In Russian)
6. Mukhina M.T., Borovik R.A., Lammas M.E. The effect of prolonged micronutrients on the growth and photosynthetic activity of corn. *Feed production*, 2021, no 10, pp. 27-32. (In Russian)
7. Demidova A.G., Akhmedshina D.A. The effectiveness of nitrogen fertilization of corn for grain, depending on the background of the main fertilizer in conditions of unstable humidification of the Stavropol territory. *Agricultural Journal*, 2021, vol.14, no.2, pp. 11-18. DOI 10.25930/2687-1254/002.2.14.2021. (In Russian)
8. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results): textbook for higher agricultural educational institutions. *Moscow: Al'yans*, 2014, 351 p. (In Russian)