

ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ, КАЧЕСТВО ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ КУКУРУЗЫ И ДИНАМИКУ ВЫНОСА ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПОЧВЫ**А. А. Зиганшин, Р. И. Сафин**

Реферат. В работе изложены материалы исследований по оценке влияния жидких органоминеральных удобрений на показатели продуктивности кукурузы на зерно. Исследования проведены в 2022–2024 гг. в Предкамской зоне Республики Татарстан на серой лесной почве. Схема опыта: 1) контроль – без удобрений; 2) применение "BATR 40N" 4 л/га в фазу шести настоящих листьев культуры; 3) применение баковой смеси "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га в фазу шести настоящих листьев культуры. Объект исследований – гибрид кукурузы ДКС 3006. Почва опытного участка: содержание гумуса 3,5...4,7% (по Тюрину), подвижного фосфора (по Кирсанову) – 140...155 мг/кг и обменного калия (по Кирсанову) – 112...120 мг/кг почвы, pH (солевой вытяжки) – 5,3–6,6. Повторность опыта – 3-х кратная, размещение делянок – систематическое, площадь каждой делянки 126 м². Погодно-климатические условия в годы исследований оказались контрастными – 2022 благоприятный (ГТК 1,3), 2023 и 2024 засушливые (ГТК 0,8 и 0,9 соответственно). Некорневая подкормка способствовала увеличению урожайности (средняя прибавка за годы исследований составила 3,9–10,7 ц/га), улучшению качества (содержание крахмала увеличивалось на 2 – 4,4 %, содержание азота в зерне на 0,1 – 0,14%). Наибольший эффект оказало применение смеси удобрений "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га. В среднем за годы исследований, прибавка урожая составила 10,7 ц/га, прибавка в содержании крахмала 4,4%, массы зерна с початка на 15,56 г (за счет увеличения количества зерен и массы тысячи зерен). Среднее содержание NPK в зерне, в зависимости от варианта, составило: азота 1,03–1,17%, фосфора – 0,3–0,39%, калия – 0,32–0,35%. Средний вынос азота составил 202,6–246,5 кг/га, фосфора 66,4–77,6 кг/га, калия – 318,7–363,2 кг/га.

Ключевые слова: азот, цинк, органоминеральные удобрения, кукуруза (*Zea Mays*).

Для цитирования: Зиганшин А.А., Сафин Р.И. Влияние жидких органоминеральных удобрений на урожайность, качество зерновой продукции кукурузы и динамику выноса питательных элементов из почвы // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. №1 (13). С. 29–35.

Введение. Кукуруза в мировом сельскохозяйственном производстве входит в тройку культур, лидирующих по объемам производства, уступая только пшенице и рису [1, 2, 3].

Данная культура используется разносторонне – для питания людей и кормления животных, производство технического сырья, биогаза и др. [4].

Для Республики Татарстан, как лидера по производству продукции молочного животноводства, кукуруза является особенно ценной культурой [5, 6].

Современное сельскохозяйственное производство предъявляет высокие требования к количеству и качеству получаемой сельскохозяйственной продукции с наименьшими затратами [7, 8, 9].

Для достижения необходимого уровня продуктивности необходимо обеспечивать растения важными элементами минерального питания [10].

Это можно сделать следующими способами: внесение удобрений в почву, что является основным методом, корневая подкормка, а также наиболее современный метод, который позволяет оперативно скорректировать недостаток того или иного элемента минерального питания – некорневая (или листовая) подкормка [11].

Обеспечение растений питанием через лист в виде некорневой подкормки является одним из наиболее экономически и

агрономически эффективных приемов, т. к. коэффициент использования питательных элементов при данном способе внесения максимальный [12, 13, 14].

Расширению применения некорневой подкормки способствует также тот факт, что ежегодно на рынке появляются новые высокоэффективные удобрения с различным составом, что позволяет сельхозтоваропроизводителю иметь широкий ассортимент под конкретные потребности [15, 16, 17].

Одними из достаточно широко применяемых для некорневой подкормки препаратами являются органоминеральные удобрения марки «Батр», производство которых локализовано на территории Республики Татарстан.

Удобрения данной марки исследовались в некоторых зонах Российской Федерации, где показали хорошую эффективность [18, 19, 20].

Однако, в целом на территории Поволжья, и Республики Татарстан в частности, на сегодня проведено недостаточное количество исследований данных препаратов на современных гибридах кукурузы. В связи с чем мы посчитали актуальным проведение наших исследований.

Цель исследований – изучить влияние некорневых подкормок жидкими удобрениями марки "BATR" - "BATR 40N" + "BATR Zn" на урожайность, структуру урожая, содержание крахмала, содержание и вынос NPK с урожаем кукурузы.

Условия, материалы и методы. Полевые опыты проводились на территории Агробιο-технопарка Казанского государственного аграрного университета (КазГАУ) в Лаишевском районе Республики Татарстан. Почва опытного участка серая лесная легкосуглинистая. Содержание гумуса по Тюрину в пахотном слое составляло 3,5...4,7%, подвижных форм фосфора и калия по Кирсанову – соответственно 140...155 и 112...120 мг/кг, реакция среды слабокислая – pH почвенного раствора 5,3-6,5. Обеспеченность почвы микроэлементами (по Пейве-Ринкису): цинком, молибденом – низкая, марганцем, медью, бором – высокая.

Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов:

- 1) Контроль – без обработки
- 2) Обработка "BATR 40N" 4 л/га в фазу шести настоящих листьев
- 3) Обработка баковой смесью "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га в фазу шести настоящих листьев

Общая площадь делянки – 126 м², учетная площадь – 20 м². Повторность в опыте – трехкратная, размещение делянок – систематическое. Полевые опыты и статистическая обработка данных соответствуют общепринятой методикой Доспехова Б.А. [21]. Биохимические анализы проводились в специальной лаборатории в соответствии с принятыми ГОСТами – для определения азота ГОСТ 13496.4; фосфора ГОСТ 26657; для калия ГОСТ 30504; крахмала ГОСТ 26176. Посев проводился пропашной сеялкой с нормой высева 80 тыс. растений на гектар. Фон минерального питания: под предпосевную культивацию внесено

70 кг/га диаммофоски + 50 кг/га в аммиачной селитры в физическом весе. Фон защиты растений от сорняков: 1) до всходов культуры – Симба, КЭ; 2) в фазу 4 настоящего листа – Дублон, СК + Балерина, СЭ. Норма расхода рабочей жидкости 200 л/га. Гибрид кукурузы "ДКС 3006" – ФАО 190, зубовидный тип зерна, отличается повышенной отзывчивостью на факторы интенсификации. Состав удобрения "BATR 40N" – N (411 г/л), SO₃ (53,3 г/л), MgO (5 г/л), B (0,5 г/л), Zn (2 г/л), Cu (0,74 г/л), Fe (0,63 г/л), Mn (0,44 г/л), Mo (0,15 г/л), Co (0,1 г/л), комплекс органических кислот 20 г/л. "BATR Zn" – Zn (60 г/л), SO₃ (86 г/л), комплекс органических кислот 150 г/л.

Погодно-климатические условия в годы исследований оказались контрастными. В 2022 год наблюдались благоприятные условия с повышенным количеством осадков (с мая по октябрь выпало 302 мм) и умеренно высокими температурами (ГТК 1,3), что позволило получить максимальную продуктивность культуры. Вегетационные периоды 2023 и 2024 оказались неблагоприятными для роста и развития кукурузы. В 2023 году наблюдался сильный дефицит осадков (менее 100 мм за вегетационный период) и повышенные, иногда экстремально высокие (до 42°C) температуры (ГТК 0,8). В 2024 году также наблюдались экстремально высокие температуры, однако количество осадков было умеренным (более 150 мм), что позволило достичь средних показателей урожайности (ГТК 0,9).

Результаты и обсуждение. Результаты оценки урожайности зерна представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность зерна кукурузы в зависимости от внесения удобрений при стандартной влажности, ц/га

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Прибавка, ц/га	Прибавка, %
Контроль	106	54,4	71,4	77,3	-	-
BATR 40N 4 л/га	109,3	58,9	75,5	81,2	3,9	5
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	114,8	64,1	85,1	88	10,7	13,8
НСП ₀₅	2,89	3,66	1,56			

По результатам оценки урожайности кукурузы в 2022–2024 годах можно сделать вывод о том, что все варианты некорневых подкормок показывают достоверное увеличение урожайности зерна с гектара.

Годы исследований оказались контрастными по погодно-климатическим условиям, в связи с чем наблюдалась существенная разница по урожайности.

Так, в благоприятный 2022 год урожайность оказалась максимальной (106–114,8 ц/га). Наименьшая урожайность зафиксирована в засушливый 2023 год (54,4–64,1 ц/га) и оказалась практически вдвое меньше, чем в 2022

году. В 2024 году урожайность составила 71,4–88 ц/га, тем самым оказалась близка к средней урожайности за годы исследований.

Наилучший результат по средней урожайности – 88 ц/га был достигнут на варианте "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га и превышал контрольный вариант на 10,7 ц/га или 13,8%.

Обработка "BATR 40N" 4 л/га также способствовало росту урожайности зерна, особенно в 2023 и 2024 года. Средняя прибавка к контролю составила 3,9 ц/га или 5%.

Влияние подкормок на структуру урожайности зерна приведено в таблице 2.

АГРОНОМИЯ

Таблица 2 – Структура урожая зерна в зависимости от внесения удобрений

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Прибавка, г/шт
Масса зерна с початка, г					
Контроль	146,61	82,1	102,49	110,4	-
BATR 40N 4 л/га	149,70	88,83	108,27	115,6	5,2
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	158,78	96,15	122,05	125,66	15,26
НСП ₀₅	2,53	4,67	4,05		
Количество зерен в початке, шт					
Контроль	479,6	432,3	438,9	450,3	-
BATR 40N 4 л/га	500,4	451,8	464,4	472,2	21,9
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	522,1	482,6	495,3	500	49,7
НСП ₀₅	11,4	13,8	13,1		
Масса 1000 зерен, г					
Контроль	297,16	195,08	226,93	239,72	-
BATR 40N 4 л/га	302,75	201,32	233,55	245,87	6,15
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	306,76	206,12	238,93	250,6	10,88
НСП ₀₅	3,02	3,54	3,14		

Некорневые подкормки повлияли на все элементы структуры урожайности зерна кукурузы. Наиболее сильная зависимость выявлена в массе зерна с початка (средняя прибавка составила 5,2–15,26 г или 4,7–13,8%) и количестве зерен в початке (прибавка составила 21,9–49,7 шт. или 4,8–11%). Относительная прибавка массы зерна с початка оказалась несколько больше, в процентном соотношении, чем прибавка по количеству зерен, что объясняется прибавкой в массе 1000 зерен.

Баковая смесь удобрений "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га внесенная в

фазу шести настоящих листьев оказалась наиболее эффективной и позволила увеличить в среднем за годы исследований: массу зерна с початка на 15,26 г, количество зерен в початке на 49,7 шт., а также массу 1000 зерен на 10,88 г.

Достоверная прибавка по всем показателям, однако с меньшей отдачей, наблюдалась и при применении только удобрения "BATR 40N" 4 л/га.

Одним из основных показателей качества зерна является содержание крахмала. Результаты анализа данного показателя представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние удобрений на содержание крахмала в зерне кукурузы, %

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Прибавка, %
Контроль	77,4	57,5	57,7	64,3	-
BATR 40N 4 л/га	78,1	60,2	60,5	66,3	+2
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	80,5	62,1	63,6	68,7	+4,4
НСП ₀₅	0,44	1,34	1,78		

По результатам оценки содержания крахмала в зерне кукурузы, можно сделать вывод о том, что некорневые подкормки оказывают положительное влияние на данный показатель.

Содержание крахмала в зерне по годам исследований существенно различается, что вызвано отличиями в погодно-климатических условиях, однако тенденция прибавки данного показателя относительно контроля сохраняется во все годы исследований и наиболее

выражена в засушливые 2023 и 2024 года.

Так, в среднем за 2022-2024 годы исследований, некорневые подкормки удобрениями "BATR 40N" 4 л/га и "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га в фазу шести настоящих листьев культуры привели к росту содержания крахмала в зерне на 2% и 4,4% соответственно.

Оценка влияния некорневых подкормок на содержание NPK в зерне кукурузы приведена в таблице 4.

АГРОНОМИЯ

Таблица 4 – Влияние удобрений на содержание азота (N), фосфора (P) и калия (K) в зерне кукурузы, %

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Отклонение, % (процентные пункты)
Азот					
Контроль	1,46	0,81	0,82	1,03	-
BATR 40N 4 л/га	1,59	0,85	0,94	1,13	+0,1
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	1,61	0,91	0,99	1,17	+0,14
HCP ₀₅	0,03	0,07	0,06		
Фосфор					
Контроль	0,38	0,35	0,37	0,37	-
BATR 40N 4 л/га	0,38	0,35	0,39	0,37	-
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	0,38	0,37	0,41	0,39	+0,02
HCP ₀₅	0,06	0,05	0,09		
Калий					
Контроль	0,46	0,23	0,28	0,32	-
BATR 40N 4 л/га	0,46	0,26	0,28	0,33	+0,01
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	0,48	0,27	0,29	0,35	+0,03
HCP ₀₅	0,05	0,08	0,04		

По годам исследований наблюдались существенные различия по содержанию NPK. Что связано, прежде всего с погодно-климатическими условиями периодов вегетации – в засушливые 2023 и 2024 годах содержание элементов питания в зерне оказалось существенно ниже, чем в 2024 году, т. к. вследствие недостатка влаги, поступление элементов минерального питания было существенно ограничено.

Достоверная прибавка отмечена лишь в содержании азота между контролем и вариантами обработок. Достоверных различий между вариантами обработок не отмечено.

В среднем за годы исследований, обработка "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га позволила увеличить содержание азота в зерне на

0,14%, тогда как обработка "BATR 40N" 4 л/га показала меньшее увеличение – на 0,1%.

Некорневые подкормки не оказали существенного влияния на содержание фосфора и калия. Разница не превышает HCP₀₅.

Вероятно, увеличение содержания азота происходит как за счет дополнительного внесения с препаратом, так и за счет стимулирования поглощения элементов питания, в т. ч. и азота, из почвы. В работе Ну У. и Вигус З. [22] отмечается, что некорневой способ внесения удобрений позволяет быстрее доставить и включить в метаболизм растения элементы минерального питания.

Некорневые подкормки также повлияли и на вынос NPK с 1 гектара. Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Вынос NPK кукурузой из почвы с урожаем зерна и соответствующим количеством побочной продукции, кг/га

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Отклонение, кг/га
Азот					
Контроль	328,8	123,7	155,4	202,6	-
BATR 40N 4 л/га	361,8	138,6	176,4	225,6	+23
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	385,9	148,8	204,7	246,5	+43,9
Фосфор					
Контроль	89,1	49,4	60,6	66,4	-
BATR 40N 4 л/га	91,2	51,6	65,9	69,6	+3,2
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	98,7	56,4	77,6	77,6	+11,2
Калий					
Контроль	447,5	244,8	263,8	318,7	-
BATR 40N 4 л/га	453,8	264,2	279,7	332,6	+13,9
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	483,1	268,2	324,4	363,2	+44,5

Оценка результатов расчета выноса NPK с урожаем основной и соответствующим количеством побочной продукции позволяет сделать вывод о том, что применение изучаемых препаратов существенно влияет на величину выноса элементов питания. Средний вынос азота за годы исследований увеличивается на 23–43,9 кг/га, фосфора на 3,2–11,2 кг/га, калия на 13,9–44,5 кг/га. Вынос азота увеличивается как за счет увеличения концентрации в растении, так и за счет увеличения урожайности [23]. Тогда как вынос фосфора и калия увеличивается только за счет увеличения урожайности, т. к. некорневые подкормки не оказали существенного влияния на содержание данных элементов питания в растениях.

Основной причиной можно считать стимулирование процессов роста, развития и накопления питательных веществ в растениях в целом и зерне в частности – что приводит к росту продуктивности культуры и, соответственно, увеличению показателей выноса элементов питания из почвы.

Выводы. Количественные и качественные показатели зерновой продуктивности кукурузы в годы исследований существенно различались, чему способствовали контрастные погодно-климатические условия периодов вегетации. Однако, в целом удалось выявить достоверные различия вариантов опыта по следующим показателям – урожайность зерна

(достоверные различия по всем вариантам), содержание крахмала (достоверные различия по всем вариантам) и содержание NPK в зерне (достоверное различие в содержании азота между контролем и вариантами обработок).

Наибольшая отзывчивость на внесение удобрений выявлена в засушливые 2023 и 2024 года исследований, что, вероятно, вызвано слабой доступностью элементов минерального питания из почвы вследствие почвенной засухи, и, соответственно, лучшей отзывчивостью на внесение удобрений через листовую поверхность. Доказательством выводов служит разница в процентном соотношении по показателям продуктивности: прибавка урожайности в благоприятный 2022 год составила 3,1–8,3%, тогда как в засушливые 2023 и 2024 года 8,3–17,8% и 5,7–19,2% соответственно. Прибавка в содержании крахмала составила: в 2022 году 0,1–4%; в 2023 4,7–8%; в 2024 4,8–10,2%. Аналогичная тенденция прослеживается и в выносе NPK.

Проведенные исследования по оценке влияния жидких органоминеральных удобрений марки "BATR" на урожайность, качественные характеристики и вынос NPK растениями кукурузы позволяют сделать вывод о том, что можно рекомендовать данные препараты к применению в фазу шести настоящих листьев культуры в современных технологиях выращивания кукурузы на зерно.

Литература

1. Влияние норм полива на продуктивность сахарной кукурузы в условиях экологически чистой горной зоны Кабардино-Балкарии / З. Г. С. Шибзухов, А. Ю. Кишев, З. С. Шибзухова и др. // Аграрная Россия. 2021. № 8. С. 28–31. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2021-8-28-31>.
2. Давыдов А. С., Ермакова К.С. Режим орошения кукурузы на зерно // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 5. С. 55–59.
3. Кириллов Н. А., Соколова Е.А. Урожайность зеленой массы и зерна гибридов кукурузы отечественной селекции // Аграрная Россия. 2019. № 6. С. 29–33. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2019-6-29-33>.
4. Виноградов И. С., Лазарев Н.Н. Комплексная оценка гибридов кукурузы для производства силоса // Кормопроизводство. 2023. № 1. С. 26–30.
5. Фомин В. Н., Миназов И.Р. Совместные посевы кукурузы с бобовыми культурами в республике Татарстан // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 2. С. 55–57.
6. Влияние внекорневой обработки суспензией наноструктурного материала на урожайность и кормовую ценность зеленой массы кукурузы / Г. Ф. Рахманова, Н. Л. Шаронова, Ш. А. Алиев и др. // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2017. Т. 232, № 4. С. 120–123.
7. Некорневое питание растений кукурузы водорастворимыми удобрениями марки Aqualis / В. Н. Баринцева, И. Н. Ивашенко, В. В. Дриггер и др. // Плодородие. 2024. № 4. С. 27–31. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.139.06>.
8. Effect of humic acid foliar spraying and nitrogen fertilizers management on wheat yield / Shabana Ehsan, Shahid Javed, Ifra Saleem, Fareeha Habib, Tahir Majeed // International Journal of Agronomy and Agricultural Research. 2014. Vol. 4. № 4. P. 28–33.
9. Shcatula Y. Evaluation of efficiency of application of growth stimulators and micro- fertilizers in maize crops // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2021. № 57-2. P. 8–14. <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2021-57-2-8-14>.
10. Cakmak I., Kutman U. B. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review // European Journal of Soil Science. 2018. Vol. 69, № 1. P. 172–180. <https://doi.org/10.1111/ejss.12437>.
11. Семина С. А., Гаврюшина И.В., Палийчук А.С. Урожайность и биохимический статус кукурузы в зависимости от минерального питания и густоты стояния растений // Нива Поволжья. 2022. № 2. С. 1002.
12. Егоров В. С., Держинская А.А. Фолиарное применение удобрений и механизм их поступления в растения // Проблемы агрохимии и экологии. 2015. № 2. С. 51–57.
13. Эффективность некорневых подкормок кукурузы цинком при различной обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы этим элементом / М. В. Рак, С. А. Титова, Т. Г. Николаева и др. // Почвоведение и агрохимия. 2018. № 2. С. 120–128.
14. Интенсификация системы удобрения кукурузы в условиях орошения в Чеченской Республике / Н. Л. Адаев, М. Х. Хамзатова, А. Г. Амаева и др. // Кукуруза и сорго. 2019. № 2. С. 14–21. <https://doi.org/10.25715/KS.2019.2.31829>.

15. Багринцева В. Н., Ивашененко И.Н. Эффективность азотного удобрения на гибридах кукурузы в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края // *Агрохимия*. 2018. № 1. С. 72-76. <https://doi.org/10.7868/S0002188118010076>.
16. Шмально И. А., Багринцева В.Н. Повышение урожайности кукурузы посредством некорневой подкормки растений // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021. № 3. С. 66-68. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-3-63-68>.
17. Шогенов Ю. М., Ханиева И.М. Урожайность и качество зерна кукурузы в зависимости от применяемых органических, макро-, микроудобрений и регулятора роста // *Роль науки и технологий в обеспечении устойчивого развития АПК: сборник научных трудов по итогам IX Международной науч.-практ. конф. Нальчик: ФГБОУ "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М.Кокова"*, 2021. С. 91-95.
18. Багринцева В. Н., Ивашененко И.Н. Эффективность некорневых подкормок кукурузы удобрениями марки Батр // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2021. № 1. С. 28-36.
19. Багринцева В. Н., Ивашененко И.Н., Сотченко Д.Ю. Влияние некорневой подкормки микроудобрением Батр Цинк на урожайность кукурузы и кормовые качества зерна // *Животноводство и кормопроизводство*. 2023. Т. 106, № 3. С. 213-224. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-1-99-28-36>.
20. Роль макро- и микроудобрений в повышении урожайности и качества зеленой массы кукурузы на серых лесных почвах Республики Татарстан / М. Ю. Михайлова, М. Ю. Гилязов, Р. М. Низамов и др. // *Вестник Курганской ГСХА*. 2023. № 2. С. 34-41. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-213>.
21. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
22. Hu Y., Burcus Z., Schmidhalter U. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. // *Soil Science Plant Nutrition*. 2008. Vol. 54. P. 133–141.
23. Ивашененко И. Н., Багринцева В. Н. Оценка эффективности некорневых подкормок азотсодержащими удобрениями на кукурузе // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2021. №3. С. 40-54.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Зиганшин Андрей Алексеевич – аспирант кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: ziganshinandrei@mail.ru

Сафин Радик Ильясевич – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой общего земледелия, защиты растений и селекции, член-корр. АН РТ, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728> Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

INFLUENCE OF LIQUID ORGANOMINERAL FERTILIZERS ON YIELD, QUALITY OF GRAIN PRODUCTION OF CORN AND THE DYNAMICS OF NUTRIENT REMOVAL FROM THE SOIL

A. A. Ziganshin, R. I. Safin

Abstract. The article presents the research materials on assessing the effect of liquid organomineral fertilizers on the productivity indicators of grain corn. The studies were conducted in 2022-2024 in Kama zone of the Republic of Tatarstan on gray forest soil. Experimental design: 1) control - without fertilizers; 2) application of BATR 40N at a dose of 4 l/ha in the phase of six true leaves of the crop; 3) application of a tank mixture of BATR 40N at a dose of 4 l/ha + BATR Zn at a dose of 1 l/ha in the phase of six true leaves of the crop. The object of research is DKS 3006 corn hybrid. The soil of the experimental plot: humus content is 3.5...4.7% (according to Tyurin), mobile phosphorus (according to Kirsanov) - 140...155 mg / kg and exchangeable potassium (according to Kirsanov) - 112...120 mg / kg of soil, pH (salt extract) - 5.3-6.6. The experiment was repeated 3 times, the plots were placed systematically, the area of each plot was 126 m². The weather and climatic conditions during the years of research turned out to be contrasting - 2022 was favorable (HTC 1.3), 2023 and 2024 were droughty (HTC 0.8 and 0.9, respectively). Foliar feeding contributed to an increase in yield (the average increase over the years of research was 3.9-10.7 c/ha), improved quality (starch content increased by 2-4.4%, nitrogen content in grain by 0.1-0.14%). The greatest effect was achieved with the use of a mixture of fertilizers BATR 40N at a dose of 4 l/ha + BATR Zn at a dose of 1 l/ha. On average, over the years of research, the yield increase was 10.7 c/ha, the starch content increased by 4.4%, and the grain weight per cob by 15.56 g (due to an increase in the number of grains and the thousand-grain weight). The average NPK content in grain, depending on the variant, was: nitrogen 1.03-1.17%, phosphorus - 0.3-0.39%, potassium - 0.32-0.35%. The average removal of nitrogen was 202.6-246.5 kg/ha, phosphorus 66.4-77.6 kg/ha, potassium - 318.7-363.2 kg/ha.

Key words: nitrogen, zinc, organomineral fertilizers, corn (*Zea Mays*).

For citation: Ziganshin A.A., Safin R.I. Influence of liquid organomineral fertilizers on yield, quality of grain production of corn and the dynamics of nutrient removal from the soil. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2025; 1(13): 29-35 p.

References

1. Shibzukhov ZGS, Kishev AYU, Shibzukhova ZS. [The influence of irrigation rates on the productivity of sweet corn in the conditions of an ecologically clean mountain zone of Kabardino-Balkaria]. *Agrarnaya Rossiya*. 2021; 8. 28-31 p. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2021-8-28-31>.
2. Davydov AS, Ermakova KS. [Irrigation regime for grain corn]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019; 5. 55-59 p.
3. Kirillov NA, Sokolova EA. [Yield of green mass and grain of domestically bred corn hybrids]. *Agrarnaya Rossiya*. 2019; 6. 29-33 p. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2019-6-29-33>.
4. Vinogradov IS, Lazarev NN. [Comprehensive assessment of corn hybrids for silage production]. *Kormoproizvodstvo*. 2023; 1. 26-30 p.
5. Fomin VN, Minazov IR. [Joint crops of corn with legumes in the Republic of Tatarstan]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2012; 2. 55-57 p.
6. Rakhmanova GF, Sharonova NL, Aliev ShA. [Influence of foliar treatment with a suspension of nanostructured

material on the yield and feed value of green mass of corn]. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Bauman*. 2017; Vol.232. 4. 120-123 p.

7. Bagrintseva VN, Ivashenko IN, Dridiger VV. [Foliar nutrition of corn plants with water-soluble fertilizers of Aqualis brand]. *Plodorodie*. 2024; 4. 27-31 p. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.139.06>.

8. Shabana Ehsan, Shahid Javed, Ifra Saleem, Fareeha Habib, Tahir Majeed Effect of humic acid foliar spraying and nitrogen fertilizers management on wheat yield. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 2014; Vol.4. 4. 28-33 p.

9. Shcatula Y. Evaluation of efficiency of application of growth stimulators and micro- fertilizers in maize crops. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2021; 57-2. 8-14 p. <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2021-57-2-8-14>.

10. Cakmak I, Kutman UB. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. *European Journal of Soil Science*. 2018; Vol.69. 1. 172-180 p. <https://doi.org/10.1111/ejss.12437>.

11. Semina SA, Gavryushina IV, Paliychuk AS. [Yield and biochemical status of corn depending on mineral nutrition and plant density]. *Niva Povolzhya*. 2022; 2. 1002 p.

12. Egorov VS, Dzerzhinskaya AA. [Foliar application of fertilizers and the mechanism of their entry into plants]. *Problemy agrokhimii i ekologii*. 2015; 2. 51-57 p.

13. Rak MV, Titova SA, Nikolaeva TG. [Efficiency of foliar feeding of corn with zinc under different conditions of provision of sod-podzolic sandy loam soil with this element]. *Pochvovedenie i agrokhiimiya*. 2018; 2. 120-128 p.

14. Adaev NL, Khamzatova MKh, Amaeva AG. [Intensification of the corn fertilization system under irrigation conditions in the Chechen Republic]. *Kukuruza i sorgo*. 2019; 2. 14-21 p. <https://doi.org/10.25715/KS.2019.2.31829>.

15. Bagrintseva VN, Ivashenko IN. [Efficiency of nitrogen fertilizer on corn hybrids in the zone of sufficient moisture of Stavropol Kray]. *Agrokhiimiya*. 2018; 1. 72-76 p. <https://doi.org/10.7868/S0002188118010076>.

16. Shmalko IA, Bagrintseva VN. [Increasing corn yields through foliar feeding of plants]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2021; 3. 66-68 p. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-3-63-68>.

17. Shogenov YuM, Khanieva IM. [Yield and quality of corn grain depending on the applied organic, macro-, micro-fertilizers and growth regulator. The role of science and technology in ensuring sustainable development of the agro-industrial complex]. *Sbornik nauchnykh trudov po itogam IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Nalchik: FGBOU Kabardino-Balkarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni V.M.Kokova*. 2021; 91-95 p.

18. Bagrintseva VN, Ivashenko IN. [Efficiency of foliar feeding of corn with Batr fertilizers]. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2021; 1. 28-36 p.

19. Bagrintseva VN, Ivashenko IN, Sotchenko DYU. [The effect of foliar feeding with Batr Zinc microfertilizer on corn yield and forage quality of grain]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2023; Vol.106. 3. 213-224 p. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-1-99-28-36>.

20. Mikhaylova MYu, Gilyazov MYu, Nizamov RM. [The role of macro- and microfertilizers in increasing the yield and quality of green mass of corn on gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2023; 2. 34-41 p. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-213>.

21. Dospekhov BA. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy)*. [Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Agropromizdat. 1985; 351 p.

22. Hu Y, Burcus Z, Schmidhalter U. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. *Soil Science Plant Nutrition*. 2008; Vol.54. 133-141 p.

23. Ivashenko IN, Bagrintseva VN. [Evaluation of the effectiveness of foliar feeding with nitrogen-containing fertilizers on corn]. *Izvestiya Timiryazevskoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2021; 3. 40-54 p.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Ziganshin Andrey Alekseevich - Postgraduate student of the Department of General Agriculture, Plant Protection and Breeding, e-mail: ziganshinandrei@mail.ru

Safin Radik Ilyasovich - Doctor of Agricultural Sciences, Head of Department of General Agriculture, Plant Protection and Breeding, Corresponding Member Academy of the Republic of Tatarstan, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728>

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.