

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-3-146-153>
УДК: 633.15:631.559:631.8

В.А. Монастырский, Я.С. Тищенко*

Российский научно-исследовательский институт
проблем мелиорации
Новочеркасск, Российская Федерация

*Автор для переписки: ageeva.yana21@gmail.com

Вклад авторов: Монастырский В.А.: руководство исследованием, концептуализация, методология, создание рукописи и ее редактирование. Тищенко Я.С.: проведение исследований, верификация данных, формальный анализ, создание рукописи и ее редактирование.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликтах интересов.

Для цитирования: Монастырский В.А., Тищенко Я.С. Влияние доз минеральных и органических удобрений на урожайность зерна кукурузы при капельном поливе. *Овощи России*. 2026;(3):146-153.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-3-146-153>

Поступила в редакцию: 14.11.2025

Принята к печати: 15.02.2026

Опубликована: 27.07.2026

Valeriy A. Monastyrskiy, Yana S. Tishchenko*

Russian Scientific Research Institute
of Land Improvement Problems
Novocherkassk, Russian Federation

*Corresponding Author: ageeva.yana21@gmail.com

Authors' Contribution: Monastyrskiy V.A.: supervision, conceptualization, methodology, writing – review & editing. Tishchenko Ya.S.: investigation, validation, formal analysis writing – review & editing.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citations: Monastyrskiy V.A., Tishchenko Ya.S. The influence of doses of mineral and organic fertilizers on the yield of corn grain under drip irrigation. *Vegetable crops of Russia*. 2026;(3):146-153. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-3-146-153>

Received: 14.11.2025

Accepted for publication: 15.02.2026

Published: 27.07.2026

Влияние доз минеральных и органических удобрений на урожайность зерна кукурузы при капельном поливе

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Цель работы – изучение влияния доз минеральных и органических удобрений на урожайность зерна кукурузы при капельном поливе.

Методы. Исследования проводили в 2023-2024 годах на опытном участке Бирючукской ОСОС, расположенной в Ростовской области. Схема опыта: вариант 1 – $N_{240}P_{120}K_{170}$ (норма внесения минеральных удобрений, рассчитанных на планируемую урожайность 10 т/га (контроль)); вариант 2 – $N_{190}P_{100}K_{120}$ + 10 т навоза + 15 т зеленой массы сидератов; вариант 3 – $N_{190}P_{100}K_{120}$ + 20 т навоза; вариант 4 – $N_{190}P_{100}K_{120}$ + 30 т зеленой массы сидератов. Гибрид Зерноградский 354 МВ среднеспелый.

Результаты. Определено, что наибольшая площадь листовой поверхности и линейный рост кукурузы на зерно были достигнуты в варианте, где применяли как минеральные, так и органические удобрения. В фазе МВ спелости в 2023 году эти показатели составили 120,5 тыс. м²/га по площади листьев и 221,7 см по высоте, а в 2024 году – 102,4 тыс. м²/га и 206,7 см соответственно. Эти результаты превышают показатели контрольного варианта: в 2023 году разница составила 17,4 тыс. м²/га по площади и 17,1 см по высоте, а в 2024 году – 16,7 тыс. м²/га и 23,3 см. Урожайность кукурузы в этом варианте превысила контрольный на 54,4% в 2023 году и на 53,7% в 2024 году. В варианте с внесением минеральных удобрений и 20 т навоза эти показатели соответствуют: в 2023 году – 112,8 тыс. м²/га и 213,4 см, а в 2024 году – 94,3 тыс. м²/га и 196,5 см, что в 2023 году на 9,4 и 4,3%, а в 2024 году – на 10,0 и 7,1% выше по отношению к контролю. Урожайность превысила контроль на 53,3% в 2023 году и на 32,9% в 2024 году. В варианте с внесением минеральных удобрений и 30 т зеленой массы сидератов по этим показателям получили: в 2023 году – 108,2 тыс. м²/га и 209,2 см, а в 2024 году – 90,6 тыс. м²/га и 188,2 см, что превышает контроль в 2023 году на 4,9 и 2,2%, а в 2024 году на 5,7 и 2,6%. Урожайность превысила контрольный показатель на 36,7% в 2023 году и на 35,4% в 2024 году.

Заключение. На основании проведенных полевых исследований установлено, что наибольшие результаты по площади листовой поверхности, линейному росту и урожайности кукурузы были достигнуты при совместном применении минеральных и органических удобрений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

урожайность, кукуруза на зерно, минеральные и органические удобрения, линейный рост, площадь листовой поверхности, капельное орошение

The influence of doses of mineral and organic fertilizers on the yield of corn grain under drip irrigation

ABSTRACT

Purpose: to study the effect of doses of mineral and organic fertilizers on the yield of corn grain during drip irrigation. **Methods.** Research was carried out in 2023-2024. at the experimental site of the Biryuchekutskaya OSOS, located in the Rostov region. Scheme of experience: option 1 – $N_{240}P_{120}K_{170}$ (application rate of mineral fertilizers calculated for the planned yield of 10 t/ha (control)); option 2 – $N_{190}P_{100}K_{120}$ + 10 t of manure + 15 t of green manure; option 3 – $N_{190}P_{100}K_{120}$ + 20 t of manure; option 4 – $N_{190}P_{100}K_{120}$ + 30 t of green manure. Hybrid Zernogradsky 354 MV is mid-maturing.

Results. It was determined that the largest leaf surface area and linear growth of corn per grain were achieved in the second embodiment, where both mineral and organic fertilizers were used. In the phase of MV ripeness in 2023, these indicators amounted to 120.5 thousand m²/ha in leaf area and 221.7 cm in height, and in 2024 – 102.4 thousand m²/ha and 206.7 cm, respectively. These results are higher than the control case: in 2023, the difference was 17.4 thousand m²/ha in area and 17.1 cm in height, and in 2024 – 16.7 thousand m²/ha and 23.3 cm. Corn yield in the second option exceeded the control option by 54.4% in 2023 and 53.7% in 2024. On the third option with the introduction of mineral fertilizers and 20 tons of manure, these indicators correspond to: in 2023 – 112.8 thousand m²/ha and 213.4 cm, and in 2024 – 94.3 thousand m²/ha and 196.5 cm, which is 9.4 and 4.3% in 2023, and in 2024 by 10.0 and 7.1% higher in relation to control. The yield in this option exceeded control by 53.3% in 2023 and by 32.9% in 2024. In the fourth option with the introduction of mineral fertilizers and 30 tons of green mass of seedlings, these indicators were obtained: in 2023 – 108.2 thousand m²/ha and 209.2 cm, and in 2024 – 90.6 thousand m²/ha and 188.2 cm, which exceeds the control option in 2023 by 4.9 and 2.2%, and in 2024 by 5.7 and 2.6%. Yields in this variant exceeded the benchmark by 36.7% in 2023 and by 35.4% in 2024. **Conclusions.** Based on field studies, it was found that the best results in terms of leaf surface area, linear growth and corn yield were achieved in the world version, where both mineral and organic fertilizers were used. Options three and four also showed positive results, but they turned out to be significantly less effective compared to the second option.

KEYWORDS:

yield, corn per grain, mineral and organic fertilizers, linear growth, leaf surface area, drip irrigation

Введение

Кукуруза, известная под научным названием *Zea mays*, представляет собой одну из важных сельскохозяйственных культур, а для ее роста и развития необходимо значительное количество элементов питания. Эта культура не только широко используется в пищевой промышленности, но и является важным компонентом кормов для скота. Зерна кукурузы являются высокопитательным продуктом, который богат различными полезными веществами. В частности, в составе зерна кукурузы содержится от 9 до 12 процентов белка, от 4 до 8 процентов жира и от 65 до 70 процентов углеводов [1-4]. В течение вегетационного периода кукуруза на зерно требует значительного количества питательных веществ. Для того чтобы произвести одну тонну зерна, кукуруза в среднем нуждается в 24-30 килограммах азота, 10-12 килограммах фосфора и 25-30 килограммах калия [5]. Удобрения играют ключевую роль в обеспечении кукурузы необходимыми макро- и микроэлементами, что в свою очередь, влияет на урожайность и качество зерна [6, 7].

Ростовская область – один из лидеров в России по производству кукурузы, занимает площади свыше 116 тысяч гектаров. Эта культура приносит региону более 2 миллиардов рублей ежегодной прибыли, что ставит область в десятку крупнейших производителей в стране [8].

В последние годы наблюдается рост площадей сельскохозяйственных земель в различных регионах страны, где активно внедряется система капельного орошения. Применение этой технологии обеспечивает как агрономические, так и экономические преимущества, что позволяет более эффективно использовать водные ресурсы. Капельное орошение, помимо своей экономии оросительной воды, также способствует более рациональному внесению удобрений, что в совместном сочетании почвы ведет к росту урожайности сельскохозяйственных культур [9-12].

Для достижения оптимального роста и развития кукурузы, а также получения высоких урожаев крайне важно правильно применять удобрения. В процессе вегетации кукурузы основные элементы минерального питания, такие как: азот, фосфор и калий – усваиваются растением неравномерно [5]. На ранних

стадиях роста кукурузы особенно важен азот. Поглощение азота кукурузой продолжается на протяжении всего вегетационного периода, однако наибольшее его потребление происходит за 2-3 недели до начала цветения, когда метелки начинают выметываться. Критический период для потребления азота совпадает с фазами цветения и формирования семян, когда кукуруза испытывает наибольшую потребность в этом элементе. После начала фазы молочной спелости зерна потребление азота начинает снижаться, и растения уже не требуют его в таких больших количествах [13].

Фосфор, в свою очередь, усваивается растениями более равномерно на протяжении всего вегетационного периода, но наибольшая потребность в этом элементе наблюдается в самом начале развития кукурузы на зерно, особенно в фазе 5-го листа, когда закладываются будущие соцветия. Растения поглощают фосфор гораздо медленнее и в меньших количествах, чем азот и калий. Поступление фосфора в корни происходит постепенно и равномерно. Наибольшее потребление фосфора растением приходится на период развития и созревания зерна, достигая пика в фазе формирования зерна и продолжаясь практически до полной спелости [14].

Что касается калия, то он также усваивается растениями наиболее активно в начальный период вегетации, начиная с первых дней после появления всходов. К началу фазы выметывания (стадия формирования метелки) кукуруза успевает поглотить до 90% всего необходимого ей калия. Потребление калия продолжается и после цветения, но темпы его усвоения значительно снижаются [13].

Цель исследований – изучить влияние доз минеральных и органических удобрений на продуктивность кукурузы при капельном поливе.

Материалы и методы

Полевой опыт проводили в 2023-2024 годах на опытном участке Бирючукской овощной селекционной опытной станции (БОСОС), расположенной в Ростовской области. Поливы проводились капельным орошением, что обеспечивало равномерное распределение влаги и питательных веществ к корням растений, представленным на рисунке 1.



Рис. 1. Капельное орошение кукурузы на зерно
Fig. 1. Drip irrigation of corn for grain

Почвы представлены черноземом обыкновенным, характеризующимся как весьма плодородный. Мощность гумусового горизонта – до 70 см. Пахотный слой имеет нейтральную реакцию, характеризуется высоким содержанием гумуса, достаточной обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием. Плотность сложения почвы в слое 0–60 см – 1,27 т/м³, наименьшая влагоемкость (НВ) составляет 28,2%.

В исследованиях предусмотрена следующая схема опыта:

Вариант 1 – N₂₄₀P₁₂₀K₁₇₀ (норма внесения минеральных удобрений, рассчитанных на планируемую урожайность 10 т/га (контроль)).

Вариант 2 – N₁₉₀P₁₀₀K₁₂₀ + 10 т навоза + 15 т зеленой массы сидератов.

Вариант 3 – N₁₉₀P₁₀₀K₁₂₀ + 20 т навоза.

Вариант 4 – N₁₉₀P₁₀₀K₁₂₀ + 30 т зеленой массы сидератов.

Исследования проводили на среднеспелом гибриде Зерноградский 354 МВ (ФАО 360), представленном на рисунке 2. Включен в Госреестр по Северо - Кавказскому (6) региону на зерно. Зерно относится к зубовидному типу. Среднеспелый трехлинейный гибрид интенсивного типа. Vegetационный период 115 дней. Растение среднерослое, некустящееся, хорошо облиственное, высота крепления початка 75–85 см. Средняя урожайность зерна в регионе составила 54,3 ц/га, максимальная – 124,6 ц/га [15, 16].

В 2023 году кукурузу высевали с помощью сеялки пропашной с междурядьями шириной 70 см. Посевы были осуществлены 15 мая в 203 году и 14 мая – в 2024 году. Площадь, отведенная под кукурузу, составила 1500 м² в 2023 году и 1200 м² в 2024 году, повторность – трехкратная. Кукуруза, предназначенная для получения зерна, была посеяна после ярового рапса, который выступал в роли предшественника. Полные всходы кукурузы были зафиксированы в период с 24 по 25 мая. Урожайность зерна определялась в фазе молочно-восковой спелости (МВ). Учет собранного урожая проводили вручную. До появления

всходов поверхность почвы обрабатывали гербицидом Гезагард, КС (500 г/л прометрин) с нормой расхода 2,5 л/га. Расстояние между капельницами – 20 см. Влажность почвы поддерживалась на уровне 70 % от НВ на всех вариантах опыта [17].

Согласно метеорологическим данным, 2023 и 2024 годы демонстрируют значительные различия. В 2023 году за расчетный период с мая по август выпало 300,0 мм, что превысило среднееголетние значения на 103,9 мм. Среднесуточная температура воздуха в мае, июне была ниже среднееголетних значений на 0,6 и 0,5°C соответственно. С июля температурный режим был выше среднееголетних значений на 0,2°C, в августе уже на 2,7°C соответственно, что способствовало большому испарению с поверхности почвы. Сумма среднесуточных температур воздуха выше 10°C за расчетный период вегетации кукурузы на зерно составила 2415,6°C. В 2024 году за расчетный период с мая по август выпало 65,0 мм осадков, что оказалось ниже среднееголетних на 176,4 мм. Наибольшее их количество выпало в июне и июле месяце и превысило среднееголетние значения соответственно на 3,6 и 11,7 мм. Среднесуточная температура воздуха превышала многолетние значения в апреле на 6,3°C и с июня по август на 2,8°C, 1,1 и 0,1°C соответственно. Сумма температур выше 10 °C за вегетацию кукурузы составила 2394,0°C. Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2023 году составил 1,2, характеризую вегетационный период как очень влажный. В то же время, в 2024 г. ГТК составил 0,3, что свидетельствует о сухом вегетационном периоде. Исследования проводились на основе методик полевого опыта, разработанных Б.А. Доспеховым, В.Н. Плешаковым [18, 19].

Результаты и обсуждение

Исследование продолжительности разных стадий развития кукурузы (фенологических фаз) гибрида Зерноградский 354 МВ позволило определить длину вегетационного периода. Результаты наблюдений за несколько лет, отражающие продолжительность каждой фенофазы и общий вегетационный период, представлены в таблице 1.

На продолжительность вегетационного периода кукурузы на зерно повлияли погодные условия и внесение удобрений.

Последующими наблюдениями выявлено, что полные всходы кукурузы появляются на 11 сутки в 2023 году, а в 2024 году – на 10 сутки. Фаза выметывания: в 2023 году наступила на 61 сутки на первом и четвертом вариантах и на 63 сутки на втором и третьем вариантах опыта соответственно; в 2024 году – на первом варианте (контроль) отмечено наступление фазы на 56 сутки, на втором варианте на 59 сутки, на третьем и четвертом на 57 и 58 сутки соответственно. Наступление фазы цветения кукурузы отмечено через 7 суток после фазы выметывания, как в 2023 году, так и в 2024 году. Фаза МВ спелость: в 2023 году наступила на 21 сутки на первом варианте (контроль), на втором варианте на 24 сутки, на третьем варианте на 23 сутки и на четвертом варианте на 22 сутки соответственно; в 2024 году – на первом варианте отмечено наступление фазы на 21 сутки, на втором и четвертом варианте на 22 сутки а на третьем варианте на 23 сутки соответственно. Период вегетации кукурузы варьировался от 115 суток (первый вариант) до 122 суток (второй вариант) в 2023 году, а в 2024 году от 109 суток (первый вариант) до 114 суток на втором варианте.

Влияние различных норм удобрений на площадь листовой поверхности кукурузы на зерно представлены в таблице 2.

Рассматривая воздействие комплексов удобрений на динамику развития растений, необходимо обратить внимание на площадь листовой поверхности в разные фазы созревания.



Рис. 2. Гибрид Зерноградский 354 МВ
Fig. 2. Hybrid Zernogradsky 354 MV

Таблица 1. Продолжительность периодов развития кукурузы на зерно в зависимости от системы удобрений за 2023-2024 гг., сут
Table 1. Duration of maize grain development periods depending on the fertilization system for 2023-2024, days

Вариант опыта	Период вегетации							
	всходы	5-й лист	9-й лист	выметывание	цветение	молочная спелость	МВ спелость	период вегетации
2023 год								
Вариант № 1 (контроль)	11	18	8	24	7	26	21	115
Вариант № 2	11	18	8	26	7	28	24	122
Вариант № 3	11	18	8	26	7	27	23	120
Вариант № 4	11	18	8	24	7	28	22	118
2024 год								
Вариант № 1 (контроль)	10	16	8	22	7	25	21	109
Вариант № 2	10	16	8	25	7	26	22	114
Вариант № 3	10	16	8	24	7	24	23	112
Вариант № 4	10	16	8	23	7	25	22	111

Так, первый вариант (контроль) показал самые низкие результаты, как в средневлажном 2023 г., так и в сухом 2024 г. В то же время второй вариант продемонстрировал результаты, превышающие контрольные показатели. На момент появления 5-го листа в 2023 году было зафиксировано увеличение на 0,3 тыс. м²/га, а в 2024 году – на 0,2 тыс. м²/га. Третий вариант оказался менее полезным на ранних этапах созревания, но и полученные результаты превышают контрольный вариант на 0,2 тыс. м²/га как в 2023, так и в 2024 годах. Показатели, наиболее схожие с контрольными, были зафиксированы в четвертом варианте. За два года площадь листовой поверхности увеличилась по сравнению с контролем всего на 0,1 тыс. м²/га.

Площадь листовой поверхности растений в фазе 9-го листа показала, что наименьшие показатели были в первом варианте и составили 38,0 тыс. м²/га. В 2023 году второй вариант продемонстрировал значительное преимущество, увеличив площадь

листовой поверхности на 2,1 тыс. м²/га, третий вариант – на 1,3 тыс. м²/га и четвертый вариант – на 0,1 тыс. м²/га по сравнению с контрольным вариантом. Однако в 2024 году все варианты, включая контрольный, показали снижение результативности. Это было связано с сухим климатом, которые негативно сказались на росте и развитии растений. Несмотря на это, второй вариант все еще превышал контрольный на 12,4 тыс. м²/га, третий вариант – на 6,9 тыс. м²/га, а четвертый вариант – на 3,9 тыс. м²/га соответственно.

В фазе выметывания в 2023 году второй вариант также продемонстрировал лучшие результаты по площади листовой поверхности, достигнув 52,3 тыс. м²/га. Это значение значительно превышает показатели контрольного варианта на 3,9 тыс. м²/га, а также результаты третьего и четвертого вариантов, которые были ниже на 3,3 и 2,7 тыс. м²/га соответственно. В следующем 2024 году второй вариант продолжал показывать превос-

Таблица 2. Влияние различных норм удобрений на площадь листовой поверхности кукурузы на зерно, тыс. м²/га (2023-2024 годы)
Table 2. The effect of various fertilizer rates on the leaf area of corn for grain, thousand m²/ha (2023-2024)

Вариант опыта	Фазы развития					
	5-й лист	9-й лист	выметывание	цветение	молочная спелость	МВ спелость
1	2	3	4	5	6	7
2023 год						
Вариант № 1 (контроль)	1,0	38,0	48,4	60,3	65,4	69,9
Вариант № 2	1,3	40,2	52,3	63,8	70,2	74,6
Вариант № 3	1,2	39,4	51,7	63,0	69,3	73,6
Вариант № 4	1,1	38,2	49,6	61,4	67,9	71,2
2024 год						
Вариант № 1 (контроль)	0,9	26,2	37,2	49,6	55,2	59,8
Вариант № 2	1,1	38,6	46,6	57,4	61,3	65,4
Вариант № 3	1,0	33,3	42,3	56,9	62,4	64,2
Вариант № 4	1,0	30,1	40,4	54,2	60,5	61,3

ходство, превысив контрольный вариант на 9,4 тыс. м²/га, третий вариант также продемонстрировал неплохие результаты, опередив контроль на 5,1 тыс. м²/га, в то время как четвертый вариант – на 3,2 тыс. м²/га.

Наиболее интенсивное нарастание площади листовой поверхности установлено в фазе цветения, где во втором варианте площадь листовой поверхности достигла 88,6 тыс. м²/га. Это значение заметно выделяется на фоне контрольного варианта площадь составила 71,3 тыс. м²/га. В третьем варианте, где также применялись удобрения, площадь листовой поверхности составила 79,7 тыс. м²/га, что на 5,2 тыс. м²/га больше, чем в четвертом варианте, а также на 8,4 тыс. м²/га больше, чем в контрольном варианте. В 2024 году результаты показали, что второй вариант превысил контрольный на 15,6 тыс. м²/га, в то время как третий вариант превысил контрольный на 8,7 тыс. м²/га, а четвертый вариант – на 3,8 тыс. м²/га.

В фазе молочной спелости наибольшая площадь листовой поверхности также была на втором варианте в 2023 и составила 111,5 тыс. м²/га. В то же время, наименьшее значение было зафиксировано в контрольном варианте, где площадь составила всего 94,3 тыс. м²/га. Показатели для вариантов третьего и четвертого составили 102,8 и 98,2 тыс. м²/га соответственно, что на 8,5 и 3,9 тыс. м²/га ниже контрольного варианта. Аналогичная тенденция наблюдалась и в 2024 г., когда в фазе молочной спелости второй вариант также превысил контрольный на 16,7 тыс. м²/га, третий вариант – на 8,8 тыс. м²/га, а четвертый вариант – на 3,9 тыс. м²/га.

В фазе МВ спелости в 2023 году наибольшая площадь листовой поверхности была зафиксирована во втором варианте. В этом варианте площадь листовой поверхности была выше контрольного на 17,4 тыс. м²/га. В третьем варианте разница составила 9,7 тыс. м²/га, а в четвертом варианте – 5,1 тыс. м²/га. В 2024 году наибольшая площадь листовой поверхности в фазе МВ спелости также была зафиксирована во втором варианте и составила 65,4 тыс. м²/га, в то время как наименьшая площадь между этими показателями составила 5,6 тыс. м²/га. Третий вариант показал разницу в 4,4 тыс. м²/га, а четвертый – в 1,5 тыс. м²/га.

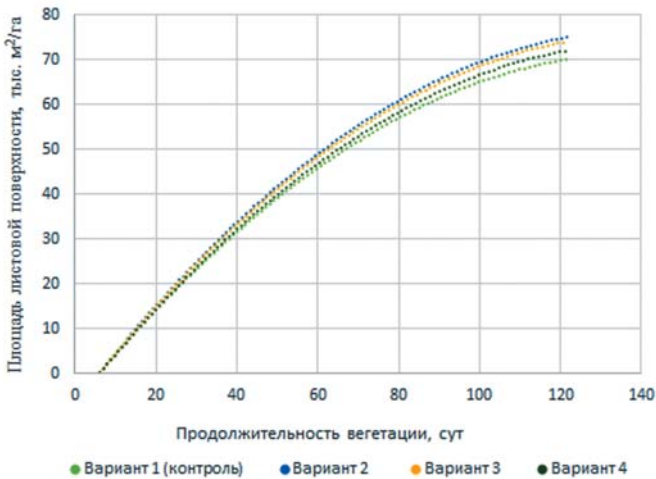


Рис. 3. Влияние норм удобрений на площадь листовой поверхности кукурузы на зерно, 2023 год
Fig. 3. The influence of fertilizer rates on the leaf area of corn on grain, 2023

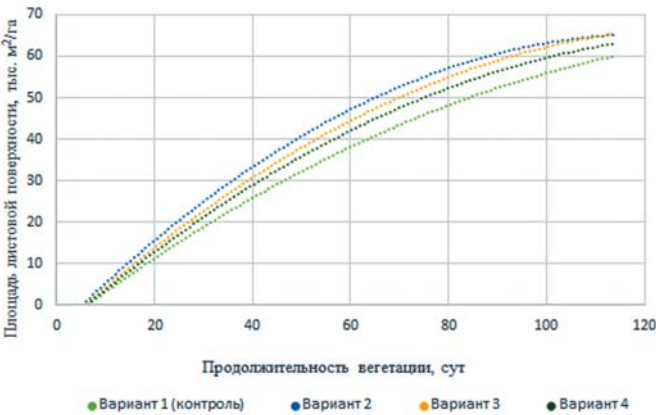


Рис. 4. Влияние норм удобрений на площадь листовой поверхности кукурузы на зерно, 2024 год
Fig. 4. Influence of fertilizer norms on the leaf area of corn on grain, 2024

Таблица 3. Уравнение регрессии и достоверность аппроксимации норм удобрений на площадь листовой поверхности кукурузы на зерно, 2023 год
Table 3. Regression equation and reliability of the approximation of normal fertilizers to the leaf surface area of corn for grain, 2023

Вариант опыта	Уравнение регрессии	Достоверность аппроксимации
Вариант 1 (контроль)	$y = -0,0039x^2 + 1,1085x$	$R^2 = 0,87$
Вариант 2	$y = -0,0042x^2 + 1,1822x$	$R^2 = 0,88$
Вариант 3	$y = -0,0041x^2 + 1,167x$	$R^2 = 0,88$
Вариант 4	$y = -0,004x^2 + 1,1299x$	$R^2 = 0,88$

Таблица 4. Уравнение регрессии и достоверность аппроксимации норм удобрений на площадь листовой поверхности кукурузы на зерно, 2024 год
Table 4. Regression equation and reliability of the approximation of normal fertilizers to the leaf surface area of corn for grain, 2024

Вариант опыта	Уравнение регрессии	Достоверность аппроксимации
Вариант 1 (контроль)	$y = -0,0028x^2 + 0,8963x$	$R^2 = 0,91$
Вариант 2	$y = -0,0049x^2 + 1,1765x$	$R^2 = 0,87$
Вариант 3	$y = -0,004x^2 + 1,0822x$	$R^2 = 0,89$
Вариант 4	$y = -0,0036x^2 + 1,0206x$	$R^2 = 0,90$

Таблица 5. Влияние системы удобрений на линейный рост растений кукурузы по фазам роста и развития, см (2023-2024 годы)
Table 5. The effect of the fertilization system on the linear growth of corn plants during growth and development phases, cm (2023-2024)

Вариант опыта	Фазы развития					
	5-й лист	9-й лист	выметывание	цветение	молочная спелость	МВ спелость
2023 год						
Вариант № 1 (контроль)	38,4	75,2	144,1	173,3	195,5	204,6
Вариант № 2	42,3	78,4	161,2	192,5	211,1	221,7
Вариант № 3	41,1	77,6	152,4	185,7	204,3	213,4
Вариант № 4	39,6	75,7	146,5	179,9	201,4	209,2
2024 год						
Вариант № 1 (контроль)	28,5	61,1	124,4	151,2	172,5	183,4
Вариант № 2	40,6	72,4	140,2	172,7	195,4	206,7
Вариант № 3	36,4	69,7	135,3	166,1	187,6	196,5
Вариант № 4	32,7	65,3	127,7	158,3	179,8	188,2

На рисунках 3 и 4 показано, как различные нормы удобрений влияют на площадь листовой поверхности кукурузы на зерно, в 2023 и в 2024 годах.

В таблицах 3 и 4 представлены уравнения регрессии, а также информация о достоверности аппроксимации изменений площади листовой поверхности кукурузы на зерно за 2023 и 2024 годы.

Влияние системы удобрений на линейный рост кукурузы по фазам роста и развития представленные в таблице 5.

Результаты, представленные в таблице 5, показывают, что наилучший линейный рост кукурузы на зерно представлен на втором варианте как в 2023 году, так и в 2024 году.

При этом контрольный вариант, основанный только на минеральных удобрениях, показывает самые низкие результаты в сухом 2024 году. Так, на посевах 2023 года 5-й лист в первом варианте оказался на 3,9 см меньше, чем во втором варианте, на 2,7 см, чем в третьем варианте и на 1,2 см, чем в четвертом варианте. Такая же картина развития прослеживается и в 2024 году, который, как отмечался ранее, был более сухим. Однако включение в подпитку только минеральных удобрений не позволило растениям активно развиваться. Как результат, в 2024 году 5-й лист в первом варианте был значительно меньше, чем в других вариантах опыта. Контрольный вариант отличался на 12,1 см (второй вариант), 7,9 см (третий вариант), 4,2 см (четвертый вариант).

Существенные различия в вариантах опыта были отмечены в период выметывания. Контрольный вариант оказался значительно ниже. Так, растения в 2023 году по второму варианту оказались на 17,1 см выше контроля. Третий вариант был выше контрольного на 8,3 см, а четвертый – на 2,4 см. В 2024 году также прослеживается указанная тенденция: выше остальных были растения на втором варианте, где они достигли 140,2 см, в то время как контрольный вариант был только 121,4 см, что на 15,8 см ниже. В третьем варианте также отмечена разница на 10,9 см, и только четвертый вариант мало отличался от контрольного варианта – на 3,3 см.

В период цветения также показал превосходство второго варианта над другими вариантами опыта. Так, в 2023 году растения, выращенные по второму варианту, превосходили контрольный вариант на 19,2 см, по третьему варианту – на 12,4 см, а по четвертому варианту – на 6,6 см. В сухой 2024 год второй вариант вырос на 21,5 см выше, чем контрольный вариант, третий – на 14,19 см, четвертый – на 7,1 см.

Фаза молочной спелости контрольного варианта наступила в период, когда растения достигли 195,5 см в 2023 году и 172,5 см в 2024 году. Во втором варианте растения показали 211,1 см в

2023 году и 195,4 в 2024 году.

Наибольший линейный рост кукурузы, предназначенной для зерна, был зафиксирован в фазе МВ спелости во втором варианте, где использовали как минеральные удобрения, так и органические. В этом варианте в 2023 году высота растений составила 221,7 см, а в 2024 году – 206,7 см. В то же время, наименьшие значения линейного роста наблюдались в контрольном варианте: в 2023 году высота растений составила 204,6 см, а в 2024 году – 183,4 см.

На рисунках 5 и 6 показано, как система удобрений влияет на линейный рост кукурузы в различные фазы ее роста и развития за 2023 и 2024 годы.

В таблицах 6 и 7 приведены уравнения регрессии, а также данные аппроксимации системы удобрений, влияющий на линейный рост кукурузы по фазам роста и развития за 2023 и 2024 годы.

Соответственно, второй вариант, где применяли как минеральные, так и органические удобрения дает не только лучшие результаты, но и способствует сохранению урожая в неблагоприятных погодных условиях. При этом важно отметить, что капельный полив также имел большое значение, так как снижение влажности в 2024 году сильно повлияло на урожайность всех делянок.

В таблице 8 приведены данные по разнице массы зерна кукурузы.

Таблица 8 отражает отклонения от контрольного варианта. Урожай, полученный на втором варианте в 2023 году, превысил контрольный вариант на 54,4%, а в 2024 году – в 53,7%. Третий

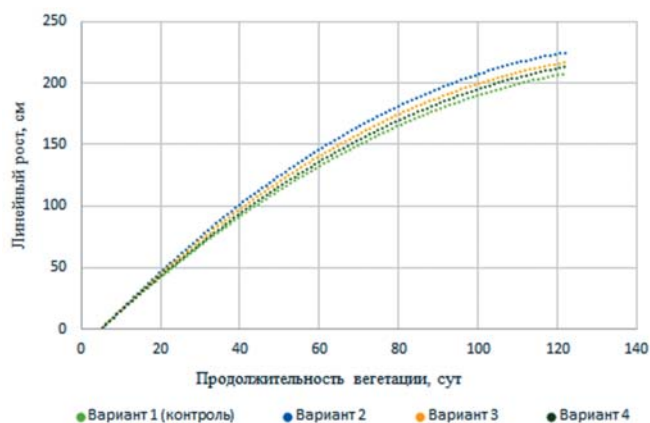


Рис. 5. Влияние системы удобрений на линейный рост растений кукурузы по фазам роста и развития, 2023 год
Fig. 5. The effect of the fertilization system on the linear growth of corn plants during the growth and development phases, 2023

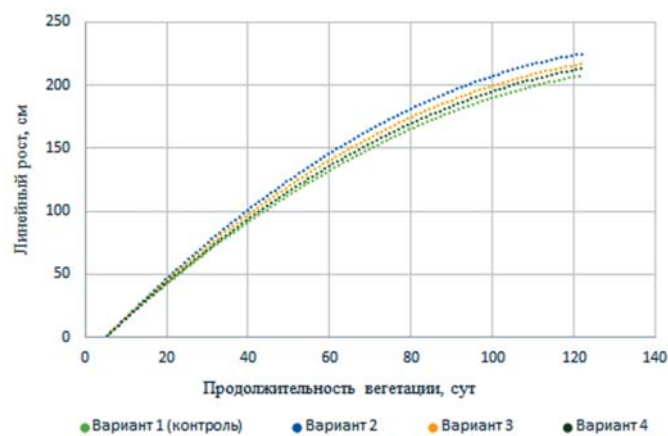


Рис. 6. Влияние системы удобрений на линейный рост растений кукурузы по фазам роста и развития, 2024 год
Fig. 6. The effect of the fertilization system on the linear growth of corn plants during the growth and development phases, 2024

вариант показал хорошие результаты: в 2023 году на 44,4%, но в 2024 году – на 42,7%. Четвертый вариант показал самые незначительные проценты отклонения от контрольного варианта: в 2023 году – на 36,7%, а в 2024 году – на 35,4%. Следовательно, масса зерна по вариантам опыта сильно разнится. Так, второй вариант показал наибольшую массу зерна

кукурузы: в 2023 году она составила 13,9 т/га. В то же время контрольный вариант показал наименьший результат – 9,0 т/га. В 2024 году масса зерна второго варианта составила 12,6 т/га, что на 4,4 т/га превышает показатели контрольного варианта.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что второй вариант, где применялись как минеральные, так и органические удобрения оказался наиболее перспективным для использования на черноземных почвах Ростовской области. В частности, в условиях средневлажного климата в 2023 году этот вариант превысил контрольный вариант урожая на 54,4%, а в 2024 году, отличавшемся сухим климатом, урожай превысил контрольный вариант на 53,7%. Кроме того, на втором варианте получены самые высокие результаты по площади листовой поверхности кукурузы на зерно и по линейному росту растений. Особенно это явно прослеживалось в фазе МВ спелости. Так, в 2023 году площадь листовой поверхности кукурузы на втором варианте была больше на 17,4 тыс. м²/га, а в 2024 году этот показатель составил 16,7 тыс. м²/га. По линейному росту растений в фазе МВ спелости также второй вариант превышал контрольный на 17,1 см в 2023 году и на 23,3 см в 2024 году.

Таблица 6. Уравнение регрессии и достоверность аппроксимации системы удобрений на линейный рост растений кукурузы по фазам роста и развития, 2023 год
Table 6. Regression equation and reliability of the approximation of the fertilizer system on the linear growth of corn plants by growth and development phases, 2023

Вариант опыта	Уравнение регрессии	Достоверность аппроксимации
Вариант 1 (контроль)	$y = -0,0101x^2 + 3,0598x$	$R^2=0,96$
Вариант 2	$y = -0,0119x^2+3,4354x$	$R^2=0,95$
Вариант 3	$y = -0,0113x^2+3,2863x$	$R^2=0,95$
Вариант 4	$y = -0,0104x^2+3,1485x$	$R^2=0,96$

Таблица 7. Уравнение регрессии и достоверность аппроксимации системы удобрений на линейный рост растений кукурузы по фазам роста и развития, 2024 год
Table 7. Regression equation and reliability of the approximation of the fertilizer system on the linear growth of corn plants by growth and development phases, 2024

Вариант опыта	Уравнение регрессии	Достоверность аппроксимации
Вариант 1 (контроль)	$y = -0,0077x^2+2,5793x$	$R^2=0,95$
Вариант 2	$y = -0,0093x^2+2,9654x$	$R^2=0,96$
Вариант 3	$y = -0,0092x^2+2,8768x$	$R^2=0,96$
Вариант 4	$y = -0,0084x^2+2,7084x$	$R^2=0,96$

Таблица 8. Влияние системы удобрений на массу зерна кукурузы (2023-2024 годы)
Table 8. The effect of the fertilization system on the mass of corn grain (2023-2024)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожая к контролю	
		т/га	%
2023 год			
Вариант № 1 (контроль)	9,0	–	–
Вариант № 2	13,9	4,9	54,4
Вариант № 3	13,0	4,0	44,4
Вариант № 4	12,3	3,3	36,7
НСР ₀₅	0,6		
2024 год			
Вариант № 1 (контроль)	8,2	–	–
Вариант № 2	12,6	4,4	53,7
Вариант № 3	11,7	3,5	42,7
Вариант № 4	11,1	2,9	35,4
НСР ₀₅	0,5		

• Литература

1. Ивашенко И.Н., Багринцева В.Н. Оценка эффективности некорневых подкормок азотсодержащими удобрениями на кукурузе. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2021;(3):40-54. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-3-40-54> <https://www.elibrary.ru/qbhtoo>
2. Васин В. Г., Трифонов Д.И., Саниев Р.Н. Показатели фотосинтетической деятельности растений в посевах кукурузы при выращивании на планируемую урожайность. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022;(2):3-10. https://doi.org/10.55471/19973225_2022_7_2_3 <https://www.elibrary.ru/jrhyum>
3. Клименко А.И. и др. Зональные системы земледелия Ростовской области 2022–2026 гг. Ростов н/Д.: Кн. изд-во, 2022. 734 с.
4. Shirzad H., Moghaddam S.S., Rahimi A., Rezapour S., Xiao J., Popović-Djordjević J. Combined Effect of Biological and Organic Fertilizers on Agrobiological Traits of Corn (*Zea mays* L.) under Wastewater Irrigation. *Plants (Basel)*. 2024;13(10):1331. <https://doi.org/10.3390/plants13101331>
5. Ториков В.Е., Белоус Н.М., Мельникова О.В. Агрохимические и экологические основы адаптивного земледелия 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2022. 228 с.
6. Sharma B.P., Choudhary K., Rajendra K., Bochalya R.S. Effect of Organic and Inorganic Nutrient Sources on Growth and Yield of Maize (*Zea Mays* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*. 2023;35(21):542-548. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i214008>
7. Ториков В.Е., Мельникова О.В., Осипов А.А. Производство продукции растениеводства. 5-е изд., стер. СПб.: Лань, 2021. 512 с.
8. Нежинская Е.Н., Рычкова М.И., Тарадин С.А., Мищенко А.В. Влияние основной обработки почвы на накопление влаги в посевах кукурузы на склонах чернозёмов обыкновенных Ростовской области. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021;2(88):62-67. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-88-2-62-67> <https://www.elibrary.ru/asuuwr>
9. Карпенко Н.П., Егембердиев Д.К., Кудайбергеннова И.Р. Особенности выращивания кукурузы на зерно при капельном орошении. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2020;(2):7-9. <https://www.elibrary.ru/bpuemr>
10. Шодмонов Х.М., Хасанов Ш.М. Капельный полив - самый экономичный перспективный способ полива культур. *Universum: технические науки*. 2021;6-1(87):79-82. <https://www.elibrary.ru/gdartz>
11. Kolomiets T.M., Kiseleva M.I., Zhemchuzhina N.S., Pankratova L.F., Elizarova S.A. A characteristic of the species composition of pathogenic fungi of the genus *Fusarium* in corn biocenoses of the Voronezh region. *Vavilov's Journal of Genetics and Breeding*. 2022;26(6):583-592. <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-71> <https://www.elibrary.ru/etgxhz>
12. Medeiros D.B., Brotman Y., Fernie A.R. The utility of metabolomics as a tool to inform maize biology. *Plant communications*. 2021;2(4):100187. <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2021.100187>
13. Tesfahun Belay, Melkamu Alemayehu, Fasikaw Belay. Effects of nitrogen application and intra-row spacing on growth and yield of baby corn in north-west Ethiopia. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023;(13):100635. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100635>
14. Малышева Е.В., Ториков В.Е. Влияние приёмов основной обработки почвы и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна кукурузы. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021;(8):41-46. <https://www.elibrary.ru/msotta>
15. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию: официальное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. 620 с.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 2. М.: Госкомиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1989. 197 с.
17. Тищенко Я.С., Монастырский В.А. Урожайность гибридов кукурузы на зерно различных групп спелости на капельном орошении. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. 2025;96(2):171-185.
18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Кн. по требованию, 2012. 352 с.
19. Плешаков В.Н. Методика полевого опыта в условиях орошения: рекомендации. Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. 150 с.

• References

1. Ivashenko I.N., Bagrintseva V.N. Evaluation of the effectiveness of non-root feeding with nitrogen-containing fertilizers on corn. *News of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2021;(3):40-54. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-3-40-54> <https://www.elibrary.ru/qbhtoo>
2. Vasin V.G., Trifonov D.I., Saniyev R.N. Indicators of photosynthetic activity of plants in maize crops when grown for the planned yield. *News of the Samara State Agricultural Academy*. 2022;(2):3-10. (In Russ.) https://doi.org/10.55471/19973225_2022_7_2_3 <https://www.elibrary.ru/jrhyum>
3. Klimenko A.I. et al. Zonal systems of agriculture in the Rostov region 2022–2026. Rostov n/D.: Book publishing, 2022. 734 p. (In Russ.)
4. Shirzad H., Moghaddam S.S., Rahimi A., Rezapour S., Xiao J., Popović-Djordjević J. Combined Effect of Biological and Organic Fertilizers on Agrobiological Traits of Corn (*Zea mays* L.) under Wastewater Irrigation. *Plants (Basel)*. 2024;13(10):1331. <https://doi.org/10.3390/plants13101331>
5. Torikov V.E., Belous N.M., Melnikova O.V. Agrochemical and ecological foundations of adaptive agriculture. 2nd ed., revised. St. Petersburg: Lan, 2022. 228 p. (In Russ.)
6. Sharma B.P., Choudhary K., Rajendra K., Bochalya R.S. Effect of Organic and Inorganic Nutrient Sources on Growth and Yield of Maize (*Zea Mays* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*. 2023;35(21):542-548. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i214008>
7. Torikov V.E., Melnikova O.V., Osipov A.A. Production of Crop Products. 5th ed., revised. St. Petersburg: Lan, 2021. 512 p. (In Russ.)
8. Nezhinskaya E.N., Rychkova M.I., Taradin S.A., Mishchenko A.V. The influence of primary tillage on moisture accumulation in maize crops on the slopes of ordinary black soils of the Rostov Region. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2021;2(88):62-67. (In Russ.) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-88-2-62-67> <https://www.elibrary.ru/asuuwr>
9. Karpenko N.P., Egemberdiev D.K., Kudaybergenova I.R. Features of growing corn for grain under drip irrigation. *Melioration and Water Management*. 2020;(2):7-9. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/bpuemr>
10. Shodmonov Kh.M., Khasanov Sh.M. Drip irrigation is the most economical and promising method of watering crops. *Universum: Technical Sciences*. 2021;6-1(87):79-82. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/gdartz>
11. Kolomiets T.M., Kiseleva M.I., Zhemchuzhina N.S., Pankratova L.F., Elizarova S.A. A characteristic of the species composition of pathogenic fungi of the genus *Fusarium* in corn biocenoses of the Voronezh region. *Vavilov's Journal of Genetics and Breeding*. 2022;26(6):583-592. <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-71> <https://www.elibrary.ru/etgxhz>
12. Medeiros D.B., Brotman Y., Fernie A.R. The utility of metabolomics as a tool to inform maize biology. *Plant communications*. 2021;2(4):100187. <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2021.100187>
13. Tesfahun Belay, Melkamu Alemayehu, Fasikaw Belay. Effects of nitrogen application and intra-row spacing on growth and yield of baby corn in north-west Ethiopia. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023;(13):100635. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100635>
14. Malysheva E.V., Torikov V.E. Influence of basic tillage and mineral fertilizers on corn yield and quality. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2021;(8):41-46. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/msotta>
15. State Register of Varieties and Hybrids of Agricultural Plants Approved for Use: Official Publication. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution 'Rosinformagrotech', 2024. 620 p. (In Russ.)
16. Methodology of State Variety Testing of Agricultural Crops. Volume 2. Moscow: State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops, 1989. 197 p. (In Russ.)
17. Tishchenko Ya.S., Monastyrskiy V.A. Yield of corn for grain hybrids of different maturity groups under drip irrigation. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2025;96(2):171-185. (In Russ.)
18. Dospikhov B.A. Methodology of Field Experience (with Fundamentals of Statistical Processing of Research Results). Moscow: Kniga po Trebovaniyu, 2012. 352 p. (In Russ.)
19. Pleshakov V.N. Methodology of field experiments under irrigation conditions: recommendations. Volgograd: VNIIOZ, 1983. 150 p. (In Russ.)

Об авторах:

Валерий Алексеевич Монастырский – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-0881-4282>, SPIN-код: 8751-3715, valerijmonastyrskij@yandex.ru

Яна Сергеевна Тищенко – младший научный сотрудник, аспирант, <https://orcid.org/0009-0002-9138-5083>, SPIN-код: 1859-4567, автор для переписки, ageeva.yana21@gmail.com

About the Authors:

Valeriy A. Monastyrskiy – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-0881-4282>, SPIN-code: 8751-3715, valerijmonastyrskij@yandex.ru
Yana S. Tishchenko – Junior Researcher, Postgraduate Student, <https://orcid.org/0009-0002-9138-5083>, SPIN-code: 1859-4567, Corresponding Author, ageeva.yana21@gmail.com