

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО/GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.64.10>

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ И ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Научная статья

Миллер С.С.^{1,*}, Кулясова О.А.², Кастронова М.Г.³, Халиуллин Р.Ф.⁴

¹ ORCID : 0000-0002-2406-0142;

^{1, 2, 3, 4} Тюменский государственный университет, Тюмень, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (millerss[at]gausz.ru)

Аннотация

Кукуруза — культура, которая хорошо отзывается на внесение удобрений, однако крайне мало информации о том, как способ обработки почвы после внесения органических удобрений оказывает влияние на питательный режим почвы. Цель исследования — установить влияние способа основной обработки почв на динамику питательных веществ в почве и урожайность кукурузы на зеленую массу. Схема опыта включала две обработки почвы (отвальная и безотвальная) и два варианта с уровнем питания (органические удобрения 30 т/га и вариант с естественным уровнем питания). Внесение органических удобрений способствовало повышению содержания нитратного азота в почве к посеву на 1,5–1,9 мг/кг почвы. Изменения содержания подвижных форм фосфора и калия наблюдались. К фазе 8–9 листа кукурузы содержание нитратного азота на всех вариантах повышалось до 9,4–15,1 мг/кг и уменьшалось к уборке до 6,0–8,5 мг/кг на всех вариантах. Содержание подвижного фосфора и калия снижалось к уборке до 42–50 мг/кг и 56–62 мг/кг почвы. Урожайность зеленой массы кукурузы при отвальной обработке достигала 30,1 т/га при безотвальной — 23,9 т/га (6,2 т/га). Внесение органического удобрения на отвальном фоне повышало урожайность на 18% относительно контроля.

Ключевые слова: навоз, нитратный азот, фосфор подвижный, калий подвижный, вспашка, безотвальное рыхление.

THE INFLUENCE OF MAIN CULTIVATION AND ORGANIC FERTILISER ON AGROCHEMICAL PARAMETERS OF SOIL AND MAIZE YIELD IN WESTERN SIBERIA

Research article

Miller S.S.^{1,*}, Kulyasova O.A.², Kastornova M.G.³, Khaliullin R.F.⁴

¹ ORCID : 0000-0002-2406-0142;

^{1, 2, 3, 4} Tyumen State University, Tyumen, Russian Federation

* Corresponding author (millerss[at]gausz.ru)

Abstract

Corn is a crop that responds well to fertilisation, but there is very little information on how soil cultivation affects soil nutrient status after organic fertiliser application. The aim of the study was to determine the effect of main soil cultivation methods on soil nutrient dynamics and corn green mass yield. The experimental scheme included two soil treatments (ploughing and non-ploughing) and two variants with different nutrient levels (organic fertilisers at 30 t/ha and a variant with natural nutrient levels). The application of organic fertilisers increased the nitrate nitrogen content in the soil before sowing by 1.5–1.9 mg/kg of soil. No changes in the content of mobile forms of phosphorus and potassium were observed. By the 8–9 leaf stage of corn, the nitrate nitrogen content in all variants increased to 9.4–15.1 mg/kg and decreased to 6.0–8.5 mg/kg in all variants by harvest. The content of mobile phosphorus and potassium decreased to 42–50 mg/kg and 56–62 mg/kg of soil by harvest. The yield of green corn mass with ploughing reached 30.1 t/ha, while with non-ploughing it reached 23.9 t/ha (6.2 t/ha). The application of organic fertiliser with ploughing increased the yield by 18% compared to the control.

Keywords: manure, nitrate nitrogen, mobile phosphorus, mobile potassium, ploughing, subsurface loosening.

Введение

Кукуруза — это культура, имеющая важное экономическое значение для отрасли АПК [1]. Связано это с тем, что она является многоцелевой, а именно ее используют для получения зерна, зеленого корма, корнажа и т.д. [2], [3]. В связи с тем, что у кукурузы мощная корневая система, способы обработки почвы под ее посев имеют важное значение и находятся на одном уровне с питательным режимом и применением удобрений [4], [5]. Условия питания имеют важное значение в получении высокотехнологичных сочных кормов на основе кукурузы, так как питание является одним из ключевых компонентов в увеличении биомассы растений, фотосинтетической активности, а также улучшает иммунную систему растений и способность сопротивляться патогенам [6].

В последнее время предпочтения начинают отдавать получению экологически чистой продукции в связи с чем, под пропашные культуры и в паровые поля начинают вносить органические удобрения, что снижает потребность в использовании минеральных форм в звене севооборота [7]. Внесение органических удобрений способствует поступлению в почву дополнительного количества питательных веществ [8]. Однако интересным моментом остается то, каким образом проводить обработку почвы после внесения удобрений и как после этого происходит высвобождение питательных веществ и меняется питательный режим почвы. По некоторым данным неполная заделка органических удобрений в почву приводит к потере значительного количества питательных веществ, что может

снижать их эффективность [9], [10], [11]. Цель исследования — установить влияние способа основной обработки почв на динамику питательных веществ в почве и урожайность кукурузы на зеленую массу.

Методы и принципы исследования

Исследования по изучению влияния способов обработки почвы и органических удобрений на агрохимические показатели почвы и урожайность кукурузы проводили на стационаре кафедры земледелия ГАУ Северного Зауралья, заложенного с 2015 года, в 2022–2024 году на черноземе выщелоченном. Схема опыта предусматривала варианты с отвальной и безотвальной основной обработкой почвы и двумя уровнями питания (контроль и внесением 30 т/га навоза).

В опыте общая площадь $120 \times 210 = 25200 \text{ м}^2$, под одним вариантом $60 \times 105 = 6300 \text{ м}^2$, 3-кратная повторность, размер делянок $20 \times 35 = 700 \text{ м}^2$.

В сентябре после уборки предшественника (овес), на участке, где предусмотрено внесение органического удобрения, проводили разбрасывание навоза в дозе 30 т/га разбрасывателем органических удобрений — РОУ. В дальнейшем на участках, где предусмотрено проведение отвальной обработки, проводили вспашку на глубину 28–30 см плугом ПН-4-35. На вариантах где предусмотрена безотвальная обработка проводили безотвальное рыхление ПЧН-2,3 на глубину 28–30 см.

Весной при наступлении физической спелости почвы боронили в два следа зубовыми боронами СГ-12. 25 мая проводили посев сеялкой СТВ-8КУ на глубину 7–8 см, с производственной нормой высева 80 тыс. растений на гектар (высеваемый сорт Воронежский 158). После посева прикатывали кольчатыми катками. В фазу 5–6 листа опрыскивали гербицидом Майсте Пауэр с нормой 1,5 л/га. Уборку проводили 15 сентября комбайном CLAAS.

Осенью после уборки предшественника (овса) и перед внесением органического удобрения, весной перед посевом, а также летом в фазу 8–9 листа, которая является фазой активного роста растений и перед уборкой кукурузы (за 2 суток) проводили отбор проб почвы с глубины 0–25 см агрохимическим щупом в 3-кратной повторности с каждого варианта из 30–40 точечных проб, и в лабораторных условиях на базе Центра фундаментальных и прикладных агробиотехнологий определяли следующие основные показатели:

- нитратный азот — ГОСТ 26951;
- фосфор и калий подвижный — ГОСТ 26204;
- обменная кислотность — ГОСТ 26483.

В соответствии с методикой государственного сортоиспытания (1989) проводили учет урожая зеленой массы кукурузы в 4-кратной повторности, с размером учетной делянки 50 м².

Погодные условия изучаемых годов исследования существенно отличались. В 2022 году температура воздуха была выше среднемноголетних значений практически на протяжении всей вегетации была выше средних многолетних значений (рис. 1). Осадки распределялись не равномерно, максимум приходился на май — 94 мм. За летний период выпало 184 мм, а в сентябре — 8 мм. В 2023 году температура воздуха в течение вегетации была выше среднемноголетних значений на 0,7–5,3°C. Дефицит осадков был отмечен в мае и сентябре 1 и 8 мм соответственно, тогда как в летний период осадков выпало 249 мм. В 2024 году в мае температура воздуха была ниже нормы на 2,4°C, в остальные месяцы на 1,1–2,8°C выше средних значений. Осадки распределялись равномерно от 20 до 100 мм в течение вегетации.

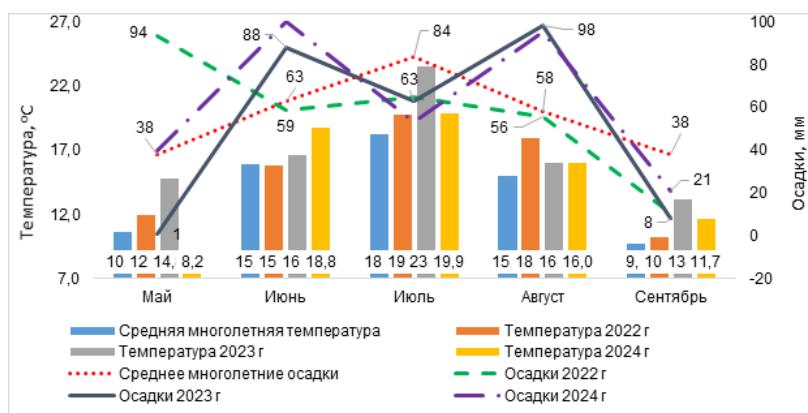


Рисунок 1 - Погодные условия 2022–2024 года
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.64.10.1>

Основные результаты

В среднем осенью за годы исследований перед закладкой опыта содержание нитратного азота на отвальной обработке без применения удобрений составляло $7,3 \pm 0,4 \text{ мг/кг}$ почвы (табл. 1). На варианте с применением органического удобрения содержание было выше — $9,0 \pm 0,3 \text{ мг/кг}$ почвы. Подобная закономерность наблюдалась и на варианте с применением безотвального рыхления, где на варианте без внесения удобрения содержание N-NO_3 составляло $7,2 \pm 0,2 \text{ мг/кг}$, а на удобренном было на 21% больше. Подобная тенденция может быть связана с тем, что стабильное внесение навоза под кукурузу на протяжении последних 10 лет способствовало улучшению агрохимических характеристик почвы, в том числе и содержание нитратного азота [12]. Более высокое содержание

нитратного азота на фоне внесения навоза на отвальном варианте наверняка связано с тем, что ежегодная отвальная обработка почвы способствовала улучшению агрофизических свойств почвы и аэрации, а это, как показывают исследования, усиливает процесс минерализации органического вещества почвы [13], [14].

Таблица 1 - Влияние основной обработки почвы и органического удобрения на динамику нитратного азота за 2022–2024 гг.

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.64.10.2>

Варианты		Перед внесение м удобрени я, мг/кг	Перед посевом, мг/кг	Фаза 8-9 листа, мг/кг	Уборка, мг/кг
Отвальная (контроль)	Без удобрений	7,3±0,4	8,2±0,4	10,1±0,6	7,1±0,4
	Органическое удобрение	9,0±0,3	10,9±0,3	15,1±0,4	8,5±0,3
Безотвальная	Без удобрений	7,2±0,2	8,1±0,5	9,4±0,5	6,0±0,6
	Органическое удобрение	8,7±0,4	10,2±0,3	13,6±0,5	7,3±0,4

Весной за 1–3 суток перед посевом (конец первой начало второй декады мая) кукурузы содержание нитратов с пахотного слоя почвы составляло 8,2±0,4 и 8,1±0,5 мг/кг. На удобренных вариантах значения нитратов было выше 10,9±0,3 мг/кг на отвальном фоне и 10,2±0,3 мг/кг на безотвальном. Повышение содержания нитратного азота в почве с осени до весны связано с работой почвенных микроорганизмов и процессом накопления азота текущей нитрификации [11].

К фазе 8–9 листа кукурузы содержание нитратного азота на отвальном и безотвальном вариантах без применения удобрения увеличивалось до 10,1±0,6 и 9,4±0,5 мг/кг почвы. В то время как на удобренных вариантах отмечалось более существенное повышение до 15,1±0,4 и 13,6±0,5 мг/кг почвы. Повышение содержания нитратов в почве связано с рядом причин. Первая из которых — это слабое потребление кукурузой питательных веществ в первой половине вегетации из-за медленного набора биомассы. Вторая причина — это процесс нитрификации, который начинает активно проявляться с повышением температуры почвы [7], [11].

К уборке кукурузы содержание нитратного азота на вариантах без применения органических удобрений начинало снижаться до 7,1±0,4 мг/кг почвы на отвальной обработке и до 6,0±0,6 мг/кг на варианте с безотвальным рыхлением. На вариантах с применением органического удобрения также отмечалось снижение содержания нитратного азота, однако значения были выше и составляли на отвальном варианте 8,5±0,3 мг/кг почвы, а на безотвальном 7,3±0,4 мг/кг.

Более резкое уменьшение содержания нитратов в почве на фоне отвальной обработки связано с тем, как отмечают многие исследователи, что из-за более низкой плотности корневая система лучше развивается, тем самым более эффективно усваивает питательные вещества [15], [16].

Содержание подвижного фосфора осенью перед внесением удобрения составляло на отвальном варианте без применения удобрений 55±2,3 мг/кг на варианте с безотвальным рыхлением — 58±1,9 мг/кг почвы (табл. 2). На вариантах где предусмотрено систематическое применение органических удобрений содержание фосфора в почве было выше и достигало 61±3,1 мг/кг на отвальном варианте и 60±2,2 мг/кг на безотвальном. Некоторое достоверное различие в содержании подвижного фосфора между вариантами с применением удобрений и без них связано с систематическим внесением 30 т/га навоза под кукурузу в трехпольном севообороте ($HCP_{05}=3,4$ мг/кг).

Таблица 2 - Влияние основной обработки почвы и органического удобрения на динамику подвижного фосфора за 2022–2024 гг.

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.64.10.3>

Варианты		Перед внесением удобрения, мг/кг	Перед посевом, мг/кг	Фаза 8-9 листа, мг/кг	Уборка, мг/кг
Отвальная (контроль)	Без удобрения	55±2,3	54±1,4	47±1,2	42±2,1
	Органическое удобрение	61±3,1	59±2,2	56±2,3	49±1,3
Безотвальная	Без удобрения	58±1,9	57±2,7	44±1,3	40±1,8
	Органическое удобрение	60±2,2	57±1,8	59±1,7	50±2,3

Весной (перед посевом) содержание подвижного фосфора не изменялось в сравнении с осенними значениями отклонения были в пределах ошибки исследования ($HCP_{05}=5,1$ мг/кг). Это связано с коротким теплым периодом между внесением удобрений и посевом, что не позволило микробной массе почвы трансформировать достаточное количество органического вещества, внесенного с навозом в минеральные соединения [17].

К фазе 8–9 листа кукурузы содержание подвижного фосфора в слое почвы 0–25 см на варианте с естественным уровнем питания снижалось до 47±1,2 мг/кг почвы на фоне отвальной обработки почвы и до 44±1,3 мг/кг на фоне безотвального рыхления. На удобренных вариантах отмечалась стабилизация содержания подвижного фосфора как на отвальном, так и на безотвальном вариантах. Данная тенденция связана с тем, что внесенные органические удобрения способствовали поступлению в почву дополнительного количества питательных веществ, что приводило к более равномерному их расходованию из почвы [18].

К уборке содержание подвижного фосфора на всех вариантах снижалось относительно предыдущей фазы. На варианте с отвальной обработкой почвы без применения удобрения снижение составило 5 мг/кг почвы, где значения опустились до 42 мг/кг. На варианте с внесением органического удобрения снижение составило 7 мг/кг. На вариантах с безотвальной обработкой в независимо от уровня питательного фона снижение составляло 4–9 мг/кг.

Содержание подвижного калия перед внесением удобрения составляло на всех вариантах от 106 до 112 мг/кг почвы (табл. 3).

Таблица 3 - Влияние основной обработки почвы и органического удобрения на динамику подвижного калия за 2022–2024 гг.

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.64.10.4>

Варианты		Перед внесением удобрения, мг/кг	Перед посевом, мг/кг	Фаза 8-9 листа, мг/кг	Уборка, мг/кг
Отвальная (контроль)	Без удобрения	106±6,3	104±4,3	84±3,4	56±2,2
	Органическое удобрение	111±4,5	109±4,0	93±3,9	62±3,1
Безотвальная	Без удобрения	109±7,1	106±3,7	83±4,2	57±2,7
	Органическое	112±5,7	108±5,1	95±4,5	64±3,6

Варианты		Перед внесение м удобрени я, мг/кг	Перед посевом, мг/кг	Фаза 8-9 листа, мг/кг	Уборка, мг/кг
	удобрени е				

К посеву кукурузы значения содержания подвижного калия с учетом стандартной ошибки достоверно не отличались от осенних значений ($HCP_{05}=7,4$ мг/кг).

К фазе 8–9 листа кукурузы содержание подвижного калия на всех вариантах снижалось. На вариантах с отвальной и безотвальной обработками без применения удобрения данный показатель опустился до $84\pm3,4$ и $83\pm4,2$ мг/кг, что на 19 и 22% ниже значений, полученных перед посевом. На вариантах с применением удобрения снижение было менее выражено. на отвальном варианте содержание подвижного калия опускалось до $93\pm3,9$ мг/кг и на безотвальном до $95\pm4,5$ мг/кг, ниже значений, полученных перед посевом на 15 и 12% соответственно. Существенное различие в содержании подвижного калия в этот период между вариантами с удобрениями и естественным уровнем питания связано с тем, что дополнительно поступивший калий из навоза хоть и в незначительном количестве способствовал стабилизации калийного режима [19].

К уборке кукурузы содержание подвижного калия на всех вариантах продолжало опускаться до 56–62 мг/кг почвы. Причем относительно предыдущего периода более интенсивно. Это связано с тем, что во второй половине вегетации у кукурузы отмечается активный набор биомассы, а большая часть калия сосредоточена именно в вегетативной массе [19].

Урожайность зеленой массы кукурузы в среднем за годы исследований на контроле достигала 30,1 т/га (рис. 2), внесение органического удобрения способствовало повышению урожайности зеленой массы на 20% (6,1 т/га) при $HCP=1,84$. На варианте с безотвальным рыхлением без применения удобрения выход зеленой массы кукурузы был достоверно ниже — 23,9 т/га, что более чем на 21% (6,2 т/га) ниже чем на контроле. Применение органического удобрения под безотвальное рыхление приводило к увеличению продуктивности относительно варианта без применения удобрения на 5,7 т/га, что на 24% больше. Однако относительно контроля достоверных отклонений не наблюдалось. При этом относительно удобренного отвального варианта значения были ниже на 6,6 т/га. Это может свидетельствовать том, что неполная заделка органических удобрений в почву приводит к значительному снижению их эффективности.



Рисунок 2 - Влияние основной обработки почвы и органического удобрения на урожайность зеленой массы кукурузы за 2022–2024 гг.

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.64.10.5>

Заключение

1. Перед закладкой опыта содержание нитратов в почве варьировало от 7,2 до 9,0 мг/кг. Перед посевом содержание нитратов возрастало до 8,2 и 8,1 мг/кг на вариантах без внесения удобрений, и при внесении удобрений до 10,9 мг/кг на отвальном фоне и 10,2 мг/кг на безотвальном. К фазе 8–9 листа кукурузы содержание нитратного азота на всех вариантах повышалось до 9,4–15,1 мг/кг почвы. К уборке кукурузы содержание нитратного азота снижалось до 6,0–8,5 мг/кг на всех вариантах.

2. Содержание подвижного фосфора перед внесением удобрений варьировало от 55 до 61 мг/кг. К весне значения подвижного фосфора не изменились. К фазе 8–9 листа кукурузы содержание подвижного фосфора на вариантах без применения удобрений снижалось до 44–47 мг/кг почвы. На удобренных вариантах отмечалась стабилизация. К уборке содержание подвижного фосфора на всех вариантах снижалось относительно предыдущей фазы на 5–9 мг/кг почвы.

3. Перед закладкой опыта содержание подвижного калия варьировало в диапазоне 106–112 мг/кг. К посеву кукурузы значения содержания подвижного калия были без изменения. К фазе 8–9 листа кукурузы содержание подвижного калия на всех вариантах снижалось на 19–22% на вариантах без применения удобрений и на 12–15% на удобренных вариантах. К уборке кукурузы содержание подвижного калия на всех вариантах снизилось до 56–62 мг/кг почвы.

4. Урожайность зеленой массы кукурузы на контроле достигала 30,1 т/га. На варианте с безотвальным рыхлением урожайность была ниже на 21% (6,2 т/га). Внесение органического удобрения при отвальной обработке способствовало увеличению урожайности на 18% относительно контроля. На варианте с безотвальным рыхлением при внесении органического удобрения достоверных отклонений не наблюдалось.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Гаврюшина И.В. Влияние оптимизации условий минерального питания на фотосинтетическую деятельность посевов и продуктивность кукурузы. / И.В. Гаврюшина, С.М. Надежкин, С.А. Семина и др. // Плодородие. — 2024. — 2(137). — С. 16–20. — DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.04

2. Дёмин Е.А. Влияние минеральных удобрений и междурядной обработки на урожайность кукурузы в условиях лесостепной зоны Зауралья. / Е.А. Дёмин, Н.В. Фисунов // Вестник Курганской ГСХА. — 2017. — 4(24). — С. 33–35.

3. Еремин Д.И. Хозяйственный вынос основных элементов питания при выращивании кукурузы по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья. / Д.И. Еремин, Е.А. Дёмин // АПК России. — 2017. — 4. — С. 883–888.

4. Тимошкин О.А. Влияние удобрений и норм высева на формирование агроценоза и массу растений кукурузы и сои к уборке. / О.А. Тимошкин, О.Ю. Тимошкина // Сурский вестник. — 2024. — 4(29). — С. 46–51. — DOI: 10.36461/2619-1202_2024_04_008

5. Магомедалиев С.А. Продуктивность кукурузы на зерно при разных способах основной обработки почвы. / С.А. Магомедалиев, М.Р. Мусаев, М.Г. Абдулнатипов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. — 2024. — 6. — С. 219–226. — DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-219-226

6. Головко Т.К. Фотосинтетическая активность листьев и продуктивность раннеспелого гибрида кукурузы Доркав в условиях Северного Нечерноземья. / Т.К. Головко, Г.Н. Табаленкова, Р.В. Малышев и др. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2025. — 2(315). — С. 5–13. — DOI: 10.26898/0370-8799-2025-2-1

7. Дёмин Е.А. Влияние междурядной обработки кукурузы на динамику нитратного азота чернозема выщелоченного в условиях лесостепной зоны Зауралья. / Е.А. Дёмин, Л.Н. Барабанщикова // Вестник КрасГАУ. — 2020. — 12(165). — С. 32–39. — DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-32-39

8. Теличко О.Н. Агрэкологическое испытание кукурузы на устойчивость к грибным патогенам в условиях Приморского края. / О.Н. Теличко, Т.А. Белова, О.В. Сырмолов и др. // Пермский аграрный вестник. — 2025. — 3(51). — С. 78–85. — DOI: 10.47737/2307-2873_2025_51_78

9. Титова В.И. Эффективность использования свиного навоза в звене кормового севооборота. / В.И. Титова, Е.Г. Белоусова // Агрохимический вестник. — 2022. — 3. — С. 34–38. — DOI: 10.24412/1029-2551-2022-3-006

10. Миллер Е.И. Влияние основной обработки почвы и органических удобрений на урожайность и экономическую эффективность кукурузы в Западной Сибири. / Е.И. Миллер, С.С. Миллер, В.В. Рзаева // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — 2023. — 1(72). — С. 45–49.

11. Примак И.Д. Влияние систем основной обработки и удобрения на содержание в почве доступных для растений элементов питания и продуктивность полевого севооборота в Правобережной Лесостепи Украины. / И.Д. Примак, А.Б. Панченко, М.В. Войтовик // Агробиология. — 2017. — 2(135). — С. 16–24.

12. Чеботарев Н.Т. Органические и минеральные удобрения как факторы повышения продуктивности агроценозов (на примере северной тайги Республики Коми) / Н.Т. Чеботарев, А.А. Юдин, А.В. Облизов. — Коми: Коми республиканская академия государственной службы и управления, 2019. — 130 с.

13. Рзаева В.В. Гумусное состояние черноземов выщелоченных при различных системах основной обработки в условиях Северного Зауралья. / В.В. Рзаева, Д.И. Еремин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. — 2010. — 7. — С. 31–34.

14. Абрамов Н.В. Состав гумуса выщелоченного чернозема Тобол-Ишимского междуречья в естественном состоянии и в условиях длительной распашки. / Н.В. Абрамов, Д.И. Еремин, С.В. Абрамова // Вестник КрасГАУ. — 2007. — 4. — С. 52–56.

15. Медведев В.В. Химический состав кормов в зависимости от способов основной обработки почвы и фонов питания. / В.В. Медведев, В.Н. Фомин, М.М. Нафиков и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. — 2020. — 1(57). — С. 32–37. — DOI: 10.12737/2073-0462-2020-32-37

16. Власова О.И. Зависимость урожайности гибридов кукурузы от приемов обработки почвы при возделывании в зоне неустойчивого увлажнения. / О.И. Власова, В.М. Передериева, О.Г. Шабалдас // Земледелие. — 2023. — 6. — С. 33–36. — DOI: 10.24412/0044-3913-2023-6-33-36.

17. Потетня К.М. Преимущества применения химических и органических удобрений. / К.М. Потетня // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. — 2022. — 3-4(15-16). — С. 23–27.
18. Астарханов И.Р. Динамика питательных веществ тёмно-каштановой почвы в зависимости от доз и способов внесения органического удобрения. / И.Р. Астарханов, Т.С. Астарханова, Д.А. Алибалаев и др. // Известия Дагестанского ГАУ. — 2023. — 1(17). — С. 8–12. — DOI: 10.52671/26867591_2023_1_8
19. Демин Е.А. Влияние минеральных удобрений на динамику поглощения калия кукурузой, выращиваемой в лесостепной зоне Зауралья. / Е.А. Демин, Л.Н. Барабанщикова // Вестник КрасГАУ. — 2021. — 8(173). — С. 68–73. — DOI: 10.36718/1819-4036-2021-8-68-73

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gavryushina I.V. Vliyanie optimizacii uslovij mineral'nogo pitaniya na fotosinteticheskuyu deyatel'nost' posevov i produktivnost' kukuruzy' [The effect of optimizing mineral nutrition conditions on the photosynthetic activity of crops and the productivity of corn]. / I.V. Gavryushina, S.M. Nadezhkin, S.A. Semina et al. // Fertility. — 2024. — 2(137). — P. 16–20. — DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.04 [in Russian]
2. Dyomin E.A. Vliyanie mineral'nyx udobrenij i mezhduryadnoj obrabotki na urozhajnost' kukuruzy' v usloviyah lesostepnoj zony' Zaural'ya [The effect of mineral fertilizers and inter-row cultivation on corn yield in the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. / E.A. Dyomin, N.V. Fisunov // Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. — 2017. — 4(24). — P. 33–35. [in Russian]
3. Eremin D.I. Xozyajstvennyj vy'nos osnovnyx e'lementov pitaniya pri vy'rashhivanii kukuruzy' po zernovoj texnologii v lesostepnoj zone Zaural'ya [Economic removal of the main nutrients during corn cultivation using grain technology in the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. / D.I. Eremin, E.A. Dyomin // Agro-industrial complex of Russia. — 2017. — 4. — P. 883–888. [in Russian]
4. Timoshkin O.A. Vliyanie udobrenij i norm vy'seva na formirovanie agrocenoza i massu rastenij kukuruzy' i soi k uborke [The effect of fertilizers and seeding rates on the formation of an agrocenosis and the mass of corn and soy plants by harvest]. / O.A. Timoshkin, O.Yu. Timoshkina // Sursky Bulletin. — 2024. — 4(29). — P. 46–51. — DOI: 10.36461/2619-1202_2024_04_008 [in Russian]
5. Magomedaliev S.A. Produktivnost' kukuruzy' na zerno pri raznyx sposobax osnovnoj obrabotki pochvy' [Productivity of grain corn under different methods of primary tillage]. / S.A. Magomedaliev, M.R. Musaev, M.G. Abdulnatipov // Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. — 2024. — 6. — P. 219–226. — DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-219-226 [in Russian]
6. Golovko T.K. Fotosinteticheskaya aktivnost' list'evi produktivnost' rannespelogo gibrida kukuruzy' Dorkav usloviyah Severnogo Nechernozem'ya [Photosynthetic activity of leaves and productivity of the early-ripening corn hybrid Dorkav in the conditions of the Northern Non-Chernozem Region]. / T.K. Golovko, G.N. Tabalenkova, R.V. Malyshev et al. // Siberian Bulletin of Agricultural Science. — 2025. — 2(315). — P. 5–13. — DOI: 10.26898/0370-8799-2025-2-1 [in Russian]
7. Dyomin E.A. Vliyanie mezhduryadnoj obrabotki kukuruzy' na dinamiku nitratnogo azota chernozema vy'shelochennogo v usloviyah lesostepnoj zony' Zaural'ya [Influence of inter-row corn cultivation on the dynamics of nitrate nitrogen in leached chernozem in the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. / E.A. Dyomin, L.N. Barabanshhikova // KrasGAU Bulletin. — 2020. — 12(165). — P. 32–39. — DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-32-39 [in Russian]
8. Telichko O.N. Agroekologicheskoe ispy'tanie kukuruzy' na ustojchivost' k gribnym patogenam v usloviyah Primorskogo kraja [Agroecological testing of corn for resistance to fungal pathogens in the Primorsky Territory]. / O.N. Telichko, T.A. Belova, O.V. Syrmolot et al. // Perm Agrarian Bulletin. — 2025. — 3(51). — P. 78–85. — DOI: 10.47737/2307-2873_2025_51_78 [in Russian]
9. Titova V.I. Efektivnost' ispol'zovaniya svinogo navoza v zvene kormovogo sevooborota [The effectiveness of using pig manure in a feed crop rotation system]. / V.I. Titova, E.G. Belousova // Agrochemical Bulletin. — 2022. — 3. — P. 34–38. — DOI: 10.24412/1029-2551-2022-3-006 [in Russian]
10. Miller E.I. Vliyanie osnovnoj obrabotki pochvy' i organicheskix udobrenij na urozhajnost' i ekonomicheskuyu effektivnost' kukuruzy' v Zapadnoj Sibiri [The effect of basic soil cultivation and organic fertilizers on the yield and economic efficiency of corn in Western Siberia]. / E.I. Miller, S.S. Miller, V.V. Rzaeva // Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. — 2023. — 1(72). — P. 45–49. [in Russian]
11. Primak I.D. Vliyanie sistem osnovnoj obrabotki i udobreniya na soderzhanie v pochve dostupnyx dlya rastenij e'lementov pitaniya i produktivnost' polevogo sevooborota v Pravoberezhnoj Lesostepi Ukrayiny' [Influence of basic tillage and fertilizer systems on the availability of nutrients for plants in the soil and the productivity of field crop rotation in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. / I.D. Primak, A.B. Panchenko, M.V. Vojtovik // Agrobiology. — 2017. — 2(135). — P. 16–24. [in Russian]
12. Chebotarev N.T. Organicheskie i mineral'nye udobreniya kak faktory' pov'ysheniya produktivnosti agrocenozov (na primere severnoj tajgi Respubliki Komi) [Organic and mineral fertilizers as factors increasing the productivity of agrocenoses (on the example of the northern taiga of the Komi Republic)] / N.T. Chebotarev, A.A. Yudin, A.V. Oblizov. — Komi: Komi respublikanskaya akademiya gosudarstvennoj sluzhby' i upravleniya, 2019. — 130 p. [in Russian]
13. Rzaeva V.V. Gumsnoe sostoyanie chernozemov vy'shelochennyyx pri razlichnyx sistemakh osnovnoj obrabotki v usloviyah Severnogo Zaural'ya [Humus content of leached chernozems under different main cultivation systems in the Northern Trans-Urals]. / V.V. Rzaeva, D.I. Eremin // Bulletin of the N.I. Vavilov Saratov State Agricultural University. — 2010. — 7. — P. 31–34. [in Russian]
14. Abramov N.V. Sostav gumusa vy'shelochennogo chernozema Tobol- Ishimskogo mezhdurech'ya v estestvennom sostoyanii i v usloviyah dlitel'noj rasplashki [Composition of humus in leached chernozem of the Tobol-Ishim interfluve in its

natural state and under conditions of long-term ploughing]. / N.V. Abramov, D.I. Eremin, S.V. Abramova // KrasGAU Bulletin. — 2007. — 4. — P. 52–56. [in Russian]

15. Medvedev V.V. Ximicheskij sostav kormov v zavisimosti ot sposobov osnovnoj obrabotki pochvy' i fonov pitaniya [Chemical composition of feed depending on the methods of basic soil cultivation and nutritional backgrounds]. / V.V. Medvedev, V.N. Fomin, M.M. Nafikov et al. // Bulletin of Kazan State Agrarian University. — 2020. — 1(57). — P. 32–37. — DOI: 10.12737/2073-0462-2020-32-37 [in Russian]

16. Vlasova O.I. Zavisimost' urozhajnosti gibrilov kukuruzy' ot priemov obrabotki pochvy' pri vozdely'vaniu v zone neustojchivogo uvlazhneniya [The dependence of corn hybrid yields on soil cultivation methods in the zone of unstable moisture content]. / O.I. Vlasova, V.M. Perederieva, O.G. Shabaldas // Agriculture. — 2023. — 6. — P. 33–36. — DOI: 10.24412/0044-3913-2023-6-33-36. [in Russian]

17. Potetnya K.M. Preimushhestva primeneniya ximicheskix i organicheskix udobrenij [Advantages of using chemical and organic fertilizers]. / K.M. Potetnya // Scientific and Technical Bulletin: Technical Systems in the Agro-Industrial Complex. — 2022. — 3-4(15-16). — P. 23–27. [in Russian]

18. Astarxanov I.R. Dinamika pitatel'ny'x veshhestv tyomno-kashtanovoj pochvy' v zavisimosti ot doz i sposobov vneseniya organicheskogo udobreniya [Dynamics of nutrients in dark chestnut soil depending on the doses and methods of organic fertilizer application]. / I.R. Astarxanov, T.S. Astarxanova, D.A. Alibalaev et al. // News of the Dagestan State Agrarian University. — 2023. — 1(17). — P. 8–12. — DOI: 10.52671/26867591_2023_1_8 [in Russian]

19. Demin E.A. Vliyanie mineral'ny'x udobrenij na dinamiku pogloshheniya kaliya kukurozoy, vy'rashhivaemoj v lesostepnoj zone Zaural'ya [The effect of mineral fertilizers on the dynamics of potassium absorption by corn grown in the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. / E.A. Demin, L.N. Barabanshhikova // KrasSAU Bulletin. — 2021. — 8(173). — P. 68–73. — DOI: 10.36718/1819-4036-2021-8-68-73 [in Russian]