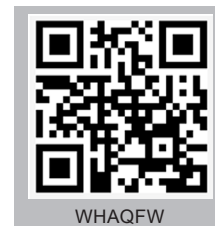




<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84>

EDN WHAQFW

УДК 633.854.78:631.8:213.52



Поступила: 26.02.2025

Доработана: 06.06.2025

Принята: 12.06.2025

Оптимизация содержания в почве макро- и микроэлементов в посевах подсолнечника в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья

М.К.Р. Аль-Аттафи, ✉ А.Н. Есаулко, А.С. Котова

Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия

✉ aesaulko@yandex.ru

Аннотация

Введение. В условиях зоны рискованного земледелия Центрального Предкавказья дефицит доступных форм питательных элементов в черноземах выщелоченных является лимитирующим фактором продуктивности подсолнечника. Существующие системы удобрения не всегда учитывают региональные особенности почвенного плодородия, что обуславливает необходимость разработки адаптивных технологий питания сельскохозяйственных культур.

Цель. Оптимизировать содержание макро- и микроэлементов в слое (0–30 см) чернозема выщелоченного для достижения планируемой урожайности подсолнечника гибрида Арис в условиях зоны неустойчивого увлажнения региона.

Материалы и методы. Полевые исследования проводили в 2021–2023 гг. на базе учебно-опытного хозяйства Ставропольского государственного аграрного университета (юг России). Изучали эффективность различных доз NPK (контроль, рекомендованная и расчетные дозы под планируемую урожайность 2,5 и 3,5 т/га) и микроудобрений (Золото полей «Все включено» и WUXAL «Борон pH»).

Результаты. Применение расчетных доз минеральных удобрений в сочетании с микроудобрениями позволяет существенно повысить продуктивность подсолнечника. Наибольшая урожайность культуры достигнута при использовании расчетной дозы удобрений, учитывающей планируемый уровень продуктивности. Особенно эффективным оказалось применение дозы минеральных удобрений, рассчитанной по авторской методике, при урожайности подсолнечника 3,5 т/га, которая обеспечила достоверную прибавку урожая на всех изучаемых фонах минерального питания. Также отмечено улучшение агрохимических показателей почвы, выразившееся в увеличении содержания доступных форм азота, фосфора и калия.

Заключение. Разработанная система удобрений позволяет повысить продуктивность подсолнечника на 6–54 % по сравнению с традиционной технологией. Полученные результаты имеют практическое значение для сельхозпроизводителей Центрального Предкавказья, позволяя оптимизировать затраты на минеральное питание культур.

Ключевые слова: Подсолнечник, чернозем выщелоченный, минеральные удобрения, урожайность, доза удобрения, микроудобрения, макро- и микроэлементы

Для цитирования: Аль-Аттафи М.К.Р., Есаулко А.Н., Котова А.С. Оптимизация содержания в почве макро- и микроэлементов в посевах подсолнечника в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2025;15(2):74–84. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84> EDN WHAQFW

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84>

EDN WHAQFW

Received: 26.02.2025

Revised: 06.06.2025

Accepted: 12.06.2025

Optimization of Macro- and Microelement Content in Soil for Sunflower Cultivation under Unstable Moisture Conditions of the Central Ciscaucasus Region

Mohammed K. R. Al-Attafi, ✉ Aleksandr N. Esaulko, Arina S. Kotova

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

✉ aesaulko@yandex.ru

Abstract

Introduction. In the risky farming zone of the Central Ciscaucasus region, the deficiency of available nutrient forms in leached chernozems is a limiting factor for sunflower productivity. Existing fertilization systems do not always account for regional soil fertility characteristics, necessitating the development of adaptive crop nutrition technologies.

Aim. To optimize the content of macro- and microelements in the 0–30 cm layer of leached chernozem to achieve the target yield of the Aris sunflower hybrid under unstable moisture conditions in the region.

Materials and methods. Field studies were conducted from 2021 to 2023 at the experimental farm of Stavropol State Agrarian University (southern Russia). The effectiveness of different NPK doses (control, recommended and calculated doses for target yields of 2.5 and 3.5 t/ha) and micronutrient fertilizers (Zoloto Polei «All Inclusive» and WUXAL «Boron pH») was evaluated.

Results. The application of calculated mineral fertilizer doses combined with micronutrient fertilizers significantly increased sunflower productivity. The highest crop yield was achieved using fertilizer doses calculated for the target productivity level. Particularly effective was the application of mineral fertilizers calculated using the authors' methodology for a sunflower yield of 3.5 t/ha, which provided a reliable yield increase across all studied nutrition backgrounds. Improvement in soil agrochemical indicators was also noted, manifested in increased content of available nitrogen, phosphorus and potassium forms in the soil.

Conclusions. The developed fertilization system increases sunflower productivity by 6–54 % compared to conventional technology. The obtained results have practical significance for agricultural producers in the Central Ciscaucasus region, allowing optimization of mineral nutrition costs for crops.

Keywords: Sunflower, leached chernozem, mineral fertilizers, yield, fertilizer dose, microfertilizers, macro- and microelements

To cite: Al-Attafi M.K.R., Esaulko A.N., Kotova A.S. Optimization of the content of macro- and microelements in sunflower crops in the conditions of the zone of unstable moisture of the central ciscaucasus. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(2):74–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84> EDN WHAQFW

Введение

Обеспечение масличного производства в России качественным сырьем играет важную роль в продовольственной безопасности, что в конечном счете определяет эффективность отраслей отечественной промышленности, а в агропромышленном комплексе страны – работу масличного подкомплекса [1–3]. Подсолнечник является основной масличной культурой в стране и имеет важное народнохозяйственное значение. Занимая ведущее место в России, он возделывался на протяжении 2021–2024 гг. на площади 9,5–9,8 млн га со средней урожайностью 1,63–1,69 т/га. Ставропольский край является одним из основных регионов по производству подсолнечника в России – культура выращивалась за аналогичный период на площади 242–278 тыс. га со средней урожайностью 14,6–2,29 т/га [4–6].

В почвенно-климатических условиях Центрального Предкавказья отмечается неустойчивая урожайность подсолнечника, которая находилась в пределах от 1,46 т/га в 2024 г. до 2,29 т/га в 2023 г. Это связано как с неустойчивыми погодными условиями, так и с неправильным применением макро- и микроудобрений, избыточным или недостаточным их внесением, использованием неоптимальных способов внесения [7–9].

В увеличении урожайности и достижении максимальных показателей качества маслосемян подсолнечника важное значение имеет интегрированное применение минеральных и комплексных микроудобрений [10–12]. Новые комплексные микроудобрения, применяемые в посевах подсолнечника, недостаточно изучены. Исследования показывают, что микроэлементы не только способствуют повышению урожайности, но и улучшают качество получаемой продукции, особенно на высоком фоне основного внесения минеральных удобрений [13–15]. Так, в ряде экспериментов, проведенных на черноземах выщелоченных с низким и средним содержанием микроэлементов, было отмечено повышение урожайности семян подсолнечника на 10–14 %, а также значительное увеличение их масличности [16–18].

Подсолнечник обладает уникальной особенностью – формированием ткани, накапливающей жир. Этот признак определяется генетически, однако степень заполнения этой ткани синтезируемым маслом может варьироваться в зависимости от используемых технологических методов. Например, масличность семян современных сортов и гибри-

дов подсолнечника составляет от 48 до 56 % [19; 20].

В современных исследованиях для зоны неустойчивого увлажнения не разработаны схемы внесения макро- и микроудобрений, учитывающие сокращение сроков возврата подсолнечника на прежнее место. Исследования показывают, что без удобрений урожайность снижается на 28–30 %, но оптимальные дозы НРК для минимизации этих потерь не определены. А также отсутствуют данные по экономической эффективности листовых подкормок в зависимости от влагообеспеченности ($ГТК = 0,6–1,3$).

Цель исследований заключалась в оптимизации содержания макро- и микроэлементов в 0–30 см слое чернозема выщелоченного для получения расчетного уровня урожайности подсолнечника в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья.

Материалы и методы

Материалы

Объектом исследования являлся гибрид подсолнечника – Арис (оригинатор ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК). Предшественник – озимая пшеница [3; 4].

Опыт двухфакторный: фактором А является фон питания (дозы минеральных удобрений), фактором В – микроудобрения [5; 9].

Методы

Учет урожая проводили по методике Госсортоиспытания (2019). Содержание в почве нитратного азота – с помощью ионоселективного электрода (ГОСТ 26951–86). Содержание подвижного фосфора и калия в почве определяли по методу Мачигина в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26205–91.

На фонах с расчетными дозами нормы минеральных удобрений ежегодно корректировались в зависимости от агрохимических показателей чернозема выщелоченного [3; 4]. Микроудобрения вносились в фазы 4–5 пар настоящих листьев и в фазу формирования корзинки в дозировке: 1 л/га [5; 9]. Обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа.

Процедура исследования

Исследования проводились в период с 2021 по 2023 г. на территории сельскохозяйственной опытной станции, расположенной на землепользовании Ставропольского ГАУ в пределах Грачевско-Калаусского

ландшафта в условиях лесостепной зоны Центрального Предкавказья. Территория землепользования расположена в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края. По среднееголетним данным, количество осадков составляет 551 мм, а активные температуры колеблются в пределах 3000–3200 °С, ГТК составляет 1,1–1,3 [5; 9; 22].

На месте проведения экспериментально-го исследования почвенный покров представлен черноземом выщелоченным мощным малогумусным тяжелосуглинистым. Агрохимические показатели почвы в ходе обследования перед закладкой опыта характеризовались повышенным содержанием подвижного фосфора (P_2O_5) – в пределах 32–36 мг/кг, средней обеспеченностью подвижного калия (K_2O) в пределах 250–264 мг/кг и S – 6,9–7,2 мг/кг, средней обеспеченностью органическим веществом 5,2–5,3 %, и нейтральной реакцией почвенного раствора 6,1–6,5 ед [5; 9; 22].

Схема двухфакторного опыта представляла собой размещение вариантов по методу расщепленных делянок, повторность 3-кратная, учетная площадь делянки – 100 м² [5; 9].

Фактор А: 1) контроль (без удобрения); 2) рекомендованная доза минеральных удобрений – $N_{60}P_{70}K_{40}$ [21]; 3) расчетная доза удобрений на планируемый урожай 2,5 т/га – $N_{73}P_{45}K_{45}$; 4) расчетная доза удобрений на планируемый урожай 3,5 т/га – $N_{94}P_{65}K_{45}$. На фоне с рекомендованной дозой минеральных удобрений вносились до посева нитроаммофоска 200 кг/га ($N_{32}P_{32}K_{32}$) и аммиачная селитра 50 кг/га (N_{17}) и аммофос 57 кг/га (N_7P_{30}), а при посеве нитроаммофоска 50 кг/га ($N_8P_8K_8$).

Микроудобрения В: 1. Контроль (без микроудобрений); 2. Золото полей «Все включено» (производитель «Золото полей») – комплексное инновационное удобрение в жидкой форме. Состав: N – 60–90 г/л, P_2O_5 – 4–5 г/л, K_2O – 15–20 г/л, S – 20–25 г/л, MgO – 16–20 г/л, Na – 5–7 г/л, B – 2–2,5 г/л, Mo – 0,5–1 г/л, в хелатной форме – CaO – 5–10 г/л, Fe – 6–9 г/л, Zn – 16–20 г/л, Cu – 5–7 г/л, Mn – 4–6 г/л, Co – 0,1–0,25, Ni – 0,8–1,2 мг/л, Li – 0,1–0,3 мг/л, Se – 0,17–0,38 мг/л, Ba – 0,12–0,2 мг/л, Ag – 0,03–0,1 мг/л; 3. WUXAL «Борон pH» – инновационная суспензия для безопасного применения на культурах, чувствительных к недостатку бора. Состав: N – 70,0 г/л, P_2O_5 – 183 г/л, B – 108,0 г/л, SO₃ – 5,5 г/л, Cu – 0,7, Fe – 1,4, Mn – 0,7, Mo – 0,014, Zn – 0,7 (компания AGLUKON GmbH).

Результаты и обсуждение

Климатические условия в годы проведения опыта

По количеству выпавших осадков и температурному режиму между собой годы исследований значительно различались, но все они превышали среднееголетние показатели: в 2021 году сумма выпавших осадков составила – 912,2 мм, превысив среднееголетнюю норму на 361,2 мм, а в 2022 году (578,8 мм) превысила многолетнюю норму на 27,8 мм.

К 2023 году сумма выпавших осадков составила 707,4 мм, превысив среднееголетний показатель на 156,4 мм. Среднесуточная температура воздуха в годы проведения исследований превышала среднееголетнюю норму в 2021 году на 1,3 °С, в 2022 году – на 1,6 °С, а в 2023 году на 2,5 °С. Оптимальными погодными условиями для растений подсолнечника в годы проведения исследований оказались условия 2023 года, когда количество выпавших осадков составило 707,4 мм, а среднесуточная температура приблизилась к 11,7 °С.

Нитратный азот

В среднем за годы опыта применение минеральных удобрений оказало существенное влияние на накопление элемента в слое 0–30 см чернозема выщелоченного. Применение микроудобрения «Все включено» в среднем на фоне минерального питания и по срокам отбора несущественно повышало в 0–30 см слое чернозема выщелоченного содержание нитратного азота по сравнению с вариантом применения с микроудобрением «Борон pH»: на 0, 1 мг/кг почвы, по сравнению с контролем разница не зафиксирована.

Увеличение доз минерального питания способствовало большему поступлению элемента в почвенный покров. Максимальное в опыте среднее накопление нитратного азота в 0–30 см слое почвы чернозема выщелоченного наблюдалось на варианте с расчетной дозой минеральных удобрений (3,5 т/га) $N_{90}P_{80}K_{62}$ – 17,5 мг/кг почвы. За период вегетации культуры в среднем в слое 0–30 см почвы происходило неуклонное достоверное снижение нитратного азота на 8,6–7,5 мг/кг почвы. Активное поглощение нитратного азота растениями подсолнечника из почвы можно объяснить следующим: в процессе фотосинтеза растения используют азот для синтеза белков и других органических соединений с целью формирования большей биомассы (таблица 1).

Подвижный фосфор

Динамика содержания фосфора в 0–30 см слое почвы схожа с динамикой показателей содержания нитратного азота в почве, также наблюдалось существенное снижение концентрации элемента от 2,5 до 7,1 мг/кг почвы в межфазный период бутонизация – полная спелость (таблица 2).

Максимальное содержание элемента в почве было отмечено на варианте с дозой применения минеральных удобрений на планируе-

мую урожайность 3,5 т/га – $N_{90}P_{80}K_{62}$ – 34,1 мг/кг почвы, что существенно превышало изучаемые варианты на 2,0–6,8 мг/кг почвы. Применение микроудобрения «Борон рН» в среднем на фоне минеральных удобрений и в период учета по фазам развития подсолнечника несущественно повышало содержание подвижного фосфора в 0–30 см слое почвы по сравнению с контрольным вариантом и микроудобрением «Все включено» – на 1 и 1,6 мг/кг почвы соответственно.

Таблица 1 – Влияние минеральных и микроудобрений на динамику содержания нитратного азота (мг/кг) в слое 0–30 см чернозема выщелоченного, среднее за 2021–2023 гг.

Table 1 – Influence of mineral and micro fertilizers on the dynamics of nitrate nitrogen content (mg/kg) in a layer of 0–30 cm of leached chernozem, average for 2021–2023

Доза минеральных удобрений(А)	Микроудобрения (В)	Срок отбора, С			НСП, А = 1,14	НСП, В = 0,82
		Бутонизация	Цветение	Полная спелость		
Контроль (без удобрений)	Контроль	14,8	8,8	4,1	8,8	13,7
	Все включено	13,8	8,0	3,5		13,7
	Борон рН	14,5	8,0	3,5		13,6
Рекомендованная – N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	Контроль	20,4	12,0	6,2	13,0	
	Все включено	21,8	13,0	5,4		
	Борон рН	21,2	12,5	4,8		
Расчетная(2,5т/га)– N ₇₄ P ₆₄ K ₄₈	Контроль	23,4	14,8	7,4	15,5	
	Все включено	24,5	15,5	6,4		
	Борон рН	25,2	16,2	6,2		
Расчетная(3,5т/га)– N ₉₀ P ₈₀ K ₆₂	Контроль	27,2	16,7	8,8	17,5	
	Все включено	28,8	17,3	6,4		
	Борон рН	28,0	16,5	7,5		
НСП, С = 1,96		21,9	13,3	5,8	НСП = 2,12	

Таблица 2 – Влияние минеральных и микроудобрений на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в слое 0–30 см чернозема выщелоченного, среднее за 2021–2023 гг.

Table 2 – Influence of mineral and micro fertilizers on the dynamics of mobile phosphorus content (mg/kg) in a layer of 0–30 cm of leached chernozem, average for 2021–2023

Доза минеральных удобрений (фактор А)	Микроудобрения (фактор В)	Срок отбора, С			НСП, А = 1,98	НСП, В = 1,62
		Бутонизация	Цветение	Полная спелость		
Контроль (без удобрений)	Контроль	30,5	26,1	24,9	27,3	30,6
	Все включено	31,5	25,2	23,7		30,0
	Борон рН	32,2	26,8	24,5		31,6
Рекомендованная – N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	Контроль	36,8	30,5	28,4	32,1	
	Все включено	37,5	30,0	27,4		
	Борон рН	38,3	31,8	28,4		
Расчетная(2,5т/га)– N ₇₄ P ₆₄ K ₄₈	Контроль	35,4	28,2	26,0	29,9	
	Все включено	35,8	27,2	25,3		
	Борон рН	36,5	29,2	26,0		
Расчетная(3,5т/га)– N ₉₀ P ₈₀ K ₆₂	Контроль	39,4	32,3	29,1	34,1	
	Все включено	40,6	31,6	28,5		
	Борон рН	42,1	32,9	30,2		
НСП, С = 2,20		36,4	29,3	26,8	НСП = 2,84	

Подвижный калий

Наибольшее содержание подвижных форм калия в 0–30 см слое чернозема выщелоченного было зафиксировано на варианте с расчетной дозой минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,5 т/га $N_{90}P_{80}K_{62}$ – 247 мг/кг, что по отношению к изучаемым вариантам внесения удобрений является несущественным (3–7 мг/кг почвы), разница по отношению к контрольному варианту была достоверна – 12 мг/кг почвы (таблица 3).

Варианты применения коплёных микроудобрений в среднем на фоне минерального питания и сроков отбора почвенных образцов не оказали существенного влияния на повышение элемента в слое 0–30 см почвы, по сравнению с контролем изучаемые варианты оказались несущественно ниже, и на 1–4 мг/кг почвы.

От фазы бутонизации к фазе полной спелости, как и в предыдущих двух случаях, наблюдалось снижение элемента в слое 0–30 см чернозема выщелоченного на 12–44 с достижением минимального значения к фазе полной спелости.

По результатам исследований А. Н. Есaulко и др. [5] были ранее представлены материалы исследований по эффективности применения комплексных микроудобрений на различных фонах минерального питания при возделывании гибрида Арис в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья за 2021–2022 гг. Однако ранее в исследованиях не был проведен дис-

персионный анализ влияния минеральных и микроудобрений на динамику содержания макроэлементов в 0–30 см слое чернозема выщелоченного при возделывании подсолнечника гибрида Арис.

Урожайность

Изучаемые в опыте дозы минеральных удобрений и комплексные микроудобрения оказали в целом положительное воздействие на уровень урожайности подсолнечника гибрида Арис (таблица 4).

Варианты применения минеральных удобрений существенно увеличивали урожайность маслосемян подсолнечника, и разница средних данных относительно контрольного варианта составила от 0,67 до 1,48 т/га. Все изученные в опыте инновационные микроудобрения достоверно повышали уровень урожайности культуры на 0,37–0,47 т/га по отношению к контрольному варианту, а максимальную продуктивность подсолнечника обеспечило применение микроудобрения «Борон рН», существенно превышающее изучаемые варианты микроудобрений. Планируемый уровень урожайности гибрида подсолнечника Арис 3,5 т/га был достигнут на одном варианте, при применении микроудобрения «Борон рН», а максимальная урожайность была получена на варианте с внесением расчетной дозы минеральных удобрений $N_{90}P_{80}K_{62}$ + «Борон рН» и составила 3,57 т/га.

Таблица 3 – Влияние минеральных и микроудобрений на динамику содержания подвижного калия (мг/кг) в слое 0–30 см чернозема выщелоченного, среднее за 2021–2023 гг.

Table 3 – Influence of mineral and micronutrients on the dynamics of mobile potassium content (mg/kg) in a layer of 0–30 cm of leached chernozem, average for 2021–2023

Доза минеральных удобрений (А)	Микроудобрения (В)	Срок отбора, С			НСР, А = 8,4	НСР, В = 8,0
		Бутонизация	Цветение	Полная спелость		
Контроль (без удобрений)	Контроль	258	223	218	235	243
	Все включено	268	235	222		242
	Борон рН	250	225	214		239
Рекомендованная N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	Контроль	269	230	226	240	
	Все включено	276	228	210		
	Борон рН	274	230	220		
Расчетная (2,5 т/га) – N ₇₄ P ₆₄ K ₄₈	Контроль	273	240	232	244	
	Все включено	280	230	219		
	Борон рН	274	232	218		
Расчетная (3,5 т/га) – N ₉₀ P ₈₀ K ₆₂	Контроль	288	242	224	247	
	Все включено	292	231	216		
	Борон рН	294	226	210		
НСР, С = 18,2		275	231	219	НСР = 22,8	

Таблица 4 – Урожайность подсолнечника (т/га) в зависимости от применяемых минеральных и микроудобрений, среднее за 2021–2023 гг.**Table 4** – Sunflower yield (t/ha), depending on the applied mineral and micro fertilizers, wed 2021–2023

Доза минеральных удобрений (фактор А)	Микроудобрения (фактор В)	Урожайность, т/га	Прибавка урожая,	
			т/га	%
Контроль (без удобрений)	Контроль (без удобрений)	1,66	–	–
	Все включено	1,92	0,26	16
	Борон рН	2,03	0,37	22
Рекомендованная – $N_{60}P_{70}K_{40}$	Контроль (без удобрений)	2,18	–	–
	Все включено	2,79	0,61	28
	Борон рН	2,66	0,48	22
Расчетная (2,5 т/га) – $N_{74}P_{64}K_{48}$	Контроль (без удобрений)	2,51	–	–
	Все включено	2,91	0,40	16
	Борон рН	3,10	0,59	23
Расчетная (3,5 т/га) – $N_{90}P_{80}K_{62}$	Контроль (без удобрений)	3,13	–	–
	Все включено	3,36	0,23	7
	Борон рН	3,57	0,44	14
НСР ₀₅ фактор А		0,162	–	–
НСР ₀₅ фактор В		0,124	–	–
НСР ₀₅ взаимодействие АВ		0,224	–	–

Наибольшая средняя урожайность маслосемян подсолнечника сформирована на фоне минерального питания при применении расчетной дозы на планируемую урожайность 3,5 т/га $N_{90}P_{80}K_{62}$ – 3,35 т/га.

Применение в опыте комплексных микроудобрений «Все включено» и «Борон рН» оказало положительное влияние на урожайность маслосемян подсолнечника, существенно увеличив значения урожайности по отношению к контрольному варианту на 0,37–0,47 т/га (16–20 % по отношению к контролю).

На варианте применения расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 2,5 т/га $N_{74}P_{64}K_{48}$ была достигнута планируемая урожайность подсолнечника на фоне всех изучаемых микроудобрений (Все включено и Борон рН), способствуя получению урожайности от 2,51 до 3,10 т/га.

Без применения микроудобрений дозы минеральных удобрений, изучаемые в опыте, по сравнению с контрольным вариантом повышали показатель урожайности подсолнечника существенно, на 0,5–1,47 т/га. Применение инновационного комплексного микроудобрения «Все включено» на всех изучаемых фонах минерального питания по отношению к контрольному варианту существенно повышало урожайность маслосемян

подсолнечника, на 0,26–0,61 т/га. Микроудобрение «Борон рН» существенно увеличивало уровень урожайности подсолнечника на расчетных системах удобрения (на планируемую урожайность 2,5 т/га – $N_{74}P_{64}K_{48}$ и на планируемую урожайность 3,5 т/га – $N_{90}P_{80}K_{62}$) относительно показателей контрольного варианта на 0,37–0,59 т/га. На контрольном варианте прибавка урожайности маслосемян подсолнечника при применении микроудобрения «Борон рН» оказалась незначительна, относительно варианта с применением комплексного микроудобрения «Все включено» увеличивала показатель урожайности маслосемян подсолнечника на 0,11 т/га. Тогда как на варианте применения рекомендованной дозы минеральных удобрений $N_{60}P_{70}K_{40}$ существенную прибавку урожайности обеспечило применение микроудобрения «Все включено», превышая показатели урожайности подсолнечника изучаемых фонов питания на 0,13–0,61 т/га. Максимальный показатель урожайности маслосемян подсолнечника в опыте достигнут при применении расчетной дозы минеральных удобрений на 3,5 т/га – $N_{90}P_{80}K_{62}$ с двукратным применением микроудобрения «Борон рН» в фазы 4–5 пар настоящих листьев и формирование корзинок – 3,57 т/га.

Заключение

В данной статье представлены результаты дисперсионного анализа влияния минеральных и микроудобрений на урожайность подсолнечника гибрида Арис и динамику содержания макроэлементов в 0–30 см слое чернозема выщелоченного. По итогам проведенного исследования было установлено, что максимальное в опыте среднее накопление нитратного азота в 0–30 см слое почвы чернозема выщелоченного наблюдали на варианте при расчетной дозе минеральных удобрений (3,5 т/га $N_{90}P_{80}K_{62}$ – 17,5 мг/кг почвы. Максимальное содержание элемента в почве было отмечено на варианте с дозой минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,5 т/га $N_{90}P_{80}K_{62}$ – 34,1 т/га, что существенно выше исследуемых вариантов на 2,0–6,8 т/га. Максимальный показатель содержания подвижных форм калия в 0–30 см слое чернозема выщелоченного отмечено на варианте приме-

нения расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,5 т/га $N_{90}P_{80}K_{62}$ – 247 мг/кг, что несущественно превышало изучаемые варианты внесения удобрений (3–7 мг/кг почвы), разница по отношению к контрольному варианту была достоверна – 12 мг/кг почвы.

Наиболее высокоэффективным в опыте оказался фон минерального питания с внесением расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность подсолнечника 3,5 т/га $N_{90}P_{80}K_{62}$, при применении микроудобрения «Борон рН», на котором удалось за исследуемый период (2021–2023 гг.) получить максимальную урожайность подсолнечника – 3,57 т/га, достоверно превышающую изучаемые варианты на 0,21–1,91 т/га. Удалось достигнуть планируемую урожайность подсолнечника на всех вариантах изучаемых микроудобрений при применении расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность подсолнечника 2,5 т/га $N_{74}P_{64}K_{48}$.

Вклад авторов

М. К. Р. Аль-Аттафи: проведение исследования, создание черновика рукописи.

А. Н. Есаулко: руководство исследованием.

А. С. Котова: администрирование, написание и создание рукописи и ее редактирование.

Contribution

M. K. R. Al-Attafi: investigation, writing – original draft.

A. N. Yesaulko: project administration.

A. S. Kotova: supervision, writing – review & editing.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Список литературы / References

1. Ващенко А.В., Каменев Р.А., Солодовников А.П., Жук Е.А. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под подсолнечник на черноземе обыкновенном. *Аграрный научный журнал*. 2020;1:4–8. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i1pp4-8>
Vashchenko A.V., Kamenev R.A., Solodovnikov A.P., Zhuk E.A. Application of mineral fertilizers and bacterial preparations under sunflower on ordinary chernozem. *The Agrarian Scientific Journal*. 2020;1:4–8. (In Russ.). <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i1pp4-8>
2. Кадыров С.В., Силин А.В. Урожай и качество маслосемян подсолнечника в зависимости от применения фунгицидов, стимуляторов роста и микроудобрений. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2015;2-4(47):19–25.
Kadyrov S.V., Silyn A.V. Yield and quality of sunflower oil seeds depending on the use of fungicides, growth stimulants and microfertilizers. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2015;2-4(47):19–25. (In Russ.).
3. Иванова О.М., Ерофеев С.А., Ветрова С.В., Макаров М.Р. Влияние удобрений на урожайность и качество урожая подсолнечника сорта Спартак селекции Тамбовского НИИСХ. *Масличные культуры*. 2020;3(183):92–98. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-3-183-92-98>
Ivanova O.M., Erofeev S.A., Vetrova S.V., Makarov M.R. Fertilizers influence on yield and yield quality of sunflower variety spartak bred in tambov research institute of agriculture. *Oil Crops*. 2020;3(183):92–98. (In Russ.). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-3-183-92-98>

4. Левшаков Л.В., Пироженко В.В. Эффективность возделывания подсолнечника на зональных почвах Центрального Черноземья с дефицитом серы. *Достижения науки и техники АПК*. 2023;37(2):28–33. https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_2_28
Levshakov L.V., Pyrozhenko V.V. The effectiveness of sunflower cultivation on zonal soils of the Central Black Earth with a sulfur deficiency. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2023;37(2):28–33. (In Russ.). https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_2_28
5. Есаулко А.Н., Котова А.С., Аль-Аттафи М.К.Р. и др. Оптимизация минерального питания подсолнечника в условиях Центрального Предкавказья. *Плодородие*. 2022;6(129):12–14. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.129.03>
Esaulko A.N., Kotova A.S., Al-Attafi M.K.R. et al. Optimization of mineral nutrition of sunflower in the conditions of the Central Precaucasia. *Plodородie*. 2022;6(129):12–14. (In Russ.). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.129.03>
6. Никифорова С.А. Влияние макро- и микроудобрений и биостимулятора на продуктивность и качество маслосемян подсолнечника. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2022;4(68):32–38. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-32-38>
Nikiforova S.A. Influence of macro- and microfertilizers and biostimulator on the productivity and quality of sunflower seed oil. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2022;4(68):32–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-32-38>
7. Стулин А.Ф., Стахурлова Л.Д. Продуктивность подсолнечника на черноземах выщелоченных в длительном опыте с удобрениями. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2020;2:39–43. <https://doi.org/10.31857/S2500-2627-2020-2-39-43>
Stulin A.F., Stahurlova L.D. Sunflower productivity on leached chernozems in long-term experience with fertilizers. *Russian Agricultural Science*. 2020;2:39–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2500-2627-2020-2-39-43>
8. Ханиева И.М., Бозиев А.Л., Кашукоев М.В. и др. Влияние отечественных жидких органоминеральных удобрений на урожайность и качественные показатели гибридов подсолнечника. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2023;4:25–28. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/4/25-28>
Khaniyeva I.M., Boziev A.L., Kashukoev M.V. et al. Influence of domestic liquid organic and mineral fertilizers on yield and quality indicators of sunflower hybrids. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2023;4:25–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/4/25-28>
9. Аль-Аттафи М.К.Р., Есаулко А.Н., Котова А.С. Влияние макро- и микроудобрений на планируемую урожайность и продуктивность маслосемян подсолнечника на черноземе выщелоченном. *International Agricultural Journal*. 2024;67(6).
Al-Attafi M.K.R., Esaulko A.N., Kotova A.S. Influence of macro- and microfertilizers on the planned yield and productivity of sunflower oilseeds on leached chernozem. *International Agricultural Journal*. 2024;67(6). (In Russ.).
10. Цыкалов А.Н., Кравченко В.А., Сотников Б.А., Кравченко А.Л. Урожайность подсолнечника в зависимости от применения микроудобрений. *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2023;1(27):115–121. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-27-115-1>
Tsykalov A.N., Kravchenko V.A., Sotnikov B.A., Kravchenko A.L. Sunflower yield depending on the application of micronutrients. *Agro-Industrial Technologies of Central Russia Magazine*. 2023;1(27):115–121. (In Russ.). <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-27-115-1>
11. Чамурлиев О.Г., Сидоров А.Н., Холод А.А., Чамурлиев Г.О. Изучение эффективности минеральных удобрений на подсолнечнике в открытом грунте при орошении в условиях Волгоградской области. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022;4(68):69–76. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-04-08>
Chamurliiev O.G., Sidorov A.N., Kholod A.A., Chamurliiev G.O. Studying the efficiency of mineral fertilizers on sunflower in open ground under irrigation under the conditions of the volgograd region. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and higher professional education*. 2022;4(68):69–76. (In Russ.). <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-04-08>

12. Пестерева Е.С., Павлова С.А., Захарова Г.Е., Свинобоев М.М. Урожайность и питательная ценность подсолнечника и его смесей в условиях Центральной Якутии. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2020;5(377):28–30. <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-15086>
Pestereva E.S., Pavlova S.A., Zakharova G.E., Svinoboev M.M. Productivity and nutritional value of sunflower and its mixtures in Central Yakutia. *International Agricultural Journal*. 2020;5(377):28–30. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-15086>
13. Nouraein M., Bakhtiarzadeh R., Janmohammadi M., Mohammadzadeh M., Sabaghnia N. The Effects of Micronutrient and Organic Fertilizers on Yield and Growth Characteristics of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*. 2019;42(71):249–64. <https://doi.org/10.1515/helia-2019-0015>
14. Солодовников А.П., Сафонов Е.В., Гурина И.В. и др. Агробиологические и агрохимические аспекты повышения урожайности гибридов подсолнечника в Саратовском Заволжье. *Аграрный научный журнал*. 2023;5:41–46. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp41-46>
Solodovnikov A.P., Safonov E.V., Guryina I.V. et al. Agrobiological and agrochemical aspects of increasing the yield of sunflower hybrids in the Saratov Trans-Volga region. *The Agrarian Scientific Journal*. 2023;5:41–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp41-46>
15. Tishkov N.M., Tilba V.A., Makhonin V.L., Shkarupa M.V. Effect of the growth regulator ORGA-NOSTIM on sunflower productivity in the conditions of the central climatic area of the Krasnodar region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;1045(1):012–109. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1045/1/012109>
16. Crista F., Radulov I., Imbrea F. et al. The Study of the Impact of Complex Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Sunflower Seeds (*Helianthus annuus* L.) by Principal Component Analysis. *Agronomy*. 2023;139(8):2074. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082074>
17. Сыщиков Д.В., Приходько С.А., Удодов И.А., Агурова И.В. Выявление эффективности внекорневого применения жидких комплексных микроудобрений на рост и развитие подсолнечника однолетнего. *Промышленная ботаника*. 2021;21(4):45–48.
Syshchikov D.V., Prykhodko S.A., Udodov I.A., Agurova I.V. Identification of the efficiency of non-root application of liquid complex fertilizers on the growth and development of sunflower. *Industrial Botany*. 2021;21(4):45–48. (In Russ.).
18. Tsykalov A., Kravchenko V., Sotnikov B., Dubrovina O. Sunflower Yield Depending on the Application of Micronutrients. *Agricultural Science Digest*. 2024;44(4):684–687. <https://doi.org/10.18805/ag.df-600>
19. Субботин А.Г., Дружкин А.Ф., Солодовников А.П. и др. Урожайность гибридов подсолнечника на различных фонах минерального питания в засушливых условиях Нижнего Поволжья. *Аграрный научный журнал*. 2020;10:66–70. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i10pp66-70>
Subbotyn A.G., Druzhkin A.F., Solodovnikov A.P. et al. Productivity of sunflower hybrids in terms of different mineral nutrition in arid conditions of the lower Volga region. *Agrarian Scientific Journal*. 2020;10:66–70. (In Russ.). <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i10pp66-70>
20. Иванова О.М., Ерофеев С.А., Ветрова С.В., Макаров М.Р. Эффективность удобрения под подсолнечник на черноземе типичном Тамбовской области. *Масличные культуры*. 2021;3(187):29–34. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-3-187-29-34>
Ivanova O.M., Erofeev S.A., Vetrova S.V., Makarov M.R. The effectiveness of fertilizer for sunflower on typical black soil of the Tambov region *Oil Crops*. 2021;3(187):29–34. (In Russ.). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-3-187-29-34>
21. Сычев В.Г., Есаулко А.Н., Агеев В.В., Подколзин А.И., Сигида М.С. Особенности применения систем удобрений под сельскохозяйственные культуры в Ставропольском крае. *Вестник АПК Ставрополья*. 2015;S2:53–66.
Sychev V.G., Esaulko A.N., Ageev V.V., Podkolzin A.I., Sigida M.S. Features of application of systems of fertilizers for agricultural crops in Stavropol region. *Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2015;S2:53–66.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Аль-Аттафи Мохаммед Касим Раджаб – аспирант кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия
<https://orcid.org/0009-0006-9451-4951>
SPIN-код: [2116-9301](https://orcid.org/0009-0006-9451-4951)
alattafi@yandex.ru

Есаулко Александр Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, директор института агробиологии и природных ресурсов, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия
<https://orcid.org/0000-0003-0441-9055>
SPIN-код: [5497-6339](https://orcid.org/0000-0003-0441-9055)
aesaulko@yandex.ru

Котова Арина Сергеевна – ассистент кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-8665-6873>
SPIN-код: [8007-4246](https://orcid.org/0000-0002-8665-6873)
avroraledi@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Mohammed K. R. Al-Attafi – Postgraduate student, Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia
<https://orcid.org/0009-0006-9451-4951>
alattafi@yandex.ru

Aleksandr N. Esaulko – Dr. Sci. (Agric.), Prof. RAS, Director Institute of Agrobiology and Natural Resources, Prof. Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia
<https://orcid.org/0000-0003-0441-9055>
aesaulko@yandex.ru

Arina S. Kotova – Assist., Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-8665-6873>
avroraledi@mail.ru

© Аль-Аттафи М. К. Р., Есаулко А. Н., Котова А. С., 2025

Аграрный вестник Северного Кавказа / Agrarian Bulletin of the North Caucasus

Журнал «Вестник АПК Ставрополя / Bulletin of Agro-industrial complex of Stavropol Region»
перерегистрирован в «Аграрный вестник Северного Кавказа / Agrarian Bulletin of the North Caucasus»
в связи с изменением названия СМИ.

Издатель ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ
г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12.

Публикуется в авторской редакции.

Подписано в печать 26.06.2025. Дата выхода в свет 30.06.2025.
Формат 60х84¹/₈. Бумага офсетная. Гарнитура «Verdana». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 9,77. Тираж 300 экз. Заказ № 290.

Отпечатано в типографии ИПК СтГАУ «АГРУС», г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.

СВОБОДНАЯ ЦЕНА

ISSN 2949-4796