

УДК 634.11:631.82

Влияние комбинированных систем минерального питания на продуктивность сортов яблони и экономическую эффективность их примененияМ.Ю. Азарова¹ , А.Ю. Ожередова¹, Е.А. Устименко¹, О.С. Зверева¹¹ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» 355017, пер. Зоотехнический, д. 12, г. Ставрополь, Россия, inf@stgau.ru**Аннотация**

Яблоня занимает основное место в сельскохозяйственном производстве фруктов в нашей стране и Ставропольском крае. Повышение ее продуктивности является главной задачей продовольственной безопасности и уменьшения объемов закупаемой импортной продукции плодовых культур. Цель настоящего исследования - изучение влияния систем минерального питания на количество плодиков, оставшихся после третьей волны опадения, а также среднюю массу плода, урожайность сортов яблони и экономическую эффективность применения таких систем питания. Опыт включает 2 фактора: фактор А – система питания (контроль (без удобрений); система фертигации; комбинированная система (фертигация + листовая подкормка)), фактор В – сорта яблони (Фуджи, Голден Делишес, Гала). Опыт проведен на территории ООО Научно-производственное объединение Агропарк «Красочное», расположенного на территории Ипатовского городского округа Ставропольского края, в период 2023...2025 гг. Схема посадки 3,5 × 0,8 м. Повторность опыта 3-кратная. На учетных делянках учитывалось по 10 наиболее типичных плодовых деревьев в средней части ряда. Площадь питания десяти наиболее типичных плодовых деревьев на одной учетной делянке – 28 м², общая площадь опыта – 756 м². Проведение полевых и лабораторных исследований, математической обработки данных согласовано с действующими ГОСТ и методиками. Результаты исследований доказан достоверный прирост количества плодиков, оставшихся на плодовом дереве после третьей волны опадения, при применении комбинированной системы питания относительно контроля. Увеличение средней массы плода, урожайности отмечено по всем сортам на третьем варианте опыта (фертигация + листовая подкормка), где преобладающие показатели зафиксированы по сорту Голден Делишес (средняя масса плода равна 248 г, урожайность – 20,5 т/га). Определена весьма высокая взаимосвязь урожайности всех сортов яблони с количеством плодиков и средней массой плода. Применение комбинированных систем минерального питания рентабельно в производственных условиях (162% по сорту Фуджи, 234% – Голден Делишес, 135% – Гала).

Ключевые слова: яблоня, плодики, минеральные удобрения, фертигация, листовая подкормка

The impact of combined mineral nutrition systems on the productivity of apple varieties and the economic efficiency of their useM.Yu. Azarova¹ , A.Yu. Ozheredova¹, E.A. Ustimenko¹, O.S. Zvereva¹¹Stavropol State Agrarian University, 355017, Zootekhnicheskoe Lane, 12, Stavropol, Russia, inf@stgau.ru**Abstract**

The apple tree occupies a key position in agricultural fruit production in our country and the Stavropol territory. Increasing its productivity is a key objective for food security and minimizing the

volume of imported fruits. The aim of the study was to investigate the influence of combined mineral nutrition systems on the number of ovaries after the third wave of fruit drop, the average fruit weight, the productivity of apple varieties and the economic efficiency of using such nutrition systems. The experiment includes two factors: factor A – nutrition system (control (without fertilizers); fertigation system; combined system (fertigation + foliar feeding)), factor B – apple varieties (Fuji, Golden Delicious, Gala). The experiment was conducted on the territory of the Scientific and Production Association Agropark «Krasochnoe» located in the Ipatovsky urban district of Stavropol territory in 2023—2025. The planting pattern was $3,5 \times 0,8 \text{ m}^2$. The experiment was repeated 3 times. Ten of the most typical fruit trees in the middle of the row were counted in the sample plots. The sample plot area was 28 m^2 and the total experimental area was 504 m^2 . Field and laboratory studies, as well as mathematical data processing, were conducted in accordance with current state standards and methods. The research results demonstrated a significant increase in the number of ovaries remaining on a fruit tree after the third wave of fruit drop when using a combined nutrition system compared to the control. An increase in the average fruit weight and yield was noted for all varieties in the third variant of the experiment (fertigation + foliar feeding) where the predominant indicators were recorded for the Golden Delicious variety (average fruit weight 248 g, yield 20.5 t/ha). A very high correlation was found between yield for all apple varieties, the number of ovaries, and average fruit weight. The use of combined mineral nutrition systems is cost-effective under production conditions (162% for Fuji, 234% for Golden Delicious and 135% for Gala).

Key words: apple tree, ovary, mineral fertilizers, fertigation, foliar feeding

Введение

Лидирующее место в сельскохозяйственном производстве фруктов на территории нашей страны принадлежит яблоне, на долю которой приходится 200 тыс. га. В границах Ставропольского края площадь плодоносящих яблоневых садов составляет 4,3 тыс. га.

Уровень продуктивности яблони зависит от складывающихся погодно-климатических условий, сорта, разработанной системы минерального питания и др. Комбинированные системы минерального питания влияют на урожайность яблони, увеличивая среднюю массу плодов, а также оказывает воздействие на их химический состав. Сбалансированное применение макро- и микроэлементов, таких как азот, фосфор, калий и бор, а также хелатных форм микроэлементов способствует росту урожайности и улучшению потребительских свойств плодов, делая их более устойчивыми к болезням и вредителям (Шкуркин, 2023).

Обеспеченность различных сортов яблони минеральными элементами питания зависит от почвенно-климатических условий, а потребность в них дифференцирована в течение всего вегетационного периода. Кроме того, потребление агрохимических веществ варьируется в зависимости от сортовых характеристик, интенсивности плодоношения и других факторов. В связи с чем разрабатываемая система удобрений должна не только обеспечивать потребность в питании плодовых деревьев и компенсировать их вынос, но и учитывать сбалансированное потребление минеральных элементов в зависимости от межфазных особенностей развития (Трунов, 2005; Онищенко, Дорошенко, 2023).

В агрономической практике интенсивных садов наблюдаются ключевые проблематики, связанные с минеральным питанием растений. Основные из них заключаются в недостатке или чрезмерном количестве питательных веществ. Такие состояния могут быть обусловлены повышенными потребностями молодых плодовых деревьев в питательных веществах (Онищенко и др., 2024).

Применение фертигации в засушливых условиях Ставропольского края позволяет вносить необходимые элементы питания в течение вегетационного периода, одновременно

способствуя оптимальному уровню влажности почвы (Овчинников, Рябичева, 2015). Такой способ значительно уменьшает миграцию составляющих веществ минеральных удобрений за границы корнеобитаемого слоя (Гришутина, 2003). В ходе многолетнего опыта доказано, что фертигация влияет на увеличение массы плодов яблони до 265,7 г и урожайности до 12,7 т/га, а без удобрения показатели ниже и равны 257,7 г и 10,7 т/га соответственно (Айсанов и др., 2023).

Применение листовой подкормки, в свою очередь, способствует эффективному поглощению ассимиляционной поверхностью необходимых элементов питания для поддержания оптимальных показателей роста и развития плодового дерева (Фоменко, 2008; Фоменко и др., 2017). Такую же точку зрения поддерживает и К. Mengel (2002), утверждая, что листовое питание играет значимую роль в процессе оптимизации системы удобрений, поскольку обеспечивает прямое поступление питательных веществ в растения через их листья на ранних стадиях развития, улучшая их физиологическое состояние и, как следствие, увеличивая урожайность и качество продукции. В условиях Ставропольского края применение кальцийсодержащих и микроудобрений при внекорневых подкормках способствует увеличению урожайности плодовых культур до 18 т/га (Левшаков, Смиренин, 2019; Айсанов и др., 2022б).

Целью исследований стало изучение влияния систем минерального питания на количество плодиков, оставшихся после третьей волны опадения, а также среднюю массу плода, урожайность сортов яблони (Фуджи, Голден Делишес и Гала) и экономическую эффективность применения таких систем питания.

Материалы и методы

Исследования проводились на территории интенсивного сада ООО Научно-производственное объединение Агропарк «Красочное» Ипатовского городского округа Ставропольского края в период 2023...2025 гг.

Почвенный покров опытного участка представлен черноземами южными карбонатными мощными слабогумусированными слабодefлированными тяжелосуглинистыми на лессовидных тяжелых суглинках. По результатам лабораторных исследований, проведенных в 2022 г., плотность первого метрового слоя почвы равна 1,22...1,31 г/см³, что характеризует почвы как рыхлые (по Неговелову, Валькову), а во втором метровом слое – 1,29...1,45 г/см³ (рыхлые, рыхловатые и плотноватые). Основная агрохимическая характеристика корнеобитаемого слоя представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты агрохимического анализа учетных делянок (2022 г.)

Глубина взятия почвенного образца, см	рН метод определения рН водной вытяжки (ГОСТ 26423-85)	Подвижный фосфор, мг/кг почвы по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91)	Подвижный калий, мг/кг почвы по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91)	Органическое вещество, % по методу И.В. Тюрина (вариант ЦИНАО) (ГОСТ 26213-91)
0...20	8,0	38	393	2,92
20...40	8,5	9	270	2,18
40...60	8,5	<9	258	1,93
60...70	8,5	9	283	1,73
70...90	8,7	<9	235	1,30
90...130	8,8	<9	235	1,09
130...170	9,2	15	200	0,95

Чернозем южный характеризуется щелочной реакцией почвенного раствора; низким уровнем обеспеченности органическим веществом; повышенным содержанием подвижного фосфора в слое почвы 0...20 см (38 мг/кг почвы) и очень низким в слое почвы 20...130 см (9 мг/кг почвы), низким – 130...170 см (15 мг/кг почвы); повышенным содержанием подвижного калия в слое почвы 0...20 см (393 мг/кг почвы) и средним – 20...170 см (200...283 мг/кг почвы).

Объект исследований – сорта яблони: Фуджи, Голден Делишес и Гала. Предмет исследований – оптимизация минерального питания. Опыт двухфакторный: фактор А – система питания, фактор В – сорта яблони.

Сад заложен в 2019 г. Схема посадки 3,5 × 0,8 м. Повторность опыта 3-кратная. На учетных делянках учитывалось по 10 наиболее типичных плодовых деревьев в средней части ряда. Площадь питания десяти наиболее типичных плодовых деревьев на одной учетной делянке – 28 м², общая площадь опыта – 756 м².

Фактор А – системы минерального питания, разработанные авторами. Контроль – естественный агрохимический фон; система фертигации (9 фертигаций); комбинированная система минерального питания (система фертигации (9 фертигаций) + система листовой подкормки (22 подкормки)).

Внесение минеральных удобрений путем фертигации осуществляли в середине цикла полива в течение получаса, затем продолжался полив около 40 мин с целью повышения влажности корнеобитаемого слоя до оптимального уровня, а также очистки капельных линий поливной водой.

Для успешного роста и формирования плодовых образований деревьям яблони необходимо сбалансированное питание, включающее различные минеральные элементы (Попов и др., 2022). Фертигация и листовая подкормка проводились с использованием минеральных удобрений: Агромастер 20:20:20 (N – 20%, P₂O₅ – 20%, K₂O – 20%, Fe – 0,12%, Mn – 0,08%, B – 0,04%, Zn – 0,05%, Cu – 0,03%, Mo – 0,01%), Агромастер 13:40:13 (N – 13%, P₂O₅ – 40%, K₂O – 13%, SO₃ – 3%, Fe – 0,12%, Mn – 0,08%, B – 0,04%, Zn – 0,05%, Cu – 0,03%, Mo – 0,01%), Бороплюс (B – 15%), Монокалия фосфат (P₂O₅ – 52%, K₂O – 34%), Нитрат Кальция (N – 14,9%, CaO – 27%), Агромастер 18:18:18+3 (N – 18%, P₂O₅ – 18%, K₂O – 18%, MgO – 3%, SO₃ – 6%, Fe – 0,12%, Mn – 0,08%, B – 0,04%, Zn – 0,05%, Cu – 0,03%, Mo – 0,01%), Изагри Цинк (Zn – 12,43%, SO₃ – 4,88%, P₂O₅ – 2,28%, N – 1,2%), Изагри Кальций (CaO – 13,5%, N – 8,0%, MgO – 2,0%, B – 0,05%), Изагри Бор (B – 12,32%, N – 5,5%, SO₃ – 5,2%, Mo – 1,0%), Кальциевая селитра (CaO – 26,3%, N – 14,5%, B – 0,3%), Изагри Магний (MgO – 11,5%, P₂O₅ – 10,0%, N – 2,5%), Изагри Фосфор (P₂O₅ – 20,5%, N – 7,0%, K₂O – 5,0%, MgO – 0,12%, SO₃ – 1,2%, Zn – 0,25%, Cu – 0,1%, Fe – 0,12%, Mg – 0,06%, B – 0,32%, Mo – 0,05%, Co – 0,01%, Se – 0,001%), Изагри Калий (K₂O – 15,2%, P₂O₅ – 6,6%, N – 6,6%, SO₃ – 4,6%, Mn – 0,33%, Cu – 0,12%, Zn – 0,07%, Fe – 0,07%, Mo – 0,07%, B – 0,01%, Se – 0,003%, Co – 0,001%).

Системы фертигации и листовой подкормки (фактор А) представлены в таблицах 2 и 3.

Фактор В – сорта яблони (Фуджи, Голден Делишес, Гала).

Фуджи. Включен в Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию (далее Госреестр) в 2022 году по Северо-Кавказскому региону.

Голден Делишес. Включен в Госреестр в 1965 году по Северо-Кавказскому региону и Калининградской области Северо-Западного региона.

Гала. Включен в Госреестр РФ с 2014 года по Северо-Кавказскому региону РФ.

Таблица 2 – Система фертигации сортов яблони (плодоносящий семечковый сад)

Месяц	Фаза развития	Наименование удобрения	Норма расхода, кг(л)/га
Апрель	Начало вегетации	Агромастер 20:20:20	5,0
	Розовый бутон	Агромастер 13:40:13	5,0
		Бороплюс	2,0
Май	Плод лещина	Агромастер 20:20:20	5,0
	Рост плодов	Монокалия фосфат	5,0
Июнь	Рост плодов	Нитрат кальция	10,0
		Агромастер 20:20:20	5,0
		Монокалия фосфат	5,0
Июль	Созревание	Агромастер 18:18:18+3	5,0

Таблица 3 – Система листовой подкормки яблони (плодоносящий семечковый сад)

Месяц	Фаза развития	Наименование удобрения	Норма расхода, кг(л)/га
Апрель	Зеленый конус	Изагри Цинк	1,5
		Изагри Кальций	3,0
	Выдвижение бутонов	Изагри Бор	1,5
		Изагри Бор	1,5
		Изагри Кальций	3,0
Май	Конец цветения	Кальциевая селитра	2,0
		Изагри Кальций	3,0
		Изагри Магний	1,0
	Плод лещина	Изагри Бор	1,5
		Изагри Кальций	3,0
Июнь	Плод 30 мм	Агромастер 20:20:20	2,0
		Изагри Магний	1,0
	Через 7...10 дней	Изагри Кальций	3,0
		Агромастер 20:20:20	2,0
		Изагри Фосфор	2,0
Июль	1 неделя	Изагри Кальций	3,0
	4 неделя	Изагри Калий	2,0
Август	Созревание плодов	Изагри Кальций	3,0
		Изагри Калий	2,0
Сентябрь	Перед уборкой	Изагри Кальций	3,0
Октябрь	После уборки	Изагри Цинк	0,5
		Изагри Бор	1,5

В почвенных образцах агрохимические показатели определяли по следующим нормативным документам: плотность почвы согласно ГОСТ 5180-2015; подвижные соединения фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91); органическое вещество (гумус) по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); рН (ГОСТ 26483-85). Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли корреляционно-регрессионным методом (Доспехов, 1985) и при помощи 2-х факторного дисперсионного анализа. Сила взаимосвязи между показателями определялась по шкале Чеддока (Chaddock, 1925). Урожайность определяли согласно Н.Г. Красовой и др., (1999).

В период исследований среднегодовая температура воздуха в 2023 г. составляла 13,1°C при сумме осадков за год 384 мм, в 2024 г. – 13,7°C и сумме осадков 214 мм, в 2025 г. – 10,0°C и сумме осадков 286 мм. В целом, температурный режим возрастал к 2024 учетному году и снизился к 2025 г. Оптимальная температура в период активной вегетации сортов яблони зафиксирована в 2024 г., наиболее неблагоприятные условия отмечены в

2025 г., где наблюдались ранневесенние заморозки, что отразилось на среднемесячной температуре в апреле (9,3°C, что в два раза ниже прошлогоднего показателя).

Результаты и обсуждение

Анализируя влияние систем минеральных удобрений на количество плодиков, первоначально сформированных и оставшихся после третьего этапа опадения, следует вывод, что комбинированная система достоверно оказывает положительное воздействие на изучаемый показатель (таблица 4). Количество опавших плодиков зависит от различных факторов, таких как сорт яблони, ее возраст, погодно-климатические условия, а также технологические операции возделывания.

Таблица 4 – Влияние комбинированных систем минеральных удобрений на динамику количества плодиков различных сортов яблони, шт/дерево (среднее за 2023...2025 гг.)

Система минерального питания (фактор А)	Этапы опадения плодиков	Сорта яблони (фактор В)			А НСР ₀₅ = 7,3
		Фуджи	Голден Делишес	Гала	
Контроль (без удобрений)	I	198	220	158	192
	II	127	147	92	122
	III	65	75	57	66
Система фертигации	I	212	235	169	205
	II	144	165	105	138
	III	98	101	61	87
Комбинированная система (фертигация+система листовой подкормки)	I	228	250	189	222
	II	171	192	134	166
	III	121	137	92	117
В НСР ₀₅ = 7,3		152	169	117	АВ НСР ₀₅ = 8,2

Анализ вариантов опыта показал, что с увеличением количества фертигаций и листовых подкормок увеличивается количество первоначально сформированных плодиков и уменьшается число опавших, что оказывает благоприятное воздействие на получаемую хозяйственную урожайность в последующем.

Средняя масса плодов всех сортов яблони достоверно увеличивалась по вариантам опыта, максимальный показатель наблюдался при применении комбинированной системы минерального питания (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние комбинированных систем минеральных удобрений на среднюю массу плода различных сортов яблони, г (среднее за 2023...2025 гг.)

Система минерального питания (фактор А)	Сорта яблони (фактор В)			А НСР ₀₅ = 9,4
	Фуджи	Голден Делишес	Гала	
Контроль (без удобрений)	163	182	150	165
Система фертигации	192	215	183	197
Комбинированная система (фертигация+система листовой подкормки)	227	248	210	228
В НСР ₀₅ =9,7		194	215	181
				АВ НСР ₀₅ = 10,9

Оптимизация системы минерального питания способствует повышению массы плодов (Смирнов, Чумаков, 2020). По мнению V. Treder (2006) применение фертигации азотом и

комплексными удобрениями приводит к увеличению массы плодов сорта Гала на 17%. Т.С. Айсанов с соавторами (2022а) доказали, что прирост массы плода яблони сорта Гала составляет 6,8 г по отношению к контролю (без удобрений), сорта Голден Делишес – 4,4 г. Однако, в наших экспериментальных условиях применение системы фертигации позволило увеличить анализируемый показатель на 33 г в отношении сорта Голден Делишес и Гала, на 29 г – сорт Фуджи. А комбинированная система удобрений (система фертигации + система листовой подкормки) обеспечивает прирост средней массы плода по отношению к контролю (без удобрений) на 64 г по сорту Фуджи, на 66 г – по сорту Голден Делишес, на 60 г – по сорту Гала. В то время как прирост средней массы плода по второму варианту опыта равен 29 г, 33 г и 33 г соответственно.

Важнейшим этапом оценки эффективности применения комбинированных систем питания является учет урожайности (Айсанов и др., 2020). Поскольку опыты проводились на территории молодого плодоносящего сада, то заметна относительно невысокая его урожайность, в связи с началом плодоношения плодовых деревьев (Попова, 2005; Трунов и др., 2011). Средняя урожайность сортов яблони за период исследований 2023...2025 гг. представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Влияние комбинированных систем минеральных удобрений на урожайность различных сортов яблони, т/га (среднее за 2023...2025 гг.)

Система минерального питания (фактор А)	Сорта яблони (фактор В)			А НСР ₀₅ = 2,1
	Фуджи	Голден Делишес	Гала	
Контроль (без удобрений)	12,7	14,1	10,1	12,3
Система фертигации	15,4	17,8	13,2	15,5
Комбинированная система (фертигация+система листовой подкормки)	17,1	20,5	15,8	17,8
В НСР ₀₅ = 2,1	15,1	17,5	13,0	AB НСР ₀₅ = 2,2

Как известно, фертигация является одним из наиболее эффективных способов внесения минеральных удобрений, так как возрастает эффективность питания за счет оптимизации дозировки с учетом исходных результатов агрохимического обследования почвенного слоя и сортовых особенностей (Айсанов и др., 2022а). А в комбинации с листовой подкормкой позволяет получить наивысшую продуктивность сортов яблони, превышающей контроль (без удобрений) более чем 30% (Онищенко, 2024). Прибавка урожайности по третьему варианту опыта (система фертигации + листовая подкормка) в сравнении с контролем составила по сорту Фуджи 4,4 т/га, по сорту Голден Делишес – 6,4 т/га и по сорту Гала – 5,7 т/га, а по второму варианту – 2,7 т/га, 3,7 т/га и 3,1 т/га соответственно.

По мнению Е.Н. Иваненко с соавторами (2019) некорневые многокомпонентные подкормки способствуют прибавке урожайности. Однако, путем проведения ряда экспериментальных опытов доказано, что в агроклиматических условиях Ставропольского края получение максимальной урожайности сортов яблони возможно при учете всех макро- и микроэлементов, необходимых в течение вегетации плодового дерева (Айсанов и др., 2023).

Сила взаимосвязи между урожайностью сортов яблони и количеством плодиков, оставшимися после третьей волны опадения, и средней массой плода оценивается как весьма высокая, равная 0,988 и выше.

Уравнение регрессии ($R^2 = 0,998$), позволяющее рассчитать прогнозную урожайность, принимает вид:

- для сорта Фуджи: $Y = 0,85 + 0,06x_1 + 0,03x_2$ (1);
- для сорта Голден Делишес: $Y = -13,15 - 0,1x_1 + 0,19x_2$ (2);
- для сорта Гала: $Y = 1,14 - 0,062x_1 + 0,08x_2$ (3),

где: Y – урожайность сорта яблони, т/га; x_1 – количество плодиков, оставшихся после третьей волны опадения, шт./дерево; x_2 – средняя масса плода при сборе урожая, г.

Затраты на применяемые удобрения дифференцированы по вариантам, однако, одинаковы в отношении сортов яблони. Аналогичная тенденция заметна и по издержкам производства. Значительна разница в прибыли с 1 га между сортами, что напрямую связано с уровнем урожайности плодовой продукции (таблица 7).

Таблица 7 – Экономическая эффективность применения комбинированных систем минеральных удобрений (среднее за 2023...2025 гг.)

Наименование показателя	Сорт								
	Фуджи			Голден Делишес			Гала		
	Варианты опыта								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Урожайность, т/га	12,7	15,4	17,1	14,1	17,8	20,5	10,1	13,2	15,8
Затраты на удобрения, тыс. руб./га	-	15,8	38,1	-	15,8	38,1	-	15,8	38,1
Издержки на производство, тыс. руб./га	287,2	319,9	335,7	287,2	319,9	335,7	287,2	319,9	335,7
Выручка от продаж, тыс. руб./га	635,0	770,0	855,0	705,0	890,0	1025,0	505,0	660,0	790,0
Прибыль, тыс. руб./га	347,8	450,1	519,3	417,8	570,1	689,3	217,8	340,1	454,3
Уровень рентабельности, %	139	150	162	177	204	234	75	106	135

Итак, экономическая эффективность возделывания сорта Голден Делишес была максимальной, что составило по третьему варианту опыта 689,3 тыс. руб./га (на 49% выше по отношению к контролю) при уровне рентабельности 234%. Показатели по сорту Фуджи равны 519,3 тыс. руб./га (на 64% выше по отношению к контролю) и 162% соответственно, а по сорту Гала – 454,3 тыс. руб./га (на 108% выше по отношению к контролю) и 135% соответственно.

Выводы

Урожайность сортов яблони зависела от выбранной системы минерального питания. Результаты исследования показали, что применение комбинированной системы минерального питания способствовало значительному повышению урожайности плодовых деревьев.

Так, наибольшей урожайностью характеризовался сорт Голден Делишес (в среднем за 2023...2025 гг. – 20,5 т/га), наименьшей – сорт Гала (15,8 т/га). Корреляционно-регрессионная зависимость урожайности сортов яблони и количества плодиков, оставшихся после третьей волны опадения, и средней массой плодов идентифицировалась как весьма высокая. Применение комбинированных систем удобрений позволило увеличить уровень рентабельности в сравнении с контролем, что составило 162% по сорту Фуджи, 234% – Голден Делишес, 135% – Гала.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Айсанов Т.С., Голосной Е.В., Коростылев С.А., Громова Н.В. Урожайность зимних сортов яблони в зависимости от доз удобрения на черноземе выщелоченном в условиях

- Ставропольской возвышенности // Садоводство и виноградарство. 2020. 1. 33-38. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-1-33-38>
2. Айсанов Т.С., Романенко Е.С., Селиванова М.В., Есаулко Н.А., Герман М.С. Оценка эффективности фертигации при возделывании сортов яблони в саду интенсивного типа Центрального Предкавказья // Вестник КрасГАУ. 2022а. 12. 42-48. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-12-42-48>
 3. Айсанов Т.С., Романенко Е.С., Селиванова М.В., Есаулко Н.А., Горяников Ю.В. Влияние внекорневой подкормки кальцийсодержащими удобрениями на продуктивность сортов яблони в условиях зоны неустойчивого увлажнения // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022б. 59-3. 28-34. <https://www.elibrary.ru/qougbj>
 4. Айсанов Т.С., Селиванова М.В., Романенко Е.С., Есаулко Н.А., Новак М.С. Эффективность доз минеральных удобрений яблони в саду интенсивного типа на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности // Земледелие. 2023. 6. 19-22. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-6-19-22>
 5. Гришутина Т.Н. Повышение урожайности и качества плодов яблони на клоновых подвоях за счет оптимизации почвенного питания в молодом саду // Вестник РАСХН. 2003. 2. 42-45.
 6. Иваненко Е.Н., Дроник А.А., Александрова Т.И. Генеративная деятельность плодовых культур под влиянием агрохимических средств нового поколения // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2019. 358-364. <https://www.elibrary.ru/cbbvxj>
 7. Красова Н.Г., Куминов Е.П., Джигадло Е.Н., Князев С.Д. Изучение сортов по урожайности // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 149-154. <https://www.elibrary.ru/yhapkx>
 8. Овчинников А.С., Рябичева Н.В. Влияние режимов капельного орошения на продуктивность интенсивного яблоневого сада на шпалерной опоре // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. 2. 40-46. <https://www.elibrary.ru/tzbtuz>
 9. Онищенко Ю.А. Влияние доз минеральных удобрений на продуктивность сортов яблони в интенсивных насаждениях Южного региона России // Устойчивость почвенного покрова и продуктивность экосистем: материалы Межрегиональной научной конференции. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2024. 149-153. <https://www.elibrary.ru/qbhvip>
 10. Онищенко Ю.А., Дорошенко Т.Н. Особенности формирования урожая яблони в уплотненных насаждениях юга европейской России в зависимости от дозы минеральных удобрений // Актуальные вопросы научно-технического развития агропромышленного комплекса: материалы конференции. Махачкала: ФАНЦ Республики Дагестан, 2023. 200-204. <https://www.elibrary.ru/utapki>
 11. Онищенко Л.М., Разгулин В.А., Голубова В.К. Минеральное питание плодоносящих деревьев яблоневого сада в условиях Юга Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: материалы конференции. Курск: Курский ФАНЦ, 2024. 207-211. <https://www.elibrary.ru/vhtalu>
 12. Попов В.Г., Панфилов А.В., Панфилова Е.Г., Марискин Р.В. Влияние орошения и минерального питания на продуктивность деревьев яблони // Аграрные конференции. 2022. 2. 11-17. <https://www.elibrary.ru/tiqgsf>

13. Попова В.П. Агроэкологические аспекты формирования продуктивных садовых экосистем: монография. Краснодар: СКНИИСиВ. 2005. 242. <https://www.elibrary.ru/pybrhz>
14. Левшаков Л.В., Смиренин О.А. Значение некорневых подкормок для оптимизации комплексной системы питания молодого яблоневого сада // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. 9. С. 30-38. <https://www.elibrary.ru/siaorl>
15. Смирнов Р.В., Чумаков С.С. Перспективы применения комбинированной системы минерального питания саженцев яблони в условиях современного питомника // Субтропическое и декоративное садоводство. 2020. 73. 173-180. <https://www.elibrary.ru/qltmhi>
16. Трунов Ю.В. Минеральное питание плодовых растений и баланс элементов в агроэкосистемах // Вестник РАСХН. 2005. 2. С. 55-57. <https://www.elibrary.ru/hrvtyb>
17. Трунов Ю.В., Цуканова Е.М., Ткачев Е.Н., Грезнев О.А., Сергеева Н.Н. Активизация адаптационных механизмов растений яблони под влиянием специальных удобрений // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2011. 12. 78-89. <https://www.elibrary.ru/mxqsje>
18. Фоменко Т.Г. Удобрение яблони при капельном орошении плодовых насаждений // Параметры адаптивности многолетних культур в современных условиях развития садоводства и виноградарства: материалы конференции. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2008. 120-123. <https://www.elibrary.ru/rmmdvj>
19. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестова Н.Г. Черников Е.А. К методике агрохимического обследования плодовых насаждений интенсивного типа и расчета дифференцированных доз применения минеральных удобрений // Агрохимия. 2017. 3. 79-91. <https://www.elibrary.ru/ykuoth>
20. Шкуркин С.И. Минеральные удобрения как фактор интенсификации садоводства в России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2023. 10. 148-156. <https://doi.org/10.33938/2310-148>
21. Mengel K. Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition // Acta Horticulturae. 2002. 594. 33-47. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.1>
22. Treder V. Influence of fertigation with nitrogen and complex fertilizer on the growth and productivity of the Gala apple tree // Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 2006. 14. 143-154. http://www.nawadnianie.inhort.pl/add/article/Full15_2006.pdf

References

1. Aisanov, T.S., Golosnoy E.V., Korostylev S.A., & Gromova N.V. (2020). Yield of apple winter varieties depending on fertilizer doses in conditions of leached chernozem of Stavropol upland. *Horticulture and Viticulture*, 1, 33-38. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-1-33-38>. (In Russian, English abstract).
2. Aisanov, T.S., Romanenko, E.S., Selivanova, M.V., Esaulko, N.A., & German, M.S. (2022a). Fertigation efficiency estimation in cultivating apple varieties in the intensive type garden of the Central Ciscaucasia. *Bulletin of KSAU*, 12, 42-48. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-12-42-48>. (In Russian, English abstract).
3. Aisanov, T.S., Romanenko, E.S., Selivanova, M.V., Esaulko, N.A., & Goryanikov, Yu.V. (2022b). Influence of foliar fertilization with calcium-containing fertilizers on the productivity of apple varieties in the conditions of unstable moistening zone. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*, 59-3, 28-34. <https://www.elibrary.ru/qougbj>. (In Russian, English abstract).
4. Aisanov, T.S., Selivanova, M.V., Romanenko, E.S., Esaulko, N.A., & Novak, M.S. (2023). The effectiveness of doses of mineral fertilizers for apple trees in an intensive garden on leached

- chernozem of the Stavropol Upland. *Agriculture*, 6, 19-22. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-6-19-22>. (In Russian, English abstract).
5. Grishutina, T.N. (2003). Increasing the yield and quality of apple fruits on clonal rootstocks by optimizing soil nutrition in a young orchard. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, 2, 42-45. (In Russian, English abstract).
 6. Ivanenko, E.N., Dronik, A.A., Aleksandrova, T.I. (2019). Generative activity of fruit crops under the influence of new generation agrochemicals. In *Agro-Industrial Complex Development Based on the Principles of Rational Use of Natural Resources and the Use of Convergent Technologies: conference proceedings* (pp. 358-364). Volgograd State Agrarian University. <https://www.elibrary.ru/cbbvxj>. (In Russian).
 7. Krasova, N.G., Kuminov, E.P., Dzhigadlo, E.N., & Knyazev, S.D. (1999). Study of varieties by yield. In *Program and Methods of Variety Study of Fruit, Berry and Nut Crops* (pp. 149-154). VNIISP. <https://www.elibrary.ru/yhpkx>. (In Russian).
 8. Ovchinnikov, A.S., & Ryabicheva, N.V. (2015). Influence of drip irrigation regimes on the productivity of an intensive apple orchard on a trellis support. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*, 2, 40-46. <https://www.elibrary.ru/tzbtuz>. (In Russian).
 9. Onishchenko, Yu.A. (2024). The effect of doses of mineral fertilizers on the productivity of apple varieties in intensive plantations of the southern region of Russia. In *Soil Cover Stability and Ecosystem Productivity: conference proceedings* (pp. 149-153). Krasnoyarsk State Agrarian University. <https://www.elibrary.ru/qbhvip>. (In Russian, English abstract).
 10. Onishchenko, Yu.A., & Doroshenko, T.N. (2023). Features of apple harvest formation in compacted plantings of Southern European Russia depending on the dose of mineral fertilizers. In *Actual Issues of Scientific and Technical Development of the Agro-Industrial Complex: conference proceedings* (pp. 200-204). Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan. <https://www.elibrary.ru/utapki>. (In Russian, English abstract).
 11. Onishchenko, L.M., Razgulin, V.A., & Golubova, V.K. (2024). Mineral nutrition of fruit-bearing trees of the apple orchard in the conditions of the South of the Azov-Kuban lowland of the Western Caucasus. In *Actual Problems of Soil Science, Ecology and Agriculture: conference proceedings* (pp. 207-211). Kursk Federal Agrarian Research Center. <https://www.elibrary.ru/vhtalu>. (In Russian, English abstract).
 12. Popov, V.G., Panfilov, A.V., Panfilova, E.G., & Mariskin, R.V. (2022). Impact of irrigation and mineral nutrition on productivity apple trees. *Agrarian Conferences*, 2, 11-17. <https://www.elibrary.ru/tiqgfs>. (In Russian, English abstract).
 13. Popova, V.P. (2005). *Agroecological Aspects of the Formation of Productive Garden Ecosystems*. SKNIIS&V. <https://www.elibrary.ru/pybrhz>. (In Russian).
 14. Levshakov, L.V., & Smirenin, O.A. (2019). The importance of non-root fertilizing to optimize the complex nutrition system of a young apple orchard. *Kursk State Agricultural Academy Bulletin*, 9, 30-38. <https://www.elibrary.ru/siaorl>. (In Russian, English abstract).
 15. Smirnov, R.V., & Chumakov, S.S. (2020). Prospects of applying a combined mineral nutrition system for apple seedlings in a modern nursery. *Subtropical and Ornamental Gardening*, 73, 173-180. <https://www.elibrary.ru/qltmhi>. (In Russian, English abstract).
 16. Trunov, Yu.V. (2005). Mineral nutrition of fruit plants and balance of elements in agroecosystems. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, 2, 55-57. <https://www.elibrary.ru/hrvtyb>. (In Russian, English abstract).
 17. Trunov, Yu.V., Tsukanova, E.M., Tkachev, E.N., Greznev, O.A., & Sergeeva, N.N. (2011). Activation of adaptive mechanisms of apple plants under the influence of special fertilizers. *Fruit*

- growing and Viticulture of the South of Russia*, 12, 78-89. <https://www.elibrary.ru/mxqsje>. (In Russian, English abstract).
18. Fomenko, T.G. (2008). Fertilizing apple trees with drip irrigation of fruit plantations. In *Adaptability Parameters of Perennial Crops in Modern Conditions of Horticulture and Viticulture Development: conference proceedings* (pp. 120-123). North Caucasus Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture. <https://www.elibrary.ru/rmmdvj>. (In Russian, English abstract).
 19. Fomenko, T.G., Popova, V.P., Pestova, N.G., & Chernikov, E.A. (2017). To agrochemical survey procedure for intensive perennial fruit plantations and calculation of differentiated mineral fertilizer rates. *Agrochemistry*, 3, 79-91. <https://www.elibrary.ru/ykuoth>. (In Russian, English abstract).
 20. Shkurkin, S.I. (2-23). Mineral fertilizers as a factor in the intensification of horticulture in Russia. *Economy, Labor, Management in Agriculture*, 10, 148-156. <https://doi.org/10.33938/2310-148>. (In Russian, English abstract).
 21. Mengel, K. (2002). Alternative or additional role of foliar nutrition in mineral nutrition Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. *Acta Horticulturae*, 594, 33-47. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.1>
 22. Treder, V. (2006). Influence of fertigation with nitrogen and complex fertilizer on the growth and productivity of the Gala apple tree. *Journal of Fruit and Ornamental Research*, 14, 143-154. http://www.nawadnianie.inhort.pl/add/article/Full15_2006.pdf

Авторы:

Маргарита Юрьевна Азарова, старший преподаватель кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, azarova778@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7109-1227
SPIN: 6737-8380

Алена Юрьевна Ожередова, к. с.-х. н., доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, alena.gurueva@mail.ru
ORCID: 0000-0001-6038-6409
SPIN: 3968-8440

Елена Александровна Устищенко, к. с.-х. н., доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, yelena.ustimenko.88@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7067-6570
SPIN: 3914-8763

Ольга Сергеевна Зверева, ассистент кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, zverevaolga1998@gmail.com
ORCID: 0009-0001-0017-5906
SPIN: 3511-0728

Authors:

Margarita Yu. Azarova, senior lecturer in Department of Agrochemistry and Plant Physiology of Stavropol State Agrarian University, azarova778@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7109-1227
SPIN: 6737-8380

Alena Yu. Ozheredova, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor in Department of Agrochemistry and Plant Physiology of Stavropol State Agrarian University, alena.gurueva@mail.ru
ORCID: 0000-0001-6038-6409
SPIN: 3968-8440

Elena A. Ustimenko, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor in Department of Agrochemistry and Plant Physiology of Stavropol State Agrarian University, yelena.ustimenko.88@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7067-6570
SPIN: 3914-8763

Olga S. Zvereva, Assistant, Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, zverevaolga1998@gmail.com
ORCID: 0009-0001-0017-5906
SPIN: 3511-0728

Отказ от ответственности: заявления, мнения и данные, содержащиеся в публикации, принадлежат исключительно авторам и соавторам. ФГБНУ ВНИИСПК и редакция журнала снимают с себя ответственность за любой ущерб людям и/или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в контенте.