

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-79-89>

Эффективность комбинации гербицида и минеральных удобрений в повышении урожайности и сахаристости корнеплодов сахарной свеклы в условиях зоны неустойчивого увлажнения

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Алена Юрьевна Ожередова
E-mail: alena.gurueva@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ожередова А.Ю., Грищенко А.А.,
Письменная Е.В., Лошаков А.В.
Эффективность комбинации
гербицида и минеральных
удобрений в повышении
урожайности и сахаристости
корнеплодов сахарной свеклы
в условиях зоны неустойчивого
увлажнения. *Аграрный вестник
Северного Кавказа*. 2025;15(4):79-89.
<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-79-89> EDN NETIAG

ПОСТУПИЛА: 19.08.2025

ДОРАБОТАНА: 21.11.2025

ПРИНЯТА: 30.11.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии
конфликта интересов.

COPYRIGHT: © 2025 Ожередова А.Ю.,
Грищенко А.А.,
Письменная Е.В.,
Лошаков А.В.



А.Ю. Ожередова , А.А. Грищенко , Е.В. Письменная ,
А.В. Лошаков

Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. В условиях усиления климатической нестабильности и ограниченности ресурсов в свеклосеющих регионах Юга России особую актуальность приобретает разработка высокоэффективных агротехнологий для повышения урожайности и сахаристости корнеплодов сахарной свеклы. Научным пробелом остается отсутствие комплексных решений по взаимодействию между элементами системы питания и защиты растений.

ЦЕЛЬ. Оценить синергетический эффект совместного применения гербицида и минеральных удобрений на продуктивность и качество корнеплодов сахарной свеклы, возделываемых в зоне неустойчивого увлажнения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследования проводились в 2023–2024 гг. в условиях производственных полей АО фирмы «Агрокомплекс» имени Н. И. Ткачева, расположенной в Выселковском муниципальном районе Краснодарского края на гибриде сахарной свеклы ФД Сокол. Заложен двухфакторный полевой опыт, включающий три варианта минерального питания (контроль, рекомендованная и расчетная нормы), и четыре нормы расхода гербицида Древер, КЭ (0, 1,0, 1,3, 1,5 л/га). Учет урожайности и сахаристости проводили по стандартным методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Выявлен выраженный синергетический эффект при совместном применении минеральных удобрений и гербицида. Оптимальная комбинация расчетная норма удобрений $N_{140}P_{149}K_{126}$ и гербицид в дозе 1,5 л/га обеспечила максимальные показатели: урожайность 40,5 т/га, сахаристость 18,6 %. Экономический анализ подтвердил высокую эффективность данного варианта с рентабельностью 94,9 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Установлено, что комплексное применение минеральных удобрений и гербицида Древер, КЭ является высокоэффективным методом в повышении продуктивности и сахаристости корнеплодов сахарной свеклы для зоны неустойчивого увлажнения. Результаты работы могут быть адаптированы не только для Краснодарского края, но и для регионов с другими почвенно-климатическими условиями. Перспективным направлением является изучение эффективности данной комбинации (удобрение + гербицид) на других гибридах сахарной свеклы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сахарная свекла, гербицид, нормы минеральных удобрений, урожайность, сахаристость, экономическая эффективность производства

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-79-89>

Effect of herbicide and mineral fertilizer combination on enhancing yield and sugar content of sugar beet roots under unstable moisture conditions

CORRESPONDENCE:

Alena Yu. Ozheredova

E-mail: alena.gurueva@mail.ru

FOR CITATION:

Ozheredova A.Yu., Grishchenko A.A., Pismennaya E.V., Loshakov A.V. Effect of herbicide and mineral fertilizer combination on enhancing yield and sugar content of sugar beet roots under unstable moisture conditions. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(4):79-89. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-79-89> EDN NETIAG

RECEIVED: 19.08.2025

REVISED: 21.11.2025

ACCEPTED: 30.11.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:

none declared.

COPYRIGHT: © 2025 Ozheredova A.Yu., Grishchenko A.A., Pismennaya E.V., Loshakov A.V.



Alena Yu. Ozheredova , Anastasia A. Grishchenko , Elena V. Pismennaya , Alexander V. Loshakov

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The intensifying impacts of climate change, coupled with the limited availability of essential resources, present obstacles to the sustainable cultivation of sugar beet in Southern Russia. Addressing these challenges necessitates the development of strategic farming techniques that can reliably improve both yield and sugar quality. However, a significant research gap remains the lack of comprehensive solutions regarding the interaction between plant nutrition and protection system components.

AIM. To evaluate the synergistic effect of the combined application of herbicide and mineral fertilizers on the productivity and quality of sugar beet roots cultivated in a zone of unstable moisture.

MATERIALS AND METHODS. The research was conducted in 2023–2024 at the Agrokomplex JSC named after N.I. Tkachev, located in the Vyselkovsky Municipal District of Krasnodar Krai, using the FD Sokol sugar beet hybrid. A two-factor field experiment was established, comprising three mineral nutrition treatments (control, recommended, and calculated rate) and four application rates of the herbicide Drever, EC (0, 1.0, 1.3, 1.5 L/ha). Yield and sugar content were assessed using standard methodologies.

RESULTS. A pronounced synergistic effect was revealed from the combined application of mineral fertilizers and the herbicide. The optimal combination—the calculated fertilizer rate ($N_{140}P_{149}K_{126}$) and the herbicide at a dose of 1.5 L/ha—achieved the maximum performance indicators: a yield of 40.5 t/ha and a sugar content of 18.6%. Economic analysis confirmed the high efficiency of this treatment, with a profitability of 94.9%.

CONCLUSION. It was established that the integrated application of mineral fertilizers and the herbicide Drever, EC is a highly effective method for increasing the productivity and sugar content of sugar beet roots in zones of unstable moisture. The results of this work can be adapted not only for Krasnodar Krai but also for regions with other soil and climatic conditions. A promising direction for future research is the study of the efficacy of this combination (fertilizer + herbicide) on other sugar beet hybrids.

KEYWORDS: sugar beet, herbicide, fertilizer rates, crop yield, sugar content, profitability

ВВЕДЕНИЕ

Сахарная свекла (*Beta vulgaris* L.) является одной из важнейших технических культур в мировом агропромышленном комплексе, обеспечивая сырьем сахарную промышленность и внося значительный вклад в продовольственную безопасность стран [1–3]. Эффективное возделывание данной культуры напрямую связано с решением ключевых задач по повышению урожайности и качества корнеплодов, что требует разработки и оптимизации современных агротехнологических приемов [4–6]. Российская Федерация сохраняет мировое лидерство по производству сахарной свеклы с ежегодным объемом порядка 41,2 млн т в 2024 году. Второе место занимает Франция (34,4 млн т), третье – Соединенные Штаты Америки (33,3 млн т)¹.

В соответствии с указом Президента РФ был поставлен вектор на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур не менее чем на 25 % по сравнению с уровнем предыдущих годов. Посевные площади в Российской Федерации под сахарную свеклу в 2024 году составили 1 млн 168,6 тыс. га, и средняя урожайность составляет 39,2 т/га. Согласно данным сайта, Краснодарский край, Воронежская и Тамбовская области входят в тройку лидеров по посевным площадям сахарной свеклы. Однако к 2024 году во всех этих регионах зафиксировано существенное снижение урожайности: в Краснодарском крае сократилась с 57,2 до 33,8 т/га, в Воронежской области – с 52,1 до 39 т/га, а в Тамбовской области – с 55,9 до 39,4 т/га². Основными факторами, повлиявшими на ухудшение показателей, стали неблагоприятные погодные условия, сокращение использования импортного семенного материала, уменьшение норм внесения минеральных удобрений, а также недостаточно эффективная система защиты посевов. Для предотвращения дальнейшего снижения продуктивности этой экономически значимой культуры необходимо изучать сочетание элементов агротехнологий ее производства. Особенно это важно для условий Краснодарского края, где дефицит и неравномерное распределение осадков в течение вегетационного периода в отдельные годы диктуют необходимость разработки комплексных

адаптивных решений. При этом в научной литературе имеются только разрозненные исследования, в которых показано отдельно влияние минеральных удобрений или средств защиты растений на урожайность, а также показатели качества получаемых корнеплодов.

Одним из основополагающих элементов интенсивной технологии возделывания сахарной свеклы выступает применение минеральных удобрений. Многочисленные исследования подтверждают, что рациональное использование макро- и микроудобрений способствует не только значительному росту вегетативной массы и массы корнеплодов, но и повышению их сахаристости, что в конечном итоге определяет валовой сбор сахара с единицы площади [8–11]. Вторым неотъемлемым компонентом современной технологии является эффективная система защиты посевов от сорных растений, которые наносят значительный ущерб, особенно в критические периоды начального роста культуры [12–15]. Гербициды остаются основным методом контроля сорняков, а их грамотный подбор, комбинирование в баковых смесях и соблюдение регламентов применения позволяют минимизировать фитотоксичность и добиться эффективности подавления сорняков на уровне 90–95 % [16–18]. Исследования демонстрируют, что интегрированные системы защиты, сочетающие почвенные и послевсходовые гербициды, способны обеспечить прибавку урожая корнеплодов до 10,3 т/га и повысить выход сахара [19–21].

В настоящее время особый научный и практический интерес представляет изучение синергетического эффекта от комбинированного применения средств химизации – минеральных удобрений и гербицидов. Однако комплексное изучение этого вопроса для регионов с нестабильным увлажнением остается недостаточно освещенным в научной литературе. В связи с этим целью исследования является оценка синергетического эффекта совместного применения гербицида и минеральных удобрений на продуктивность и качество корнеплодов сахарной свеклы, возделываемых в зоне неустойчивого увлажнения.

¹ Главный сайт для агронома России. URL: <https://glavagronom.ru/articles/rynok-saharnoy-svekly-mirovoe-proizvodstvo-urozhay-v-rf-i-perspektivy-na-2025-god> (дата обращения: 11.09.2025).

² Главный сайт для агронома России. URL: <https://glavagronom.ru/news/nazvany-top-10-regionov-po-ploshchadym-pod-saharnoy-svekloy-v-2025-godu> (дата обращения: 11.09.2025).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования

Объектом исследования являлся однострочковый диплоидный гибрид сахарной свеклы на стерильной основе – ФД Сокол (среднепоздний), оригинатор: «FLORIMOND DESPREZ VEUVE ET FILS» SAS, FRANCE. Включен в Государственный реестр селекционных достижений в 2020 году. Средняя урожайность 55,28 т/га. Средняя сахаристость – 16,8 %. Предшественник – озимая пшеница.

Почвенные условия

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный мощный малогумусный легкосуглинистый. Содержание перед закладкой опыта гумуса 2,5–3,8 %, подвижного фосфора и обменного калия (по Мачигину) – 27,5 мг/кг и 392 мг/кг соответственно.

Место и условия проведения

Исследования проводились в 2023–2024 году на территории предприятия имени И. П. Ревко АО фирмы «Агрокомплекс» им. Н. И. Ткачева (Выселковский муниципальный район Краснодарского края). Место эксперимента расположено на юге России в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края со среднегодовым количеством осадков в диапазоне 590–685 мм. Сумма активных температур на протяжении вегетационного периода колеблется от 2200 до 3400 °С, гидротермический коэффициент по Г. Т. Селянинову равен 1,1–1,3. Опыт заложен методом организованных повторений, повторность 3-кратная, с общей площадью делянки 10 000 м², учетной – 1240 м².

Погодные условия

Сахарную свеклу возделывают в зонах с умеренным климатом. К основным регионам ее размещения относят Центрально-Черноземную зону – Краснодарский и Ставропольский края, Рязанскую, Тульскую, Липецкую и Тамбовскую области (зоны неустойчивого и умеренного увлажнения). Наш эксперимент был заложен в 2023 и 2024 годах в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края. В 2023 году за допосевной период (с октября по декабрь 2022 года и с января по март 2023 года)

выпало 361 мм осадков, что оказалось ниже, чем в 2024 году в эти же месяцы, на 114 мм. В момент вегетации сахарной свеклы, с апреля по сентябрь, в 2023 году было зафиксировано, по данным метеостанции, 334 мм осадков, что оказалось в 1,7 раза больше чем в 2024 году. При сравнении годовых данных со среднемноголетним значением можно отметить, что 2023 год был самым увлажненным, показатель превышал норму на 113 мм, 2024 год засушливым – количество осадков ниже среднемноголетнего значения на 172 мм. В оба года средняя температура воздуха была выше многолетнего показателя на 2,3 °С (2023 год), 3,8 °С (2024 год). Сложившиеся погодные условия повлияли на снижение урожайности сахарной свеклы от 30 до 50 % в зависимости от изучаемого варианта опыта.

Схема опыта

Опыт двухфакторный: фактор А – нормы минеральных удобрений, фактор В – нормы гербицида Древер, КЭ. Опыт заложен методом организованных повторений, повторность 3-кратная, с общей площадью делянки 10 000 м², учетной – 1240 м². Фактор А включал нормы минеральных удобрений: 1) контроль без внесения удобрений; 2) рекомендованная норма ($N_{100}P_{120}K_{110}$); 3) расчетная норма на планируемую урожайность 40 т/га ($N_{140}P_{149}K_{126}$). Фактор В – норма применения гербицида Древер, КЭ, включал следующие варианты: 1) контроль (без обработки); 2) 1,0 л/га; 3) 1,3 л/га; 4) 1,5 л/га.

Система применения минеральных удобрений

Рекомендованная норма $N_{100}P_{120}K_{110}$, обоснована результатами многолетних исследований, проведенных А. Х. Шеудженом³. Минеральные удобрения вносились в соответствии с рекомендованной нормой, при этом их применение было распределено по ключевым фазам развития культуры. Стартовый запас фосфора и калия, а также часть азота был заложен до посева с помощью диаммофоски ($N_{30}P_{78}K_{78}$) 300 кг/га и аммофоса (N_3P_{13}) 25 кг/га. В момент посева использовалась нитроаммофоска ($N_{32}P_{32}K_{32}$) 200 кг/га для обеспечения всходов легкодоступным питанием. В период интенсивного роста, на стадии формирования 4–6 пар настоящих листьев, была проведена азотная подкормка аммиачной селитрой (N_{35}) 100 кг/га для поддержания вегетативного развития.

³ Шеуджен А.Х. Агрохимия. Часть 5. Прикладная агрохимия : учебное пособие. Майкоп : ООО «Полиграф-ЮГ». 2017:860.

Расчетная норма удобрений определялась по методике специалистов Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра и Агрохимцентра «Ставропольский»⁴. На фоне расчетной нормы применялось допосевное внесение диаммофоски 300 кг/га ($N_{30}P_{78}K_{78}$) и аммофоса 50 кг/га (N_6P_{26}), предпосевное внесение под культивацию аммиачной селитры 40 кг/га (N_{21}), припосевное применение нитроаммофоски 300 кг/га ($N_{48}P_{48}K_{48}$) и подкормка в фазу 4–6 пар листьев аммиачной селитрой 100 кг/га (N_{35}). Расчетная норма минеральных удобрений ежегодно корректировалась в зависимости от агрохимических показателей чернозема обыкновенного мощного малогумусного легкосуглинистого.

Система защиты растений

Древер, КЭ – послевсходовый гербицид для борьбы с однолетними двудольными и некоторыми злаковыми сорняками в посевах сахарной, столовой и кормовой свеклы. Состав: Десмедифам 71 г/л + Фенмедифам 91 г/л + Этофумезат 112 г/л. Обработку посевов проводили согласно схеме опыта только гербицидом Древер, КЭ в фазу 2–4 листьев сорняков с расходом рабочей жидкости 200–300 л/га, другие гербициды не применялись.

Методы исследований

Учет урожайности выполняли в соответствии с руководством по проведению государственного сортоиспытания (2019)⁵. Определение сахаристости корнеплодов проводили согласно требованиям ГОСТ Р 53036–2008⁶. Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа по Б. А. Доспехову (1985). Экономическую эффективность оценивали на основе технологических карт с использованием актуальных нормативов затрат и рыночных цен.

Учет засоренности и эффективности гербицидов

Учет на наличие сорной растительности был проведен на 21-е и 45-е сутки после обработки гербици-

дом. В среднем за 2023–2024 гг. нормы минеральных удобрений существенного влияния на динамику роста сорной растительности, как положительную, так и отрицательную, в два периода учетов (21 и 45 дней) не оказывали. А вот анализ между применяемой нормой гербицида и уровнем подавления сорной растительности показывал зависимость, с ее увеличением происходило снижение их количества.

Через 21 день после обработки гербицидом в норме 1 л/га снижается сорная растительность от 141 до 17 шт/м² (эффективность 87 %), а масса сорняков – от 12781 до 208 г/м². Норма 1,3 л/га уменьшала засоренность до 16 шт/м² (эффективность 87 %) и массу сорняков до 79 г/м². Наилучший результат достигался при 1,5 л/га: засоренность падала до 8 шт/м² (эффективность 91 %), масса сорняков – до 34 г/м². Снижение было достоверным.

Через 45 день после обработки гербицидом на контрольном варианте засоренность сохранялась на высоком уровне – от 127 до 142 шт/м². Применение гербицида в норме 1,0 л/га приводило к существенному снижению засоренности. Количество сорняков уменьшалось до 14 шт/м², что соответствовало эффективности действия 89 %. Масса сорных растений снижалась до 101 г/м². Увеличение нормы гербицида до 1,3 л/га обеспечивало дальнейшее снижение засоренности. Количество сорняков уменьшалось до 11 шт/м² (эффективность 92 %), масса – до 43 г/м². Наибольшая эффективность отмечена при применении гербицида в норме 1,5 л/га. В этом варианте засоренность снижалась до минимальных значений – 6 шт/м², что соответствовало эффективности 96 %. Масса сорняков составляла всего 13 г/м². Статистический анализ подтверждал достоверность различий между вариантами с разными нормами гербицида. Сочетание расчетной нормы удобрений и гербицида в норме 1,5 л/га формировало минимальную засоренность – 2 шт/м², с эффективностью 99 %.

⁴ Петрова Л.Н., Чернов А.Я., Шустикова Е.П. Методические указания для расчета потребности и распределения фондов минеральных удобрений в колхозах и совхозах Ставропольского края. Ставрополь, 1987; 20 с.

⁵ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Официальный сайт ФГБУ «Госсортокомиссии». URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://gossortrf.ru/upload/2019/08/metodica_1.pdf

⁶ ГОСТ Р 53036–2008. Свекла сахарная. Методы испытаний. URL: <https://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=6&page=295&month=6&year=2008&search=%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=166216>

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность

Изучаемые в опыте нормы минеральных удобрений оказывали существенное влияние на урожайность сахарной свеклы (таблица 1). На контрольном варианте без внесения удобрений урожайность составляла 20,8 т/га. Внесение рекомендованной нормы ($N_{100}P_{120}K_{110}$) минеральных удобрений способствовало повышению урожайности на 10,8 т/га. Наибольшая урожайность, 38,9 т/га, была достигнута при использовании расчетной нормы ($N_{140}P_{149}K_{126}$). Этот результат превышает показатель контроля на 18,1 т/га. Полученные данные согласуются с выводами других исследователей о том, что оптимизация минерального питания является ключевым фактором реализации потенциала продуктивности сахарной свеклы [8; 9].

Использование гербицида Древер, КЭ показало устойчивую положительную динамику влияния на урожайность. Даже минимальная норма 1,0 л/га обеспечила прибавку урожая на 2,8 т/га по сравнению с контролем. Увеличение нормы гербицида до 1,3 л/га привело к повышению урожайности до 4,2 т/га.

Таблица 1
Влияние норм минеральных удобрений и гербицида на урожайность сахарной свеклы (средняя за 2023–2024 гг.), т/га

Table 1
Effect of mineral fertilizer and herbicide rates on sugar beet yield (average for 2023–2024), t/ha

Норма удобрения, А	Норма применения гербицида, В				А, НСР ₀₅ = 2,04
	Контроль (без применения гербицида)	1,0 л/га	1,3 л/га	1,5 л/га	
Контроль (без удобрений)	17,3	20,4	21,9	23,7	20,8
Рекомендованная ($N_{100}P_{120}K_{110}$)	28,3	31,0	32,8	34,4	31,6
Расчетная на планируемую урожайность 40 т/га ($N_{140}P_{149}K_{126}$)	36,4	38,8	39,9	40,5	38,9
В, НСР ₀₅ = 2,48	27,3	30,1	31,5	32,9	НСР ₀₅ = 3,42

Максимальная норма 1,5 л/га позволила добиться наивысших показателей с достоверной прибавкой 1,4 т/га относительно предыдущей нормы и 5,6 т/га по сравнению с контрольным вариантом. Результаты подтверждают высокую биологическую эффективность препарата Древер, КЭ и его роль в снижении конкурентной нагрузки со стороны сорняков, что особенно критично в начальные фазы роста культуры [12; 15]. Наибольшая урожайность, которая равна 40,5 т/га, была получена при сочетании расчетной ($N_{140}P_{149}K_{126}$) нормы удобрений и максимальной нормы (1,5 л/га) гербицида Древер, КЭ. Данный факт свидетельствует о наличии синергетического эффекта, при котором комплексное воздействие факторов А и В превосходит сумму их отдельных эффектов, обеспечивая максимальную продуктивность агроценоза.

Сахаристость

Нормы минеральных удобрений значительно влияли на сахаристость корнеплодов сахарной свеклы (таблица 2). На контрольном варианте без внесения удобрений сахаристость составила 12,7 %. Применение рекомендованной нормы удобрений ($N_{100}P_{120}K_{110}$) обеспечило существенное увеличение сахаристости корнеплодов до 16,4 %, что на 3,7 % выше контрольных значений. Наибольший эффект от применения минерального удобрения наблюдался при использовании расчетной нормы ($N_{140}P_{149}K_{126}$), где сахаристость корнеплодов достигла 17,7 %. Это превышает контроль на 5, а рекомендованную норму на 1,3 %.

На сахаристость корнеплодов сахарной свеклы также повлияли и нормы применения гербицида Древер, КЭ. На контроле она составляла 14 %. Применение гербицида в норме 1,0 л/га обеспечило увеличение сахаристости корнеплодов культуры на 1,4 % по сравнению с контрольным вариантом. Повышение нормы гербицида до 1,3 л/га обеспечило достоверный прирост сахаристости корнеплодов на 1,4 % по сравнению с контролем. Максимальная норма, 1,5 л/га, позволила достичь значений показателя сахаристости в корнеплодах – 16,6 %, разница по отношению с нормой 1,3 л/га составила 0,4 % (не существенна), с контролем 2,6 % (достоверна). Рост сахаристости при применении гербицида, вероятно, связан с устранением сорняков-конкурентов за ресурсы, прежде всего за воду и элементы питания, что в условиях неустойчивого увлажнения имело критическое значение и позволило растениям свеклы более эффективно направлять ассимиляты в корнеплод [14].

Таблица 2

Влияние норм минеральных удобрений и гербицида на сахаристость корнеплодов сахарной свеклы (среднее за 2023–2024 гг.), %

Table 2

Effect of mineral fertilizer and herbicide rates on sugar content of sugar beet roots (average for 2023–2024), %

Норма удобрения, А	Норма применения гербицида, В	Сахаристость, %
Контроль (без удобрений)	Контроль (без применения гербицида)	10,2
	1,0 л/га	12,3
	1,3 л/га	13,8
	1,5 л/га	14,3
Рекомендованная (N ₁₀₀ P ₁₂₀ K ₁₁₀)	Контроль	15,4
	1,0 л/га	16,3
	1,3 л/га	16,8
	1,5 л/га	17,0
Расчетная на планируемую урожайность 40 т/га (N ₁₄₀ P ₁₄₉ K ₁₂₆)	Контроль (без применения гербицида)	16,5
	1,0 л/га	17,7
	1,3 л/га	18,0
	1,5 л/га	18,6
HCP ₀₅ фактор А		1,12
HCP ₀₅ фактор В		0,62
HCP ₀₅ взаимодействие АВ		1,54

Взаимосвязь сахаристости и урожайности корнеплодов сахарной свеклы по всем вариантам опыта положительная и очень сильная (таблица 3). Выявленная корреляция ($r > 0,9$) между урожайностью и сахаристостью указывает на то, что применяемые агроприемы способствовали гармоничному развитию как количественных, так и качественных показателей урожая.

Таблица 3

Взаимосвязь сахаристости и урожайности корнеплодов сахарной свеклы (среднее за 2023–2024 гг.)

Table 3

Relationship between sugar content and yield of sugar beet roots (average for 2023–2024)

Сахаристость, %	Урожайность, т/га				
	Контроль*	Контроль*	1,0 л/га	1,3 л/га	1,5 л/га
		1			
	1,0 л/га	0,996891	1		
	1,3 л/га	0,99144	0,998419	1	
	1,3 л/га	0,983715	0,994498	0,998249	1

Примечание: * контроль (без применения гербицида)

Note: * control (without herbicide)

Таким образом, нормы минеральных удобрений оказывали существенное влияние на сахаристость корнеплодов сахарной свеклы, обеспечивая прибавку от 3,7 до 5 %, что свидетельствует о важности минерального питания для накопления сахаров в производимой продукции. Наибольший прирост наблюдался на фоне применения нормы 1,5 л/га, он составлял от 14,0 до 16,6 %. Максимальный результат по сахаристости (18,6 %) достигается только при оптимальном сочетании факторов: расчетной нормы удобрений (N₁₄₀P₁₄₉K₁₂₆) и максимальной нормы гербицида (1,5 л/га). Это обусловлено комплексным воздействием на культуру: минеральные удобрения обеспечивают питание сахарной свеклы, а гербицид способствует снижению конкуренции с сорными растениями. Взаимосвязь сахаристости (%) и урожайности (т/га) корнеплодов сахарной свеклы по всем вариантам опыта – свыше 0,9. Полученные результаты являются убедительным доказательством того, что в условиях зоны неустойчивого увлажнения именно интегрированный подход, сочетающий оптимизацию питания и эффективную защиту от сорняков, позволяет раскрыть потенциал продуктивности и качества сахарной свеклы.

Экономическая эффективность

Проведенные исследования позволили рассчитать экономическую эффективность производства корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от применяемых норм минеральных удобрений и гербицида Древер, КЭ (таблица 4). В качестве основных оценочных показателей использовались: урожайность и сахаристость корнеплодов, цена единицы продукции, денежная выручка с 1 га, затраты труда на единицу площади и продукции, производственные затраты, включая стоимость удобрений и средств защиты растений, себестоимость тонны продукции, размер полученной прибыли и уровень рентабельности производства. Применение минеральных удобрений существенно повысило все экономические показатели по сравнению с контролем (без удобрений). Рекомендованная ($N_{100}P_{120}K_{110}$) и расчетная ($N_{140}P_{149}K_{126}$) нормы увеличивали урожайность культуры на 10,8–18,1 т/га соответственно. Денежная выручка в связи с этим увеличивалась с 1 га – на 95,4 и 159,9 тыс. руб., прибыль с 1 га – на 45,9 и на 92,8 тыс. руб, рентабельность на 28,7 и 56,1 %.

Таблица 4
Экономическое обоснование производства корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от влияния норм минеральных удобрений и гербицида (среднее за 2023–2024 гг.)

Table 4
Economic justification for sugar beet production depending on the impact of mineral fertilizer and herbicide rates (average for 2023–2024)

Показатель	Нормы минеральных удобрений											
	Контроль (без удобрений)				Рекомендованная ($N_{100}P_{120}K_{110}$)				Расчетная на 40 т/га ($N_{140}P_{149}K_{126}$)			
	Контроль (без применения гербицида)	1 л/га	1,3 л/га	1,5 л/га	Контроль (без применения гербицида)	1 л/га	1,3 л/га	1,5 л/га	Контроль (без применения гербицида)	1 л/га	1,3 л/га	1,5 л/га
Урожайность с 1 га, т	17,3	20,4	21,9	23,7	28,3	31,0	32,8	34,4	36,4	38,8	39,9	40,5
Цена продукции, тыс. руб/т	3,12	4,04	4,69	4,90	5,38	5,77	5,98	6,07	5,86	6,38	6,51	6,77
Денежная выручка с 1 га, тыс. руб.	54,05	82,34	102,65	116,23	152,29	178,93	196,44	209,01	213,27	247,54	259,75	274,20
Затраты труда на 1 га, чел.-ч	14,5	15,9	16,4	17,1	25,6	26,6	27,2	27,6	29,3	30,3	30,6	30,8
Затраты труда на 1 т, чел.-ч	0,84	0,78	0,75	0,72	0,90	0,86	0,83	0,80	0,81	0,78	0,77	0,76
Производственные затраты на 1 га, тыс. руб.	62,7	69,8	72,5	75,8	112,9	118,9	122,0	124,6	131,7	137,3	139,4	140,7
Себестоимость 1 т, тыс. руб.	3,62	3,42	3,33	3,19	3,99	3,84	3,72	3,62	3,61	3,54	3,49	3,47
Прибыль на 1 га, тыс. руб.	-8,62	12,53	30,18	40,39	39,36	59,97	74,41	84,39	81,54	110,19	120,30	133,54
Уровень рентабельности, %	-13,8	17,9	41,7	53,3	34,8	50,4	61,0	67,7	61,9	80,2	86,3	94,9

Применение гербицида Древер, КЭ во всех вариантах опыта положительно сказалось на экономических показателях. Увеличение нормы внесения гербицида Древер, КЭ с 1,0 до 1,5 л/га достоверно повышали урожайность корнеплодов сахарной свеклы на 2,8–5,6 т/га по отношению к контролю.

Самая высокая выручка с 1 га наблюдалась при норме применения гербицида 1,5 л/га, она составила 199,8 тыс. руб., что превышало контроль на 59,9 тыс. руб., норму 1,0 л/га на 30,2 тыс. руб. и норму 1,3 л/га на 13,5 тыс. руб. Использование гербицида в норме 1,5 л/га позволило добиться самой высокой рентабельности – 71,9 %, что выше контроля на 44,3 %, нормы 1,3 л/га на 8,9 % и нормы 1,0 л/га на 34,8 %. Экономический анализ наглядно демонстрирует, что дополнительные затраты на приобретение и внесение повышенных норм минеральных удобрений и гербицида полностью окупаются значительной прибавкой урожая и его качества. Важно подчеркнуть, что максимальная рентабельность (94,9 %) была достигнута в варианте с расчетной нормой удобрений и гербицидом 1,5 л/га, что делает данную комбинацию не только агрономически, но и экономически целесообразной для внедрения в производственных условиях исследуемого региона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования доказали наличие синергетического эффекта при совместном применении минеральных удобрений и гербицида Древер, КЭ на посевах сахарной свеклы в условиях зоны неустойчивого увлажнения в Краснодарском крае. Установлено, что комбинация расчетной нормы удобрений $N_{140}P_{149}K_{126}$ и гербицида в дозе 1,5 л/га обеспечивает максимальную урожайность (40,5 т/га), сахаристость (18,6 %) корнеплодов и высокую экономическую эффективность (рентабельность 94,9 %). Основным

ограничением работы выступила высокая контрастность погодных условий в годы исследований, что, однако, подтвердило эффективность изучаемого приема в различных гидротермических сценариях. Полученные результаты имеют важную практическую значимость, предоставляя агропроизводителям научно обоснованный регламент для повышения продуктивности и доходности свекловодства. Перспективным направлением дальнейших исследований является изучение химизации (удобрения + гербициды) в других почвенно-климатических условиях и на новых гибридах сахарной свеклы.

Вклад авторов

А. Ю. Ожередова: административное руководство исследовательским проектом, научное руководство.

А. А. Грищенко: проведение исследования, написание черновика рукописи, написание рукописи – рецензирование и редактирование.

Е. В. Письменная: валидация результатов.

А. В. Лошаков: проведение исследования, предоставление ресурсов.

Contributions

A. Y. Ozheredova: project administration, supervision.

A. A. Grishchenko: investigation, writing-original draft, writing-review & editing.

E. V. Pismennaya: validation.

A. V. Loshakov: investigation, resources.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Mall A.K., Srivastava S., Mulet J.M., Popovic V., Misra V. Sugar beet special issue: Biotechnology and breeding techniques for stress-resistant sugar beet. *Sugar Tech.* 2024. <https://doi.org/10.1007/s12355-024-01501-1>
2. Egorova M.I., Smirnova L.Yu., Puzanova L.N., Leontieva E.V. Formalized assesment of the progression of diseases of sugar beet entering the sugar production process flow. *Russian Agricultural Sciences.* 2023;49(2):139-148. <https://doi.org/10.3103/S1068367423080050>
3. Nowicki R., Wilczewski E., Kłosowski M. The timing of sugar beet harvesting significantly influences roots yield and quality characteristics. *Agronomy.* 2025;15(3):704. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030704>
4. Святова О.В., Солошенко Р.В. Значение свеклосахарного подкомплекса АПК для экономики страны. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.* 2013;1:21-24.
Svyatova O.V., Soloshenko R.V. The importance of the beet sugar subcomplex of the agroindustrial complex for the country's economy. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy.* 2013;1:21-24. (In Russ.).
5. Табынбаева Л.К., Кантарбаева Э.Е., Пучкова С.Ю., Малицкая Н.В., Карманов Р.М. Солтүстік Қазақстан жағдайында қант қызылшасының отандық және шетелдік будандарын бағалау. *Ғылым және білім.* 2023;3(2(72)):352-362. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2023-3-2-352-362>
Tabynbaeva L.K., Kantarbaeva E.E., Puchkova S.Yu., Malitskaya N.V., Karmanov R.M. Solstik Kazakhstan zhagdayynda kant qyzylshasynyn otandyk zhane sheteldik budandaryn bagalau. *Gylym zhane bilim.* 2023;3(2(72)):352-362. (In Kazakh.). <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2023-3-2-352-362>

6. Tayyab M., Sanaullah M., Wakeel A. Sodium substitutes potassium requirements of sugar beet under saline-sodic conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2023;186(4):464-472. <https://doi.org/10.1002/jpln.202200398>
7. Ghimire D., Maharjan B. Optimizing nitrogen management to enhance irrigated sugar beet yield and quality. *Agronomy Journal*. 2024;116(5):2564-2572. <https://doi.org/10.1002/agj2.21617>
8. Кененбаев С., Рамазанова С., Гусев В., Есенбаева Г. Применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве южных регионов Казахстана. *Ізденістер, Нәтижелер*. 2023;2(98):111-121. <https://doi.org/10.37884/2-2023/11>
Kenenbaev S., Ramazanova S., Gusev V., Yesenbaeva G. Application of mineral fertilizers in agriculture of the southern regions of Kazakhstan. *Ізденістер, Нәтижелер*. 2023;2(98):111-121. (In Russ.). <https://doi.org/10.37884/2-2023/11>
9. Смольский Е.В., Серченков А.А., Нечаев М.М. Значение почвенно-климатических условий и удобрения в формировании урожая сахарной свеклы. *Сахарная свекла*. 2023;7:19-22. <https://doi.org/10.25802/SB.2023.11.43.003>
Smolsky E.V., Serchenkov A.A., Nechaev M.M. The importance of soil and climatic conditions and fertilizers in the formation of sugar beet yield. *Sugar Beet*. 2023;7:19-22. (In Russ.). <https://doi.org/10.25802/SB.2023.11.43.003>
10. Потапова В.П. Вредоносность сорных растений в посевах сахарной свеклы. *Защита растений*. 2022;41:59-65.
Potapova V.P. Harmfulness of weeds in sugar beet crops. *Plant Protection*. 2022;41:59-65.
11. Ali A.M., Ali A.M.K., Hamd-Alla W. Sugar Beet Productivity Response to Intercropping System and Nitrogen Fertilizer. *Asian Journal of Research in Crop Science*. 2023;8(4):287-301. <https://doi.org/10.9734/ajrcs/2023/v8i4209>
12. Kotlánová B., Hledík P., Hudec S., et al. The Influence of Sugar Beet Cultivation Technologies on the Intensity and Species Biodiversity of Weeds. *Agronomy*. 2024;14(2):390. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020390>
13. Kulan E.G., Kaya M.D. Effects of weed-control treatments and plant density on root yield and sugar content of sugar beet. *Sugar Tech*. 2023;25(4):805-819. <https://doi.org/10.1007/s12355-023-01249-0>
14. Дворянkin Е.А. Продуктивность отечественных гибридов сахарной свеклы в зависимости от эффективности различных схем гербицидов в борьбе с сорняками разного возраста. *Сахар*. 2024;1:29-33. <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2024-1-29-33>
Dvoryankin E.A. Productivity of domestic sugar beet hybrids depending on the effectiveness of various herbicide regimens in controlling weeds of different ages. *Sakhar*. 2024;1:29-33. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2024-1-29-33>
15. Grzanka M., Sobiech L., Idziak R. et al. Impact of chemical weed management in sugar beet (*Beta vulgaris*) on productivity, quality and economics. *Journal of Plant Protection Research*. 2023;459-467. <https://doi.org/10.24425/jppr.2023.146878>
16. Игнатова Г.А. Совершенствование интегрированной системы защиты посевов сахарной свеклы от сорных растений в условиях Орловской области. *Вестник аграрной науки*. 2022;1(94):12-16. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.1.12>
Ignatova G.A. Improvement of the integrated system for protecting sugar beet crops from weeds in the conditions of the Oryol region. *Bulletin of Agrarian Science*. 2022;1(94):12-16. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.1.12>
17. Березнов А.В., Астарханов И.Р., Ашурбекова Т.Н., Астарханова Т.С., Абасова Т.И. Эффективность нового отечественного гербицида для защиты сахарной свеклы. *Проблемы развития АПК региона*. 2024;1(57): 30-36. https://doi.org/10.52671/20790996_2024_1_30
Bereznov A.V., Astarkhanov I.R., Ashurbekova T.N., Astarkhanova T.S., Abasova T.I. Efficiency of a new domestic herbicide for sugar beet protection. *Problems of Development of the Regional Agro-Industrial Complex*. 2024;1(57):30-36. (In Russ.). https://doi.org/10.52671/20790996_2024_1_30
18. Hamed L.M.M., Absy R., Elmenofy W., Emara E.I.R. Enhancing sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield and quality: Evaluating the efficiency of chemical and mechanical weed control strategies. *Agronomy*. 2023;13(12):2951. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122951>

19. Киселева Т.С. Влияние гербицидов на продуктивность свеклы в Тюменской области. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2024;1(139). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.40>
Kiseleva T.S. The influence of herbicides on sugar beet productivity in the Tyumen region. *International Research Journal*. 2024;1(139). (In Russ.). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.40>
20. Тютюнов С.И., Солнцев П.И., Хорошилова Ю.В. и др. Влияние интенсификации систем удобрений и защиты растений на урожайность культур в зернопаропропашном севообороте. *Сахарная свекла*. 2024;8:15-18. <https://doi.org/10.25802/SB.2024.33.42.003>
Tyutyunov S.I., Solntsev P.I., Khoroshilova Yu.V. et al. Effect of intensification of fertilizer and plant protection systems on crop yields in grain-fallow-row crop rotation. *Sugar Beet*. 2024;8:15-18. (In Russ.). <https://doi.org/10.25802/SB.2024.33.42.003>
21. El-Metwally I.M., El-Shahawy T.A.E.G. Enhancing sugar beet quality and productivity under the effects of co-application of urea and herbicides on weed control and crop performance. *Bulletin of the National Research Centre*. 2025;49(1):36. <https://doi.org/10.1186/s42269-025-01327-1>

Сведения об авторах

Ожередова Алена Юрьевна –

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-6038-6409>

SPIN код: 3968-8440

alena.gurueva@mail.ru

Грищенко Анастасия Алексеевна –

магистр, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0009-0005-0643-8091>

SPIN код: 8010-6576

nastya.grishhenko.04@mail.ru

Письменная Елена Вячеславовна –

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры землеустройства, кадастра и ландшафтной архитектуры, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-2786-1954>

SPIN код: 2770-2383

pismennaya.elena@bk.ru

Лошаков Александр Викторович –

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой землеустройства, кадастра и ландшафтной архитектуры, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-0897-3099>

SPIN код: 9132-3227

alexandrloshakov@mail.ru

About the authors

Alena Yu. Ozheredova –

Cand. Sci. (Agric.), Ass. Prof., Head, Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-6038-6409>

alena.gurueva@mail.ru

Anastasia A. Grishchenko –

Master, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0009-0005-0643-8091>

nastya.grishhenko.04@mail.ru

Elena V. Pismennaya –

Dr. Sci. (Agric.), Prof., Department of Land Management, Cadastre and Landscape Architecture, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-2786-1954>

pismennaya.elena@bk.ru

Alexander V. Loshakov –

Dr. Sci. (Agric.), Prof., Head, Department of Land Management, Cadastre and Landscape Architecture, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-0897-3099>

alexandrloshakov@mail.ru