

УДК 631.559:633.63(470.621)

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-6-233-250

EDN: NVGINU

Научная статья

Продуктивность и экономическая эффективность применения гербицидов при возделывании сахарной свеклы

Н. И. Мамсиров✉, В. И. Башков

Майкопский государственный технологический университет
385000, Россия, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191

Аннотация. Выращивание сахарной свеклы сохраняет свою высокую значимость для экономики Российской Федерации. Применение гербицидов при возделывании сахарной свеклы способствует повышению эффективности борьбы с сорняками, минимизации конкурентного давления сорняков на рост и развитие культурных растений, улучшению качества урожая и увеличению урожайности.

Цель исследования состояла в определении наилучшего способа использования гербицида при возделывании на выщелоченных черноземах предприятия АО «Рассвет», расположенного в Усть-Лабинском районе Краснодарского края, высокопродуктивного гибрида сахарной свеклы Бартавелла.

Методы исследования. Экспериментальные исследования проводились в 2023–2024 годах по Б. А. Доспехову.

Результаты. Исследованиями установлены оптимальные варианты применения гербицидов Фронтьер Оптима и Карибу, обеспечивших урожайность корнеплодов в среднем за 2023–2024 годы 39,8 и 38,7 т/га, сбор сахара 6,8 и 6,6 т/га соответственно. При оценке экономической эффективности применения гербицидов установлено, что производство сахарной свеклы с использованием гербицида Фронтьер Оптима обеспечивает получение условно чистого дохода в размере 82748 руб./га, а на варианте с применением гербицида Карибу – 78527 руб./га.

Заключение. Анализ эффективности применения гербицидов в агротехнологии производства корнеплодов сахарной свеклы гибрида Бартавелла показал, что в среднем за 2023–2024 гг. он был отзывчив на внесение всех исследуемых гербицидов, которые обеспечили высокую рентабельность производства продукции – от 75,8 до 87,4 %, тогда как на контрольном варианте (без применения гербицидов, только двукратная культивация междурядий) – 45,1 %.

Ключевые слова: свекла сахарная, корнеплоды, гербициды, засоренность посевов, сахаристость корнеплодов, общий выход сахара, продуктивность, экономическая эффективность

Поступила 11.10.2025, одобрена после рецензирования 24.10.2025, принята к публикации 14.11.2025

Для цитирования. Мамсиров Н. И., Башков В. И. Продуктивность и экономическая эффективность применения гербицидов при возделывании сахарной свеклы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 6. С. 233–250. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-6-233-250

Original article

Productivity and economic efficiency of herbicide application in sugar beet cultivation

N.I. Mamsirov✉, V.I. Bashkov

Maykop State Technological University
191, Pervomayskaya street, Maykop, 385000, Russia

Abstract. The cultivation of sugar beet remains highly significant for the economy of the Russian Federation. The use of herbicides during sugar beet cultivation enhances weed control efficiency, minimizes competitive pressure from weeds on the growth and development of crops, improves yield quality, and increases productivity.

Aim. The study is to determine the best method for using herbicide when cultivating the highly productive sugar beet hybrid "Bartavella" on leached chernozem soils of the enterprise JSC "Rassvet", located in the Ust-Labinsk district of the Krasnodar Territory.

Research methods. Experimental research was conducted between 2023 and 2024 following B.A. Dospekhov's methodology for field experiments.

Results. Studies have established optimal variants of applying Frontier Optima and Caribu herbicides, ensuring root yields averaging 39.8 t/ha and 38.7 t/ha respectively over 2023-2024, with corresponding sugar extraction rates of 6.8 t/ha and 6.6 t/ha. In terms of economic efficiency, using Frontier Optima provided conditional net income of 82,748 rubles per hectare, while the variant with Caribu yielded 78,527 rubles per hectare.

Conclusion. Analysis of herbicide effectiveness in the agronomic technology of producing sugar beet roots «Bartavella» demonstrated that, on average over 2023-2024, this variety responded positively to all tested herbicides, providing high profitability ranging from 75.8% to 87.4%, compared to only 45.1% in the control variant without herbicides but with double inter-row cultivation.

Keywords: sugar beet, roots, herbicides, weed infestation, root sucrose content, total sugar yield, productivity, economic efficiency

Submitted 11.10.2025,

approved after reviewing 24.10.2025,

accepted for publication 14.11.2025

For citation. Mamsirov N.I., Bashkov V.I. Productivity and economic efficiency of herbicide application in sugar beet cultivation. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 6. Pp. 233–250. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-6-233-250

ВВЕДЕНИЕ

Сахарная свекла выступает ведущей сахароносной культурой Российской Федерации, обеспечивая сырье для сахарной индустрии и сохраняя статус стратегически важной сельскохозяйственной культуры [1].

Однако интенсификация сельскохозяйственного освоения земель и широкое распространение механизированных технологий культивирования приводят к ряду неблагоприятных экологических последствий, важнейшим из которых выступает систематическое сокращение запасов гумуса в большинстве типов почв. Этот процесс сопровождается угнетением биологической активности микроорганизмов и деградацией физико-химического состояния почвенного покрова. Тем не менее прогрессирование отрасли свекловодства требует постоянного улучшения технологических аспектов культивирования растения, что находит подтверждение в исследованиях научных учреждений нашей страны и зарубежья, активно работающих над установлением оптимальных дозировок внесения минеральных удобрений, изучением химических средств защиты растений, а также методами поддержания и улучшения плодородия земельных ресурсов в сельскохозяйственном производстве [2–5].

Гербициды позволяют эффективно контролировать распространение нежелательных видов растений, защищая корневую систему и листья сахарной свеклы от повреждений и заболеваний, вызванных конкурирующими растениями. Это особенно важно на ранних стадиях роста культуры, когда растущие растения наиболее уязвимы перед негативным воздействием сорняков [6].

Грамотное применение гербицидов помогает поддерживать оптимальный уровень плодородия почвы, сохранять продуктивную влагу и улучшать условия для роста корней, что

ведет к увеличению выхода конечного продукта. Важно отметить, что применение гербицидов должно осуществляться в строгом соответствии с инструкциями производителей и рекомендациями ученых, чтобы минимизировать потенциальные риски загрязнения окружающей среды и обеспечить безопасность продукции для потребителей.

Многочисленные научные исследования свидетельствуют о том, что максимальное отрицательное влияние сорных растений на урожайность сахарной свеклы наблюдается в период с четвертой по пятую неделю после появления всходов основной культуры [7–10]. Интенсивность вреда, наносимого сорняками, возрастает вместе с длительностью их присутствия на полях. Так, опыты, проведенные А. С. Кунце [11], показали, что при наличии сорняков в течение 30 суток потери урожайности составляют около 4 %, при сроке 50 дней – порядка 22 %, 80-дневное присутствие снижает продуктивность до 55 %, при сохранении сорняков в течение 110 дней урожай сокращается на 75 %, а при продолжительности 140 дней ущерб достигает 90 %.

Ученые КубГАУ, изучившие за 9-летний период исследований особенности формирования листовой поверхности, накопления биомассы и урожайности корнеплодов сахарной свеклы отечественной и зарубежной селекции, пришли к выводу, что изучаемые в опыте элементы технологии способствовали повышению урожайности сахарной свеклы на 1,5–9,7 т/га (3,7–23,9 %). Для центральной зоны Краснодарского края выявлено преимущество вариантов выращивания сахарной свеклы с применением химических мер борьбы с сорняками на повышенном фоне плодородия почвы или с внесением удобрений на исходном фоне. Установлена взаимосвязь продуктивности сахарной свеклы и отдельных агроприемов ее выращивания на двух фонах плодородия почвы в стационарном 4-факторном опыте. Лучшими по выходу белого сахара с 1 га посевов оказались варианты с применением гербицидов как на фоне основного удобрения (средняя норма), так и без него, при повышенном плодородии почвы [12].

Научные исследования, направленные на оценку продуктивности комбинированного использования гербицидов и стимуляторов роста при культивировании сахарной свеклы в условиях Нечерноземной зоны, продемонстрировали наибольшую эффективность поэтапного внесения гербицидов. Данная стратегия включала три этапа обработки посевов с применением определенных норм расхода веществ: первая обработка состояла из комбинации препаратов Бетарен супер-МД (МКЭ, 1,30 л/га), Лорнет (ВР, 0,075 л/га), Форвад (МКЭ, 0,80 л/га) и Кондор (ВДГ, 0,03 л/га); вторая обработка проводилась с использованием аналогичных компонентов в увеличенных нормах (Бетарен супер-МД – 1,30 л/га; Лорнет – 0,20 л/га; Форвад – 1,00 л/га; Кондор – 0,045 л/га); третья заключительная обработка осуществлялась посредством увеличения дозы некоторых препаратов и введения нового компонента (Бетарен супер-МД – 22, 2,00 л/га; Лорнет – 0,30 л/га; Форвад – 1,00 л/га; Кондор – 0,045 л/га). Анализ полученных результатов выявил биологическую активность воздействия гербицидов, проявляющуюся в значительном подавлении популяций однолетних сорных растений (эффективность варьировалась от 46 до 94 %) и многолетних видов (от 67 до 91 %). Максимально выраженный биологический эффект, достигающий снижения общей массы сорных растений на 98 %, наблюдался именно при реализации трехэтапной схемы обработок в сочетании с добавлением росторегулирующего препарата «Эпин Экстра» [7].

Одними из наиболее актуальных проблем современного свекловодства в России являются нарушение агротехнических требований и низкая эффективность защиты растений. Это приводит к значительному засорению полей сорняками. Сегодня актуальной задачей является разработка и выявление высокоэффективных, селективных и доступных гербицидов, обладающих низкой фитотоксичностью, не оказывающих негативного влияния

на химический состав почвы и пригодных для применения в свекловодстве. Исследования, проведенные К. Д. Крюковой и В. О. Гресис [13] в Тульской области, были посвящены изучению и сравнению биологической эффективности различных дозровок однокомпонентных и двухкомпонентных препаратов-граминозидов на посевах сахарной свеклы против основных видов однолетних и многолетних злаковых сорняков: проса куриного (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.), метлицы обыкновенной (*Setaria glauca* (L.) Beauv.) и пырея ползучего (*Elytrigia repens* (L.) Nevski). Установлено, что применение препаратов с клетодимом + квизалофопом-П-этила (0,5 л/га) обеспечило снижение численности и массы однолетних сорняков на 64–71 %, численности и массы многолетних сорняков – на 54–58 %, показывая аналогичную эффективность с клетодимом (0,6 л/га) [13].

Исследования, проведенные в период с 2017-го по 2020 год преимущественно в Центрально-Черноземном регионе, а также в некоторых регионах России и Казахстана, позволили установить положительное влияние обработки семян на улучшение их посевных свойств и стимуляцию ростовых показателей во всех вариантах использования дигидрохинолина и пиримидин-карбоновой кислоты. Изучаемые гибриды показали более высокий уровень ключевых показателей (урожайность, сахаристость, выход сахара) по сравнению со стандартом [14].

В полевых условиях Рязанской области рассмотрена эффективность применения гербицидов на посевах сахарной свеклы, содержащих активные вещества метамитрон, десмедифам, фенмедифам и этофумезат. Установлено оптимальное их сочетание для эффективного контроля над однодольными видами сорняков в фазе вегетации сельскохозяйственной культуры. Доказано, что применение смешанных форм гербицидов марки «Пилот» (ВСК) совместно с препаратами Бицепс 22 и Бицепс Гарант (КЭ) обеспечивает значительное улучшение санитарного состояния агроценоза и способствует повышению выхода товарных корнеплодов сахарной свеклы [15].

По данным ученых ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова» установлено, что использование сниженных норм противодвудольных и противозлаковых препаратов в сочетании с прилипателем СТИКК на посевах отечественных гибридов сахарной свеклы имело высокую биологическую эффективность и способствовало получению урожая корнеплодов 44,8–46,4 т/га (не меньше, чем при применении полной нормы гербицидов, – 44,2–46,4 т/га) с высокой сахаристостью (17,0–17,7 %). Применение уменьшенных на 10 % норм гербицидов, дополненное использованием фунгицидов Карибу либо Голтикс, демонстрировало наивысшую агротехническую эффективность на посевах гибридов сахарной свеклы РМС 120 и РМС 127. Наиболее высокая экономическая выгода зафиксирована при выращивании гибрида РМС 127. Совместное использование гербицидов бетанального ряда и препаратов для борьбы со злаковыми сорняками в пониженной концентрации, усиленное прилипателем и вышеуказанными химическими средствами защиты растений, позволило сократить затраты на обработку почв от 1,3 до 4,7 тыс. руб./га [8].

В условиях Центрально-Черноземного региона Е. А. Дворянкиным [16] проведены исследования, направленные на изучение последствий влияния сублетальных и умеренных концентраций гербицида Каллисто на развитие растений сахарной свеклы с учетом стадий ее жизненного цикла и климатических факторов окружающей среды. Полученные данные свидетельствуют о способности низких доз гербицида Каллисто существенно замедлять прирост вегетативной массы, уменьшать густоту стояния растений и негативно влиять на урожайные характеристики культуры. Экспериментально подтверждено возникновение синергического эффекта повышения токсичности гербицидной композиции при совместном внесении минимального количества Каллисто с раствором гербицида Бетанал Эксперт ОФ (норма внесения 1,3 л/га) [16].

Опыты, проведенные на учебно-экспериментальной площадке Института сельского хозяйства – филиала Федерального научного аграрного центра Всероссийского института механизации сельского хозяйства (ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) учеными М. Н. Захаровой и Л. В. Рожковой [9], показали, что увеличение показателей урожайности обусловлено совокупностью множества факторов, среди которых ключевое значение имеют высокопродуктивные сорта и гибриды, оптимизированные системы удобрения и эффективная защита растений химическими средствами. Согласно статистическим данным, сельскохозяйственные предприятия Рязанской области достигают уровня сбора корнеплодов порядка 50 т/га и выше при условии строгого соблюдения рекомендованных технологий выращивания. Компания «Bayer CropScience» разработала инновационный гербицид системного действия – Конвизо 1, МД (ингибитор фермента ALS), предназначенный исключительно для селекции SMART-гибридов в рамках специализированной технологической программы CONVIZO SMART [9].

А. М. Кравцов и др. [18] провели комплексный анализ влияния почвенного плодородия, вносимых удобрений и используемых гербицидов на процессы роста и формирования продуктивности диплоидного гибрида сахарной свеклы новейшей селекции – Евгения KWS немецкого происхождения. Определено, что в регионе нестабильного увлажнения на щелоченных черноземах Западного Предкавказья средняя урожайность сахарной свеклы за период наблюдений 2018–2020 годов колебалась от 44,0 до 55,1 т/га, содержание сахаров в корнях варьировало от 17,48 до 18,60 %, потенциальный выход очищенного сахара при промышленной переработке составил диапазон значений от 5,58 до 7,29 т/га. Оптимальные значения выхода чистого сахара с единицы площади были достигнуты в вариантах опыта, характеризующихся высоким уровнем плодородия почвы и защищенностью растений гербицидами от негативных воздействий сорняков.

Таким образом, использование различных гербицидов при выращивании сахарной свеклы способствует повышению эффективности борьбы с сорняками, снижению потерь урожая, улучшению качества продукции и обеспечению устойчивого развития свеклосахарного производства.

Цель исследования – установление оптимального варианта применения гербицидов и их действие на продуктивность и сахаристость корнеплодов сахарной свеклы гибрида Бартавелла.

Новизна исследования заключается в комплексном подходе к оценке продуктивности и экономической эффективности использования гербицидов при выращивании сахарной свеклы. Исследование впервые интегрирует современные агротехнические методы обработки почвы, применение новых видов препаратов, выбор оптимальных дозировок и сроков внесения гербицидов, учитывая региональные особенности почвенно-климатических условий центральной зоны Краснодарского края. Результаты позволяют выявить наиболее эффективные стратегии борьбы с сорняками, минимизировать риски снижения урожайности и качества продукции, обеспечивая устойчивое развитие отрасли сельского хозяйства и повышение конкурентоспособности производства сахара в регионе.

Научные изыскания проводились в 2023–2024 годах на землях АО «Рассвет», расположенных в Усть-Лабинском районе Краснодарского края, в рамках постоянных полевых экспериментов, организованных в соответствии с методическими рекомендациями академика Б. А. Доспехова [19]. В полном соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [20] были выполнены все запланированные мероприятия по наблюдению, учету и анализу. Определение содержания сахара в корнеплодах сахарной свеклы осуществлялось ежемесячно, начиная с июля и до момента уборки, посредством холодной водной дигестии и с применением поляриметра СУ-3. Учетная площадь делянки в опыте составляла 50 м², повторность четырехкратная, с рендомизированным размещением опытных делянок (по Б. А. Доспехову) [19].

Объектами изучения в полевых опытах являлись гибрид сахарной свеклы Бартавелла и гербициды Фронтьер Оптима, Карибу, Бетарен-супер, Дуал Голд.

Гибрид сахарной свеклы Бартавелла. Оригинатор: Florimond Desprez Veuve Et Fils' Sas. Включен в Госреестр по Северо-Кавказскому региону. Одноростковый диплоидный гибрид на стерильной основе N-типа. Период вегетации – 150–155 дней. Потенциальная урожайность до 90 т/га с содержанием сахара в корнеплодах до 18,0 %. Слабо поражается церкоспорозом, устойчив к ризомании и толерантен к листовым заболеваниям.

Фронтьер Оптима – почвенный гербицид, эффективно контролирующий однодольные и двудольные сорняки. Его инновационная формула с диметенамид-П гарантирует длительную защиту сахарной свеклы. Применяют препарат в дозировке 0,5–1,5 л/га в фазе двух пар настоящих листьев и когда сорняки первой и второй волны находятся на ранних стадиях развития. Расход рабочего раствора составляет 200–300 л/га.

Карибу® – послевсходовый гербицид для борьбы с однолетними двудольными сорняками в посевах сахарной свеклы. Действующее вещество препарата – трифлусульфурон-метил (500 г/кг) – относится к классу производных сульфонилмочевины. Норма применения препарата – 30 г/га. Рекомендуемая норма расхода рабочей жидкости – 200 л/га.

Бетарен Супер МД – высокоэффективный трехкомпонентный гербицид в высокоэффективной масляной формуляции против однолетних двудольных (включая виды щирицы) и некоторых злаковых сорняков в посевах сахарной свеклы. Норма применения препарата 1,35–1,8 л/га с последовательным опрыскиванием посевов в фазе 2–4 листьев сорняков (по первой и второй «волне»). Расход рабочей жидкости – 100–200 л/га.

Дуал Голд – однокомпонентный, селективный, довсходовый гербицид, эффективный против основных однодольных и некоторых двудольных сорняков в посевах сахарной свеклы. Гербицид обеспечивает длительную защиту посевов от сорняков в течение всего вегетационного периода (от второй «волны» злаковых сорняков). Гербицид применяется до и после всходов, сорняки отмирают после прорастания. Норма применения препарата 1,3–2,0 л/га. Опрыскивание почвы до посева или до всходов культуры. Расход рабочей жидкости – 200–400 л/га.

В ходе исследований применялась следующая схема:

Вариант 1. Без гербицидов.

Вариант 2. Фронтьер Оптима, 1,2 л/га.

Вариант 3. Карибу, 30,0 г/га.

Вариант 4. Бетарен супер-МД, 1,5 л/га.

Вариант 5. Дуал Голд, 2,0 л/га.

В первом варианте опыта гербициды не вносились, а проводилась двукратная между-рядная культивация с окучиванием. Во втором варианте гербицид Фронтьер Оптима в норме 1,2 л/га использовался в качестве довсходового гербицида, вносился вслед за посевом. Гербицид Карибу в норме 30,0 г/га применялся в третьем варианте опыта на начальной стадии роста сорных растений, охватывающей интервал от семядольной стадии до формирования второго полноценного листа. В четвертом варианте избирательный гербицид Бетарен супер-МД в норме 1,5 л/га использовался для опрыскивания сорняков в фазе семядолей. Дуал Голд в норме 2,0 л/га в пятом варианте вносился в предпосевной период, в заранее обработанную почву до возникновения первых сорных проростков. Расход рабочей жидкости составлял 250 л/га.

Почвы опытного участка представлены выщелоченными черноземами. Среднее содержание гумуса составляет около 3,8–4,7 %, что обеспечивает хорошее плодородие и устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды. Реакция почвенной среды слабощелочная или близкая к нейтральной (рН 6,5–7,5), что положительно влияет на доступность питательных веществ растениям.

Агротехнические приемы при выращивании сахарной свеклы соответствовали общепринятым рекомендациям для центральной части Краснодарского края и были реализованы согласно схеме эксперимента. Предшественником в опыте была озимая мягкая пшеница сорта Алексеич. Глубокая основная обработка почвы проводилась плугом ПЛН-5-35, достигая глубины 25–27 см.

Погодные условия за 2023–2024 годы сильно различались по тепловому режиму и особенно по выпадению атмосферных осадков. В период оптимальных сроков сева сахарной свеклы (3 декада апреля) в 2023 году наблюдалось небольшое переувлажнение: при норме 53 мм осадков в месяц выпало 67,2 мм, что составило 126,8 % от нормы. В период интенсивного роста свеклы (июль-август) при среднесуточной температуре воздуха 27,1°C выпало 162,4 мм, что выше нормы на 34,6 мм. В целом за вегетационный период выпало 657,4 мм осадков, и недостатка почвенной влаги не наблюдалось. В 2024 году на момент посева сахарной свеклы отмечался небольшой недостаток влаги: выпало 48,7 мм при норме 53,0 мм (– 4,3 мм). В июле при среднесуточной температуре воздуха 28,2°C осадков выпало 34,4 мм при норме 70 мм (– 35,6 мм). В августе при температуре воздуха 27,5°C осадки составили 17,0 мм при норме 54 мм (– 37,0 мм). В целом за вегетационный период 2024 года выпало 315,6 мм осадков при норме 396,0 мм, что отрицательно повлияло на урожайность корнеплодов сахарной свеклы.

Результаты проведенных опытов свидетельствуют о том, что процессы формирования листового аппарата у растений гибрида Бартавелла зависели от вида применяемого гербицида (табл. 1).

Таблица 1. Динамика нарастания и отмирания листьев сахарной свеклы гибрида Бартавелла, штук на одно растение (усредненные данные за 2023–2024 гг.)

Table 1. Dynamics of sugar beet leaves (hybrid Bartavella) growth and death, pieces per plant (average data for 2023–2024)

Вариант опыта	Количество листьев по датам наблюдений							
	01.06		01.07		01.08		01.09	
	*ж	*ж	*о	*ж	*о	*ж	*о	
1. Контроль (без герб.)	8,3	15,8	2,4	16,7	9,2	16,0	13,6	
2. Фронтьер Оптима (1,2 л/га)	11,0	19,1	1,8	19,4	8,0	19,6	11,8	
3. Карибу (30,0 г/га)	10,9	18,7	1,9	19,2	8,2	19,0	12,1	
4. Бетарен супер-МД, (1,5 л/га)	9,7	16,9	2,1	17,9	9,0	17,3	12,9	
5. Дуал Голд (2,0 л/га)	10,0	17,2	2,0	18,1	8,8	17,6	12,7	

Примечание: * ж – жизнеспособных, о – отмерших

Анализ представленных табличных данных свидетельствует о том, что к началу августа среднее количество образовавшихся листьев на одно растение варьирует в пределах от 16,7 до 19,4 шт. Наблюдения конца августа и начала сентября демонстрируют характерную тенденцию утраты нижних листовых пластинок вследствие естественного старения растения, однако одновременно формировались новые листья, что приводило к некоторому увеличению общего количества здоровых листьев. Эта динамика сохранялась и в дальнейшем, однако интенсивность отмирания была заметно выше.

Максимальная численность активных фотосинтезирующих листьев зарегистрирована к началу августовского периода на участках, подвергнутых обработке гербицидами Фронтьер Оптима и Карибу, достигая уровней 19,4 и 19,2 листа на одно растение соответственно. Напротив, на контроле этот показатель составил лишь 16,7 листа на растение.

Наиболее высокая средняя продуктивность листового аппарата на протяжении вегетационного периода зарегистрирована на варианте с использованием гербицида Фронтьер Оптима, составляя 19,6 листа на растение. Этот показатель сопровождался наименьшим числом погибших листьев – 11,8 листа на растение. Аналогичные тенденции наблюдались на варианте с предпосевным внесением почвенного гербицида Карибу, где соответствующие значения составили 19,0 и 12,1 листа на растение. Контрольный вариант, где осуществлялась исключительно механическая междурядная обработка, характеризовался наименьшей численностью активных листьев – 16,6 листа на растение и наибольшей долей погибших листьев – 13,6 листа на растение.

Продолжительность функционирования листьев значительно различается в зависимости от сроков их первоначального формирования на растениях [2, 19]. Процесс деструкции листового аппарата начинался ориентировочно во второй половине июня, при этом скорость потери листьев неуклонно возрастала по мере приближения окончания вегетационного периода, варьируя от 1,8 до 13,6 листа на одно растение.

Полученные экспериментальные данные указывают на незначительное воздействие гербицидов на динамику листообразования и отмирания листьев, хотя на вариантах с их применением темп снижения числа жизнеспособных листьев оказался менее выраженным по сравнению с контролем.

Дополнительные сведения о динамике изменения площади листовой поверхности представлены в табл. 2.

Таблица 2. Изменение величины листовой поверхности растений гибрида сахарной свеклы Бартавелла (тыс. м²/га): (усредненные данные за 2023–2024 гг.)

Table 2. Change in the leaf area of the Bartavella sugar beet hybrid plants (thousand m²/ha): (average data for 2023–2024)

Вариант опыта	Дата определения			
	01.06	01.07	01.08	01.09
1. Контроль (без герб.)	8,7	32,9	26,6	15,7
2. Фронтьер Оптима (1,2 л/га)	11,2	38,6	32,5	19,3
3. Карибу (30,0 г/га)	10,9	37,9	31,8	18,9
4. Бетарен супер-МД, (1,5 л/га)	10,0	36,6	30,1	17,6
5. Дуал Голд (2,0 л/га)	10,4	37,0	30,7	18,0

Интенсивное снижение функциональности листового аппарата сахарной свеклы, особенно ярко выраженное непосредственно перед уборочной кампанией, скорее всего, связано с активизацией процессов поглощения резервов почвенной влаги и транспортировкой питательных веществ в развивающиеся корневые структуры [5].

Изучение табличных данных позволяет выявить различия в воздействии отдельных вариантов применения гербицидов на размерность листовой поверхности растений сахарной свеклы. Минимальные значения площади листьев, равные 8,7–32,9 тыс. м²/га, выявлены на контрольном варианте, тогда как максимальное увеличение отмечено на участках, обработанных гербицидами Фронтьер Оптима и Карибу, где соответствующие показатели составили 11,2–38,6 и 10,9–37,9 тыс. м²/га соответственно.

Колебания динамических характеристик фотосинтетического потенциала культуры сахарной свеклы соответствуют общему вектору изменения размеров листовой поверхности (табл. 3).

Таблица 3. Значения фотосинтетического потенциала посевов гибрида сахарной свеклы Бартавелла, тыс. м²/га·день (усредненные данные за 2023–2024 гг.)

Table 3. Photosynthetic potential values of the Bartavella sugar beet hybrid crops, thousand m²/ha·day (average data for 2023–2024)

Вариант опыта	Дата определения			
	01.06–01.07	01.07–01.08	01.08–01.09	01.06–01.09
1. Контроль (без герб.)	624,0	892,5	634,5	2151,0
2. Фронтьер Оптима (1,2 л/га)	747,0	1066,5	777,0	2590,5
3. Карибу (30,0 г/га)	732,0	1045,5	760,5	2538,0
4. Бетарен супер-МД, (1,5 л/га)	699,0	1000,5	715,5	2415,0
5. Дуал Голд (2,0 л/га)	711,0	1015,5	730,5	2457,0

Согласно данным, представленным в табл. 3, применение различных гербицидов показало, что максимальный фотосинтетический потенциал посевов наблюдался в вариантах 2 и 3 на протяжении всех этапов измерений.

Использование гербицида Фронтьер Оптима обусловило успешное угнетение сорных растений, способствуя созданию оптимальных условий для нормального формирования и поддержания активной ассимиляционной поверхности сахарной свеклы. Остальные исследованные гербициды также продемонстрировали свою высокую эффективность, оказывая положительное влияние на процесс устранения сорняков и развитие листового аппарата растений.

Экспериментальные наблюдения подтвердили, что вариант с применением гербицида Карибу отличался аналогичными показателями фотосинтетического потенциала, сопоставимыми с результатами варианта Фронтьер Оптима, – величина составила 2590,5 тыс. м²/га·день. Эта тенденция сохранялась на протяжении всех этапов онтогенеза растений вплоть до завершения вегетационного периода, когда конечное значение показателя составило 2538,0 тыс. м²/га·день. Для сравнения: аналогичные показатели других изучаемых вариантов имели следующее распределение: Бетарен супер-МД – 2415,0, Дуал Голд – 2457,0 тыс. м²/га·день, в то время как на контрольном варианте данный показатель находился на уровне 2151,0 тыс. м²/га·день.

Рост сахарной свеклы на Северном Кавказе характеризуется специфической динамикой накопления сухой массы и сахаристости, которые постоянно увеличиваются вплоть до уборки урожая. Листовая масса достигает пика в конце июля – начале августа, после чего постепенно снижается [2, 10].

Обработка посевов гербицидами стимулировала интенсификацию процессов фотосинтеза, что привело к ускоренному формированию и аккумуляции сухого вещества растениями. Накопление сухого вещества характеризуется специфическими особенностями распределения: в первой половине вегетационного периода основная масса прироста приходилась на формирование листового аппарата, тогда как во второй половине доминирующим органом аккумуляции стало образование корневой части.

Общий темп прироста сухой массы оставался практически непрерывным вплоть до завершения периода созревания и сбора урожая.

Наиболее интенсивное накопление сухого вещества в корнеплодах сахарной свеклы в центральной зоне Краснодарского края наблюдалось в июле. В этот период показатель превысил контрольные значения на 12,4–21,0 г/растение, что соответствует приросту в 35,2–59,7 % (табл. 4).

Таблица 4. Динамика накопления сухого вещества сахарной свеклой гибрида Бартавелла (г/раст.)**Table 4.** Dynamics of dry matter accumulation in Bartavella hybrid sugar beet (g/plant)

Дата определения	Вариант				
	Контроль (без герб.)	Фронтьер Оптима (1,2 л/га)	Карибу (30,0 г/га)	Бетарен супер-МД, (1,5 л/га)	Дуал Голд (2,0 л/га)
1.06					
лист	1,5	3,5	3,1	2,4	2,8
корнеплод	0,3	1,1	1,0	0,7	0,8
растение	1,8	4,6	4,1	3,1	3,6
1.07					
лист	19,5	30,1	27,8	24,7	26,3
корнеплод	15,7	26,1	25,2	22,7	23,8
растение	35,2	56,2	53,0	47,6	50,1
1.08					
лист	28,5	48,3	45,7	39,9	42,8
корнеплод	49,8	77,6	73,3	66,6	69,5
растение	78,3	125,9	119,0	106,5	112,3
1.09					
лист	9,2	25,2	23,5	17,2	20,7
корнеплод	76,5	115,8	112,8	100,6	104,4
растение	85,7	141,0	136,3	117,8	125,1

Вторая половина вегетационного периода, последовавшая за достижением пиковых значений в июле, характеризовалась активным процессом перераспределения питательных веществ. Они перемещались из листовой массы в корневую систему, что способствовало существенному накоплению сухого вещества в корнеплодах к 1 августа. Так, в контрольной группе средняя масса сухого вещества на растение составила 78,3 г, а при использовании гербицида Фронтьер Оптима этот показатель был значительно выше – 125,9 г на растение.

Исследование динамики накопления сухой биомассы целого растения сахарной свеклы позволило установить корреляцию данного показателя с фитоценотической нагрузкой (уровнем засоренности). По завершении вегетационного цикла было зафиксировано, что на участках с минимальной засоренностью сухая масса одного растения возросла до 117,8–141,0 г/раст. по сравнению с контрольным вариантом – 85,7 г./раст.

Проведенные эксперименты подтвердили, что применение гербицидов на посевах сахарной свеклы гибрида Бартавелла незначительно влияет на общую продолжительность вегетационного периода и сроки наступления межфазных периодов (табл. 5).

Длина вегетационного периода растений сахарной свеклы на вариантах, где применялись гербициды для уничтожения сорняков, не имела существенных различий между собой и составляла всего 1–2 дня. Согласно приведенным данным, у растений гибрида Бартавелла, обработанных гербицидом Карибу, замедлялся процесс прорастания семян на один день. Фаза третьей пары настоящих листьев наступала синхронно на всех изучаемых вариантах и длилась 28 дней. Фазы смыкания листьев в междурядьях и уборки также протекали одинаково во всех вариантах, что подтверждает отсутствие значимых различий между ними.

Таблица 5. Влияние гербицидов на продолжительность межфазных периодов сахарной свеклы гибрида Бартавелла, дни (усредненные данные за 2023–2024 гг.).

Table 5. The effect of herbicides on the duration of interphase periods of the Bartavella hybrid sugar beet, days (average data for 2023–2024).

Вариант опыта	Посев – полные всходы	Полные всходы – 3-я пара настоящих листьев	3-я пара наст. листьев – смыкание листьев в междурядьях	Смыкание листьев в междурядьях – уборка	Вегетационный период
1. Контроль (без герб.)	17	28	37	86	151
2. Фронтьер Оптима (1,2 л/га)	17	28	37	85	150
3. Карибу (30,0 г/га)	18	28	38	84	150
4. Бетарен супер-МД, (1,5 л/га)	17	28	38	86	152
5. Дуал Голд (2,0 л/га)	17	28	38	85	151

Продолжительность периода от смыкания листьев до уборки во всех вариантах составила 84–86 дней после посева. Общая длительность вегетационного периода сахарной свеклы в ходе эксперимента находилась в диапазоне 150–152 дня. Исходя из результатов исследования можно заключить, что применение гербицидов на посевах сахарной свеклы не оказывает заметного воздействия на продолжительность межфазных периодов и общую длину вегетации.

Основным результатом использования гербицидов становится существенное уменьшение степени засоренности посевов, поскольку культура весьма восприимчива к наличию сорняков. Даже наличие 4–5 сорняков на 1 м² вызывает потерю урожая корнеплодов в размере 40–50 ц/га [7, 10].

Наши исследования выявили, что в посевах сахарной свеклы преобладали однолетние злаки (просо куриное, овсюг, мышей сизый), однолетние двудольные виды (щирца запрокинутая, марь белая, ярутка полевая, подмаренник цепкий, амброзия полыннолистная и прочие), а среди многолетников доминировали вьюнок полевой, гумай и осот полевой. Естественно, наибольшее распространение сорняков было характерно для контрольного варианта, где отсутствовало внесение гербицидов (табл. 6).

Мониторинг фитосанитарного состояния посевов гибрида Бартавелла осуществлялся систематически в течение всей вегетации посредством учета степени засоренности в начальной, средней и конечной фазах роста. Первичный учет проводился в мае, в фазу второй пары настоящих листьев сахарной свеклы, а повторные измерения выполнялись в июле и сентябре.

Из анализа данных таблицы 5 следует, что исходная засоренность посевов варьировала в широком диапазоне – от 3,0 до 99,7 шт./м². Исследование подтвердило, что применение гербицида Бетарен супер-МД оказалось недостаточно эффективным, так как количество сорняков превысило аналогичные показатели в других вариантах на 11,3–21,5 %, причем плотность однолетних злаковых составила 58,0 шт./м², а многолетних двудольных – 11,0 шт./м². Предпосевное внесение гербицида Карибу позволило снизить засоренность посевов до минимального уровня в 3 шт./м², тогда как на контрольном варианте засоренность оставалась высокой и доходила до 99,7 шт./м².

Таблица 6. Уровень засоренности посевов сахарной свеклы гибрида Бартавелла в зависимости от внесения гербицидов, экз./м² (усредненные данные за 2023–2024 гг.).

Table 6. Weed infestation level of sugar beet crops of the Bartavella hybrid depending on the application of herbicides, specimens/m² (average data for 2023–2024).

Вариант опыта	Общая засоренность, шт./м ²	В том числе:		
		однолетними злаковыми	однолетними двудольными	многолетними двудольными
в начале вегетации (май)				
1. Контроль (без герб.)	99,7	48,3	38,7	12,7
2. Фронтьер Оптима (1,2 л/га)	9,0	7,0	–	2,0
3. Карибу (30,0 г/га)	3,0	1,0	–	2,0
4. Бетарен супер-МД, (1,5 л/га)	69,0	58,0	–	11,0
5. Дуал Голд (2,0 л/га)	43,3	3,3	31,7	8,3
в середине вегетации (июль)				
1. Контроль (без герб.)	114,0	67,0	35,0	12,0
2. Фронтьер Оптима (1,2 л/га)	13,0	10,0	–	3,0
3. Карибу (30,0 г/га)	12,0	3,0	4,0	5,0
4. Бетарен супер-МД, (1,5 л/га)	47,7	34,0	4,0	9,7
5. Дуал Голд (2,0 л/га)	31,7	1,7	26,0	4,0
в конце вегетации (сентябрь)				
1. Контроль (без герб.)	108,0	61,0	35,0	12,0
2. Фронтьер Оптима (1,2 л/га)	16,0	11,0	2,0	3,0
3. Карибу (30,0 г/га)	16,6	9,6	3,0	4,0
4. Бетарен супер-МД, (1,5 л/га)	42,0	29,0	4,0	9,0
5. Дуал Голд (2,0 л/га)	27,0	1,0	22,0	4,0

Применение гербицида Фронтьер Оптима обусловило снижение общей численности сорняков до 9,0 шт./м², включая многолетние двудольные, число которых сократилось до 2,0 шт./м². Однако к середине вегетационного периода конкурирующая способность культурных растений усилилась, что выразилось в резком уменьшении численности сорняков на вариантах 4 и 5 до 47,7 и 31,7 шт./м² соответственно.

По структуре засоренности посевов сахарной свеклы преобладают однолетние злаковые сорняки, составляющие от 50 до 70 % от общей численности сорной флоры. По массе доминируют именно однолетние злаки, где сырая и сухая масса достигает 81,8 и 18,5 % от суммарного веса сорняков соответственно (табл. 7). При обработке посевов гербицидом Дуал Голд наблюдается иной качественный состав сорняков: основную массу составляют однолетние двудольные виды, занимающие 68 % сырой и 16,4 % сухой массы сорняков. Многолетние двудольные занимают долю 21,9 % сырой и 4,6 % сухой массы соответственно.

В центральной части Краснодарского края главными сорняками, засоряющими посевы сахарной свеклы, являются однолетние злаки. Применяемые ранее гербициды успешно контролировали преимущественно именно однолетние злаковые растения, лишь незначительно воздействуя на однолетние широколиственные виды. Гербициды типа Бетарен супер-МД и Дуал Голд показали низкую эффективность против многолетних широколиственных сорняков. Среди испытанных препаратов наиболее действенным оказался гербицид Карибу, применяемый в норме расхода 30 г/га перед посевом, значительно снижавший общую засоренность полей.

Таблица 7. Сырой и сухой вес сорняков в посевах сахарной свеклы гибрида Бартавелла в конце вегетации в зависимости от обработки гербицидами, г/м² (усредненные данные за 2023–2024 гг.).

Table 7. Fresh and dry weight of weeds in sugar beet crops of the Bartavella hybrid at the end of the growing season depending on herbicide treatment, g/m² (average data for 2023–2024).

Вариант опыта	Общая масса сорняков, г/м ²	В том числе:					
		однолетних злаковых		однолетних двудольных		многолетних двудольных	
		сырая	сухая	сырая	сухая	сырая	сухая
1. Контроль (без герб.)	187	100,0	22,0	24,1	5,8	23,8	11,3
2. Фронтьер Оптима (1,2 л/га)	18,9	10,36	3,19	2,0	0,48	2,4	0,47
3. Карибу (30,0 г/га)	6,8	1,7	0,37	1,0	0,27	2,72	0,74
4. Бетарен супер-МД, (1,5 л/га)	173	109,0	28,1	9,8	2,3	20,1	3,7
5. Дуал Голд (2,0 л/га)	73,8	7,4	1,6	33,1	12,1	16,2	3,4

Современная технология возделывания сахарной свеклы включает ключевые компоненты: обработку почвы, внесение удобрений, своевременный посев, создание оптимальной густоты растений, защиту от сорняков, вредителей и болезней [1, 21]. Особое значение имеют элементы агротехники, исключающие вероятность ошибок. К ним относятся высококачественный и точно калиброванный высев обработанных семян, устраняющий потребность в последующем прореживании всходов, а также применение эффективных гербицидов для борьбы с сорняками. Тем не менее каждый отдельный элемент технологического процесса сам по себе не гарантирует успеха – важно комплексное использование всех составляющих агротехнологии.

Сахарная свекла обладает значительным потенциалом продуктивности, реализация которого возможна благодаря применению современных методов возделывания, обеспечивающих высокую урожайность при относительно невысокой стоимости производства. Одной из важнейших мер повышения эффективности культуры является контроль над сорняками. Исследования подтвердили, что уменьшение уровня засоренности посевов посредством применения гербицидов способствует увеличению урожайности и повышению сбора сахара. При этом НСР₀₅ составила 0,93 т/га, а ошибка опыта – 1,76 %, что говорит о хорошей эффективности обработки посевов сахарной свеклы исследуемыми гербицидами. Получены данные, свидетельствующие о наличии обратной зависимости между уровнем засоренности и урожайностью сахарной свеклы (табл. 8).

Таблица 8. Урожайность и сбор сахара в зависимости от применения гербицидов на посевах сахарной свеклы гибрида Бартавелла, т/га (усредненные данные за 2023–2024 гг.)

Table 8. Yield and sugar harvest depending on the use of herbicides on crops of sugar beet hybrid Bartavella, t/ha (average data for 2023–2024)

Вариант опыта	Показатель			Прибавка сбора сахара ± к контролю	
	урожайность, т/га	сахаристость, %	сбор сахара, т/га	т/га	%
1. Контроль (без герб.)	29,9	17,2	5,1	–	–
2. Фронтьер Оптима (1,2 л/га)	39,8	17,1	6,8	1,7	33,3
3. Карибу (30,0 г/га)	38,7	17,1	6,6	1,5	29,4
4. Бетарен супер-МД, (1,5 л/га)	37,1	17,0	6,3	1,2	23,5
5. Дуал Голд (2,0 л/га)	38,1	17,1	6,5	1,4	27,4
НСР ₀₅	0,93				
Р%	1,76				

Применение гербицидов, как ожидалось, не привело к существенному изменению содержания сахара в корнеплодах сахарной свеклы. Несмотря на незначительные различия в показателях (контроль превосходил опытные варианты на 0,1–0,2 %), общее влияние гербицидов на сахаристость оставалось минимальным. Уровень сахаристости составлял около 11,0–11,3 % на 1 июля, постепенно повышаясь до 17,0–17,2 % к началу сентября.

Проведенные исследования выявили, что максимальный прирост урожая сахара достигается при обработке гербицидом Фронтьер Оптима (увеличение составило 1,7 т/га, или 33,3 %). Гербицид Карибу также продемонстрировал значительное улучшение (1,5 т/га, или 29,4 %). Варианты с использованием Бетарена супер-МД и Дуала Голд дали дополнительную прибавку урожая сахара в размере 1,2 т/га (23,5 %) и 1,4 т/га (27,4 %) соответственно.

Увеличение общего объема собранного сахара наблюдалось исключительно за счет повышения урожайности, так как воздействие гербицидов на количество сахара в самих корнеплодах отсутствовало.

Таким образом, использование гербицидов на посевах сахарной свеклы гибрида Бартавелла показало себя как эффективное средство борьбы с сорняками, способствующее повышению урожайности и общей производительности культуры. Достижение высоких экономических результатов при производстве качественных корнеплодов сахарной свеклы невозможно без внедрения технологий обработки гербицидами (табл. 9).

Таблица 9. Экономическая эффективность производства сахарной свеклы гибрида Бартавелла в зависимости от применения гербицидов (усредненные данные за 2023–2024 гг.).

Table 9. Economic efficiency of production of sugar beet hybrid Bartavella depending on the use of herbicides (average data for 2023–2024).

Показатель	Вариант				
	Контроль (без герб.)	Фронтьер Оптима (1,2 л/га)	Карибу (30,0 г/га)	Бетарен супер-МД, (1,5 л/га)	Дуал Голд (2,0 л/га)
Урожайность, т/га	29,9	39,8	38,7	37,1	38,1
Сахаристость, %	17,2	17,1	17,1	17,0	17,1
Выход сахара, т/га	5,1	6,8	6,6	6,3	6,5
Цена реализации, руб./т	4456	4456	4456	4456	4456
Стоимость реализованной продукции, руб./га	133234	177348	172447	165317	169773
Затраты на производство и реализацию, руб./га	91800	94600	93920	94050	94900
Прибыль от реализации продукции, руб./га	41434	82748	78527	71267	74873
Уровень рентабельности продукции, %	45,1	87,4	83,6	75,8	78,9

Расчеты демонстрируют (табл. 9), что при максимальной урожайности сахарной свеклы, составляющей 39,8 т/га, и стоимости реализации продукции в размере 177 348 руб./га производство сахарной свеклы с использованием гербицида Фронтьер Оптима характеризуется уровнем рентабельности 87,4 %. На близком уровне оказался вариант с применением гербицида Карибу. Так, при урожайности 38,7 т/га затраты на производство были в пределах 93 920 руб./га, условный чистый доход составил 78 527 руб./га, а уровень рентабельности продукции – 83,6 %. На контрольном варианте этот показатель достигал 45,1 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение объемов производства сахарной свеклы в центральной части Краснодарского края достижимо не только путем экстенсивного расширения сельскохозяйственных угодий, но и интенсивным повышением продуктивности культуры. Последнее предполагает выбор высокопроизводительных гибридов, оптимальное применение минеральных удобрений и внедрение современных высокоактивных гербицидов.

В результате проведенных исследований установлено, что максимальное количество жизнеспособных листьев формируется к началу августа и составляет 17,9–19,4 шт./раст. против 16,7 шт./раст. на контроле. К моменту завершения вегетации растения на участках с минимальным количеством сорняков демонстрируют значительно большую сухую массу (117,8–141,0 г/раст.) по сравнению с контрольными растениями (85,7 г./раст.).

В засушливом 2024 году урожайность сахарной свеклы на контрольных участках снизилась на 2,7 т/га (8,6 %) по сравнению с 2023 годом. Однако на участках, обработанных гербицидом Фронтьер Оптима, разница в урожайности между годами составила 11,9 т/га (26,1 %).

Эксперименты подтвердили, что применение гербицидов позволяет снизить засоренность посевов на 80–85 % и увеличить урожайность на 8,5 т/га (28,5 %) по сравнению с необработанными участками. Наиболее выгодным с экономической точки зрения оказалось использование гербицидов Фронтьер Оптима и Карибу, обеспечивающих рентабельность 87,4 % и 83,6 % соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамсиров Н. И., Башков В. И. Минеральные удобрения в сочетании с биостимуляторами для листовых подкормок – основа формирования высоких урожаев сахарной свеклы // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25. № 05. С. 703–714. DOI: 10.32417/1997-4868-2025-25-05-703-714
2. Башков В. И., Мамсиров Н. И. Урожайность корнеплодов сахарной свеклы на выщелоченных черноземах АО «Рассвет» Краснодарского края // В сборнике: Аграрная наука – основа развития страны. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Майкоп, 2024. С. 32–35.
3. Гаврин Д. С., Бартенев И. И., Нечаева О. М. Влияние основного минерального удобрения и внекорневых подкормок микроэлементами на урожай семян сахарной свеклы, его структуру и качество // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3 (27). С. 35–46. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-35-46
4. Кожокина А. Н., Мязин Н. Г., Сальгадо Пачеко Т. и др. Влияние многолетнего внесения удобрений на продуктивность звена севооборота и агрохимические свойства чернозема выщелоченного // Земледелие. 2022. № 6. С. 11–15. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-11-16
5. Косякин П. А., Боронтов О. К., Манаенкова Е. Н. Динамика формирования листовой поверхности сахарной свеклы в зависимости от агротехники возделывания и удобрений // Сахарная свекла. 2020. № 6. С. 25–28. DOI: 10.25802/SB.2020.91.28.005
6. Гамуев В. В., Баранов Ю. В. Способы снижения расхода гербицидов при обработке сахарной свеклы // Сахарная свекла. 2013. № 3. С. 29–31. EDN: RXSPUL
7. Бочкарев Д. В., Тюкина Е. В., Слугин А. Н. и др. Совершенствование технологии защиты сахарной свеклы от сорняков на юге Нечерноземья // Аграрный научный журнал. 2024. № 11. С. 4–9. DOI: 10.28983/asj.y2024i11pp4-9
8. Гамуев О. В., Вилков В. М., Минакова О. А. Биологическая и агрономическая эффективность применения пониженных норм послевсходовых гербицидов совместно с препаратом Стикк в посевах современных отечественных гибридов сахарной свеклы // Агротехника. 2025. № 2. С. 26–36. DOI: 10.7868/S3034496425020047
9. Захарова М. Н., Рожкова Л. В. Оценка биологической и хозяйственной эффективности гербицида Конвизо 1, МД на посевах сахарной свеклы в Рязанской области // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 46–49. DOI: 10.28983/asj.y2022i10pp46-49
10. Мамсиров Н. И., Бондарева Т. Н. Надежная защита посевов сахарной свеклы от сорняков в предгорной зоне Республики Адыгея // Новые технологии. 2017. № 4. С. 118–125. EDN: YMPNPK
11. Кунце А. С. Возделывание сахарной свеклы без затрат ручного труда // Земледелие. 1994. № 2. С. 25–26.

12. Кравцов А. М., Загорулько А. В., Бровкина Т. Я. Роль плодородия почвы и средств химизации земледелия в повышении продуктивности сахарной свеклы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2025. № 117. С. 159–167. DOI: 10.21515/1999-1703-117-159-167

13. Kryukova K. D., Gresis V. O. Differences in biological efficiency of one- and two-component Graminicide on sugar beet crops in Tula region // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2021. Vol. 16. No. 2. Pp. 129–136.

14. Vostrikova T.V., Bogomolov M.A., Medvedeva S.M. et al. Sugar beet hybrids based on cytoplasmic male sterility and their useful properties. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series*. 2024. Vol. 62. No. 3. Pp. 214–223.

15. Веневцев В. З., Захарова М. Н., Рожкова Л. В. Влияние применения послевсходовых гербицидов на фитосанитарное состояние посевов сахарной свеклы в Рязанской области // Агротехнический вестник. 2020. № 2. С. 51–54. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10023

16. Дворянкин Е. А. Влияние гербицида Каллисто и его примесей в растворе Бетанала-эксперта ОФ на продуктивность сахарной свеклы в условиях Центрально-Черноземного региона // Агротехника. 2021. № 10. С. 22–28. DOI: 10.31857/S0002188121100069

17. Егоян В. Е. Урожайность сахарной свеклы в зависимости от влияния системы обработки почвы и удобрений // В сборнике: Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий. Сборник статей по материалам IV Всероссийской научно-практической конференции. Краснодар, 2024. С. 240–244.

18. Кравцов А. М., Загорулько А. В., Бровкина Т. Я., Павелко И. А. Эффективность применения удобрений и гербицидов при выращивании сахарной свеклы на черноземе выщелоченном с различным уровнем плодородия // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 102. С. 145–150. DOI: 10.21515/1999-1703-102-145-150

19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. 5-е издание, дополн. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

20. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Общая часть. М.: Госсортокомиссия, 2019. 329 с.

21. Gasanova E.S., Stekolnikov K.E., Kozhokina A.N., Malyavskaya A.V. Dependence of physico-chemical characteristics of leached chernozem's soil fertility on fertilizers and ameliorator used. AIP conference proceedings. International Scientific and Practical Conference «Innovative technologies in agriculture». Vol. 2921. No. 1. AIP Publishing, 2023. P. 060001.

REFERENCES

1. Mamsirov N.I., Bashkov V.I. Mineral fertilizers in combination with biostimulants for foliar application – the basis for achieving high yields of sugar beet. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals]. 2025. Vol. 25. No. 5. Pp. 703–714. DOI: 10.32417/1997-4868-2025-25-05-703-714. (In Russian)

2. Bashkov V.I., Mamsirov N.I. Yield of sugar beet roots on leached chernozems of JSC Rassvet, Krasnodar Territory. In the collection: Agrarian science – the basis for the country's development. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference (with international participation). Maykop, 2024. Pp. 32–35. (In Russian)

3. Gavrin D.S., Bartenev I.I., Nechaeva O.M. Effect of the main mineral fertilizer and foliar feeding with microelements on the yield of sugar beet seeds, its structure and quality. *Tavrisheskiy Vestnik Agrarnoy Nauki* [Tauride Bulletin of Agrarian Science]. 2021. No. 3(27). Pp. 35–46. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-35-46. (In Russian)

4. Kozhokina A.N., Myazin N.G., Salgado Pacheco T. et al. Effect of long-term fertilization on the productivity of the crop rotation link and agrochemical properties of leached chernozem. *Zemledeliye* [Zemledelie]. 2022. No. 6. Pp. 11–15. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-11-16. (In Russian)

5. Kosyakin P.A., Borontov O.K., Manaenkova E.N. Dynamics of sugar beet leaf surface formation depending on cultivation techniques and fertilizers. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet]. 2020. No. 6. Pp. 25–28. DOI: 10.25802/SB.2020.91.28.005. (In Russian)
6. Gamuyev V.V., Baranov Yu.V. Methods for reducing herbicide consumption during sugar beet processing. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet]. 2013. No. 3. Pp. 29–31. EDN: RXSPUL. (In Russian)
7. Bochkarev D.V., Tyukina E.V., Slugin A.N. et al. Improving the technology of sugar beet weed control in the south of the non-black earth region. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal]. 2024. No. 11. Pp. 4–9. DOI: 10.28983/asj.y2024i11pp4-9. (In Russian)
8. Gamuyev O.V., Vilkov V.M., Minakova O.A. Biological and agronomic efficiency of using reduced rates of post-emergence herbicides in combination with Stikk in crops of modern domestic sugar beet hybrids. *Agrokimiya* [Agrochemistry]. 2025. No. 2. Pp. 26–36. DOI: 10.7868/S3034496425020047. (In Russian)
9. Zakharova M.N., Rozhkova L.V. Evaluation of the biological and economic efficiency of the herbicide Conviso 1, MD on sugar beet crops in the Ryazan region. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal]. 2022. No. 10. Pp. 46–49. DOI: 10.28983/asj.y2022i10pp46-49. (In Russian)
10. Mamsirov N.I., Bondareva T.N. Reliable protection of sugar beet crops from weeds in the foothill zone of the Republic of Adygea. *Novyye tekhnologii* [New Technologies]. 2017. No. 4. Pp. 118–125. EDN: YMPNPK. (In Russian)
11. Kuntse A. S. Cultivation of sugar beet without manual labor. *Agriculture*. 1994. No. 2. Pp. 25–26. (In Russian)
12. Kravtsov A.M., Zagorulko A.V., Brovkina T.Ya. The role of soil fertility and agricultural chemicals in increasing sugar beet productivity. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University]. 2025. No. 117. Pp. 159–167. DOI: 10.21515/1999-1703-117-159-167. (In Russian)
13. Kryukova K.D., Gresis V.O. Differences in biological efficiency of one- and two-component Graminicide on sugar beet crops in Tula region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021. Vol. 16. No. 2. Pp. 129–136.
14. Vostrikova T.V., Bogomolov M.A., Medvedeva S.M. et al. Sugar beet hybrids based on cytoplasmic male sterility and their useful properties. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series*. 2024. Vol. 62. No. 3. Pp. 214–223.
15. Venevtsev V.Z., Zakharova M.N., Rozhkova L.V. Effect of post-emergence herbicides on the phytosanitary condition of sugar beet crops in the Ryazan region. *Agrokhimicheskiy vestnik* [Agrochemical Bulletin]. 2020. No. 2. Pp. 51–54. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10023
16. Dvoryankin E.A. Effect of Callisto herbicide and its impurities in Betanal-expert OF solution on sugar beet productivity in the Central Black Earth Region. *Agrokimiya* [Agrochemistry]. 2021. No. 10. Pp. 22–28. DOI: 10.31857/S0002188121100069. (In Russian)
17. Egoyan V.E. Sugar beet yield depending on the influence of the tillage system and fertilizers. In the collection: Ecology and nature management: sustainable development of rural areas. Collection of articles based on the materials of the IV All-Russian scientific and practical conference. Krasnodar, 2024. Pp. 240–244. (In Russian)
18. Kravtsov A.M., Zagorulko A.V., Brovkina T.Ya., Pavelko I.A. Efficiency of fertilizer and herbicide application in sugar beet cultivation on leached chernozem with different fertility levels. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Transactions of the Kuban State Agrarian University]. 2022. No. 102. Pp. 145–150. DOI: 10.21515/1999-1703-102-145-150. (In Russian)
19. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy* [Field experiment methodology with fundamentals of statistical processing of research results]. 5th edition, supplemented and revised. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian)

20. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Vypusk pervyy. Obshchaya chast'* [Methodology for state variety testing of agricultural crops. First Edition. General Part]. Moscow: Gosortkommissiya, 2019. 329 p. (In Russian)

21. Gasanova E.S., Stekolnikov K.E., Kozhokina A.N., Malyavskaya A.V. Dependence of physico-chemical characteristics of leached chernozem's soil fertility on fertilizers and ameliorator used. AIP conference proceedings. International Scientific and Practical Conference “Innovative technologies in agriculture”. Vol. 2921. No. 1. AIP Publishing, 2023. P. 060001.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Вклад авторов:

Башков В. И. – подбор литературных источников, проведение эксперимента, оформление статьи по требованиям журнала;

Мамсиров Н. И. – разработка методики исследования, валидация данных.

Contribution of the authors:

Bashkov V.I. – selection of literary sources, conducting the experiment, formatting the article according to the journal's requirements;

Mamsirov N.I. – development of the research methodology, data validation.

Финансирование. Инициативная тема НИР «Разработка современных агротехнологий применения возобновляемых биоресурсов при возделывании сельскохозяйственных культур» (Рег. № НИОКТР АААА-А20-120031190040-5).

Funding. Initiative research topic “Development of modern agricultural technologies for the use of renewable bioresources in the cultivation of agricultural crops” (Reg. No. NIOKTR АААА-А20-120031190040-5).

Информация об авторах

Нурбий Ильясович Мамсиров, д-р с.-х. наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства сельскохозяйственной продукции, Майкопский государственный технологический университет;

385000, Россия, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191;

nur.urup@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4581-5505>, SPIN-код: 1929-9219

Владимир Игоревич Башков, аспирант, Майкопский государственный технологический университет;

385000, Россия, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191;

vladimir-bashkov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9601-7319>, SPIN-код: 8942-6519

Information about the authors

Nurbiy I. Mamsirov, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agricultural Production Technology, Maykop State Technological University;

191, Pervomayskaya street, Maykop, 385000, Russia;

nur.urup@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4581-5505>, SPIN-code: 1929-9219

Vladimir I. Bashkov, Postgraduate Student, Maykop State Technological University;

191, Pervomayskaya street, Maykop, 385000, Russia;

vladimir-bashkov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9601-7319>, SPIN-code: 8942-6519