

На правах рукописи

СЕРЧЕНКОВ
Андрей Анатольевич

Эффективность удобрения при возделывании сахарной
свеклы на серых лесных почвах в условиях первого
агроклиматического района Брянской области

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,
защита и карантин растений

Автореферат диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

БРЯНСК – 2025

Работа выполнена на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

**Научный
руководитель** доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Смольский Евгений Владимирович

**Официальные
оппоненты:** **Минакова Ольга Александровна**
доктор сельскохозяйственных наук,
ФГБНУ "ВНИИСС ИМ. А.Л. МАЗЛУМОВА",
лаборатория сортовых технологий возделывания
сахарной свеклы и агроэкологических исследований
в свекловичных агроценозах, ведущий научный
сотрудник

Долгополова Наталья Валерьевна
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
Курский ГАУ, кафедра растениеводства, селекции и
семеноводства, профессор

**Ведущая
организация** Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Белгородский федеральный аграрный
научный центр Российской академии наук»

Защита состоится «06» марта 2026 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета 35.2.006.01 на базе ФГБОУ ВО Брянский ГАУ по адресу: 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская 2а, e-mail: ds35200601@bgsha.com, Тел. факс: +7 (48341) 24-7-21

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО Брянский ГАУ по адресу <http://www.bgsha.com>, на сайте ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации <https://vak.gisnauka.ru>.

Автореферат разослан «__» 2026 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета

Смольский
Евгений Владимирович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Сахарная свёкла – стратегическая культура в продовольственной безопасности страны, является сырьём для производства сахара, кроме того продукты переработки, жом используется на корм скоту, меласса сырье для производства спирта, а дефекат – удобрение. Несмотря на проблемы свекловичной отрасли, климатические риски (засухи и заморозки) в основных районах производства, высокая стоимость возделывания культуры, постоянная конкуренция с тростниковым сахаром, а также снижение спроса на сахар в связи с развитием тенденции здорового питания, возделывание сахарной свёклы – высокорентабельное, с постоянным рынком сбыта, особенно в основных районах её возделывания.

Посевные площади сахарной свёклы находятся во II агроклиматическом районе Брянской области на серых или темно-серых лесных почвах, при этом в I агроклиматическом районе также в почвенном покрове имеются серые лесные почвы с высоким потенциальным плодородием.

Возделывание сахарной свёклы весьма энергоёмко и энергозатратно, поэтому оптимизация питания растения с целью получения стабильно высоких урожаев корнеплодов и сохранения почвенного плодородия весьма актуальная задача.

Степень её разработанности. В Российской Федерации имеется определённый положительный опыт по теоретическому и практическому обоснованию совершенствования систем удобрения сахарной свёклы, применения новых макро и микроудобрений, биологических препаратов с целью получения высоких урожаев корнеплодов в условиях основных зон возделывания культуры, куда не относится юго-запад Нечерноземья.

При этом многие практические и теоретические вопросы требуют решения в аспекте освоение новых территорий, с точки зрения климатических условий, требуют дальнейшего совершенствования и разработки оптимизации использования органического и минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы.

Цель исследования – комплексная оценка результативности применения органического и минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы на серых лесных почвах в условиях I агроклиматического района Брянской области.

Задачи исследования:

1. Определить потенциал урожайности корнеплодов сахарной свёклы по почвенно-климатическим условиям I агроклиматического района Брянской области.
2. Установить значение агроклиматических условий, органического и минерального удобрения в формировании урожайности корнеплодов сахарной свёклы и окупаемости удобрения прибавкой урожая.

3. Выявить возможности управления урожайностью корнеплодов сахарной свёклы в изменяющихся условиях окружающей среды по средствам применения органического и минерального удобрения.

4. Определить значение органического и минерального удобрения в изменении показателя содержания сахарозы в корнеплодах сахарной свёклы.

5. Установить влияние органического и минерального удобрения в изменении на содержания азота, фосфора и калия в корнеплодах и определить их баланс при возделывании сахарной свёклы.

6. Определить экономическую эффективность органического и минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы.

Научная новизна. Впервые в условиях I агроклиматического района Брянской области при возделывании сахарной свёклы на серой лесной почве проведены комплексные исследования по эффективности органического и минерального удобрения. Установлено, что природные условия обеспечивают потенциальную урожайность корнеплодов сахарной свёклы по приходу фотосинтетически активной радиации на уровне 47,2 т/га, по гидротермическим условиям – 50,4 т/га, по почвенному плодородию – 30,2-64,7 т/га в зависимости от элемента питания находящегося в минимуме. Почвенно-климатические условия годов исследования значительно до 1,5 раз влияли на урожайность, так оптимальные условия среды формируют урожай корнеплодов на уровне 21,8 т/га, лимитирующие условия среды – 14,9 т/га. В среднем за годы исследования 40 т/га органического удобрения достоверно повышало урожайность до 35,4 т/га корнеплодов, с окупаемостью прибавки урожая 428 кг на т, а возрастающие нормы от N60P60K60 до N120P120K120 до 34,9-49,9 т/га, с окупаемостью прибавки урожая 88-92 кг на кг д. в. Применение органического и минерального удобрения обуславливает полное раскрытия продуктивного потенциала агроценоза сахарной свёклы. Применение N120P120K120 обуславливает наибольшую отзывчивость агроценоза на изменения окружающей среды. Установили разнонаправленное действие органического и минерального удобрения в изменении содержания сахарозы в корнеплодах, 40 т/га достоверно повышает показатель до 82,2 %, а возрастающие нормы от N60P60K60 до N120P120K120 достоверно снижают показатель до 63,0 %. Применения минерального удобрения в исследуемых нормах обеспечивает бездефицитный баланс азота и фосфора, а органическое удобрение обуславливает бездефицитный баланс основных элементов питания. Выявлена экономическая целесообразность возделывания сахарной свёклы в условиях I агроклиматического района Брянской области, применение 40 т/га органического удобрения обуславливает рентабельность до 107 %, а применение N120P120K120 – 153 %.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке научно обоснованного применения органического и минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы на серых лесных

почвах в условиях I агроклиматического района Брянской области, направленные на увеличение урожайности корнеплодов и сахарозы в ней, а также воспроизведения плодородия почвы и экономической целесообразности. Определена роль органического и минерального удобрения в адаптации посевов сахарной свёклы к изменяющимся условиям I агроклиматического района Брянской области. Практическая значимость работы отражается в предложенных нормах применения органического и минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы на серых лесных почвах в условиях I агроклиматического района Брянской области для получения максимальной урожайности корнеплодов при высокой рентабельности производства.

Методология и методы исследования. Полевой опыт по возделыванию сахарной свёклы проводили на опытном поле Брянского ГАУ в четырёхпольном севообороте, предшественник яровая пшеница, на серых лесных почвах в условиях I агроклиматического района Брянской области. Исследовали 6 вариантов применения удобрения, повторность опыта – трёхкратная. Программа исследования базировалась на теоретических достижениях и экспериментальных материалах отечественных и зарубежных исследователей в области агрохимии и растениеводства. Агротехника возделывания и система защиты сахарной свёклы общепринятые для региона возделывания. Подготовку почвенных и растительных образцов проводили на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии по соответствующим рекомендациям. Лабораторные анализы проводили в центре коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ с использование современных и гостированных методов определения показателей агрохимических свойств серой лесной почвы, а также сахарозы, содержания азота, фосфора и калия в корнеплодах. Полученные экспериментальные результаты интерпретировались, на основе применения дисперсионного и вариационного анализов.

Положения, выносимые на защиту.

1. Природные условия I агроклиматического района Брянской области реализуют потенциал продуктивности посевов сахарной свёклы при возделывании её на серых лесных почвах

2. Органическое и минеральное удобрение повышают потенциал реализации урожайности сахарной свёклы в условиях I агроклиматического района Брянской области и серых лесных почв.

3. Разнонаправленное действие органического и минерального удобрения в изменении содержании сахарозы в корнеплодах сахарной свёклы.

4. Органическое и минеральное удобрение – фактор регулирования баланса основных элементов питания при возделывании сахарной свёклы.

5. Экономическая целесообразность применение органического и минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы на серых лесных почвах в условиях I агроклиматического района Брянской области.

Степень достоверности и апробация результатов. Полученные экспериментальные результаты при проведении полевого опыта и лабораторных анализов оригинальные, их достоверность основана на проведении трёхлетних исследований в контрастных климатических условиях. Планирование, закладка и проведение полевого опыта выполнились в соответствии с общепринятыми рекомендациями, лабораторные анализы проводились в аккредитованных лабораториях по гостированным методам. Данные, полученные в ходе проведения исследования, подвергались обработке методами дисперсионного и вариационного анализов и сопоставимы с материалами по данной тематике, изложенными в других научных работах. Выводы и рекомендации основываются на результатах, полученных в ходе проведения полевого опыта и лабораторных анализов, апробированы на различных Международных научно-практических конференциях.

Результаты научных исследований прошли апробацию и получили одобрение на XX и XXI международных научных конференциях «Агро-экологические аспекты устойчивого развития АПК» (г. Брянск, 2023 г., 2024 г.); на II международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития аграрной науки» (г. Брянск, 2023 г.).

Положения научно-квалификационной работы были отражены в 6 научных периодических изданиях, сборниках трудов и материалах докладов представленных на российских и международных конференциях, в том числе в 3 статьях опубликованных в журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем диссертации. Научно-квалификационная работа изложена на 122 страниц компьютерного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения. Содержит 11 таблиц, 18 рисунков, 11 приложений. Список литературы включает 157 наименований, в том числе 2 иностранный источник.

Личный вклад соискателя заключается в планировании и выполнении всех этапов экспериментального исследования (разработка рабочей гипотезы, работа с отечественными и зарубежными источниками литературы по теме исследования, постановка цели и задач, проведение полевого опыта, лабораторно-аналитических анализов, статистическая обработка опытных данных, анализ и интерпретация полученных результатов). Публикация научных статей по теме исследования в сборниках конференций и журналах, написание научно-квалификационной работы и автореферата. В проведении исследования и написании научно-квалификационной работы доля личного участия автора составляет 90 %.

Соискатель выражает искреннюю благодарность научному руководителю д. с.-х. н., доценту Смольскому Евгению Владимировичу за постоянные советы, рекомендации и замечания при подготовке научной работы. Кандидату с.-х. наук, доценту Нечаеву Михаилу Макаровичу за помощь в проведении полевого опыта, посеве сахарной свёкле, внесения

органического и минерального удобрения. Студентам, магистрантам кафедры агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ за помощь в проведении полевого опыта, подготовке почвенных и растительных образцов к проведению лабораторных анализов. Сотрудникам центра коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ за помощь в проведении лабораторных анализов.

ГЛАВА 1 УДОБРЕНИЯ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Органические и минеральные удобрения являются одним из решающих факторов повышения урожайности корнеплодов и их качества при возделывании сахарной свёклы в различных природно-климатических зонах и на разных типах почв, эффективность удобрения зависит как от антропогенных факторов возделывания культуры, так и природных факторов окружающей среды.

ГЛАВА 2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Брянская область расположена в Атлантико-континентальной климатической области. Климат её умеренно континентальный с тёплым летом и умеренно холодной зимой, с достаточным увлажнением.

Территория Брянской области по тепловым ресурсам делится на 2 агроклиматических района, граница между которыми проходит по изотерме сумм температур выше 10°C , равной 2300°C , при этом типы почв по потенциальному плодородию отличаются незначительно.

Различия между I и II агроклиматическими районами носит следующий характер: разница между суммой температур выше 10°C равна 150°C соответственно 2150 - 2300 и 2300 - 2450 , а продолжительность вегетационного периода 10 дней соответственно 136 - 145 и 145 - 154 , при этом осадков в I агроклиматическом районе выпадает на 55 мм больше.

Агроклиматические условия оказывают решающее значение в получении стабильно высоких урожаев, как непосредственно влияя на рост и развитие сахарной свёклы, как и косвенно влияя на эффективность действия органического и минерального удобрения.

По средней температуре воздух вегетационного периода года исследования расположились в следующий возрастающий ряд 2022 ($16,0^{\circ}\text{C}$) \rightarrow 2023 ($17,0^{\circ}\text{C}$) \rightarrow 2024 ($18,7^{\circ}\text{C}$) при климатической норме $16,5^{\circ}\text{C}$.

По количеству осадков выпавших за вегетационный период года исследования расположились в следующий возрастающий ряд 2024 ($251,0$ мм) \rightarrow 2023 ($306,9$ мм) \rightarrow 2022 ($499,0$ мм) при климатической норме $312,0$ мм, при этом необходимо отметить, что в 2022 года почти половина осадков за вегетационный период выпала в сентябре.

По величине гидротермического коэффициента года исследования расположились в следующий возрастающий ряд 2024 (0,9 ед.) → 2023 (1,2 ед.) → 2022 (2,1 ед.) при климатической норме 1,3 ед., при этом необходимо отметить, что в 2022 года почти половина осадков вегетационный период выпала в сентябре при холодной погоде.

Рассматривая вегетационный период годов исследования в целом, нужно указать, что 2023 год соответствовал по температуре и количеству осадков климатической норме, в то время как 2022 год был холоднее и дождливее, а 2024 год жарче и суще климатической нормы.

Агрометеорологические условия первого агроклиматического района Брянской области в целом были благоприятны для формирования достаточно высокой и стабильной урожайности корнеплодов сахарной свёклы.

Исследования проводили на опытном поле ФГБОУ ВО Брянский ГАУ в изменяющихся условий окружающей среды 2022-2024 годов исследования в полевом четырёхпольном севообороте, предшественник сахарной свёклы – яровая пшеница. Почва пашни – серая лесная, агрохимические свойства пахотного горизонта: 3,08 % – гумус (по Тюрину), 5,07 ед. – рН_{KCl}, 332 и 202 мг/кг соответственно подвижный фосфор и калий (по Кирсанову).

При возделывании сахарной свёклы использовали интегральную систему защиты растения, которая предусматривала широкий спектр пестицидов: фунгициды, инсектициды и гербициды рекомендованных для культуры.

Сахарную свёклу иностранного сорта Марино, семена которой были обработаны фунгицидами Тирам и Гимексазол и инсектицидами Тиаметоксам и Тефлутрин высевали в физически спелую почву в первой декаде мая, в первой декаде октября проводили уборку урожая корнеплодов – поделяночно, вручную.

Гибрид свёклы сахарной Марино: одноростковый диплоидный гибрид на стерильной основе NZ-типа. Включён в Госреестр по Центрально-Чернозёмному (5) и Северо-Кавказскому (6) регионам.

Органические и минеральные удобрения вносили полной нормой в соответствии со схемой полевого опыта в один приём весной под культивацию перед посевом. В течении вегетации растения проводили вручную две обработки комплексом микроэлементов на основе янтарной кислоты (хелатирующее вещество) (3 л/га).

Схема полевого опыта: 1. Контроль (без применения удобрения), 2. Навоз 20 т/га, 3. Навоза 40 т/га. 4. N60P60K60, 5. N90P90K90, 6. N120P120K120. Опытная делянка имела прямоугольную форму, шириной 3,25 м, длиной 17 м, площадь которой – 55 м², расположение систематическое, повторность – трёхкратная.

Роль изменяющихся условий окружающей среды и удобрения при возделывании посевов сахарной свёклы на изменении экологических показателей культуры определяли по критерию «урожайность» используя

научно-методические работы и рекомендации: Эберхарта и Расселла (1966), А. А. Гончаренко (2005), В.А. Зыкина в соавторстве (2011).

Лабораторно-аналитические исследования по определению сахарозы (М-04-92-2020) и элементного состава (ГОСТ 30504-97, ГОСТ 26657-97, ГОСТ 13496.4-93) в воздушно-сухой массе проводили в соответствии с общепринятыми методиками в центр коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ.

Расчёты выхода сахара определяли произведением урожайности корнеплодов на содержание в них сухого вещества и сахарозы.

Расчёты Баланс элементов рассчитывали на основе рекомендаций (Минеев, 2017; Белоус и др., 2015), для перевода массы оксида минерального удобрения в элемент использовали коэффициент пересчёта.

В работе определяли теоретически возможную урожайность (по приходу фотосинтетически активной радиации, гидротермическим условиям и почвенному плодородию) при программировании урожая корнеплодов сахарной свёклы по методическим указаниям М.К. Каюмова (1986; 1989).

В 2023 году определяли показатели морфологических признаков: среднюю массу ботвы, длину корнеплода и ширину головки корнеплода определяли взвешиванием и измерением 10 растений с повторности.

Анализ результатов полевого опыта и лабораторно-аналитических исследований растительных образцов проводили, используя методы дисперсионного и корреляционного анализов с применением персонального компьютера (Доспехов, 1985).

Расчёты экономической эффективности применения удобрения проводили на основе типовой технологической карты возделывания сахарной свёклы со средними ценами годов исследования.

ГЛАВА 3 УДОБРЕНИЯ КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ

Программирование урожайности, по мнению широкого круга выдающихся учёных, это создания таких условий в посеве полевой культуры, которые наиболее полно раскрывают генетический потенциал продуктивности сортов и гибридов, вследствие чего обеспечивается наилучшая фотосинтетическая деятельность растений, использование агроклиматических ресурсов в итоге получаем наибольшую экономическую целесообразность и окупаемость материально-технических средств.

Почвенно-климатические условия I агроклиматического района Брянской области в различной степени оказывают влияние на формирования возможной урожайности корнеплодов посевов сахарной свёклы. По приходу фотосинтетически активной радиации (ФАР) определена теоретически возможная урожайность корнеплодов сахарной свёклы на уровне 47,2 т/га. При этом необходимо отметить, что при расчёте приме-

няли коэффициент использования ФАР на уровне 1,5 %, в новых интенсивных сортах, при высоких нормах органического и минерального удобрения и высокой культуре земледелия, он может доходить до 3,0 % и даже выше. Полученный теоретический результат урожайности говорит о достаточно высоком потенциале данной территории в раскрытии продуктивности посевов сахарной свёклы.

По гидротермическим условиям определена теоретически возможная урожайность корнеплодов сахарной свёклы на уровне 50,4 т/га. При расчёте применяли средние агроклиматические показатели за последние 25 лет (климатическая норма). В настоящее время наблюдается тренд в увеличении термических условий и сохранении выпадения осадков, что является резервом для повышения урожайности сахарной свёклы по данному показателю.

Потенциальная урожайность культуры по уровню плодородия почвы варьировалась в зависимости от содержания основных элементов питания. Так, в почве опытного поля содержание подвижных форм фосфора очень высокое, поэтому по данному элементу получена наибольшая потенциальная урожайность – 64,7 т/га. Содержание подвижных форм калия – высокое, а азота – на достаточно хорошем уровне, однако, и вынос с продукцией калия и азота сахарной свёклой более чем в 3 раза выше, чем фосфора, поэтому урожайность по данным элементам находится на уровне 30 т/га.

Исследуя потенциальную урожайность сахарной свёклы в условиях I агроклиматического района Брянской области, мы установили, что лимитирующим фактором окружающей среды является плодородие почв, а именно: содержание калия и азота, поэтому при повышении в почве данных показателей произойдёт увеличение урожайности. Радиационные, термические и водные ресурсы региона исследований позволяют формировать урожай на уровне 50 т/га и выше.

Почвенно-климатические условия первого агроклиматического района Брянской области в среднем за годы исследования формируют урожайность корнеплодов сахарной свёклы сорта Марино на уровне 18,3 т/га (рис. 1), по данным Союзроссахара средняя урожайность сахарной свёклы по Российской Федерации за 2024 год составила 38,3 т/га.

Применение возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения обуславливало увеличения урожайности корнеплодов сахарной свёклы от 25,9 до 35,4 т/га или 1,4-1,9 раза в сравнении с контрольным вариантом. Выявили, что различные нормы навоза по разному влияли на изменения показателя средней урожайности, применение 20 т/га вело к тенденции повышения, а 40 т/га достоверно повышало урожайность.

Применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения обуславливало достоверное увеличения урожайности корнеплодов сахарной свёклы от 34,9 до 49,9 т/га или 1,9-2,7 раза в сравнении с контрольным вариантом.

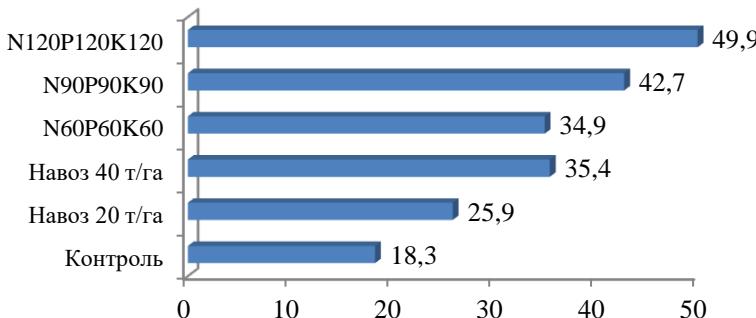


Рисунок 1 – Влияние органического и минерального удобрения на урожайность корнеплодов сахарной свёклы, т/га ($HCP_{05} = 14,5$) (средний показатель за 2022-2024 года исследования)

Выявили достоверные различия между нормами N60P60K60 и N120P120K120 в повышении урожайности корнеплодов. При этом существенных различий между 20 т/га навоза и N60P60K60, а также 40 т/га навоза и N120P120K120 в увеличении урожайности сахарной свёклы не обнаружили.

Установили, что увеличение норм органического и минерального удобрения ведёт к росту прибавки урожайности корнеплодов. При этом обнаружили, что если от 20 т/га навоза прирост прибавки урожая от контрольного варианта составила 42 %, то от 40 т/га прирост – 93 %, то есть повышение норм органического удобрения не ведёт к снижению прироста прибавки урожая, а значит создаются условия для эффективного увеличения норм органического удобрения.

При использовании N60P60K60 прирост прибавки урожая от контрольного варианта составил 91 %, от N90P90K90 – 133 %, а от N120P120K120 – 173 %. Повышение норм минерального удобрения ведёт к постепенному снижению прироста прибавки урожая, а значит с определённого момента эффективность минерального удобрения в производстве корнеплодов сахарной свёклы снижается (табл. 1).

Окупаемость удобрения прибавкой урожая объективный показатель эффективности использования тех или иных норм и видов удобрения.

Применение возрастающих от 20 до 40 т/га норм органического удобрения формирует прибавку урожайности, обуславливающую повышение окупаемости 1 тонны навоза от 380 до 428 кг корнеплодов, что говорит о дальнейшей целесообразности увеличения норм органического удобрения в условиях проведения опыта.

Таблица 1 – Агрономическая эффективность удобрений при возделывании сахарной свёклы

Вариант	Прибавка урожая, т/га	Окупаемость органических (т на кг) и минеральных (кг д. в. на кг) удобрений прибавкой урожая
Контроль	–	–
Навоз 20 т/га	7,6	380
Навоз 40 т/га	17,1	428
N60P60K60	16,6	92
N90P90K90	24,4	90
N120P120K120	31,6	88

Применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 формирует прибавку урожайности, обуславливающую снижение окупаемости 1 кг минерального удобрения от 92 до 88 кг корнеплодов, что говорит о высокой отзывчивости культуры сахарной свёклы на минеральное питание. Увеличение норм минерального удобрения при возделывании культуры в условиях полевого опыта не ведёт к резкому снижению их эффективности.

Внешний вид средних образцов корнеплодов 2023 года исследования в зависимости от применения норм удобрения представлены на рисунке 2, из которого видно, что с увеличением уровня минерального питания растёт как корнеплод, так и наземная биомасса, что отражается в урожайности, что подтверждает корреляционный анализ.



Рисунок 2 – Фото корнеплодов сахарной свёклы в зависимости от норм удобрения в 2023 году исследования

Проведение корреляционного анализа между показателем урожайности и морфологическими показателями выявило сильную положительную связь между урожайностью и массой ботвы ($r = 0,90$) и между урожайностью и шириной головки ($r = 0,84$), это говорит о том, что данные показатели могут быть индикаторами показателя будущей величины урожайности в аналогичных условиях возделывания. В тоже время установили слабую положительную связь между урожайностью и длиной корнеплода ($r = 0,23$), это говорит, что величина урожайности слабо зависит от длины корнеплода сахарной свёклы.

В почвенно-климатических условиях первого агроклиматического района Брянской области в период исследования наиболее эффективными были 40 т/га навоза и N120P120K120, обеспечивающие наилучшее соотношение окупаемости к урожайности.

Соответствие сортов и гибридов сахарной свёклы тем или иным изменяющимся условиям окружающей среды в различных природных зонах возделывания культуры, по параметрам экологической адаптивности используя критерия «урожайность» посвящены много работ учёных.

Определение возможности управления урожайностью корнеплодов сахарной свёклы в изменяющихся условиях первого агроклиматического района Брянской области в аспекте получение высоких урожаев и освоение новых территорий для посева, с точки зрения климатических условий, требуют совершенствования и разработки теоретических и практических вопросов использования органического и минерального удобрения при возделывании сельскохозяйственной культуры.

Условия первого агроклиматического района Брянской области обуславливают использование почвенно-климатических условий агроценозом сахарной свёклы на минимальном уровне 0,53.

Применение возрастающих норм органического и минерального удобрения повышали возможности посевов сахарной свёклы в использовании почвенно-климатических ресурсов территории исследования, коэффициент адаптации возрастал соответственно до 1,03 и 1,45 ед.

Наибольшая стрессоустойчивость (-6,9) агроценоза сахарной свёклы определена на варианте без применения средств химизации, то есть сельскохозяйственная культура по средствам образования корнеплодов в данных условиях в наименьшей степени реагируют на изменения окружающей среды.

В условиях первого агроклиматического района Брянской области применение органического и минерального удобрения обуславливает условия для полного раскрытия продуктивного потенциала сахарной свёклы, в данных условиях выявили максимумы показателя компенсаторной способности соответственно 41,3 и 55,6, действие минерального удобрения выше органического.

Применение максимальной нормы N120P120K120 минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы обуславливает наиболь-

ший 1,59 показатель экологической пластиности, что указывает на наибольшую отзывчивость агроценоза на изменяющиеся почвенно-климатические условия территории.

Наибольшей экологической стабильностью (2,58) агроценоз сахарной свёклы в конкретных изменяющихся условиях окружающей среды полевого опыта при отсутствии каких либо средств химизации, с увеличением уровня применения органического и минерального удобрения стабильность агроценоза снижается.

Возделывание сахарной свёклы с использованием минерального удобрения в норме N120P120K120 обуславливают наиболее оптимальные условия для агроценоза, который хорошо реагирует на изменяющиеся условия окружающей среды, но низкой стабильностью получения высоких урожаев корнеплодов, экологическая пластиность равна 1,59, а стабильность – 2,94.

Эффективность возделывания сахарной свёклы зависит не только от валового сбора корнеплодов, но и содержания сахара в свекловичной продукции, которое зависит как от сорта, почвенно-климатических условий, уровня агротехники и других факторов, но и применения удобрения. Знание закономерностей изменения содержания сахара в корнеплодах под действием органического и минерального удобрения, возможен подбор наиболее результативных видов и норм удобрения при возделывании культуры, обеспечивающей получение сырья высокого качества.

Климатические условия первого агроклиматического района Брянской области при возделывании сахарной свёклы сорта Марино на серой лесной почве формируют корнеплоды с содержанием сахарозы уровне 78,1 %. Применение возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения увеличивает содержание сахарозы в корнеплодах сахарной свёклы от 74,4 до 82,2 % (рис. 3).

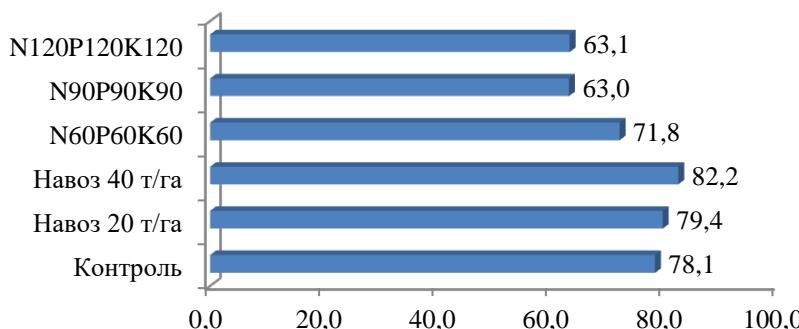


Рисунок 3 – Содержание сахарозы в корнеплодах сахарной свёклы в зависимости от норм удобрения, % на сухое вещество ($HCP_{05} = 2,3$) (средний показатель за 2022-2024 года исследования)

Применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения обуславливало достоверное снижение содержание сахарозы в корнеплодах сахарной свёклы от 71,8 до 60,0 %. Выявили достоверные различия между нормами N60P60K60 и N90-120P90-120K90-120 в снижении показателя.

Установили разнонаправленное действие органического и минерального удобрения в изменении содержания сахарозы в корнеплодах сахарной свёклы.

ГЛАВА 4 МАКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ КОРНЕПЛОДОВ И БАЛАНС НРК ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ФОНАХ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЯ

Почвенно-климатические условия первого агроклиматического района Брянской области в среднем за годы исследования формируют урожай корнеплодов сахарной свёклы сорта Марино с содержанием азота 0,66, фосфора 0,21 и калия 0,81 % (рис. 4).

Применение возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения обуславливает достоверное увеличения содержание азота в корнеплодах сахарной свёклы до 0,72 % в сравнении с контрольным вариантом. Содержание фосфора и калия под действием применения возрастающих норм органического удобрения не изменилось.

Выявили, что различные нормы навоза по разному влияли на изменения показателя среднего содержания азота, применение 20 т/га вело к тенденции повышения, а 40 т/га достоверно повышало. Применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения обуславливает в корнеплодах сахарной свёклы достоверное увеличения содержание азота от 0,71 до 0,75 %, снижение содержание фосфора от 0,18 до 0,19 % и увеличение содержания калия от 0,71 до 1,07 % в сравнении с контрольным вариантом.

Выявили, что нормы N60P60K60, N90P90K90 и N120P120K120 минерального удобрения достоверно различались между собой в изменении содержания азота. При этом достоверной разницы в повышении содержания азота в корнеплодах между 40 т/га навоза и исследуемыми нормами минерального удобрения не обнаружили.

Различий между исследуемыми нормами минерального удобрения в изменении содержания фосфора не обнаружили. При этом установили достоверную разницу в снижении содержания фосфора в корнеплодах между исследуемыми нормами органического и минерального удобрения.

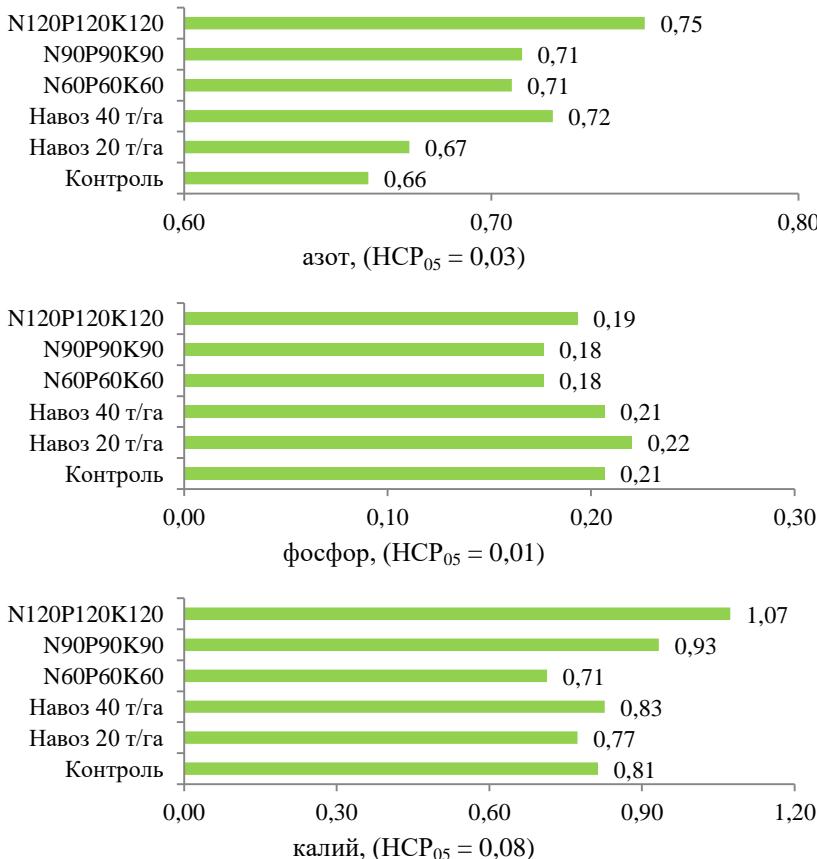


Рисунок 4 – Влияние органического и минерального удобрения на элементный состав корнеплодов сахарной свёклы, % (средний показатель за 2022-2024 года исследования)

Установили достоверные различия между исследуемыми нормами минерального удобрения в изменении содержания калия. При этом установили достоверную разницу в снижении содержания калия в корнеплодах между 20 т/га навоза и N60P60K60 и достоверную разницу в повышения содержания калия в корнеплодах между 40 т/га навоза и N90-120P90-120K90-120.

Расчёт выноса макроэлементов базировался на экспериментальных данных урожайности корнеплодов сахарной свёклы за годы исследования и показателях содержание азота, фосфора и калия в них.

Определяющая роль в выносе элементов с урожаем сахарной свёклы была отведена урожайности корнеплодов, содержание элементов питания в воздушно-сухой массе корнеплодов влияло, но слабо. Анализ данных

урожайности сахарной свёклы и содержания элементов питания в корнеплодах выявил, что с увеличением урожайности снижалось содержание в воздушно-сухой массе корнеплодов элементов минерального питания.

Возделывание сахарной свёклы сорта Марино без применения удобрения на серой лесной почве формируют урожай корнеплодов, с содержанием в нём основных элементов питания, обуславливающий вынос азота, фосфора и калия соответственно 31,3, 9,8 и 38,6 кг/га (табл. 2).

Таблица 2 – Баланс элементов питания при возделывании сахарной свёклы в условиях первого агроклиматического района Брянской области

Вариант	Вынос, кг/га			Поступление, кг/га			Баланс, кг/га		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Контроль	31,3	9,8	38,6	15,0	0	0	-16,3	-9,8	-38,6
Навоз 20 т/га	45,3	16,4	52,1	115,0	50,0	120,0	69,7	33,6	67,9
Навоз 40 т/га	66,2	19,0	76,0	215,0	100,0	240,0	148,8	81,0	164,0
N60P60K60	64,1	16,0	64,7	75,0	26,2	50,0	10,9	10,2	-14,7
N90P90K90	78,8	19,6	103,5	105,0	39,3	75,0	26,2	19,7	-28,5
N120P120K120	97,2	25,1	139,2	135,0	52,4	100,0	37,8	27,3	-39,2

Применение возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения формирует урожай корнеплодов, с содержанием в нём основных элементов питания, обуславливающий вынос азота от 45,3 до 66,2, фосфора от 16,4 до 19,0 и калия от 52,1 до 76,0 кг/га. Применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения формирует урожай корнеплодов, с содержанием в нём основных элементов питания, обуславливающий вынос азота от 64,1 до 97,2, фосфора от 16,0 до 25,1 и калия от 64,7 до 139,2 кг/га (табл. 2).

Главными источниками поступления основных (азот, фосфор и калий) элементов питания явилось применение органического и минерального удобрения, а также фиксация молекулярного азота свободноживущими микроорганизмами (10 кг N / га в год) и азот, поступивший с атмосферными осадками (5 кг N / га в год).

Возделывание сахарной свёклы сорта Марино на серой лесной почве в климатических условиях первого агроклиматического района Брянской области обуславливает формирования отрицательного баланса азота – 16,3, фосфора –9,8 и калия –38,6 кг/га.

Применение возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения обуславливает формирования положительного баланса основных элементов питания, азота 69,7-148,8, фосфора 33,6-81,0 и калия 67,9-164 кг/га. Применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения обуславливает формирования положительного баланса азота 10,9-37,8 и фосфора 10,2-27,3 кг/га и отрицательный баланс калия –14,7...–39,2 кг/га (табл. 2).

Выявили, что возделывание сахарной свёклы в условиях первого агроклиматического района Брянской области без применения удобрения обуславливает отрицательный баланс основных элементов питания, и в результате – снижение потенциального плодородия серой лесной почвы. Применения минерального удобрения в исследуемых нормах позволяет обеспечить бездефицитный баланс азота и фосфора, а использования органического удобрения обуславливает бездефицитный основных элементов питания и, как результат воспроизведение плодородия серой лесной почвы.

ГЛАВА 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОГРАНИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРНЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В УСЛОВИЯХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Экономическая эффективность применения органического и минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы на серых лесных почвах в условиях первого агроклиматического района Брянской области обусловлена получением высокой стабильной урожайности корнеплодов, с высоким содержанием сахарозы.

Для обоснования использования тех или иных норм удобрения провели расчёт результативности экономики возделывания сахарной свёклы на 1 га на основе типовых технологических карт, цена реализации за 1 кг корнеплодов 9 рублей за килограмм. В расчёте органические удобрения, не покупались, а использовались из хозяйства, при этом учитывались затраты по тех операциям с погрузкой, доставкой, внесением и дополнительной уборкой урожая.

Таблица 3 – Экономическая эффективность применения удобрения при возделывании сахарной свёклы

Вариант Показатель	Стоимость валовой продукции, руб.	Производственные затраты, руб.	Себестоимость 1 кг продукции, руб.	Чистый доход, руб.	Рентабельность, %
Контроль	164400,0	144548,0	7,91	19852,0	14
Навоз 20 т/га	233100,0	151445,0	5,85	81655,0	54
Навоз 40 т/га	318300,0	153499,0	4,34	164801,0	107
N60P60K60	313800,0	162942,1	4,67	150857,9	93
N90P90K90	384000,0	170356,8	3,99	213643,2	125
N120P120K120	448800,0	177271,5	3,55	271528,5	153

Применение удобрения при возделывании сахарной свёклы обуславливало повышение стоимости валовой продукции, производственных затрат, чистого дохода и снижения себестоимости 1 кг корнеплодов.

Возделывание сахарной свёклы сорта Марино на серой лесной почве без удобрения обеспечивает рентабельность производства корнеплодов на уровне 14% (табл. 3).

Применением возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения обуславливает повышение рентабельность производства от 54 до 107 %. Возрастающие нормы от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения обуславливают повышение рентабельность производства от 93 до 153 %.

Условия первого агроклиматического района Брянской области при возделывании сахарной свёклы на серой лесной почве формируют урожайность корнеплодов обуславливающий уровень рентабельности производства 14 % с получением чистого дохода 19,8 тыс. руб. с гектара. В зависимости от материально-технической обеспеченности сельскохозяйственного товаропроизводителя применение органического удобрения в норме 40 т/га навоза или минерального удобрения в норме N120P120K120 обуславливают повышение рентабельности соответственно до 107 и 153 % при чистом доходе 164,8 и 271,5 тыс. руб. с гектара.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изменяющихся условиях 2022-2024 годов I агроклиматического района Брянской области годов при возделывании сахарной свёклы на серой лесной почве выявили следующие результаты влияния органического и минерального удобрения на урожайность и качество корнеплодов, а также баланс элементов и экономическую результативность:

1. Природные условия обеспечивают потенциальную урожайность корнеплодов сахарной свёклы по приходу фотосинтетически активной радиации на уровне 47,2 т/га, по гидротермическим условиям – 50,4 т/га, по почвенному плодородию – 30,2-64,7 т/га в зависимости от элемента питания находящегося в минимуме.

2. Почвенно-климатические условия годов исследования значительно до 1,5 раз влияли на урожайность, так при оптимальных условиях среды урожай корнеплодов был 21,8 т/га, при лимитирующих условиях среды – 14,9 т/га. Действие удобрения на урожайность при различных условиях годов исследования существенно различалось. Наиболее полно органические и минеральные удобрения раскрывали потенциал культуры в 2023 году, когда урожайность была наибольшей соответственно 51,8 и 77,4 т/га. Разница в благоприятный год между максимумом урожайности под действием органического и минерального удобрения составила 1,5 раза, а в наименее благоприятный – 1,4 раза, что говорит об эффективности применения удобрений в различных условиях среды. Разница макси-

мальной урожайности под действием органического и минерального удобрения в сравнении с контрольным вариантом в благоприятный год составила соответственно 2,4 и 3,5 раза, а в наименее благоприятный год – 1,6 и 2,4 раза. Использование органического удобрения менее подвержено влиянию почвенно-климатических условий.

3. Агроклиматические условия и плодородие серых лесных почв в среднем за годы исследования при возделывании сахарной свёклы формирует урожайность корнеплодов на уровне 18,3 т/га. Использование органического удобрения в норме 40 т/га достоверно повышает урожайность в 1,9 раз до 35,4 т/га, а возрастающие нормы от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения в 1,9-2,7 раза до 34,9-49,9 т/га.

4. В среднем за годы исследования наиболее эффективными нормами органического и минерального удобрения были 40 т/га навоза и N120P120K120, обеспечивающие наибольшую окупаемость единицы массы удобрения к получению прибавки урожая соответственно 428 и 88.

5. Экологические показатели посевов сахарной свёклы при различном уровне применения органического и минерального удобрения изменились в зависимости от норм их применения. Наибольший коэффициент адаптации обнаружили при применении N120P120K120, наиболее стрессоустойчив агроценоз на контролльном варианте. Применение органического и минерального удобрения обуславливает условия для полного раскрытия продуктивного потенциала агроценоза сахарной свёклы, в данных условиях выявили максимумы показателя компенсаторной способности соответственно 41,3 и 55,6, действие минерального удобрения выше органического. Применение N120P120K120 обуславливает наибольшую отзывчивость агроценоза на изменения окружающей среды. Наиболее стабильной урожайностью корнеплодов сахарной свёклы обладал агроценоз без применения удобрения, с ростом уровня питания снижается экологическая стабильность.

6. На контролльном варианте в среднем за годы исследования формируются корнеплоды сахарной свёклы с содержанием сахарозы на уровне 78,1 % на воздушно-сухое вещество и выход сахара на уровне 2,9 т/га. Органическое удобрение в норме 40 т/га достоверно повышает показатель до 82,2 % и выход сахара до 6,1 т/га, а возрастающие нормы от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения достоверно снижают показатель до 63,0 %, при выходе сахара на уровне до 6,3 т/га. Установили разнонаправленное действие органического и минерального удобрения в изменении содержания сахарозы в корнеплодах и роль урожайности в выходе сахара.

7. Обнаружили тренд повышения содержания основных элементов питания при повышении норм удобрения. На контролльном варианте в среднем за годы исследования формируются корнеплоды сахарной свёклы с содержанием азота 0,66, фосфора 0,21 и калия 0,81 %. Органическое удобрение в норме 40 т/га достоверно повышает показатель содержание в

корнеплодах азота до 0,72 %, а возрастающие нормы минерального удобрения от N60P60K60 до N120P120K120 достоверно повышают показатель содержания в корнеплодах азота до 0,75, калия до 1,07 % и снижают фосфора до 0,19 %.

8. Установили, что вынос элементов питания главным образом зависел от урожайности, элементный состав воздушно-сухой массы влиял слабо. Определили, что возделывание сахарной свёклы без применения удобрения обуславливает отрицательный баланс основных элементов питания. Применения минерального удобрения в исследуемых нормах позволяет обеспечить бездефицитный баланс азота и фосфора, а использования органического удобрения обуславливает бездефицитный основных элементов питания.

9. В условиях опытного поля Брянского ГАУ возделывание сахарной свёклы без применения удобрения обуславливает рентабельность производства на уровне 14 %, применение органического удобрения обуславливает повышение рентабельности до 107 %, а наибольшую рентабельность 153 % обеспечивает применение N120P120K120.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях I агроклиматического района Брянской области при возделывании сахарной свёклы на серых лесных почвах в зависимости от материально технической обеспеченности сельскохозяйственного производителя для получения наибольшей урожайности корнеплодов рекомендуем применять 40 т/га навоза или N120P120K120 минерального удобрения, которые обеспечат урожайность на уровне 35,4 или 49,9 т/га, при рентабельность производства соответственно 107 и 153 %.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В дальнейшем для углубления темы исследований необходимо определить значение различных видов регуляторов роста в увеличении урожайности и качества корнеплодов сахарной свёклы на различных фонах удобренности.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Серченков, А. А. Удобрения как фактор раскрытия потенциала урожайности корнеплодов сахарной свёклы в изменяющихся условиях северной части Брянской области / А. А. Серченков, М. М. Нечаев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 211. – С. 562-571.

2. Серченков, А. А. Влияние удобрения на макроэлементный состав корнеплодов сахарной свёклы и баланс элементов питания при её возделывании / А. А. Серченков, Е. В. Смольский // International Agricultural Journal. – 2025. – Т. 68, № 4. – С. 1069-1078.

3. Серченков, А. А. Эффективность применения органического и минерального удобрения при возделывании сахарной свеклы в условиях северной части Брянской области / А. А. Серченков, Е. В. Смольский // Сахарная свекла. – 2025. – № 8. – С. 4-7.

в других изданиях:

4. Серченков, А. А. Формирование урожая сахарной свеклы в зависимости от применения удобрения / А. А. Серченков, Н. В. Алексеенков, М. М. Нечаев // Современные тенденции развития аграрной науки : Сборник научных трудов II международной научно-практической конференции, Брянск, 07–08 декабря 2023 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2023. – С. 181-186.

5. Эффективность минерального удобрения при возделывании сахарной свеклы в условиях серых лесных почв / А. А. Серченков, Н. Г. Юсупов, О. А. Якобов, М. М. Нечаев // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XX международной научной конференции. Часть II , Брянск, 14 марта 2023 года / Брянский государственный аграрный университет. Том Часть II. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2023. – С. 38-42.

6. Серченков, А. А. Содержание элементов питания в корнеплодах сахарной свеклы в зависимости от уровня удобренности / А. А. Серченков, Н. В. Алексеенков, Е. В. Смольский // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XXI международной научной конференции, Брянск , 18 марта 2024 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет , 2024. – С. 121-126.

Подписано к печати 17.12.2025 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага печатная. усл. п. л.1,00. Тираж 100 экз. Изд. № 7999

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ