

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Серченков Андрей Анатольевич

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

Специальность 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,  
защита и карантин растений

Диссертация на соискание учёной степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор с.-х. наук, доцент  
Смольский Евгений Владимирович

Брянск – 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	10
ГЛАВА 1 УДОБРЕНИЯ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ....	10
1.1 Значение сахарной свёклы и распространение её посевов.....	10
1.2 Удобрения в реализации урожайности корнеплодов сахарной свёклы.....	15
1.3 Роль удобрения в повышении сахаристости корнеплодов сахарной свёклы..	22
ГЛАВА 2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	25
2.1 Почва опытного поля Брянского ГАУ и её агрохимические свойства.....	33
2.2 Агроклиматические условия опытного поля Брянского ГАУ.....	39
2.3 Место, методика и методы исследования.....	48
ГЛАВА 3 УДОБРЕНИЯ КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ.....	55
3.1 Теоретически возможная урожайность корнеплодов сахарной свёклы в условиях I агроклиматического района Брянской области.....	55
3.2 Эффективность удобрения в формировании урожая корнеплодов сахарной свёклы в изменяющихся почвенно-климатических условиях.....	57
3.3 Органические и минеральные удобрения фактор управления потенциалом продуктивности агроценоза сахарной свёклы	66
3.4 Эффективность органического и минерального удобрения в повышении сахаристости корнеплодов сахарной свёклы.....	72
ГЛАВА 4 МАКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ КОРНЕПЛОДОВ И БАЛАНС НРК ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ФОНАХ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЯ .....	77
4.1 Влияние органического и минерального удобрения на элементный состав корнеплодов сахарной свёклы.....	78
4.2 Органические и минеральные удобрения как фактор определяющий баланс элементов питания .....	83
ГЛАВА 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОГРАНИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРНЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В УСЛОВИЯХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ.....	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	92
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	113

Приложение А. Урожайность (т/га) корнеплодов сахарной свёклы в 2022 году исследования по повторностям и результаты дисперсионного анализа.....	114
Приложение Б. Урожайность (т/га) корнеплодов сахарной свёклы в 2023 году исследования по повторностям и результаты дисперсионного анализа.....	114
Приложение В. Урожайность (т/га) корнеплодов сахарной свёклы в 2024 году исследования по повторностям и результаты дисперсионного анализа.....	115
Приложение Г. Средняя урожайность (т/га) корнеплодов сахарной свёклы по годам исследования и результаты дисперсионного анализа.....	115
Приложение Д. Содержание сахарозы в корнеплодах сахарной свёклы по годам исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов.	116
Приложение Е. Содержание азота в корнеплодах сахарной свёклы по годам исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов.....	117
Приложение Ё. Содержание фосфора в корнеплодах сахарной свёклы по годам исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов.....	118
Приложение Ж. Содержание калия в корнеплодах сахарной свёклы по годам исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов.....	119
Приложение З. Масса ботвы корнеплодов сахарной свёклы по повторностям 2023 года исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов.....	120
Приложение И. Длина корнеплодов сахарной свёклы по повторностям 2023 года исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов.....	121
Приложение Й. Ширина головки корнеплодов сахарной свёклы по повторностям 2023 года исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов.....	122

## ВВЕДЕНИЕ

**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, тре-

буют 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 фор-

мируют 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 воспроизводства 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 «Агроэкологические 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 7 научных периодических изданиях, сборниках трудов и материалах докладов представленных на российских и международных конференциях, в том числе в 4 статьях опубликованных в журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Общий объем опубликованных научных статей по теме диссертационной работы – 2,82 у. п. л., в том числе долевое участие соискателя 2,25 у. п. л. или 80%.

**Структура и объем диссертации.** Научно-квалификационная работа изложена на 122 страниц компьтерного 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 литературой 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.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

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

#### 1.1 Значение сахарной свёклы и распространение её посевов

Значение сахарной свёклы многогранно, являясь стратегической культурой обеспечивающей продовольственную безопасность страны, она имеет значение также в системе земледелия и удобрения (являясь пропашной культурой), её также используют в кормопроизводстве.

Сахар – продукт переработки, ради которого возделывают сахарную свёклу, производство кормов является второстепенным (Терещенкова, 2016).

Сахарная свёкла обеспечивает около 20% потребления сахара в мире. Натуральное происхождение сделало свекловичный сахар одним из самых популярных ингредиентов в пищевой промышленности. Высокий спрос и цены на сахарную свёклу и тростник в глобальном масштабе формирует дефицит предложений (Мировой рынок сахарной..., 2025).

Индикатор, по которому оценивается продовольственная безопасность, является производство сахарного песка. Европа в 2020 году произвела 47,6 % от общего мирового объёма сахарной свёклы, Азия – 18,6%, Америка – 13,3%, Российская Федерация – 13,7%, Африка – 6,7%. В Российской Федерации объёмы производства сахара в расчёте на душу населения в целом удовлетворяют не только рациональным нормам потребления, но и всем критериям продовольственного самообеспечения (Кузнецова и др., 2024).

В начале 21 века мировое производство сахара находится на уровне 140 млн. т, из которых 30% производится из корнеплодов сахарной свёклы (Калиничева, 2016; Шамилев, 2016).

В статье О. В. Святовой с соавторами показано, что «сокращение площадей сахарной свёклы ведёт к нестабильности цен на сахар» (Святова и др., 2024).

Российская Федерация обладает значительным потенциалом по производству сахарной свёклы и увеличению его экспорта в нуждающиеся страны (Жолдояковой, 2023).

В работе О. В. Святовой с соавторами установлено, что «по итогам 2023 года объем производства сахара в России составил 6,6 млн. тонн, а уровень потребления сахара остаётся на прежнем уровне – 38-39 кг в год на душу населения. При этом подавляющая часть сахара на продовольственном рынке производится внутри страны, а объем импорта сахара-сырца существенно снизился» (Святова и др., 2024).

В настоящее время корнеплоды современных сортов сахарной свёклы содержат 16-20% сахарозы, что даёт возможность получать до 10 т сахара с 1 га, как правило, из 1 т корнеплодов сахара вырабатывают 140-160, свежего жома – 780-840, патоки – 36-42 кг (Векленко и др., 2016).

Производство сахара влечёт за собой образование отходов, таких как жом и патока, которые высоко ценятся в кормлении сельскохозяйственных животных, потому что их кормовая ценность составляет около 5000 к. ед. (Холопкин, 2013).

100 кг корнеплодов сахарной свёклы соответствуют 26 к. ед. и в них содержится 1,2 кг переваримого белка, 0,5 кг кальция и 0,5 кг фосфора и по данным показателям она превосходит кормовую свёклу (Радчиков, Ганущенко, 2025).

Листья сахарной свёклы соответствуют зелёной массе трав, однако в них содержатся соли щавелевой кислоты, которые вызывают расстройства пищеварения у сельскохозяйственных животных в результате нарушения кальциевого обмена.

«Жом (обессахаренная свекловичная стружка) заключает 6-8%, отжатый жом – 10-14%, прессованный – 13-16%, а сухой – 85-87% сухих веществ. Он служит отличным кормом для КРС. Урожайность корнеплодов на уровне 60 т/га формирует 48 т жома» (Павловская и др., 2015; Быковская и др., 2019).

В кондитерской и пищевой промышленности используется патока, которая применяется для производства спирта и глицерина. По кормовой ценности она приближается к зерну, в 100 кг она содержит к.е. – 77 и переваримого протеина – 4,5 кг.

Также в результате производства сахара образуется дефекат, который служит промышленным органическим удобрением, извести в нем содержится 40-50%, органического вещества – 15%, азота – 0,2-1,7%, подвижного фосфора – 0,2-0,9%, подвижного калия – 0,5-0,9%.

Кроме того сахарная свёкла имеет агротехническое значение, которое заключается в том, что в процессе возделывания культуры производят глубокую обработку почвы, применения высоких норм органического и минерального удобрения, поэтому она служит ценным предшественником для многих культур в севообороте (Калиничева, Романов, 2012).

На свекловичном поле после уборки корнеплодов остаётся огромная масса растительных остатков, которые используются как органическое удобрение или в кормопроизводстве (Павловская и др., 2015).

При введении сахарной свёклы в севооборот улучшается не только фитосанитарная обстановка в севообороте, но и увеличивается продуктивность культур севооборота, что связано с переходом к высокой культуре земледелия и более совершенной системе защиты растения и удобрения.

Главными районами возделывания сахарной свёклы в мире, на которые приходится 70-80% всех площадей – Российская Федерация, США, Польша, Украина, Франция, Румыния, Германия, Италия, Испания, Чехия, Великобритания, Венгрия, Турция, Бельгия (Фазрахманов, Богданова, 2017; Аничкина, 2024).

В Российской Федерации традиционно главными регионами на которых располагаются посевы сахарной свёклы являются субъекты федерации Центрально-Чернозёмная зона и Краснодарский край. Все больше сеют сахарную свёклу в юге Нечернозёмной зоны, Алтайском и Ставропольском краях, Западной Сибири и Дальнем Востоке, Самарской и Саратовской областях. А также на орошаемых землях Поволжья и Северного Кавказа (Иванов, 2024).

В настоящее время в хозяйствах Краснодарского края, Воронежской и Белгородских областях собирают урожай корнеплодов на уровне 50-60 т/га, а при орошении – 70-90 т/га (Святова и др., 2023).

В статье О. В. Святовой с соавторами (2023) говорится, что регионы-лидеры по возделыванию сахарной свёклы на которые приходится 42 % от общих посевов культуры и 45 % от её валовых сборов являются Краснодарский край, Воронежская и Липецкая области.

Современные мировые достижения в получении максимальных урожаев корнеплодов сахарной свёклы: Швейцария – 68, Франция – 61, Испания – 56, Бельгия – 55, Великобритания – 55, Германия – 54, Нидерланды – 51 т/га.

В России с 2013 по 2017 годы росла площадь посевных площадей сахарной свёклы с 902,6 до 1198,1 тыс. га. Спад посевов культуры отмечается в период 2018–2019 годы до 1126,7–1144,9 тыс. га. Период с 2020 по 2021 годы ознаменовался устойчивой тенденцией сокращения посевных площадей сахарной свёклы, начало спада, скорее всего, связано с началом пандемии коронавируса (Иванов, 2024).

Снижение доходности производства корнеплодов сахарной свёклы послужило главным триггером потери интереса к возделыванию культуры и в итоге сокращением посевных площадей и валового сбора (Векленко и др., 2016).

В настоящее время в пределах Российской Федерации только в 22 субъектах возделывают сахарную свёклу в промышленных масштабах (рис. 1).

«Анализ изменения посевных площадей во времени за 5 лет установил, что только в Алтайском крае и Брянской области не происходит снижения посевных площадей сахарной свёклы, во всех остальных регионах наблюдался тренд к сокращению посевов культуры» (Иванов, 2024).

В статье Т. В. Иванюга (2021) проанализировано состояние отрасли по возделыванию сахарной свёклы в Брянской области, установлено, что область занимает 20 место в рейтинге ТОП-20 регионов.

В работе Д. А. Зюкина и О. В. Святовой (2023) выявлено, что в регионах-лидерах снижение валового сбора сахарной свёклы обусловлено сокращением площади посевов.

Несмотря на сокращение площадей посевов сахарной свёклы, лидером по свеклосеянию традиционно является Краснодарский край, на втором месте Воронежская область, на третьем месте Липецкая область. Среди регионов с

наименьшим свеклосеянием необходимо выделить Саратовскую, Рязанскую, Брянскую и Тульскую области, где посевы сахарной свёклы находятся на уровне менее 10 тыс. га.

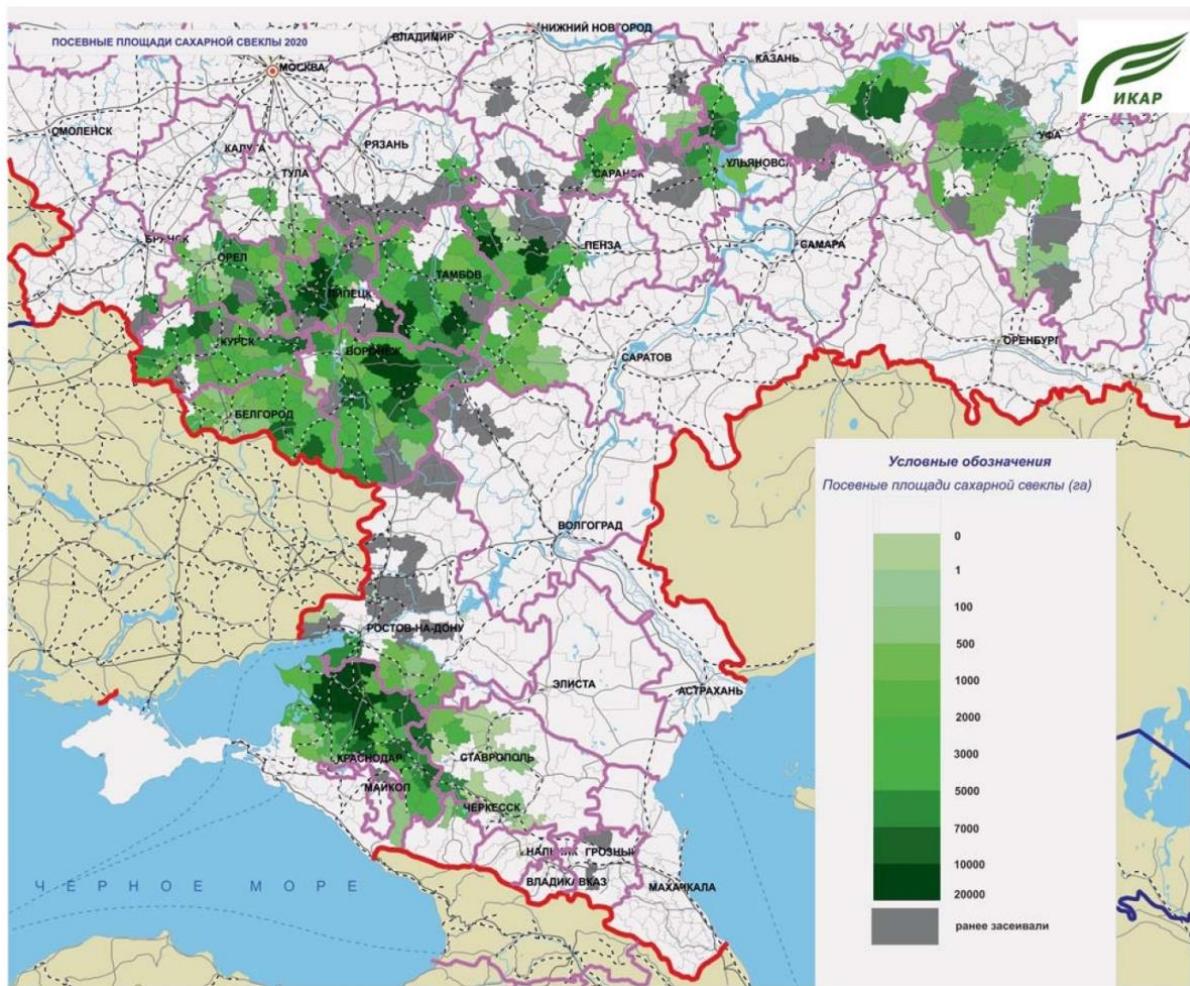


Рисунок 1.1 – Посевные площади сахарной свёклы в РФ (Иванов, 2024))

Таким образом, производство сахара и возделывание сахарной свёклы является концентрированным на определённой территории, традиционно это регионы Центрального Черноземья и Краснодарский край. В тоже время сейчас для устойчивого развития территорий свеклосеяния необходимо развитие отечественной селекции и семеноводства с целью создания высокопродуктивных гибридов, устойчивых к болезням и вредителям и хорошо отзывающиеся на интенсификацию возделывания культуры, а также обладающих высокими технологическими показателями.

## 1.2 Удобрения в реализации урожайности корнеплодов сахарной свёклы

Оптимизация сахарного производства идёт по двум основным направлениям: совершенствование применяемых технологических процессов, что позволяет снизить потери сахара в производстве и при хранении сахарной свёклы, и внедрение новых технологий и процессов (Никулина, 2025).

В аспекте увеличение посевных площадей сахарной свёклы в новых регионах или новых агроклиматических условиях исследования роли органического и минерального удобрения в повышении урожайности корнеплодов является весьма актуальным.

При этом в аспекте научно обоснованного применения удобрения в зонах традиционного возделывания сахарной свёклы многими учёными даны чёткие рекомендации получения высоких урожаев корнеплодов, с высоким содержанием сахара (Эффективность комплексных..., 2005; Тарасенко, Брилев, 2007; Лукьянюк, Гуляка, 2009; Влияние новых..., 2011; Тютюма и др., 2014; Алиева, 2015; Бутяйкин, 2015; Глазунов, Митрохина, 2016; Минакова и др., 2016).

«В условиях неустойчивого увлажнения левобережной лесостепи Украины на чернозёме типичном установлено, что урожайность корнеплодов сахарной свёклы зависела как от антропогенных факторов, так и от природных» (Влияние антропогенных..., 2022).

В статье П. И. Подрезова с соавторами (2021) установлено, что повышение содержания элементов питания в почве благоприятно влияет на урожайность сахарной свёклы: прибавки урожая к контролю составляли 84-191 ц/га, при содержании сахара в корнеплодах удобренных вариантов 16,4-17,2%, а его сборе 12-28 ц/га.

Н. В. Клебанович и Д. А. Кислицын (2021) в своей работе выявляют колебание окупаемости удобрения внесённых под сахарную свёклу по районам Республики Беларусь до двух раз, показана зависимость балла плодородия почв и экономической эффективности при возделывании сахарной свёклы.

В статье И. В. Ильюшенко (2022) установлено, что применение минерального удобрения оказывает большое влияние на урожайность сахарной свёклы, при

этом уровне почвенного плодородия также способствовал повышению урожайности культур.

В работе О. А. Минаковой в соавторстве показано, что «увеличение насыщенности удобрениями 1 га площади зерносвекловичного севооборота на 1 кг НРК в наибольшей степени повышает урожайность корнеплодов сахарной свёклы, в наименьшей – зерна овса и озимой пшеницы» (Минакова и др., 2024).

При этом в научной литературе накоплен большой положительный опыт исследований значения удобрения в реализации потенциала урожайности сахарной свёклы в регионах обширного её сеяния.

В статье О. А. Минаковой с соавторами (2024) установлено, что удобрения значительно больше влияют на показатели агрономической эффективности гибридов сахарной свёклы, чем их генотип, что говорит о решающем значении минерального питания культуры.

«В условиях юго-запада ЦЧР установлено, что прибавка урожайности корнеплодов при возделывании сахарной свёклы в зависимости от дозы внесения составляла 90-279 %» (Солнцев и др., 2024).

«В условиях Западного Предкавказья на чернозёме выщелоченном урожайность сахарной свёклы изменилась по вариантам опыта от 44,0 до 55,1 т/га в зависимости от условий и приёмов возделывания» (Кравцов и др., 2022).

«В условиях в ЦЧР на чернозёме, выщелоченном длительное применение удобрения повышало урожайность корнеплодов сахарной свёклы на 20,9-39,9 %» (Девятова, Минакова, 2024).

И. Ж. Сулаймонов и Д. Т. Эргашев в своей работе «рекомендуют соблюдать оптимальные нормы применения минеральных удобрений под сахарную свёклу на уровне N200P150K200 кг/ га, отдавая предпочтение азотным удобрениям в форме амиачной селитры (нитрата аммония)» (Сулаймонов, Эргашев, 2022).

В статье А. А. Завалина с соавторами (2023) установлено, что под действием азотного удобрения формируется максимальная биомасса сахарной свёклы.

В работе И. В. Чечеткиной и М. И. Гуляка установлено, что «оптимальная доза азотного удобрения на дерново-подзолистых почвах при возделывании са-

харной свёклы на фоне использования навоза не должна превышать 120 кг/га д. в.» (Чечеткина, Гуляка, 2022).

В исследованиях С. А. Шафрана показано, что «при высоком содержании подвижного фосфора в почве вклад фосфорных удобрений в урожае сахарной свёклы снижалась на 10-45%. Сахарная свёкла слабо реагирует на действие калийных удобрений в зависимости от содержания подвижного калия в почвах» (Шафран, 2021).

В статье Л. В. Никитиной и М. В. Беличенко (2023) показано, что применение калийного удобрения является эффективный приём повышением урожайности сельскохозяйственных культур и качества получаемой продукции растениеводства на почвах, как с низким, так и с высоким содержанием калия.

В статье И. Ж. Сулаймонова и И. К. Одилова (2021) отмечено, что азотные минеральные удобрения снижают всхожесть семян, а фосфорные и калийные удобрения повышают их всхожесть.

В условиях плодосменного севооборота в Воронежской области на чернозёме выщелоченной установлено, что наибольшая 43,8 т/га урожайность корнеплодов сахарной свёклы отмечена на фоне комбинированной системы обработки и применения N59P59K59 + 11 т навоза на 1 га севооборотной площади, что было выше, чем при безотвальной обработке на 17,20 % (Боронтов и др., 2022).

В. В. Дроздова с соавторами на основании алгебраических уравнений установлено, что наиболее сбалансированное питание сахарной свёклы происходит при внесении дозы N80P80K80, которая «способствует максимальной расчётной урожайности корнеплодов на уровне 56,94-64,6 т/га, что совпадает с полученной урожайностью опытным путём 57,9-62,0 т/га» (Дроздова и др., 2023).

«В условиях Чувашской Республики на светло-серых лесных почвах при возделывании сахарной свёклы сорта Рамонская односемянная 47 с соблюдением агротехнических и агрохимических мероприятий без использования химических средств защиты получено более 30 т/га корнеплодов» (Кириллов, 2021).

«В условиях южной лесостепной зоне Башкортостана при возделывании сахарной свёклы наибольшая 72,1 т/га урожайность корнеплодов получена при орошении и применении удобрения в дозе N220P240K220» (Жигулев и др., 2021).

В условиях неустойчивого увлажнения Краснодарского края на чернозёме, выщелоченном, лучшим способом обработки почвы является глубокая вспашка и внесение удобрений в норме N12P120K120, которые формируют урожайность корнеплодов сахарной свёклы на уровне 58,0 т/га (Кравченко и др., 2023).

В статье Е. И. Комарицкой и Э. В. Засориной (2025) показано, что листовая подкормка комплексным микроудобрением Ультрамаг Комби на гибридах сахарной свёклы Крокодил и Вапити значительно снижало поражения растения корнеедом, церкоспорозом и мучнистой росой. Установлено, что обработка посева Ультрамаг Комби в дозе 2 л/га обуславливает максимальную урожайность корнеплодов сахарной свёклы Крокодил на уровне 591 ц/га.

«В условиях серых лесных почв опытного поля Брянского ГАУ установлено, что максимальный уровень урожайности 38,4 т/га корнеплодов сахарной свёклы формируется при внесении минерального удобрения в дозе N120P120K120» (Смольский и др., 2023)

В условиях хозяйствах различных районов Краснодарского края на чернозёме типичном и обыкновенном повышение дозы до N120P120K120S6-80 позволило повысить продуктивность сахарной свёклы на 16-34 % в сравнении с дозой N99P78K78S6. Сравнение аммиачной селитры и карбамида при их весеннем применении под культивацию не выявило различий (Носов и др., 2022).

В условиях южной лесостепи Республики Башкортостан, установлены преимущества применения комплексов минеральных удобрений «Изагри Вита» и «Изагри Бор» на фоне NPK 16:16:16 в увеличении урожайности корнеплодов гибридов сахарной свёклы: БТС 590, БТС 705, БТС 845 и БТС 690. Выявлена важность подбора оптимального сочетания удобрения и гибрида в достижении максимальной эффективности возделывания культуры (Алимгафаров и др., 2025).

В условиях Тамбовской области применение органического удобрения «Барда мелассная» в дозе 8 т/га обуславливает прибавку урожая корнеплодов сахарной свёклы на уровне 3,1 т/га, в дозе 16 т/га – 5,6 т/га, в дозе 24 т/га – 12,0 т/га в сравнении с контрольным вариантом (Пальчиков и др., 2022).

В статье О. Г. Чуян и Л. Н. Карауловой (2023) в условиях Центрального Черноземья установлено, что на долю интенсификации агротехнологий приходится 53 % урожайности основных культур, на удобрения – 25 %, на ГТК – 22 %.

В контрастных условиях увлажнения ЦЧР, установлено, что система удобрения N120P120K120 + 50 т/га навоза формирует наилучшую продуктивность гибридов РМС 120 и РМС 121, а широкий диапазон N90-135P90-135K90-135 + 25-50 т/га навоза – РМС 127 (Минакова, 2025).

В условиях ЦЧР основное удобрение должно сочетаться с почвенными и некорневыми подкормками посевов сахарной свёклы, установлена высокая эффективность при совместном применении с основным удобрением гуминовых препаратов (увеличение урожайности до 120%) (Минакова и др., 2022).

Исследованиями учёных Н. В. Долгополовой, А. В. Нагорных и П. С. Филимонова (2021) установлено, что одним из приёмов, способствующих увеличению урожая корней сахарной свёклы и их сахаристости, является внекорневая подкормка калийно-фосфорными минеральными удобрениями или комплексными удобрениями, при этом совершенно не выявлена эффективность внекорневой подкормки макро - и микроудобрениями в комплексе.

В условиях лесостепи ЦЧР в посевах сахарной свёклы установлена высокая эффективность применения комплекса органоминеральных удобрений хелатного типа Батр, применение которого «обуславливало рост урожайности на 2,2-6,9 т/га по сравнению с внесением только основного удобрения. Максимальная урожайность корнеплодов сахарной свёклы выявлена при использовании удобрения Батр по фону N90P90K90 и N135P135K135 соответственно 57,2 и 58,2 т/га» (Минакова, 2024).

В условиях Республики Башкортостан отдельное применение удобрений Изагри Вита и Изагри Бор повышает урожайность гибридов сахарной свёклы (Евграфов, Исмагилов, 2025).

В условиях Пензенской области на чернозёме, выщелоченном среднесуглинистом выявлено, что «возделывание сахарной свёклы с применением микроэлементного удобрения Полидон Бор формирует максимальную прибавку урожая корнеплодов 13,7...18,7 % в сравнении с вариантом без применения» (Жеряков и др., 2024).

В статье С. А. Семиной в соавторстве (2022) установлено, что некорневые обработки сахарной свёклы полифункциональными регуляторами роста обеспечивают прибавку урожайности корнеплодов на уровне 3,1-11,0 %.

В условиях ЦЧР в паровом звене зерносвекловичного севооборота Воронежской области высокая насыщенность элементами питания (N135P135K135 + 25 т/га навоза и N120P120K120 + 50 т/га навоза) «обеспечивает формирование урожайности корнеплодов отечественных гибридов сахарной свёклы на уровне 43,2-45,1 т/га, что выше величин урожайности в сравнении с неудобренными вариантами на 20,7-59,4 %» (Минакова и др., 2023).

В работе К. Р. Гарафутдиновой с соавторами показана «эффективность цеолита при возделывании сахарной свёклы, выявлено повышение урожайности корнеплодов на 1,3-1,5 т/га и содержания в них азота и легкогидролизуемых углеводов в зависимости от дозы применения цеолита» (Гарафутдинова и др., 2021).

В статье А. Т. Подварко с соавторами (2021) показана целесообразность использования агрохимиката КРЕЗАМИКС марка: Бор при двукратной обработке вегетирующих растений сахарной свёклы с нормой расхода 0,5 л/га, которая позволяет увеличить урожайность корнеплодов и их сахаристость.

В условиях лесостепи Среднего Поволжья при возделывании сахарной свёклы, установлено, что наибольшая урожайность корнеплодов, которая превышала контроль на 11,1%, получена при трёхкратной некорневой обработке агроценоза препаратом «ПОЛИДОН Бор» (Семина и др., 2021).

В работе А. Х. Куликовой (2023) оценено влияние кремнистых пород (диатомита, цеолита, опоки) на урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур при применении, как в чистом виде, так и совместно с минеральными удобрениями и птичьим помётом. Установлено, что «применение кремнистых пород в качестве удобрения при возделывании сахарная свёкла, прибавка урожая корнеплодов при внесении диатомита в дозе 3 т/га составила 6,5-8,6 т/га, а при совместном внесении с азотными удобрениями 11,3-12,5 т/га в зависимости от года исследования и применении доз азотного удобрения» (Куликова, 2023).

В условиях Красненского района Белгородской области возделывание сахарной свёклы по технологиям с применением в системе удобрения различных доз, видов, форм и условий органических удобрений, в том числе соломы в смеси с азотом удобрений с пролонгированным действием питательных веществ показана их высокая эффективность (Клостер, 2021).

В условиях лесостепи Среднего Поволжья установлено, что величина чистой продуктивности фотосинтеза при применении микроэлементных удобрений на посевах гибридов нормального и сахаристого типов возросла на 4,6-6,2%, а для гибрида урожайного типа выявлено снижение интенсивности процесса фотосинтеза (Жеряков, Семина, 2023).

В условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья при возделывании сахарной свёклы применение деструктора стерни Эффект Био в вариантах с различной системой обработки почвы достоверно повышал урожайность корнеплодов на 0,38-0,87 т/га (Колесов и др., 2024).

В зоне неустойчивого увлажнения на чернозёме, выщелоченном при разном уровне плодородия, выявлено, что максимальную урожайность корнеплодов – 46,8-54,6 т/га формирует гибрид сахарной свёклы Евгения KWS, наблюдалось существенное снижение отзывчивости на удобрения при повышении уровня плодородия почвы (Кравцов и др.2024).

В условиях ЦЧР на чернозёме выщелоченном установлено, что комбинированная обработка с внесением удобрения формирует наибольшую урожайность отечественных гибридов (40,0-41,6 т/га), а разноглубинная отвальная обработка иностранного гибрида (46,0 т/га) (Косякин и др., 2025).

В статье М. Ю. Быковой и И. А. Дегтяревой (2021) показано, что применение в интегрированной системе защиты сахарной свёклы способствует повышению урожайности сахарной свёклы на 79,4 ц/га по сравнению со средней урожайностью, полученной в Тукаевском муниципальном районе Республики Татарстан.

«В условиях лесостепи Среднего Поволжья при возделывании сахарной свёклы, установлено, что внесения борного и цинксодержащего микроудобрений за 20 суток до уборки увеличивает на 0,07 % содержание азота в листьях. Микро-

элементные удобрения обуславливают тенденцию роста содержания фосфора в листьях» (Семина и др., 2021).

В условиях Среднего Поволжья на чернозёме, выщелоченном установлено, что совместное применение кремнийсодержащих удобрений и гербицидов снижает гербицидный стресс растений сахарной свёклы кремнийсодержащие удобрения, способствует улучшению процесса фотосинтеза, большему среднесуточному приросту биомассы и увеличению урожайности корнеплодов (Жеряков, Семина, 2024).

В условиях стационарного опыта кафедры общего и орошаемого земледелия КубГАУ выявлено, что урожайность сахарной свёклы по отвальной обработке составила 434,3 ц/га, на чизельной обработке 360,9 ц/га. Самая высокая урожайность 425,9 ц/га корнеплодов формируется при применении дозы N120P120K120, что на 62,3 ц/га выше контрольного варианта (Кравченко, Калинин, 2021).

### 1.3 Роль удобрения в повышении сахаристости корнеплодов сахарной свёклы

Эффективность производства сахара главным образом зависит от урожайности корнеплодов сахарной свёклы, при этом немаловажным фактором является качество производимой продукции свекловодства, а именно сахаристость и сбор сахара, показатели качества, как утверждают многие учёные, зависит от многих факторов, где удобрения играют важную роль.

В аспекте научно обоснованного применения микроудобрений, регуляторов роста и биопрепараторов в зонах традиционного возделывания сахарной свёклы многими учёными даны чёткие рекомендации получения высоких урожаев корнеплодов, с высоким содержанием сахара (Безлер и др., 2007; Демина, Соловьев, 2011; Жердецкий, 2011; Ефремов и др., 2011; Соловьев, Гераськин, 2012).

В условиях неустойчивого увлажнения Западного Предкавказья на чернозёме, выщелоченном, «содержание сахара в корнеплодах сахарной свёклы изменилось от 17,48 до 18,60% по вариантам опыта в зависимости от условий и приёмов возделывания» (Кравцов и др., 2022).

В работе А. А. Завалина с соавторами выявлено, что «под действием азотного удобрения в корнеплодах снижается содержание сахара» (Завалин и др., 2023).

В исследованиях И. В. Чечеткиной и М. И. Гуляка (2022) установлена сильная роль азотных удобрений на качество корнеплодов, применение которых приводит к росту урожайности, но снижению сахаристости.

В статье О. С. Калинина и Р. В. Кравченко (2022) определена роль минеральных удобрений в формировании агробиологических показателей сахарной свёклы, возделываемой по разным вариантам основной обработки почвы. Выявлено, что глубокие обработки способствуют лучшему накоплению влаги за зимний период к моменту посева. В тоже время мелкая обработка почвы обеспечивает лучшую сохранность почвенной влаги. Внесение рекомендуемой дозы минеральных удобрений (N80P80K80) обеспечивает наилучшую сохранность растений сахарной свёклы на всех вариантах основной обработки почвы на 1,8-3,7 %.

В работе В. А. Варавкина с соавторами показано, что «проведение полива сахарной свёклы водным раствором двуокиси углерода приводит к снижению общей массы растений свёклы, массы корнеплода, массы листьев, диаметра корнеплода, высоты корнеплода, но значительно повышает сахаристость свёклы» (Варавкин и др., 2024).

В статье С. А. Семиной в соавторстве (2022) установлено, что некорневые обработки сахарной свёклы полифункциональными регуляторами роста обеспечивают наибольшую сахаристость корнеплодов на варианте с фолиарной обработкой ПОЛИДОН Амино Бор-Молибден – 16,47 %.

В условиях лесостепи ЦЧР некорневые подкормки органоминеральными удобрениями хелатного типа Батр стабилизировали сахаристость корнеплодов по фонам основного удобрения N90P90K90 и N45P45K45 на уровне 18,2-18,4 абс. %, а в неудобренном варианте и по фону N135P135K13S – увеличивали на 0,4-0,5 абс. % (Минакова, 2024).

В условиях Республики Башкортостан, установлены преимущества применения комплексов минеральных удобрений «Изагри Вита» и «Изагри Бор» на

фоне NPK 16:16:16 в увеличении содержания сахара в корнеплодах сахарной гибридов: БТС 590, БТС 705, БТС 845 и БТС 690 (Алимгафаров и др., 2025).

В статье Е. И. Комарицкой и Э. В. Засориной (2025) показано, что листовая подкормка комплексным микроудобрением Ультрамаг Комби в дозе 2 л/га на гибридце сахарной свёклы Крокодил обуславливает максимальный сбор сахара с 1 га на уровне 10,6 т/га.

«В условиях Тамбовской области применение органического удобрения «Барда мелассная» в дозе 8 т/га обуславливает увеличение сахаристости корнеплодов сахарной свёклы на 2 %, 16 т/га – на 5 %, 24 т/га – на 7 % в сравнении с контрольным вариантом» (Пальчиков и др., 2022).

В работе И. В. Фетюхина с соавторами (2024) показано, что в условиях южной природно-сельскохозяйственной зоны Ростовской области для получения наибольшего сбора сахара при наименьших производственных затратах необходимо возделывать гибрид сахарной свёклы Смарт Аламея КВС по производственной системе КОНВИЗО® СМАРТ.

В статье А. М. Кравцова с соавторами показано, что в зоне неустойчивого увлажнения на чернозёме, выщелоченном при разном уровне плодородия, «выявлен максимальный сбор сахара – 8,32-9,72 т/га при возделывании гибрида сахарной свёклы немецкой селекции Евгения. Выход белого сахара с единицы площади посева в зависимости от плодородия почвы и нормы удобрения варьировал от 6,08 до 7,00 т/га и был наибольшим при выращивании сахарной свёклы на почве с повышенным уровнем плодородия без применения удобрений» (Кравцов и др., 2024).

Комбинированная обработка с внесением удобрения в условиях ЦЧР обуславливают сбор сахара при возделывании отечественных гибридов на уровне 7,2-7,5, иностранного гибрида – 8,4 т/га (Косякин и др., 2025).

Таким образом, 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 на юго-западе Центрального района Европейской части Российской Федерации (Нечернозёмного центра). Общая площадь области 34,9 тыс. км<sup>2</sup>. На севере она граничит со Смоленской и Калужской, на востоке – с Орловской и Курской областями, а на юго-западе – с Украиной и Республикой Беларусь» (Природное районирование..., 1975).

«Брянская область простирается от западной окраины Среднерусской возвышенности в сторону Днепровско-Припятской низменности и Смоленско-Московской возвышенности. Её рельеф не одинаков. Это обусловлено пограничным положением области между названными крупными геоморфологическими регионами Русской равнины. Аллювиально-зандровые низменные равнины здесь чередуются с лёссовыми эрозионно расчленёнными возвышенными равнинами. На севере области распространены моренные равнины» (Антыков, 1958).

«Наиболее значительные высоты (220-260 м над уровнем моря и выше) находятся на западном склоне Среднерусской возвышенности. Небольшие по площади островные возвышенности с высотами до 230-278 м над уровнем моря располагаются в северной части области, на междуречьях Десны и Судости, Судости и Ипути.

В остальных местах на междуречьях преобладают высоты 170-180 м. Ближе к рекам высоты уменьшаются до 150-125 м. Самые низкие точки поверхности сосредоточены на крайнем юго-западе области. Равнина полого снижается в юго-западном направлении. В том же направлении текут реки бассейнов Десны и Сожа» (Природное районирование..., 1975).

«Брянская область расположена в Атлантико-континентальной климатической области. Климат её умеренно континентальный с тёплым летом и умеренно холодной зимой, с достаточным увлажнением. Годовая сумма радиации увеличивается от 88 ккал на каждый кв. см поверхности на севере, до 92 килокалорий на юге. Зимой радиация мало. Зимние месяцы (ноябрь, декабрь, январь) дают лишь около 5% годового прихода суммарной радиации. Летом территория получает много тепла. Только три летних месяца (май, июнь, июль) дают около 45% годового прихода. Величина солнечной радиации в ясную погоду в середине июля составляет около 800 ккал на кв. см в сутки. Это объясняется относительно длинным днём и значительной высотой солнца над горизонтом. Наименьшее число часов солнечного сияния за год (1700) наблюдается на севере, наибольшее (1800) – на юго-востоке области. Длина дня летом колеблется от 15 до 16 часов. Продолжительный день благоприятен для вегетации растений» (Природное районирование..., 1975).

«Большое влияние на климат области оказывает циркуляция атмосферы. В течение года преобладает континентальный воздух умеренных широт. Реже проникают морской воздух умеренных широт, арктический и тропический воздух. И зимой, и летом преобладает западный перенос воздуха. Поэтому в течение большей части года господствуют ветры западных направлений.

Климат зависит также от местных условий: рельефа, размещения лесов, болот и т. д. Возвышенные районы получают несколько меньше тепла, чем низменные. За тёплый период разница в температурах этих районов достигает в сумме около 50 градусов. В то же время в понижениях рельефа часто повторяются заморозки» (Агроклиматические ресурсы..., 1972).

«Термический режим характеризуется постепенным повышением температур с севера на юг. Среднегодовая температура воздуха по области составляет  $4,7-5,9^{\circ}$ . Годовая амплитуда среднемесячной температуры воздуха равна  $27^{\circ}$ . Продолжительность теплового времени года с температурой выше  $0^{\circ}$  составляет 217-234 дня. Продолжительность вегетационного периода (с температурой выше  $5^{\circ}$ ) – 180-190 дней. Сумма температур за этот период

составляет 2550-2720°. Длительность периода активной вегетации (с температурами выше 10°) – 136-154 дня. Начинается он в конце апреля – начале мая, а заканчивается в последней декаде сентября. Сумма активных температур возрастает с севера на юг от 2150 до 2450°. Безморозный период составляет 119-160 дней с колебаниями в отдельные годы от 88 до 206 дней» (Природное районирование..., 1975).

«На продолжительность безморозного периода влияют заморозки, которые обычно прекращаются в первой декаде мая. Первые же осенние заморозки начинаются в конце сентября – начале октября.

Период с температурой выше 15°, обеспечивающий произрастание более теплолюбивых культур, продолжается 80-100 дней, причём в южных районах на 1-5 дней больше, чем в северных. Сумма температур за этот период составляет 1530-1 820°.

По количеству осадков территория области относится к зоне умеренного увлажнения. Среднее многолетнее количество осадков за год составляет 530-655 мм. Наибольшее количество – 655 мм выпадает на северо-западе области, а наименьшее – в районе узкой полосы: Почеп, Погар, Малыцево, Ново-Ямское – 530-540 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в июле, минимум приходится на февраль-март. Сумма осадков за период активной вегетации растений составляет в среднем 270-330 мм. На территории области хорошо выражены сезоны года. Но переходы между ними постепенны, поэтому даты начала и конца их можно указать лишь условно». (Агроклиматические ресурсы..., 1972).

«Характер природной обстановки играет главную роль в развитии почвообразовательных процессов. В настоящее время на процесс развития и изменения почв большое влияние оказывает также хозяйственная деятельность человека. В первую очередь это связано с заменой естественной растительности культурной и с широким применением различных мелиораций.

Почвенный покров Брянской области имеет сложное строение. Это обусловлено дифференциацией почвообразующих пород по гранулометрическому составу, а также особенностями рельефа. Комплексный почвенный покров с

участием переувлажнённых почв особенно характерен для Клетнянского, Суражского, Красногорского, Клинцовского районов. Пёстрый почвенный покров с развитием почвенных сочетаний имеют территории Жуковского, Дятьковского, Навлинского и в отдельных частях Брянского и Карабинского районов» (Природное районирование..., 1975).

«Сложное строение почвенного покрова с набором почв низкого естественного плодородия снижает эффективность мероприятий по их окультуриванию, ведению севооборотов, затрудняет высокопроизводительное использование техники. Для таких территорий характерен небольшой размер пахотных угодий с бугристо-западинной поверхностью.

Все многообразие почв области представлено несколькими генетическими типами: подзолистыми (подтип дерново-подзолистых), серыми лесными, подзолисто-болотными, пойменными, дерновыми и болотными. Каждый из названных типов почв в свою очередь подразделяется на подтипы, роды, виды и разновидности» (Воробьев, 1993).

«Дерново-подзолистые почвы на территории Брянской области получили наибольшее распространение. Они занимают хорошо дренированные элементы рельефа. По степени обездоленности они представлены дерново-слабо-, средне-, и сильноподзолистыми видами. Наиболее распространённым видом почв является дерново-среднеподзолистый.

Разнообразны дерново-подзолистые почвы и по гранулометрическому составу – песчаные, супесчаные и легкосуглинистые.

Очень большие различия свойственны дерново-подзолистым почвам по родовым признакам. Это обуславливается характером почвообразующих и подстилающих пород.

Дерново-подзолистые почвы формируются на различных породах: водно-ледниковых и древнеаллювиальных супесях и песках, моренных отложениях, покровных и лёссовидных суглинках.

Морфологические признаки профиля дерново-подзолистых почв хорошо выражены. Профиль отчётливо дифференцирован на генетические горизонты.

Особенно ясно представлены морфологические признаки у почв суглинистого гранулометрического состава. На целинных массивах дерново-подзолистые почвы имеют гумусовый горизонт мощностью от 6-8 до 16-22 см (на пахотных угодьях мощность этого горизонта обусловлена глубиной вспашки).

Серые лесные почвы занимают наибольшие площади в юго-восточных районах области – Севском, Комаричском, Брасовском, Карабевском. Часто встречаются они также по правобережьям рек Десны и Судости – в Жуковском, Брянском, Трубчевском, Почепском, Погарском и Стародубском районах» (Природное районирование.., 1975).

«Распространение серых лесных почв зависит от того, что они формируются только на породах, богатых карбонатами кальция и магния, – лёссовидных суглинках и лёссе. В тех местах правобережья Десны, и Судости, где отсутствуют указанные породы и почвообразующими породами служат моренные и водоно-ледниковые отложения, серых лесных почв нет. В таких местах обычно встречаются дерново-подзолистые почвы» (Почвоведение, 1989).

«Сформировавшись на породах, быстро размокающих, с вертикальной делимостью, серые лесные почвы в наибольшей степени подвержены действию плоскостной и линейной эрозии. Снижает использование таких почв и хорошо развитый микрорельеф, большое количество западин, разной величины и формы.

По содержанию гумуса и оподзоленности серые лесные почвы представлены тремя подтипами: светло-серыми, серыми и темно-серыми. По гранулометрическому составу выделяются легкосуглинистые (преобладающие) и среднесуглинистые» (Природное районирование.., 1975).

«Серые лесные почвы имеют хорошо выраженный, дифференцированный профиль. Для него характерен плавный переход одного горизонта в другой, с постепенным нарастанием по глубине глины и уменьшением гумуса.

Имея полнопрофильное строение и благоприятные свойства, серые лесные почвы обеспечивают хорошее развитие корневой системы всех сельскохозяйственных культур. Это тип лучших почв Брянской области.

Светло-серые лесные почвы. Наиболее распространены светло-серые лесные почвы в Брянском, Почепском и Жуковском районах. Здесь они занимают переходное положение от дерново-подзолистых почв к серым лесным. Поэтому светло-серые лесные почвы имеют много общих свойств, как в строении профиля, так и по агрохимическим показателям с дерново-подзолистыми почвами.

Профиль светло-серых лесных почв дифференцирован. Мощность гумусового горизонта достигает 20-25 см, оподзолённый горизонт хорошо выражен, белёсой окраски, мощность 10-12 см, иллювиальный горизонт мощный, бурный, ореховато-призматической структуры и уплотнён» (Воробьев, 1993).

«Описываемые почвы чаще всего встречаются по повышенным, хорошо дренированным участкам водоразделов и на их склонах. Формируясь на покровных и лёссовидных суглинках, они обладают только легкосуглинистым гранулометрическим составом.

Светло-серые лесные почвы небогаты гумусом и важнейшими питательными веществами. Среднее количество гумуса в пахотном горизонте этих почв достигает 1,81-2,0 %. Количество гумуса с глубиной уменьшается резко, что сближает данные почвы как по абсолютным запасам гумуса, так и по характеру распространения его с дерново-подзолистыми» (Воробьев, 1993).

«Реакция среды пахотного горизонта в основном слабокислая – pH солевой вытяжки 5,2-5,4, с колебаниями от 4,5 до 6,4. Сумма поглощённых оснований достигает 8,9-11,0 мг-экв на 100 г почвы, а степень насыщенности основаниями 73,2-78,0 %. Содержание подвижных форм фосфора и калия низкое и среднее (на пашне зависит от степени её окультуренности).

Приведённые данные указывают, что плодородие этих почв по сравнению с дерново-подзолистыми возрастает постепенно и агрономические качества остаются ещё невысокими. Однако по сравнению с дерново-подзолистыми сроки окультуривания светло-серых лесных почв сокращаются, плодородие их повышается с меньшими затратами. Применение всех видов органических и минеральных удобрений эффективно.

Серые лесные почвы. Такие почвы занимают обширные территории области, составляют основной пахотный фонд в хозяйствах юго-востока и на массивах ополий по правобережью рек Десны и Судости.

По гранулометрическому составу серые лесные почвы являются крупнопылеватыми лёгкими и средними суглинками. Среднесуглинистые встречаются в основном в Севском, Комаричском, Брасовском и Караблевском районах. Мощность гумусового горизонта достигает 25-35 см, оподзолённый горизонт – 12-15 см. Они серовато-белесоватой окраски, ореховатой структуры, постепенно переходящей в аллювиальный горизонт крупноореховатой структуры, сложения уплотнённого.

Серые лесные почвы обладают хорошими водно-физическими свойствами, однако длительное использование их под пашней привело к разрушению структуры пахотного горизонта и ухудшило его водопроницаемость. При высыхании на поверхности пашни образуется почвенная корка, которая создаёт условия для непродуктивного расхода влаги и нарушает воздушный режим.

В Жуковском, Унечском и Брянском районах серые лесные почвы имеют меньший гумусовый горизонт А и больше оподзолены. Средние данные характеризуют серые лесные почвы как малогумусные. Расхождение в содержании гумуса достигает больших величин – от 1,5 до 5,81 %. Реакция среды слабокислая и близкая к нейтральной, pH солевой вытяжки 5,4-5,9. Сумма поглощённых оснований 14,7-19,5 мг-экв на 100 г почвы. Степень насыщенности основаниями – 75,9-83,1 %. Запасы легкоподвижных соединений фосфора и калия – средние, а на выпаханных участках – низкие. По сравнению с пахотным слоем наблюдается повышенное количество фосфора в подпахотном, а иногда и в иллювиальном горизонтах.

Серые лесные почвы обладают большим плодородием, чем дерново-подзолистые. Их целесообразно глубоко пахать, вовлекая в пахотный горизонт весь горизонт А. Известь применяется в небольших дозах и в зависимости от биологических особенностей возделываемой культуры.

Темно-серые лесные почвы. На территории области такие почвы занимают относительно небольшие площади, встречаясь преимущественно в Севском,

Комаричском, Брасовском, Карабевском, Стародубском и Трубчевском районах. Обычно темно-серые лесные почвы встречаются на плоских равнинах и пологих склонах. Они представлены крупно пылеватыми лёгкими и средними суглинками. Преобладают легкосуглинистые почвы» (Природное районирование.., 1975).

«Особенность профиля темно-серых лесных почв состоит в том, что они глубоко окрашены гумусом, не имеют оподзолённого горизонта и отличаются слабо выраженной иллювиальностью.

Мощность гумусового горизонта достигает 40-45 см, оподзоливание проявляется лишь белесоватым налётом кремнезёма по граням структурных отдельностей в горизонте АВ и темно-коричневыми, глянцевыми илистыми плёнками в иллювиальном горизонте.

Темно-серые лесные почвы по строению профиля и по физико-химическим свойствам приближаются к чернозёмам и вместе с оподзолёнными чернозёмами являются самыми богатыми минеральными почвами области.

Темно-серые лесные почвы в пахотном горизонте содержат 3,90-4,84% гумуса. Но по мере углубления его количество постепенно убывает. Реакция среды близкая к нейтральной, pH солевой вытяжки – 5,6-5,9, с глубиной pH увеличивается. В слое с 80-110 см, в профиле обнаруживаются карбонаты. Сумма поглощённых оснований – 18,3-24,0 мг-экв на 100 г почвы. Степень насыщенности основаниями высокая – 82-86 %.

Обладая наиболее благоприятными агрономическими свойствами, темно-серые лесные почвы интенсивно используются в сельскохозяйственном производстве. Они отзывчивы удобрения, в основном такие почвы нуждаются в азоте и фосфоре, но не требуют известкования.

Сформировавшись на западных склонах Среднерусской возвышенности и на возвышенных правобережьях Десны и Судости, темно-серые лесные почвы, подвержены водной эрозии. Поэтому борьба с эрозией является основным мероприятием по улучшению сельскохозяйственного использования этих почв» (Природное районирование.., 1975).

## 2.1 Почва опытного поля Брянского ГАУ и её агрохимические свойства

По почвенному районированию территории участка опытного поля Брянского ГАУ относится к Украинской провинции серых лесных почв, «Деснянскому округу серых лесных легко и среднесуглинистых почв на лёссовидных суглинках и лёссеах и дерново-подзолистых иллювиально-железистых почв песчаных на древнеаллювиальных и флювиогляциальных отложениях. Основными почвами участка являются серые лесные легкосуглинистые почвы, разной степени эродированности» (Почвенно-геологические условия..., 1984).

«Участок расположен в пределах с. Кокино, Выгоничского района Брянской области (Брянское ополье). Рельеф Брянского ополья представляет собой возвышенную платообразную равнину, резко ограниченную с севера, востока и юго-востока крутым склоном долины Десны» (Природное районирование..., 1975).

Морфологических особенностей почв разрезов 1 и 2 опытного участка описывали по согласно книги (Классификация и диагностика..., 1977).

Для определения морфологических особенностей почв опытного участка, выкопали три разреза в различных элементах рельефа (рис. 2.1).

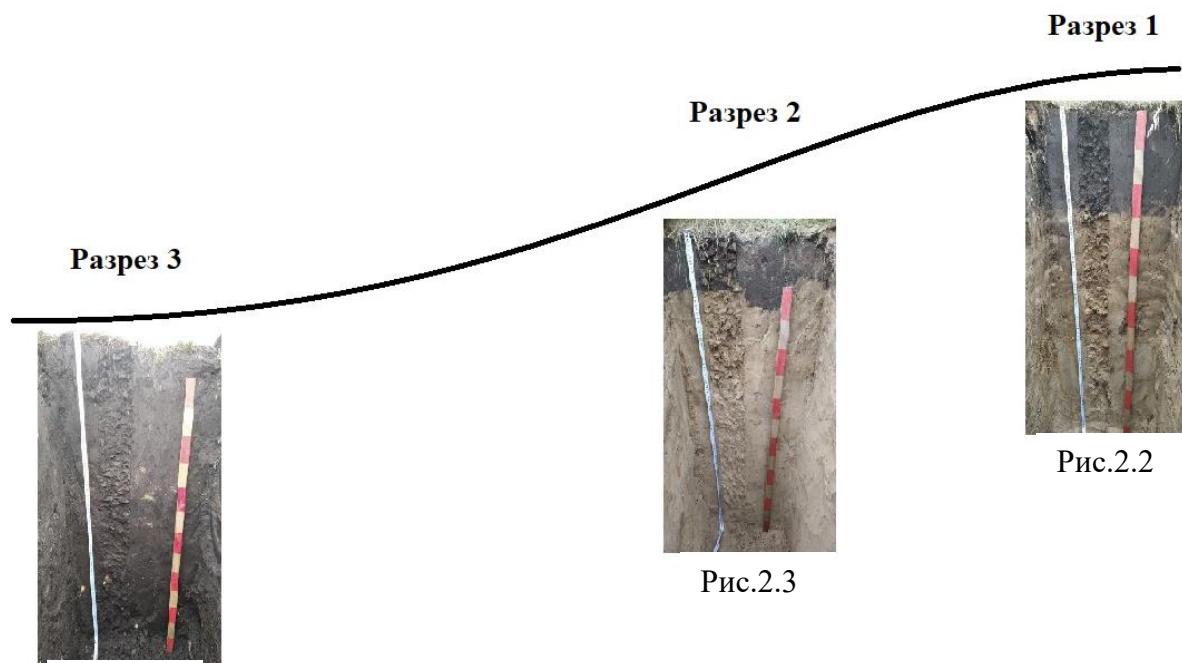


Рисунок 2.1 – Положение разрезов на элементах рельефа

Выявили, что мощность гумусового (пахотного) горизонта почвы на обследованной территории составляет от 15 до 35 см. Ниже плодородного слоя по профилю почвы залегает элювиально-иллювиальный горизонт, переходящий в карбонатный иллювиальный горизонт (рис. 2.2, 2.3, 2.4).



<b>Apax</b>	Пахотный горизонт, серый, мелкокомковато-порошистый, свежий, пористый, слабоуплотнен, среднесуглинистый, переход ровный, резкий.
<b>BA<sub>2</sub></b>	Элювиально-иллювиальный горизонт, бурый с светлыми полосами, мелкоореховатый, свежий, пористый, плотнее предыдущего, среднесуглинистый, пунктуации оксидов марганца, пленки оксидов железа, переход слабоволнистый, резкий по вскипанию.
<b>B</b>	Иллювиальный, светлобурый с ржавыми пятнами, ореховатый, свежий, пористый, уплотнен, среднесуглинистый, карбонатный, вскипание с 75 см, пунктуации оксидов марганца, пленки оксидов железа,

Рисунок 2.2 – Разрез 1. Серая лесная среднесуглинистая окультуренная почва на лёссовидных суглинках

Почвы трансэлювиального и аккумулятивного ландшафта территории характеризуется признаками переувлажнения. В нижней части профиля отмечены пунктуации оксидов марганца и пленки оксидов железа.

При обильном выпадении осадков возможно развитие процессов дефицита кислорода в средней и верхней части почвенного профиля (анаэробиоз), что неблагоприятно скажется на состоянии корневой системы сельскохозяйственных культур.



<b>Апах</b> <u>0-15</u> 15	Пахотный горизонт, серый с бурыми пятнами, мелкокомковато-порошистый, свежий, пористый, слабоуплотнен, среднесуглинистый, переход карманный, резкий.
<b>ВА<sub>2</sub></b> <u>15-45</u> 30	Элювиально-иллювиальный горизонт, бурый с светлыми полосами, мелкоореховатый, свежий, пористый, плотнее предыдущего, среднесуглинистый, пунктации оксидов марганца, пленки оксидов железа, переход слабоволнистый, резкий по вскипанию.
<b>В</b> 45-...	Иллювиальный, светлобурый с ржавыми пятнами, ореховатый, свежий, пористый, уплотнен, среднесуглинистый, карбонатный, вскипание с 75 см, пунктации оксидов марганца, пленки оксидов железа.

Рисунок 2.3 – Разрез 2. Серая лесная среднесуглинистая среднесмытая окультуренная почва на лёссовидных суглинках

Разрез 3, расположенный на аккумулятивном элементе ландшафта, представляет собой антропогенный конструкт, сформированный методом нанесения дополнительной толщи плодородного слоя на естественную почву, с целью выравнивания поверхности участка при описании данного разреза использовали книгу (Классификация и диагностика..., 2024).



<b>Апах</b> <u>0-35</u> 35	Пахотный горизонт, серо-бурый, мелкокомковато-порошистый, свежий, пор мало, слабоуплотнен, среднесуглинистый, переход слабоволнистый, ясный.
<b>A1</b> <u>35-.....</u> ....	Стратифицированный серогумусовый, светло-серый с пятнами бурого цвета, комковатый, влажный, пор мало, уплотнен, среднесуглинистый, пунктуации оксидов марганца, пленки оксидов железа, переход слабоволнистый, ясный

Рисунок 2.4 – Разрез 3. Серая лесная среднесуглинистая намытая окультуренная почва на лёссовидных суглинках.

Показатели агрохимических свойств серой лесной почвы изучали на основе лабораторных анализов почвенных образцов опытного поля Брянского ГАУ, на котором возделывали в период 2022-2024 годов исследования посевы сахарной свёклы, проводили до внесения органического и минерального удобрения.

Агрохимические свойства почвы в зависимости от показателя имели различную изменчивость, которая изменялась в широком диапазоне, от незначительной до значительной, что, по-видимому, связано с происхождением и положением её на рельефе.

Средний показатель обменной кислотности серой лесной почвы опытного поля, на котором возделывалась сахарная свёкла, находился на уровне 5,07 ед., по степени кислотности был слабокислый.

Показатель обменной кислотности, как по повторениям, так и по повторностям изменялся незначительно, коэффициент вариации был ниже 10 %, это говорит, что кислотность не изменялась по повторениям и повторностям (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Некоторые агрохимические свойства серой лесной почвы по повторениям и повторностям и их изменчивость

Вариант	2022 год			V, %	2023 год			V, %	2024 год			V, %
	П1	П2	П3		П1	П2	П3		П1	П2	П3	
обменная кислотность, ед.												
Контроль	5,40	5,17	4,95	4,3	4,98	5,04	4,85	2,0	4,59	4,91	5,10	5,3
Навоз 20 т/га	5,42	5,37	5,00	4,4	5,39	5,28	5,11	2,7	4,76	4,86	4,96	2,1
Навоз 40 т/га	5,49	5,28	5,02	4,5	5,06	5,20	5,08	1,5	4,79	4,87	4,77	1,1
N60P60K60	5,50	5,21	5,10	3,9	5,03	5,03	5,30	3,0	4,85	4,85	4,81	0,5
N90P90K90	5,48	5,29	4,96	5,0	5,06	4,96	5,32	3,6	4,94	4,79	5,17	3,9
N120P120K120	5,27	4,87	4,81	5,0	5,31	5,00	5,12	3,0	4,91	4,98	5,03	1,2
V, %	1,6	3,4	1,9	—	3,3	2,5	3,3	—	2,6	1,3	3,2	—
органическое вещество, %												
Контроль	1,40	1,31	1,65	12,1	1,72	1,91	1,96	6,8	2,02	1,82	1,96	5,3
Навоз 20 т/га	1,50	1,55	1,37	6,3	1,69	1,60	1,78	5,3	1,65	2,49	2,73	24,8
Навоз 40 т/га	1,58	1,93	1,64	10,9	2,10	1,53	1,60	17,8	2,01	2,10	1,81	7,5
N60P60K60	1,44	1,75	1,50	10,5	2,33	2,05	1,68	16,1	1,79	2,13	1,77	10,7
N90P90K90	1,71	1,59	1,74	4,7	1,91	1,30	1,83	19,7	1,84	1,95	1,78	4,6
N120P120K120	1,53	1,46	2,12	21,3	1,68	1,71	2,08	12,2	1,93	1,92	1,96	1,1
V, %	7,2	13,6	15,3	—	13,9	16,0	9,7	—	7,6	11,5	18,3	—
подвижный фосфор, мг/кг												
Контроль	265	295	337	12,1	333	336	392	9,4	322	289	418	19,5
Навоз 20 т/га	267	304	302	7,2	329	330	414	13,6	302	321	378	11,9
Навоз 40 т/га	275	319	299	7,4	310	341	398	12,8	321	342	418	14,2
N60P60K60	276	343	292	11,5	312	349	360	7,4	290	372	371	13,7
N90P90K90	284	334	322	8,3	330	358	357	4,6	272	406	296	22,0
N120P120K120	300	351	309	8,5	356	387	353	5,2	271	409	314	21,3
V, %	4,6	6,8	5,4	—	5,1	5,9	6,8	—	7,7	13,4	14,0	—
подвижный калий, мг/кг												
Контроль	141	200	190	17,8	235	181	280	21,4	230	205	280	16,0
Навоз 20 т/га	151	230	171	22,3	205	215	285	18,5	141	235	200	24,7
Навоз 40 т/га	171	220	181	13,6	171	190	210	10,2	151	220	235	22,2
N60P60K60	171	190	161	8,5	181	195	210	7,4	195	205	190	3,9
N90P90K90	161	215	200	14,5	195	265	250	15,6	131	285	181	39,5
N120P120K120	190	176	141	14,9	195	210	255	14,2	161	265	205	24,8
V, %	10,5	9,8	12,2	—	11,2	14,4	13,2	—	22,3	14,0	17,1	—

Средний показатель органического вещества серой лесной почвы опытного поля, на котором возделывалась сахарная свёкла, находился на уровне 1,79 % или 3,08 % гумуса, почва по обеспеченности которого – средняя.

Показатель органического вещества по повторениям изменялся от незначительного до среднего, коэффициент вариации был в пределах 7,2-18,3 %, а по повторностям изменчивость показателя была от незначительной до значительной, коэффициент вариации был в пределах 1,1-24,8 %, что говорит о пестроте почвенного плодородия по данному показателю (табл. 2.1).

Средний показатель содержания подвижного фосфора серой лесной почвы опытного поля, на котором возделывалась сахарная свёкла, находился на уровне 332 мг/кг, группа почвы по обеспеченности данного элемента в доступной форме – очень высокое.

Показатель содержания подвижного фосфора по повторениям изменялся от незначительного до среднего, коэффициент вариации был в пределах 4,6-14,0 %, а по повторностям изменчивость показателя была от незначительной до значительной, коэффициент вариации был в пределах 4,6-22,0 %, что говорит о пестроте почвенного плодородия по данному показателю (табл. 2.1).

Средний показатель содержания подвижного калия серой лесной почвы опытного поля, на котором возделывалась сахарная свёкла, находился на уровне 202 мг/кг, группа почвы по обеспеченности данного элемента в доступной форме – очень высокое.

Показатель содержания подвижного калия, как по повторениям, так и по повторностям изменялся от незначительной до значительной, коэффициент вариации был в пределах 3,9-39,5 %, что говорит о пестроте почвенного плодородия по данному показателю (табл. 2.1).

## 2.2 Агроклиматические условия опытного поля Брянского ГАУ

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.

В разных погодных и агротехнических условиях в ЦЧР, установлено, что доля влияния в получении урожая корнеплодов сахарной свёклы погодных условий составила 51 %, удобрения – 30 %, обработки почвы – 3% (Боронтов и др., 2023).

В работе В. П. Василько и В. Е. Егояна (2025) показано, что формирование урожайности сахарной свёклы обусловлено значительным влиянием (до 28,6 %) метеорологических факторов, так в сухом 2020 году урожай составил 410,5 ц/га, а в средне влажном 2022 году – 527,7 ц/га

В условиях Республики Башкортостан установлено ежегодное повышение урожайности сахарной свёклы на 9,5 ц/га, что главным образом обусловлено влиянием агроклиматических ресурсов. Осадков в пределах 200-364 мм в течение вегетационного периода формируют урожайность выше тренда, а максимум достигается при сумме осадков 282 мм. В целом увеличение тепловых ресурсов негативно сказывается на формировании урожая сахарной свёклы. Зависимость урожайности от ГТК показывает, что в интервале от 0,77 до 1,46 урожайность сахарной свёклы повышается, и максимум прибавки достигается при величине 1,11 гидротермического коэффициента (Исмагилов, 2024).

В зависимости от агроклиматических условий места возделывания сахарной свёклы температурный режим играет важную роль в росте и развитии культуры, так при температуре 2–5 °C семена только начинают прорастать, при температуре 6–7 °C появляются всходы. При этом с повышением температуры с 10-12 до 15-17 °C снижает время от посева до появления всходов с 12-14 до 7-8 дней. При этом всходы могут выдержать возврат холодов в весенний период, заморозки до -5...-7 °C (Посыпанов и др., 2006).

Температурный оптимум находится в пределах 20-23 °С, при нём фотосинтез и рост наиболее интенсивный, как и накопление сахаров в корнеплодах культуры, при этом накопление сахаров продолжается вплоть до температуры 6 °С даже в осенний период. В период вегетации сахарной свёклы для нормального роста и развития культуры сумма активных температур должна составлять не менее 2300-2500 °С (Овсянников и др. 2000).

В вегетационном опыте при возделывании сахарной свёклы установлено, что в отсутствие холодового стресса обработка кремниевыми препаратами увеличила массу корней и надземных органов сахарной свёклы соответственно на 11-33 и на 5-22 %, а в условиях низкотемпературного стресса обеспечило увеличение массы корней и надземных органов – на 22-44 и на 7-19 % (Гранкина и др., 2022).

Высокие температуры воздуха влияют водный баланс растений, под их действием снижается процесс фотосинтеза и повышается дыхания, в результате чего происходит расход сахаров и снижается рост (Кухмазов, Цибизов, 2019).

Таким образом, сахарная свёкла – культура умеренного климата, способна использовать пониженные положительные температуры весеннего и осеннего сезонов и устойчива к заморозкам.

Для прорастания семян сахарной свёклы необходимо доступ влаги 120-150% от массы клубочков, а также доступ воздуха.

Коэффициент транспирации сахарной свёклы изменяется под действием сочетания различных режимов и факторов среды и в разные фазы вегетации растения варьирует в пределах 240-400. Создание значительной массы сухого вещества сахарной свёклы увеличивает расход воды посевами, при этом наблюдается экономное расходование влаги растениями сахарной свёклы. При урожайности корнеплодов на уровне 400-500 ц/га расходуется 3-4 т/га воды. Приёмы накопления и сохранения влаги в почве имеют большое значение в получении высоких урожаев корнеплодов, поэтому сахарная свёкла хорошо отзывается на орошение (Сахарная свёкла, 2000).

В условиях орошения дерново-подзолистых легкосуглинистых почв при возделывании сахарной свёклы максимальная урожайность наблюдалась на вари-

анте с нижней границей регулирования влажности 70 % НВ в слое 0-40 см (Набздоров, 2022).

В условиях Предуральской степной зоне Башкортостана при возделывании сахарной свёклы орошение является высокоэффективным приёмом, который увеличивает урожайность корнеплодов в 2,4 раза по сравнению с возделыванием без орошения (Жигулов и др., 2021).

В условиях неустойчивого увлажнения Краснодарского выявлено, что рациональность использования влаги растениями сахарной свёклы улучшалась при проведении глубоких основных обработок почвы и улучшении режима питания (Кравченко и др., 2024).

В условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья системы обработки оказывают неодинаковое влияние на запас продуктивной влаги метрового слоя почвы. «Наибольшая урожайность 44,52 т/га корнеплодов при возделывании сахарной свёклы обусловлена применением отвальной системой обработки почвы, безотвальная и минимально мелкая системы достоверно снижают урожайность соответственно на 3,33 и 5,43 т/га» (Колесов и др., 2024).

Критический период в значении воды для сахарной свёклы наступает в июле-августе – время усиленного роста растения, для этого влажность почвы должна быть не менее 65-85% наименьшей влагоёмкости.

При этом разные сорта сахарной свёклы по-разному реагируют на условия увлажнения, что подтверждается исследованиями в контрастных условиях увлажнения ЦЧР вегетационных периодов в 2022-2024 годов, когда различные гибриды сахарной свёклы по-разному реагировали на условия увлажнения, РМС 120 – в наименьшей степени, РМС 127 – в наибольшей степени (Минакова, 2025).

В критические годы по степени увлажнения урожайность корнеплодов сахарной свёклы снижается в меньшей мере в сравнении с другими полевыми культурами, что связано с глубоким проникновением до 2 м в почву корней. Так как вегетационный период сахарной свёклы длинный, поэтому она способна пользоваться влагой полученной из поздних летних осадков (Овсянников и др. 2000).

Таким образом, сахарная свёкла противоречивая культура, с одной стороны ей необходимо много воды, с другой она отличается засухоустойчивостью.

В условиях Республики Беларусь проведён анализ влияния метеоусловий на урожайность корнеплодов сахарной свёклы. Установлено, что выпадение оптимального количества осадков за тёплый период значительно увеличивается урожайность от 360 до 430 ц/га. Осадки, выпавшие не в нужную фазу для растения, влекут потери урожая. В основной период роста сахарной свёклы (август) засуха и длительная жаркая погода вызывает устойчивое увядание и преждевременное пожелтение листьев, которая повлекла в 2015 году получения урожайности на уровне 184 ц/га в Могилевской области и 330 ц/га в целом по Республики Беларусь (Набздоров, 2021).

«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» (Агроклиматические ресурсы..., 1972), при этом почвы почвам по плодородию отличаются незначительно (Воробьев и др., 1995; Прудников и др., 2007).

Различия между I и II агроклиматическими районами носит следующий характер: разница между суммой положительных температур «за период с температурой 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 выпадает в I агроклиматическом районе в среднем на 55 мм больше» (Агроклиматические ресурсы..., 1972).

Исходя из этого, можно делать вывод, что I агроклиматический район менее благоприятен по обеспечению теплом и более благоприятен по обеспечению влагой полевых культур в сравнении с II районом.

«В состав I агроклиматического района Брянской области входят следующие административные районы: Дубровский, Дятьковский, Клетнянский, Жуковский, Брянский, Каравеевский, Мглинский, северные части Красногорского, Суражского, Почепского, Навлинского и Брасовского» (Агроклиматические ресурсы..., 1972).

В своей работе Е.В. Просянников с соавторами указывает на благоприятность «климата Брянской области для возделывания основных полевых культур с целью получения стабильно высоких урожаев продукции растениеводства, несмотря на ряд негативных явлений возможных в вегетационный период: переменчивость погоды, возврат холодов весной, поздние заморозки, ливневые дожди, изредка засушливые годы» (Просянников и др., 2021).

Температура воздуха за годы исследований по данным метеорологического поста Брянского ГАУ изменялась по месяцам и в целом за вегетационный период (рис. 2.5).

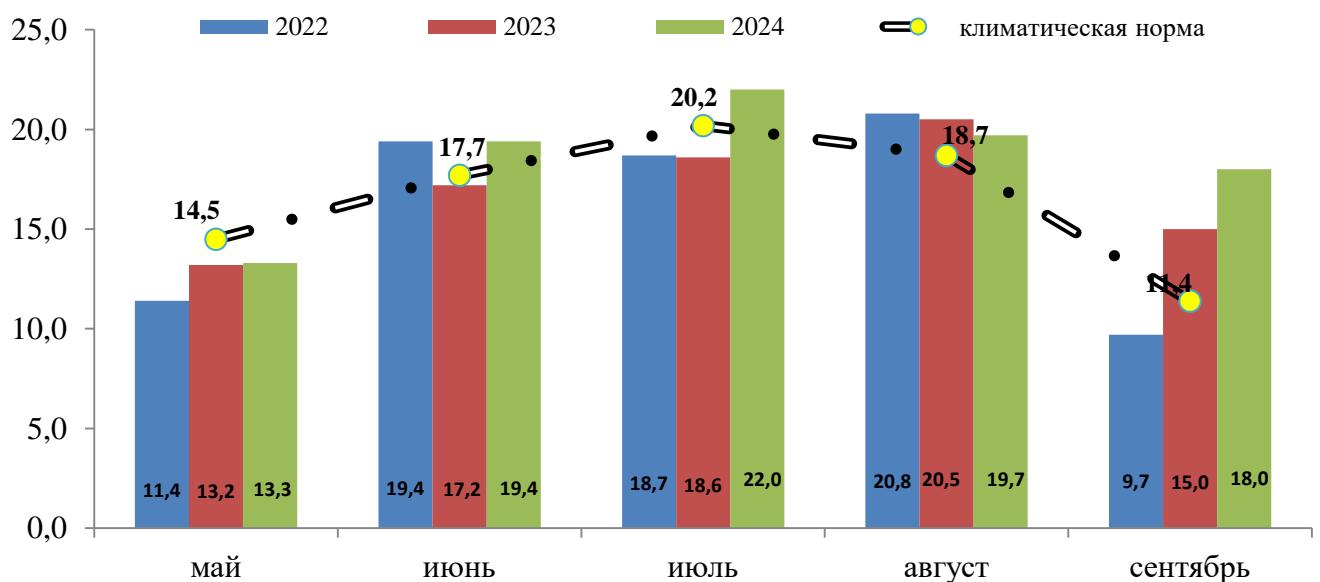


Рисунок 2.5 – Температуры воздуха опытного поля Брянского ГАУ в период исследований и их климатическая норма, °С (по данным метеорологического поста Брянского ГАУ)

Май, период посева сахарной свёклы, характеризовался различными показателями температуры воздуха за годы исследования, 2022 года был самым холодным в сравнении с 2023 и 2024 годами, которые в свою очередь были холоднее климатической нормы, по годам температура воздуха месяца колебалась в пределах 11,4-13,3 °C, при норме 14,5 °C.

Июнь, период образования настоящих листьев сахарной свёклы, характеризовался различными показателями температуры воздуха за годы исследования,

2023 года был сопоставим с климатической нормой, но холоднее в сравнении с 2022 и 2024 годами, по годам температура воздуха месяца колебалась в пределах 17,2-19,4 °C, при норме 17,7 °C.

Июль, период образования настоящих листьев сахарной свёклы, характеризовался различными показателями температуры воздуха за годы исследования, 2024 года был теплее климатической нормой и 2022 и 2023 годами, которые в свою очередь были холоднее климатической нормы, по годам температура воздуха месяца колебалась в пределах 18,6-22,0 °C, при норме 20,2 °C.

Август, период смыкание рядов сахарной свёклы, критический период нарастания биомассы, характеризовался различными показателями температуры воздуха за годы исследования, 2022 года был жарче в сравнении с 2023 и 2024 года, которые в свою очередь были теплее климатической нормы, по годам температура воздуха месяца колебалась в пределах 18,7-20,8 °C, при норме 18,7 °C.

Сентябрь, нарастание корнеплодов, критический период нарастания биомассы, характеризовался различными показателями температуры воздуха за годы исследования, 2024 года был жарче 2023 и 2022 годов, при этом только температура воздуха 2022 года была ниже климатической нормы, по годам температура воздуха месяца колебалась в пределах 9,7-18,0 °C, при норме 11,4 °C.

По средней температуре воздух вегетационного периода года исследования расположились в следующий возрастающий ряд 2022 (16,0 °C) → 2023 (17,0 °C) → 2024 (18,7 °C) при климатической норме 16,5 °C.

В статье А. П. Лихацевича с соавторами (2022) показана модель связи урожайности корнеплодов сахарной свёклы и двух факторов (пищевой режим и влага), которая установила, что наибольшее влияние на урожайность оказывают атмосферные осадки, выпадающие в начале вегетации (май - июнь).

В условиях в ЦЧР наибольшая 48,3–48,5 т/га урожайность корнеплодов сахарной свёклы получена при разноглубинной отвальной и комбинированной обработках почвы в севообороте, применении удобрения и высоком увлажнении почвы (Боронтов и др., 2023).

«В условиях Краснодарского края установлена статистическая зависимость урожайности сахарной свёклы от уровня обеспеченности во влаге в июле и августе» (Сайфетдинов, Сайфетдинова, 2024).

Количество выпавших осадков за годы исследований по данным метеорологического поста Брянского ГАУ изменилось по месяцам и в целом за вегетационный период (рис. 2.6).

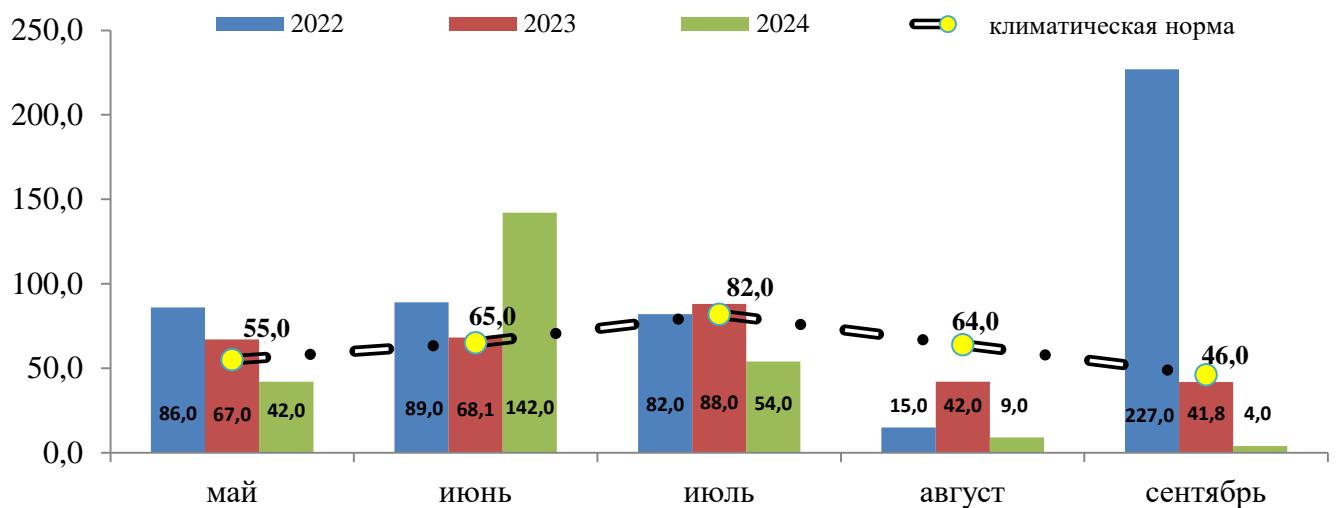


Рисунок 2.6 – Количество выпавших осадков в период исследований на опытном поле Брянского ГАУ и их климатическая норма, мм (по данным метеорологического поста Брянского ГАУ)

Май, период посева сахарной свёклы, характеризовался различными показателями количества выпавших осадков за годы исследования. 2022 год был самым дождливым в сравнении с 2023 и 2024 годами, при этом только в 2024 году осадков выпало меньше климатической нормы, по годам количество выпавших осадков за месяц колебалось в пределах 42,0-86,0 мм, при норме 55,0 мм.

Июнь, период образования настоящих листьев сахарной свёклы, характеризовался различными показателями количества выпавших осадков за годы исследования. 2024 год был самым дождливым в сравнении с 2022 и 2023 годами, которые по количеству выпавших осадков превосходили климатическую норму, по годам количество выпавших осадков за месяц колебалось в пределах 68,1-142,0 мм, при норме 65,0 мм.

Июль, период образования настоящих листьев сахарной свёклы, характеризовался различными показателями количества выпавших осадков за годы исследования. 2023 год был самым дождливым в сравнении с 2022 и 2024 годами, количество выпавших осадков было ниже климатической нормы, по годам количество выпавших осадков за месяц колебалось в пределах 54,0-88,0 мм, при норме 82,0 мм.

Август, период смыкание рядов сахарной свёклы, критический период нарастания биомассы, характеризовался различными показателями количества выпавших осадков за годы исследования. 2023 год был самым дождливым в сравнении с 2022 и 2024 годами, количество выпавших осадков которых было ниже климатической нормы, по годам количество выпавших осадков за месяц колебалось в пределах 9,0-42,0 мм, при норме 64,0 мм.

Сентябрь, нарастание корнеплодов, критический период нарастания биомассы, характеризовался различными показателями количества выпавших осадков за годы исследования. 2022 год был самым дождливым в сравнении с 2023 и 2024 годами, количество выпавших осадков которых было ниже климатической нормы, по годам количество выпавших осадков за месяц колебалось в пределах 4,0-227,0 мм, при норме 46,0 мм.

По количеству осадков выпавших за вегетационный период года исследования расположились в следующий возрастающий ряд 2024 (251,0 мм) → 2023 (306,9 мм) → 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.

Гидротермический коэффициент, показатель оценки условия увлажнения территории, который зависит от количества выпавших осадков к температуре воздуха за вегетационный период, за годы исследований по данным метеорологического поста Брянского ГАУ изменялся по месяцам и в целом за вегетационный период (рис. 2.7).

Май, период посева сахарной свёклы, характеризовался различными условиями увлажнения за годы исследования. 2022 и 2023 года по величине ГТК были

избыточно влажными, 2024 год – слабо засушливый, по годам величина ГТК за месяц колебалось в пределах 1,1-2,5 ед., при норме 1,3 ед.

В условиях Центрального Черноземья при возделывании сахарной свёклы выявлено увеличение урожайности корнеплодов с возрастанием гидротермического коэффициента (Вострикова, Богомолов, 2024).

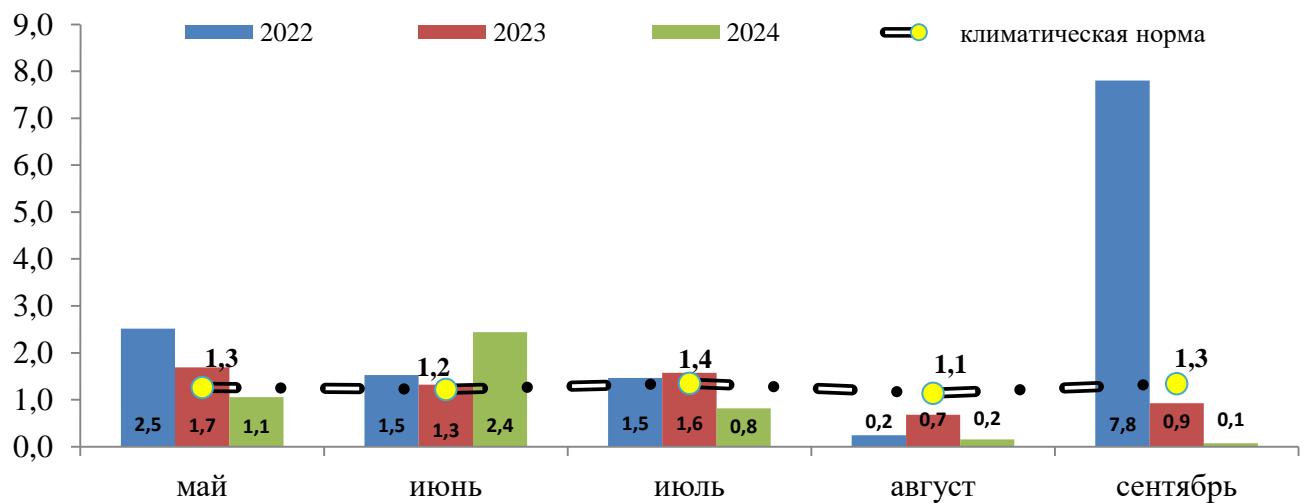


Рисунок 2.7 – Гидротермический коэффициент в период исследований на опытном поле Брянского ГАУ и его климатическая норма, ед. (по данным метеорологического поста Брянского ГАУ)

Июнь, период образования настоящих листьев сахарной свёклы, характеризовался различными условиями увлажнения за годы исследования. 2022 и 2023 года по величине ГТК были влажными, 2024 год – избыточно влажным, по годам величина ГТК за месяц колебалось в пределах 1,3-2,4 ед., при норме 1,2 ед.

Июль, период образования настоящих листьев сахарной свёклы, характеризовался различными условиями увлажнения за годы исследования. 2022 и 2023 года по величине ГТК были влажными, 2024 год – засушливый, по годам величина ГТК за месяц колебалось в пределах 0,8-1,6 ед., при норме 1,4 ед.

Август, период смыкание рядов сахарной свёклы, критический период нарастания биомассы, характеризовался различными условиями увлажнения за годы исследования. 2022 и 2024 года по величине ГТК были сухими, 2023 год – очень засушливый, по годам величина ГТК за месяц колебалось в пределах 0,2-0,7 ед., при норме 1,1 ед.

Сентябрь, нарастание корнеплодов, критический период нарастания биомассы, характеризовался различными условиями увлажнения за годы исследования. 2022 год по величине ГТК был избыточно влажным, 2023 год – засушливый, а 2024 – сухой, по годам величина ГТК за месяц колебалась в пределах 0,1-7,8 ед., при норме 1,3 ед.

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 части Брянской области в целом были благоприятны для формирования достаточно высокой и стабильной урожайности корнеплодов сахарной свёклы.

### 2.3 Место, методика и методы исследования

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 под посевом сахарной свёклы – серая лесная, средние величины агрохимические свойства пахотного горизонта следующие: 3,08 % – гумус (по Тюрину), 5,07 ед. –  $pH_{обм.}$ , 332 и 202 мг/кг соответственно  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (по Кирсанову).

При возделывании сахарной свёклы использовали типичную для региона исследования обработку почвы (Ториков, Мельникова, 2023), от которой, по мнению многих учёных, зависит величина урожая корнеплодов.

В условиях неустойчивого увлажнения Краснодарского края на чернозёме обыкновенном отвальная вспашка способствовала формированию корнеплодов

оптимального размера с максимальным количеством крупных корнеплодов (более 800 г) – 33 %. Чизельная обработка привела к снижению урожайности гибрида Федерика на 7,4 т/га по сравнению с отвальной вспашка. Дисковое лущение обуславливает наименьшую урожайность, которая на 20,8 т/га ниже в сравнении с отвальной вспашке (Кравченко и др., 2025).

В условиях центральной зоны Краснодарского края беспестицидная технология возделывания сахарной свёклы обеспечивает наибольшую прибавку сбора сахара по отношению к экстенсивной технологии на 4,2 ц/га (4,9%). Экологически допустимая технология возделывания культуры способствовала снижению сбора сахара на 3,4%, а интенсивная – на 6,5% по сравнению с экстенсивной технологии (Калашников и др., 2022).

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

В работе авторов показано, что снижение норм гербицидов с прилипателем СТИКК при «возделывании сахарной свёклы обеспечивает получение урожая корнеплодов на уровне 44,8-46,4 т/га (при полной норме гербицидов 44,2-46,4 т/га) с высоким содержанием сахара 17,0-17,7 %» (Гамуев и др., 2025).

Сорная растительность, без средств защиты растения, в наибольшей мере снижает до 80 % урожайность сахарной свёклы (Москаleva и др., 2025).

В условиях центральной зоны Краснодарского края при возделывании гибридов сахарной свёклы отечественной и зарубежной селекции выявлено, что применение гербицидов как по фону основного удобрения (средняя норма), так при повышенном уровне плодородия почвы обеспечивают лучший выход белого сахара с 1 га посевов (Кравцов и др., 2025).

«Сорная растительность не только снижает урожайность сахарной свёклы, но и ухудшает качество корнеплодов» (Москалева и др., 2025).

В условиях центральной зоны Краснодарского края при возделывании гибридов сахарной свёклы отечественной и зарубежной селекции выявлено преимущество вариантов применения химических мер борьбы с сорняками на повы-

шенном фоне плодородия почвы или с внесением удобрений на исходном фоне (Кравцов и др., 2025).

В условиях Брянская область на серых лесных почвах определена незначительная поражённость церкоспорозом отечественных гибридов сахарной свёклы, исследуемые корнеплоды имели сахаристость выше 16,5 % (Сычева, Сычев, 2023)

В статье Э. В. Засориной с соавторами (2024) показано, что гибриды сахарной свёклы иностранной селекции по-разному адаптируются к условиям Центрального Черноземья. Гибрид Рекордина компании KWS формировал урожайность по годам исследования варьировала 66,4-72,5 т/га, что выше контроля на 7,0-7,2 т/га. Гибрид Армеса компании Hilleshog формирует урожайность на 1,6-3,5 т/га в зависимости от года исследования выше контроля.

Сахарную свёклу иностранного сорта Марино, семена которой были обработаны фунгицидами Тирам и Гимексазол и инсектицидами Тиаметоксам и Тифлутрин высевали в физически спелую почву в первой декаде мая (рис. 2.8), в первой декаде октября проводили уборку урожая корнеплодов – поделяночно, вручную.

В условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья установлено влияние сроков уборки сахарной свёклы на урожай, «уборка корнеплодов в третьей декаде августа обуславливает самую низкую урожайность – 31,71-36,12 т/га, уборка в третьей декаде сентября – 38,14-44,60 т/га, уборка в третьей декаде октября – 48,67-51,92 т/га» (Колесов и др., 2024).

В статье авторов показано, что «при возделывании сахарной свёклы ранний срок уборки корнеплодов (в начале августа) ведёт к недополучению 15-20 % возможного урожая» (Логвинов и др., 2023)

В условиях Липецкой области исследовали перспективные гибриды сахарной свёклы: Тибул, Гуннар и БТС 7160. В результате установили, что для ранних сроков уборки в хозяйствах целесообразно возделывать гибрид сахаристого направления Тибул, который отличался низкой продуктивностью, но самым высоким содержанием сахара в корнеплодах (19,74%). Возделывая гибрид БТС 7160

можно получить 8,31 т/га сахара, что больше, чем от гибридов Тибул и Гуннар, на 470 и 450 кг/га соответственно (Гулидова, Захаров, 2024).



Рисунок 2.8 – Посев сахарной свёклы

В условиях Среднего Поволжья установлено влияние сроков уборки сахарной свёклы на сахаристость корнеплодов, уборка корнеплодов в третьей декаде августа обуславливает сахаристость 17,60-17,92 %, уборка в третьей декаде сентября – 18,65-19,16 %, уборка в третьей декаде октября – 18,37-18,83 % (Колесов и др., 2024).

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

годы испытаний в полевых условиях региона очень слабо поражался корневыми гнилями, мучнистой росой, церкоспорозом, средне - корнеедом. По данным оригиналатора, гибрид обладает высоким урожаем сахара. Корнеплод имеет конически-овальную форму с низкой прилипаемостью почвы. Погруженность до 85%. Хорошо извлекаем при уборке любыми типами уборочных машин. Прямостоячий листовой аппарат среднего размера зелёного цвета с небольшой розеткой. Имеет хороший баланс между высоким урожаем корнеплодов и высоким содержанием сахара при строгом соблюдении технологии выращивания. Особенности: устойчив к ризомании и церкоспорозу, толерантен к рамуляриозу; отличается высокой адаптационной способностью к различным почвенно-климатическим зонам; рекомендован для всех сроков уборки.

Органические (навоз, перепревший, содержание азота – 0,54 %, фосфора – 0,25 % и калия 0,61 %) (рис. 2.9) и минеральные удобрения (аммиачная селитра и диаммофоска) (рис 2.10) вносили полной нормой в соответствии со схемой полевого опыта в один приём весной под культивацию перед посевом. В течении веге-

тации растения проводили вручную две обработки комплексом микроэлементов на основе янтарной кислоты (хелатирующее вещество) (3 л/га).



Рисунок 2.9 – Внесение минерального удобрения

Схема полевого опыта предусматривала применения следующих норм удобрения: 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 м<sup>2</sup>, 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).

Почвенно-агрохимическое обследование опытного поля было проведено в на выделенном участке (рис. 2.11) площадью 11409 м<sup>2</sup>. При отборе объединённых почвенных проб (25–30 индивидуальных, отобранных пробоотборником почвенным тростевым на глубину 0-20 см), использовался метод маршрутных ходов, которые прокладывались по средней линии каждой опытной делянки.

Масса объединённой пробы около 300 г. Отбор объединённых проб почвы проводили с каждой элементарного участка (повторности).



Рисунок 2.10 – Внесение органического удобрения

Отбор почвенных проб проводили согласно действующему ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб».

В почвенных образцах, по общепринятым методикам определяли: обменную кислотность, органическое вещество, подвижные формы фосфора и калия (Практикум по агрохимии, 2001).

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.

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

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

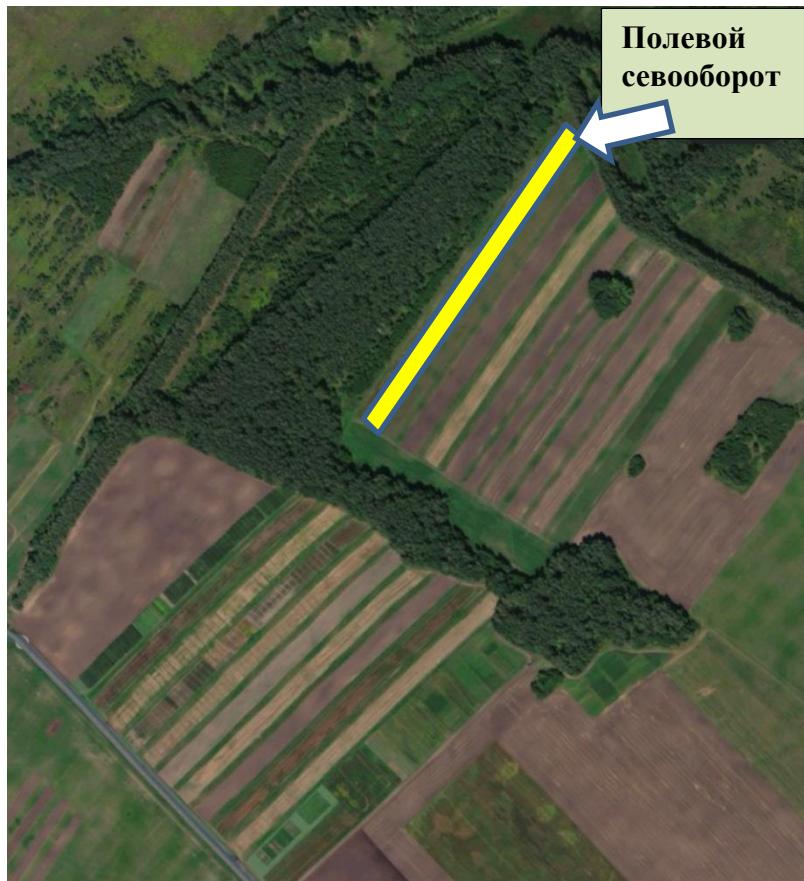


Рисунок 2.11 – Опытное поле Брянского ГАУ, место проведения исследований

В работе определяли теоретически возможную урожайность (по приходу фотосинтетически активной радиации, гидротермическим условиям и почвенно-му 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, вариационного и корреляционного анализов с применением персонального компьютера (Доспехов, 1985).

Расчёт 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

### 3.1 Теоретически возможная урожайность корнеплодов сахарной свёклы в условиях I агроклиматического района Брянской области

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 (Шатилов, 1973; Ничипорович, 1977; Шатилов, Каюмов, 1978; Шатилов, Чудновский, 1980; Бондаренко и др., 1986).

«Почвенно-климатические условия I агроклиматического района Брянской области в различной степени оказывают влияние на формирования возможной урожайности корнеплодов посевов сахарной свёклы (табл. 3.1). 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 применяли 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» (Смольский и др., 2023).

«По гидротермическим условиям определена теоретически возможная урожайность корнеплодов сахарной свёклы на уровне 50,4 т/га. При расчёте применя-

ли средние агроклиматические показатели за последние 25 лет (климатическая норма)» (Смольский и др., 2023). В настоящее время наблюдается тренд в увеличении термических условий и сохранении выпадения осадков, что является резервом для повышения урожайности сахарной свёклы по данному показателю (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Потенциал продуктивности I агроклиматического района Брянской области при возделывании сахарной свёклы

Показатель	Урожайность, т/га
Фотосинтетически активная радиация (ФАР)	47,2
Гидротермический показатель	50,4
Плодородие почвы	
по содержанию азота	30,2
по содержанию фосфора	64,7
по содержанию калия	30,9

«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» (Смольский и др., 2023).

«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» (Смольский и др., 2023) .

«Содержание элементов питания (NPK) в серой лесной почве опытного поля Брянского ГАУ потенциально формирует урожайность на уровне 30–64 т/га корне-

плодов сахарной свёклы (табл.3.1). Однако при возделывании культуры в полевом севообороте урожай получили ниже на уровне 18,3 т/га (рис. 3.1), что является ниже потенциальной урожайности по обеспеченности азотом и калием в 1,6 раза. Повидимому, это связано с тем, что экологические факторы возделывания (кислотность, содержание гумуса, количество выпавших осадков и другие) в период вегетации негативно влияли на формирование продуктивности» (Смольский и др., 2023).

### 3.2 Эффективность удобрения в формировании урожая корнеплодов сахарной свёклы в изменяющихся почвенно-климатических условиях

Почвенно-климатические условия годов исследования, биология сорта сахарной свёклы Марино, а также особенности обработки почвы и применения средств защиты растения обуславливают варьирования урожая корнеплодов 14,9-21,8 т/га. Наиболее оптимальные факторы окружающей среды при возделывании культуры сформировались в 2023 году, когда выявили наибольшую 21,8 т/га урожайность, а в 2024 году факторы окружающей среды лимитировали рост и развитие культуры, что отразилось в получении минимальной урожайности 14,9 за период исследования. Обнаружили, что при возделывании сахарной свёклы в изменяющихся условиях окружающей среды в зависимости от климатических условий урожайность корнеплодов по годам может различаться до 1,5 раз (табл. 3.2).

В зависимости от почвенно-климатических условий годов исследования при возделывании сахарной свёклы влияние удобрения на урожайность корнеплодов существенно различалось.

Применение органического удобрения в норме 20 т/га при возделывании сахарной свёклы увеличивает урожайность корнеплодов в зависимости от почвенно-климатических условий года исследования от 17,2 до 36,8 т/га в сравнении с контрольным вариантом. Достоверное повышение урожая сахарной свёклы под действием 20 т/га навоза выявили в почвенно-климатических условиях 2022 и 2023 годов, а в 2024 году наблюдали лишь тенденцию к повышению.

Таблица 3.2 – Влияние удобрения на урожайность корнеплодов сахарной свёклы в зависимости от условий года исследования, т/га

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год
Контроль	18,1	21,8	14,9
Навоз 20 т/га	24,2	36,3	17,2
Навоз 40 т/га	30,8	51,8	23,5
N60P60K60	25,7	55,3	23,6
N90P90K90	31,4	67,4	29,2
N120P120K120	38,4	77,4	33,8
<b><i>HCP<sub>05</sub></i></b>	<b><i>4,8</i></b>	<b><i>13,3</i></b>	<b><i>4,4</i></b>

Применение органического удобрения в норме 40 т/га при возделывании сахарной свёклы достоверно увеличивает урожайность корнеплодов вне зависимости от почвенно-климатических условий года исследования от 23,5 до 51,8 т/га в сравнении с контрольным вариантом и вариантом применения 20 т/га навоза.

Обнаружили, что применение возрастающих норм органического удобрения при возделывании сахарной свёклы в изменяющихся условиях окружающей среды в зависимости от климатических условий урожайность корнеплодов по годам может различаться до 2,1-2,2 раза.

Применение минерального удобрения в норме N60P60K60 при возделывании сахарной свёклы достоверно увеличивает урожайность корнеплодов в зависимости от почвенно-климатических условий года исследования от 23,5 до 55,3 т/га в сравнении с контрольным вариантом. Установили достоверное повышение урожая сахарной свёклы под действием N60P60K60 в почвенно-климатических условиях 2023 и 2024 годов в сравнении с вариантом применения 20 т/га навоза, а в 2022 году наблюдали лишь тенденцию к повышению. При этом в почвенно-климатических условиях 2023 и 2024 годов наблюдали лишь тенденцию к повышению урожая сахарной свёклы под действием N60P60K60 в сравнении с вариантом применения 40 т/га навоза, а в 2022 году наблюдали достоверное снижение.

Применение минерального удобрения в норме N90P90K90 при возделывании сахарной свёклы достоверно увеличивает урожайность корнеплодов в зависимости

от почвенно-климатических условий года исследования от 29,2 до 67,4 т/га или в 2,0-3,1 раза в сравнении с контрольным вариантом и в 1,7-1,9 раза в сравнении с вариантом применения 20 т/га навоза. Установили достоверное повышение урожая сахарной свёклы под действием N90P90K90 в почвенно-климатических условиях 2022 и 2024 годов в сравнении с вариантом применения N60P60K60, а в 2023 году наблюдали лишь тенденцию к повышению. При этом в почвенно-климатических условиях 2022 года наблюдали лишь тенденцию к повышению урожая сахарной свёклы под действием N90P90K90 в сравнении вариантом применения 40 т/га навоза, а в 2023 и 2024 годах наблюдали достоверное повышение.

Применение минерального удобрения в норме N120P120K120 при возделывании сахарной свёклы достоверно увеличивает урожайность корнеплодов в зависимости от почвенно-климатических условий года исследования от 33,8 до 77,4 т/га или в 2,3-3,6 раза в сравнении с контрольным вариантом. Установили достоверное повышение урожая сахарной свёклы под действием N120P120K120 в почвенно-климатических условиях годов исследования в сравнении с вариантами применения органического удобрения (20-40 т/га) и применением N60P60K60. При этом в почвенно-климатических условиях 2023 года наблюдали лишь тенденцию к повышению урожая сахарной свёклы под действием N120P120K120 в сравнении вариантом применения N90P90K90, а в 2022 и 2024 годах наблюдали достоверное повышение.

Обнаружили, что применение возрастающих норм минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы в изменяющихся условиях окружающей среды в зависимости от климатических условий урожайность корнеплодов по годам может различаться при минимальном использовании 2,2 раза, при максимальном использовании 2,3 раза.

Таким образом, в результате анализа полученных данных по действию удобрения на посевы сахарной свёклы в изменяющихся почвенно-климатических условиях годов исследования установили, что наиболее полно органические и минеральные удобрения разрывали потенциал культуры в 2023 году, когда урожайность корнеплодов была наибольшей соответственно 51,8 и 77,4 т/га. Разница

в благоприятный год между максимальной урожайностью под действием органического и минерального удобрения составила 1,5 раза, а в наименее благоприятный год составила 1,4 раза, что говорит об эффективности применения удобрений в различных условиях среды. При этом установили, что на эффективность органического и минерального удобрения влияли почвенно-климатические условия, так разница максимальной урожайности под действием органического и минерального удобрения в сравнении с контрольным вариантами соответственно составила 2,4 и 3,5 раза, а в наименее благоприятный год соответственно составила 1,6 и 2,4 раза. Использование органического удобрения менее подвержено влиянию почвенно-климатических условий.

Средний показатель урожайности корнеплодов сахарной свёклы, который охватывает различные почвенно-климатические условия годов исследования, наиболее полно отражает потенциал урожайности территории первого агроклиматического района Брянской области и влияния органического и минерального удобрения в изменяющихся условиях на урожайность культуры.

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. 3.1), по данным Союзроссахара средняя урожайность сахарной свёклы по Российской Федерации за 2024 год составила 38,3 т/га.

В среднем за годы исследования 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.

В среднем за годы исследования 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.

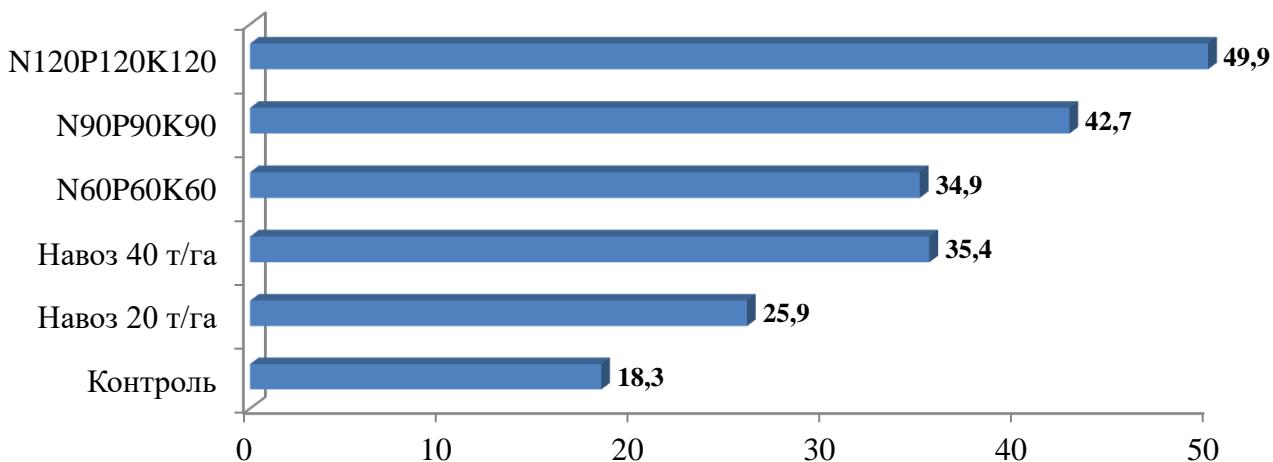


Рисунок 3.1 – Влияние органического и минерального удобрения на урожайность корнеплодов сахарной свёклы, т/га ( $HCP_{05} = 14,5$ ) (средний показатель за 2022-2024 года исследования)

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

Итак, климатические условия первого агроклиматического района Брянской области в среднем за период исследования при возделывании сахарной свёклы на серой лесной почве формируют 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.

Внешний вид средних образцов корнеплодов 2023 года исследования в зависимости от применения норм удобрения представлены на рисунке 3.2, из которого видно, что с увеличением уровня минерального питания растёт как корнеплод, так и наземная биомасса, что отражается в урожайности, что подтверждает корреляционный анализ (табл. 3.3).



Рисунок 3.2 – Фото корнеплодов сахарной свёклы в зависимости от норм удобрения в 2023 году исследования

Средние показатели морфологических признаков корнеплодов 2023 года исследования в зависимости от применения норм удобрения представлены на рисунке 3.3.

Почвенно-климатические условия первого агроклиматического района Брянской области в среднем за годы исследования формируют корнеплоды сахарной свёклы сорта Марино с массой ботвы 0,30 кг, длиной корнеплода 22,3 см и шириной головки 5,6 см (рис. 3.3).

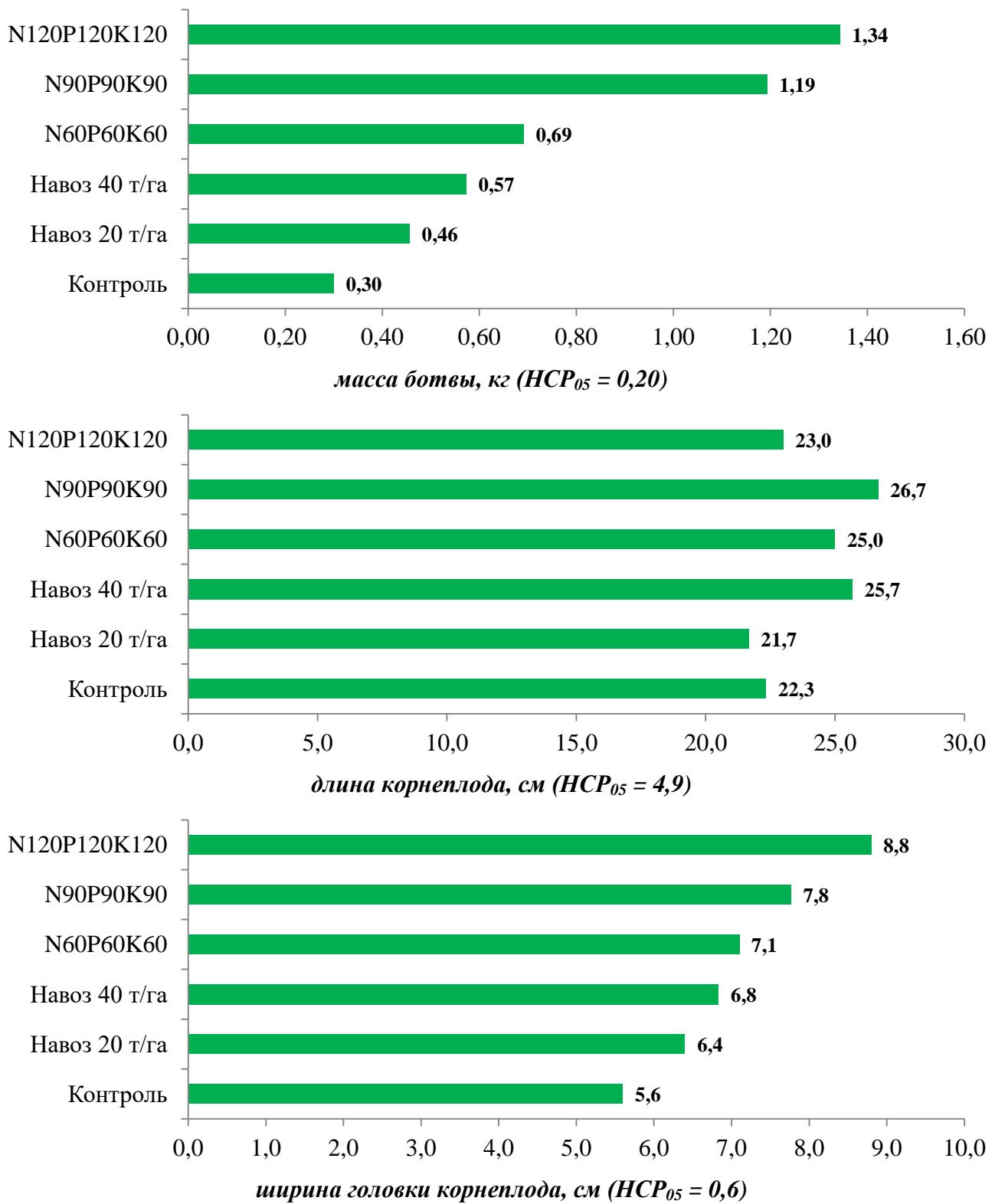


Рисунок 3.3 – Морфологические показатели корнеплода сахарной свёклы 2023 год исследования, среднее по повторностям

В среднем за годы исследования применение возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения обуславливало увеличения массы ботвы корнеплода

сахарной свёклы от 0,46 до 0,57 кг в сравнении с контрольным вариантом. Выявили, что различные нормы навоза по разному влияли на изменения среднего показателя, применение 20 т/га вело к тенденции повышения, а 40 т/га достоверно повышало.

Изменение средней длины корнеплода существенно не зависела от норм применения органического удобрения. Использование возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения достоверно увеличивало ширину головки корнеплода сахарной свёклы от 6,4 до 6,8 см в сравнении с контрольным вариантом, существенной разницы между нормами навоза в изменении показателя не выявили.

В среднем за годы исследования применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения обуславливало достоверное увеличения средней массы ботвы корнеплода сахарной свёклы от 0,69 до 1,34 кг в сравнении с контрольным вариантом. Изменение средней длины корнеплода существенно не зависела от норм применения минерального удобрения. Использование возрастающих норм минерального удобрения достоверно увеличивало ширину головки корнеплода сахарной свёклы от 7,1 до 8,8 см в сравнении с контрольным вариантом, выявили существенную разницу между нормами минерального удобрения в изменении показателя.

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 (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Корреляционный анализ урожайности и морфологических показателей корнеплода сахарной свёклы 2023 год исследования ( $n = 18$ )

Показатель	Коэффициент корреляции
Масса ботвы, кг	0,90
Длина корнеплода, см	0,23
Ширина головки корнеплода, см	0,84

Установили, что в среднем за годы исследования при возделывании сахарной свёклы увеличение норм органического и минерального удобрения ведёт к росту прибавки урожайности корнеплодов. При этом обнаружили, что если от 20 т/га навоза прибавка урожая составила 7,6 т/га, прирост от контрольного варианта 42 %, то от 40 т/га прибавка урожая – 17,1 т/га, прирост от контрольного варианта 93 %, то есть повышение норм органического удобрения не ведёт к снижению прироста прибавки урожая, а значит создаются условия для эффективного увеличения норм органического удобрения в производстве корнеплодов сахарной свёклы.

При возделывании сахарной свёклы и использовании N60P60K60 прибавка урожая составила 16,6 т/га, прирост от контрольного варианта 91 %, от N90P90K90 прибавка урожая – 24,4 т/га, а прирост от контрольного варианта 133 %, а от N120P120K120 прибавка урожая – 31,6 т/га, а прирост от контрольного варианта 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. 3.4).

Таблица 3.4 – 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

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

В среднем за годы исследования при возделывании сахарной свёклы 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 говори о дальнейшей целесообразности увеличения норм органического удобрения в условиях проведения опыта.

В среднем за годы исследования при возделывании сахарной свёклы 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 минерального питание. Увеличение норм минерального удобрения при возделывании культуры в условиях полевого опыта не ведёт к резкому снижению их эффективности.

Таким образом, в почвенно-климатических условиях первого агроклиматического района Брянской области в период исследования наиболее эффективными была 40 т/га навоза и N120P120K120 нормы органического и минерального удобрения, обеспечивающие наилучшее соотношение окупаемости к урожайности.

### 3.3 Органические и минеральные удобрения фактор управления потенциалом продуктивности агроценоза сахарной свёклы

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 (Смuroв и др., 2007; Жеряков, Котлов, 2015; Давыденко, Лопух, 2017; Система для создания..., 2018; Засорина и др., 2024), в наших исследованиях определяется возможность управления урожайностью посевов сахарной свёклы, основанная на изменении условий возделывания при использовании органического и минерального удобрения.

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.

Применение органического и минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы улучшает плодородие почвы, которое обуславливает формирование урожая корнеплодов, при этом эффективность удобрения в реализации потенциала продуктивности культуры зависит как от почвенных, агроклиматических условий территории возделывания. Возделывание сахарной свёклы в условиях опыта при различном уровне питания обуславливают индекс условий среды от  $-6,39$  до  $17,18$  в зависимости от года исследования. Установили, что особенно благоприятные условия окружающей среды складывались в 2023 году (табл. 3.5).

Факторы окружающей среды определяют продуктивный потенциал территории, при этом в зависимости от величин климатических показателей, показателей почвенного плодородия и их взаимосвязи, условия могут быть, как благоприятными, так и отрицательно влиять на урожайность возделываемой культуры. Кроме абиотических факторов, немаловажным условием получение высоких урожаев – снижение конкуренции с сорной растительностью, и уничтожение разного рода вредителей. Нивелирование, в какой-то степени, отрицательных абиотических и биотических факторов окружающей среды возможно под действием применения средств химизации, которые оказывают значительное влияние на рост и развитие сельскохозяйственной культуры, борются с сортной растительностью и вредителями, тем самым увеличиваю реализацию продуктивного потенциала конкретной территории.

Показатель, определяющий продуктивный потенциал территории – коэффициент адаптации, величина которого, чем больше 1, тем выше возможности территории в увеличении урожайности.

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. (табл. 3.5).

Таблица 3.5 – Адаптация сахарной свёклы и индекс условий среды первого агроклиматического района Брянской области и при различной уровне питания

Вариант	Индекс среды			K <sub>A</sub>	V, %
	2022 год	2023 год	2024 год		
Контроль	-6,39	17,18	-10,79	0,53	18,9
Навоз 20 т/га				0,75	37,3
Навоз 40 т/га				1,03	41,5
N60P60K60				1,01	50,8
N90P90K90				1,24	50,3
N120P120K120				1,45	48,0

«Стандартное отклонение по годам исследования от средней арифметической величины урожайности корнеплодов сахарной свёклы, выраженное в процентах является относительным показателем изменчивости урожайности под действием почвенно-климатических условий периода исследования и выражается через коэффициент вариации (V)» (Доспехов, 1985).

Изменчивость показателя урожайности сахарной свёклы колебалась от 18,9 до 50,8%. Установили, что наименьшая 18,9 % изменчивость (средняя) характерна для контрольного варианта, в условиях выделывания без применения удобрения. Применение возрастающих норм органического и минерального удобрения обуславливает значительную изменчивость показателя урожайности (табл. 3.5), что видимо, связано с различным действием удобрения в разные по тепло- и влагообеспеченности годы исследования.

Урожайность корнеплодов сахарной свёклы в контрастных условиях определяет, её максимальные при благоприятных условиях и минимальные при лимитирующих условиях величины, поэтому, чем меньше разность минимума и максимума урожайности, тем ароценоз сельскохозяйственной культуры более стрессоустойчив к изменяющимся почвенно-климатическим условиям территории.

Наибольшая стрессоустойчивость (-6,9) ароценоза сахарной свёклы определена на варианте без применения средств химизации, то есть сельскохозяй-

ственная культура по средствам образования корнеплодов в данных условиях в наименьшей степени реагируют на изменения окружающей среды (табл. 3.6).

Климатические условия при возделывании сахарной свёклы при различном увлажнении территории под действием средств химизации формируют различный урожай корнеплодов. В засушливых условиях удобрение, как органическое, так и минеральное слабо влияют на урожайность, а при достаточном или избыточном увлажнении – их действие резко возрастает, что отражается на увеличении сбора корнеплодов с единицы площади. Поэтому использование возрастающих норм органического и минерального удобрения обуславливает высокие показатели стрессоустойчивости соответственно до  $-28,3$  и  $-43,6$ , то есть агроценоз сахарной свёклы сильно реагирует на изменения окружающей среды, значит стрессоустойчивость – низкая

Изменяющиеся условия окружающей среды первого агроклиматического района Брянской области не обеспечивают полного раскрытия потенциала растений сахарной свёклы, показатель компенсаторной способности агроценоза находится на минимуме 18,4, а чем выше данный показатель, тем больше соответствие факторов среды и экологической ниши растения агроценоза сахарной свёклы.

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 (табл. 3.6).

В конкретных почвенно-климатических условиях на контроле определили наименьший показатель (31,7) «отношения максимальной и минимальной урожайности корнеплодов сахарной свёклы к максимуму, что говорит о стабильности территории в контрастных условиях окружающей среды, чем выше данный показатель, тем меньшей стабильностью обладает агроценоз сельскохозяйственной культуры» (Зыкин и др., 2011).

«Стабильность урожайности сахарной свёклы в конкретных условиях окружающей среды отражается показателем размаха урожайности, который

выражается отношением разности максимума и минимума показателя урожайности к максимуму показателя урожайности, чем меньше данный показатель, тем стабильнее урожайность в конкретных почвенно-климатических условиях» (Зыкин и др., 2011).

Таблица 3.6 – Экологические показатели агроценоза сахарной свёклы в зависимости от норм удобрения в условиях первого агроклиматического района Брянской области

Вариант	Стрессо-устойчивость	Компенсаторная способность	Размах урожайности	Экологическая пластиичность	Стабильность агросистемы
Контроль	-6,9	18,4	31,7	0,22	2,58
Навоз 20 т/га	-19,1	26,8	52,6	0,63	9,20
Навоз 40 т/га	-28,3	41,3	54,6	0,97	4,67
N60P60K60	-31,7	40,5	57,3	1,17	4,81
N90P90K90	-38,2	49,4	56,7	1,42	8,37
N120P120K120	-43,6	55,6	56,3	1,59	2,94

Применение возрастающих норм органического и минерального удобрения обуславливает наибольший показатель размаха урожайности корнеплодов сахарной свёклы соответственно до 54,6 и 57,3, а значит, стабильность урожаев под действием средств химизации снижается до минимума (табл. 3.6).

«Показатель экологической пластиичности посева сахарной свёклы характеризуется, способностью откликается на изменения почвенно-климатических условий произрастания, если он больше 1, то агроценоз обладает высокой отзывчивостью, если он меньше 1, то, агроценоз слабо отзыается на изменение окружающей среды, если он равен 1, то определяется полное соответствие изменчивости урожайности и условий окружающей среды» (Зыкин и др., 2011).

Применение максимальной нормы N120P120K120 минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы обуславливает наибольший 1,59 показатель

экологической пластиности, что указывает на наибольшую отзывчивость агроценоза на изменяющиеся почвенно-климатические условия территории (табл. 3.6).

Экологическая стабильность посевов сахарной свёклы характеризуется, способностью давать урожайность, стабильно не высокую, в любых почвенно-климатических условиях, чем ниже этот показатель, тем стабильнее агроценоз.

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.

Определение соотношения экологической пластиности и стабильности определяют способность агросистемы выявить наиболее благоприятные условия для возделывания сахарной свёклы. Наиболее ценные условиях, когда пластичность  $> 1$ , а стабильность стремиться к 0, при этом агроценоз характеризуется высокой отзывчивостью и стабильностью урожайности при изменяющихся условиях. Когда пластичность и стабильность высокие, агроценоз обладает высокой отзывчивостью и низкой стабильностью урожайности. Когда пластичность  $< 1$ , а стабильность близка к 0, то агроценоз слабо отзывчив на изменения условий среды, но имеют стабильную урожайность.

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 пластичность равна 1,59, а стабильность – 2,94 (табл. 3.6).

Таким образом, экологические свойства 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 ком-

пенсаторной способности соответственно 41,3 и 55,6, действие минерального удобрения выше органического. Применение минерального удобрения в норме  $N_{120}P_{120}K_{120}$  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.

### 3.4 Эффективность органического и минерального удобрения в повышении сахаристости корнеплодов сахарной свёклы

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.

В статье И. Р. Канбекова и Д. Р. Исламгулова (2023) утверждается, что в корнеплодах современных сортов сахарной свёклы при благоприятных условиях роста и развития содержание сахара колеблется 16-20 %, а колебания зависят от почвенно-климатических условий.

Орошение дерново-подзолистых легкосуглинистых почв при возделывании сахарной свёклы не изменяет сахаристость корнеплодов по вариантам опыта, разница составила менее 1 % (Набздоров, 2022).

Почвенно-климатические условия годов исследования, биология сорта сахарной свёклы Марино, а также особенности обработки почвы и применения средств защиты растения обуславливают варьирования содержание сахарозы в корнеплодах 74,26-82,14 % на воздушно-сухую массу, изменчивость показателей содержание сахарозы от среднего показателя под действием только природных условий незначительная, коэффициент вариации меньше 10 %.

При возделывании сахарной свёклы в условиях Черноземья установлено, что в годы избыточного увлажнения происходит снижение содержания сахара в корнеплодах, а в засушливые – его повышение (Вострикова, Богомолов, 2024).

Наибольший показатель 82,14 % содержания сахарозы в корнеплодах сахарной свёклы выявили в 2024 году, когда наблюдалась минимальная урожайность, а факторы окружающей среды лимитировали рост и развитие сельскохозяйственной культуры (табл. 3.7). Вне зависимости от почвенно-климатических условий годов исследования при возделывании сахарной свёклы влияние удобрения на изменчивость показателя содержание сахарозы в корнеплодах выражалось средне, коэффициент вариации варьировал в пределах 10,91-12,25 %.

Таблица 3.7 – Влияние удобрения на сахаристость корнеплодов сахарной свёклы в зависимости от условий года исследования, т/га

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Коэффициент вариации, %
	% (на воздушно-сухую массу)			
Контроль	74,26	77,82	82,14	5,1
Навоз 20 т/га	76,68	78,68	82,98	4,1
Навоз 40 т/га	80,28	82,11	84,21	2,4
N60P60K60	69,26	70,74	75,54	4,6
N90P90K90	61,24	62,94	64,68	2,7
N120P120K120	62,57	62,79	63,87	1,1
<i>Коэффициент вариации, %</i>	<i>10,91</i>	<i>11,50</i>	<i>12,25</i>	–

Применение возрастающих норм органического удобрения от 20 до 40 т/га при возделывании сахарной свёклы вне зависимости от почвенно-климатических условий года исследования увеличивает от 76-82 до 80-84 % содержание сахарозы в корнеплодах в сравнении с контрольным вариантом, с увеличением уровня применения органического удобрения снижалась изменчивость показателя содержания сахарозы.

Применение возрастающих норм минерального удобрения от N60P60K60 до N120P120K120 при возделывании сахарной свёклы вне зависимости от почвенно-климатических условий года исследования снижает от 69-75 до 62-63 % содержа-

ние сахарозы в корнеплодах в сравнении с контрольным вариантом, с увеличением уровня минерального питания снижалась изменчивость показателя содержания сахарозы (табл. 3.7).

Таким образом, повышение норм органического удобрения при возделывании сахарной свёклы ведёт к увеличению содержания сахарозы в корнеплодах до максимума 84,21 % в наиболее неурожайных год в сравнении с контрольным вариантом. Повышение норм минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы ведёт к снижению содержания сахарозы в корнеплодах до минимума 63,87 % в наиболее неурожайных год в сравнении с контрольным вариантом.

Средний показатель содержание сахарозы в корнеплодах сахарной свёклы, который охватывает различные почвенно-климатические условия годов исследования, наиболее полно отражает возможности территории первого агроклиматического района Брянской области и влияния органического и минерального удобрения обеспечивать получения качественной продукции растениеводства.

В среднем 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 %.

В среднем за годы исследования применение возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения обуславливало увеличения содержание сахарозы в корнеплодах сахарной свёклы от 74,4 до 82,2 % в сравнении с контрольным вариантом. Выявили, что различные нормы навоза по разному влияли на изменения показателя среднего содержания сахарозы, применение 20 т/га вело к тенденции повышения, а 40 т/га достоверно повышало показатель (рис. 3.4).

В среднем за годы исследования применение возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения обуславливало увеличения содержание сахарозы в корнеплодах сахарной свёклы от 74,4 до 82,2 % в сравнении с контрольным вариантом. Выявили, что различные нормы навоза по разному влияли на изменения показателя среднего содержания сахарозы, применение 20 т/га вело к тенденции повышения, а 40 т/га достоверно повышало показатель (рис. 3.4).

В среднем за годы 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 % в сравнении с контрольным вариантом. Выявили достоверные различия между нормами N60P60K60 и N90-120P90-120K90-120 в снижении показателя.

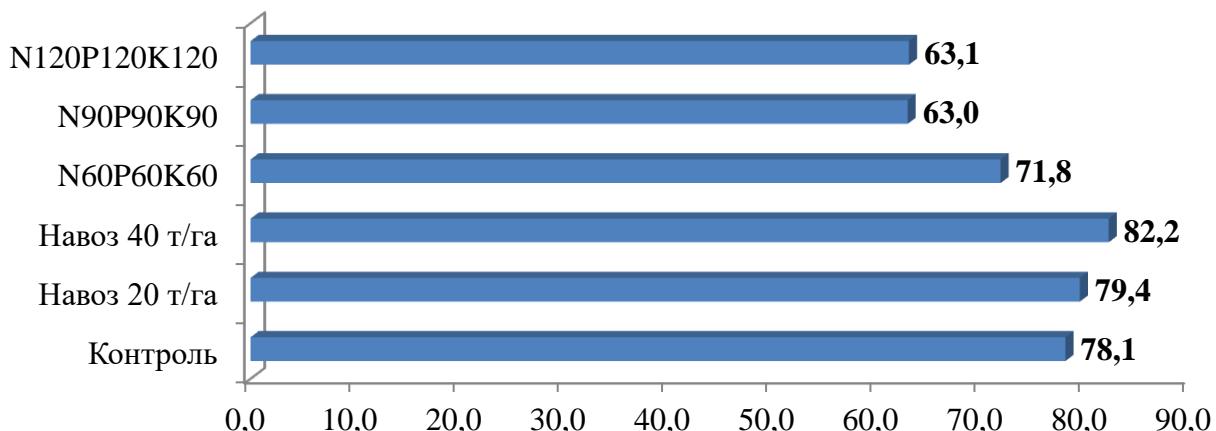


Рисунок 3.4 – Содержание сахарозы в корнеплодах сахарной свёклы в зависимости от норм удобрения, % на сухое вещество ( $HCP_{05} = 2,3$ ) (средний показатель за 2022-2024 года исследования)

В условиях юго-запада ЦЧР установлено, что при возделывании сахарной свёклы применение удобрений достоверно не изменяла сахаристость корнеплодов, однако наблюдалась тенденция к снижению её значений с увеличением дозы применения минеральных удобрений (Солнцев и др., 2024).

В среднем за годы исследования в условиях первого агроклиматического района Брянской области при возделывании сахарной свёклы сорта Марино на серой лесной почве урожайность корнеплодов и содержание в них сахарозы обуславливает выход сахара на уровне 2972,8 кг/га.

Применение возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения обуславливало увеличение выхода сахара от 4236,3 до 6052,6 кг/га (рис. 3.5).

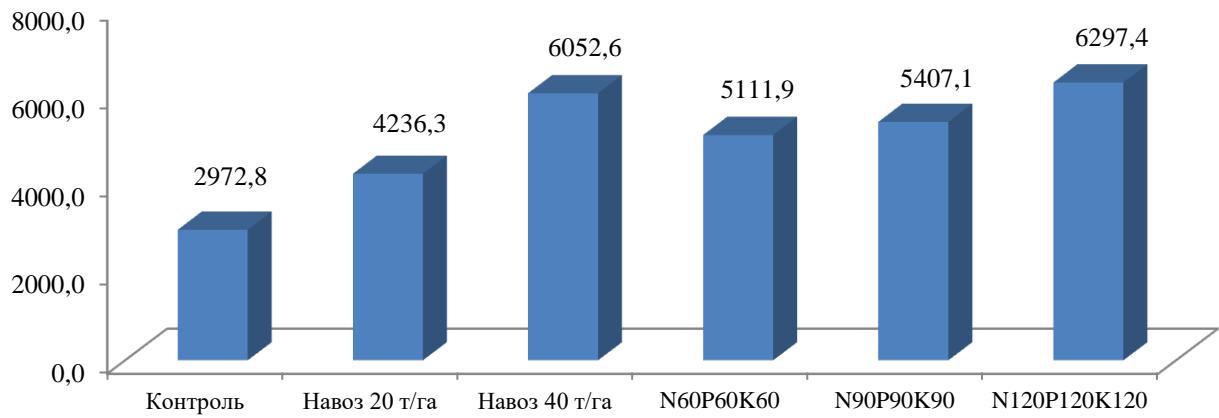


Рисунок 3.5 – Выход сахара при возделывании сахарной свёклы в зависимости от норм удобрения, кг/га (средний показатель за 2022-2024 годы)

В среднем за годы исследования применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения обуславливало повышение выхода сахара от 5111,9 до 6297,4 кг/га. Выявили, что наибольший выход сахара 6297,4 кг/га обусловлен применением минерального удобрения N120P120K120, когда снижение содержание сахарозы нивелируется повышением урожайности.

Итак, климатические условия первого агроклиматического района Брянской области в среднем за период исследования при возделывании сахарной свёклы на серой лесной почве формируют урожай корнеплодов с содержанием сахарозы на уровне 78,1 % и выходом сахара 2,9 т/га. Использование органического удобрения в норме 40 т/га достоверно повышает показатель до 82,2 % и выходом сахара до 6,1 т/га, а возрастающие нормы от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения 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 сахарной свёклы и роль урожайности в выходе сахара.

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

Возделывание сахарной свёклы с применением удобрения способствует возврату элементов минерального питания, как показывают результаты исследований многих авторов (Никульников и др., 2005; Дедов и др., 2007; Геркиял, Геркиял, 2010; Мязин, Кожокина, 2013; 2015; Влияние удобрений..., 2015; Дроздова, Редина, 2015; Морковкин, Ярцев, 2015; Урожайность сахарной..., 2016; О роли органических..., 2016).

В условиях лесостепи ЦЧР на чернозёме, выщелоченном, длительное возделывание сельскохозяйственных культур в зерносвекловичном севообороте без применения удобрения значительно ухудшают показатели почвенного плодородия (гумус, общий азота,  $P_2O_5$  и  $K_2O$ ) относительно целинного участка. Система удобрения позволяла сохранять почвенное плодородие, по ряду показателей – практически на уровне целины (Минакова и др., 2025).

В статье О. А. Минаковой (2023) показано, что сохранение гумусового состояния чернозёмов, внесение рациональных доз удобрения, ослабление минерализации органических удобрений, известкование, заделка пожнивных и корневых остатков сахарной свёклы и культур-предшественников способствует снижению эмиссии углекислого газа из свекловичных агроценозов.

В условиях ЦЧР на чернозёмных почвах в зависимости от рельефа и применения минеральных удобрений выявлена динамика микроэлементов и их вынос сельскохозяйственными культурами. Вклад удобрения в долю выноса микроэлементов в посевах сахарной свёклы составлял 25 %, фактора рельеф – 75 %. Внесение минеральных удобрений повышало вынос изучаемых микроэлементов независимо от экспозиции склона (Митрохина и др., 2025).

#### 4.1 Влияние органического и минерального удобрения на элементный состав корнеплодов сахарной свёклы

Климатические условия годов исследования, биология сорта сахарной свёклы Марино, а также особенности обработки почвы и применения средств защиты при возделывании культуры на серой лесной почве обуславливают варьирования в корнеплодах азота 0,58-0,75, фосфора 0,18-0,24 и калия 0,74-0,90 %, изменчивость показателей содержания азота и фосфора в корнеплодах была средней (коэффициент вариации больше 10, но меньше 20 %), а калия – незначительной (коэффициент вариации меньше 10 %). Наибольшие показатели содержания макроэлементов в корнеплодах при возделывании сахарной свёклы выявили в условиях формирования наименьшей урожайности в 2024 году. Обнаружили, что при возделывании сахарной свёклы в изменяющихся условиях окружающей среды в зависимости от климатических условий содержание макроэлементов в корнеплодах по годам может различаться до 1,2-1,3 раза в зависимости от элемента.

В зависимости от почвенно-климатических условий годов исследования при возделывании сахарной свёклы влияние удобрения на содержание макроэлементов в корнеплодах различалось. Установили, что действие органического и минерального удобрения на изменчивость показателя содержания азота было незначительным вне зависимости от условий возделывания культуры. Выявили, что действие органического и минерального удобрения на изменчивость показателя содержания фосфора в зависимости от условий возделывания культуры изменялась от среднего до незначительного. Обнаружили, что действие органического и минерального удобрения на изменчивость показателя содержания калия вне зависимости от условий возделывания культуры была средней (табл. 4.1).

При этом обнаружили, что коэффициент вариации, а значит и изменчивость показателя содержания макроэлементов снижалась в ряду годов исследования 2023 → 2022 → 2024, соответствовала снижению урожайности по годам.

Таблица 4.1 – Влияние удобрения на содержание макроэлементов в корне-плодах сахарной свёклы в зависимости от условий года исследования, %

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Коэффициент вариации, %
<i>азот</i>				
Контроль	0,58	0,65	0,75	12,9
Навоз 20 т/га	0,60	0,66	0,76	12,0
Навоз 40 т/га	0,64	0,74	0,78	10,0
N60P60K60	0,64	0,69	0,79	10,8
N90P90K90	0,65	0,69	0,79	10,2
N120P120K120	0,65	0,75	0,85	13,3
<i>Среднее по вариантам</i>	0,63	0,70	0,79	–
Коэффициент вариации, %	4,70	5,86	4,45	–
<i>фосфор</i>				
Контроль	0,18	0,20	0,24	14,8
Навоз 20 т/га	0,20	0,24	0,22	9,1
Навоз 40 т/га	0,18	0,20	0,24	14,8
N60P60K60	0,15	0,17	0,21	17,3
N90P90K90	0,15	0,17	0,21	17,3
N120P120K120	0,16	0,19	0,23	18,2
<i>Среднее по вариантам</i>	0,17	0,20	0,23	–
Коэффициент вариации, %	11,76	13,27	6,13	–
<i>калий</i>				
Контроль	0,74	0,80	0,90	9,9
Навоз 20 т/га	0,68	0,72	0,92	16,6
Навоз 40 т/га	0,72	0,78	0,98	16,5
N60P60K60	0,58	0,63	0,93	26,5
N90P90K90	0,83	0,93	1,04	11,3
N120P120K120	0,96	1,08	1,18	10,3
<i>Среднее по вариантам</i>	0,75	0,82	0,99	–
Коэффициент вариации, %	17,37	19,41	10,60	–

Применение органического удобрения в возрастающих нормах от 20 до 40 т/га при возделывании сахарной свёклы обуславливает тенденцию повышения со-

держания в корнеплодах азота от 0,60 до 0,78 %, фосфора от 0,18 до 0,24 % и калия от 0,68 до 0,98 % в зависимости от почвенно-климатических условий года исследования.

Применение минерального удобрения в возрастающих нормах от N60P60K60 до N120P120K120 при возделывании сахарной свёклы обуславливает тенденцию повышения содержания в корнеплодах азота от 0,64 до 0,85 % и калия от 0,58 до 1,18 % и снижение фосфора от 0,15 до 0,23 % в зависимости от почвенно-климатических условий года исследования.

Установили, что изменчивость по годам исследования показателя содержания в корнеплодах азота была средней вне зависимости от норм удобрения, фосфора – незначительной или средней в зависимости от норм удобрения и калия незначительной, средней или значительной в зависимости от норм удобрения.

Средний показатель содержание макроэлементов в корнеплодах сахарной свёклы охватывает различные почвенно-климатические условия годов исследования, наиболее полно отражает возможность вноса элементов питания с территории первого агроклиматического района Брянской области и влияния органического и минерального удобрения в изменяющихся условиях на его варырование.

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. 4.1).

В. В. Дроздова с соавторами «на основании алгебраических уравнений выведены оптимальные значения содержания в корнеплодах сахарной свёклы NPK, которые соответственно составили 1,02; 0,33, и 1,33 %» (Дроздова и др., 2023).

В среднем за годы исследования 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. 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.

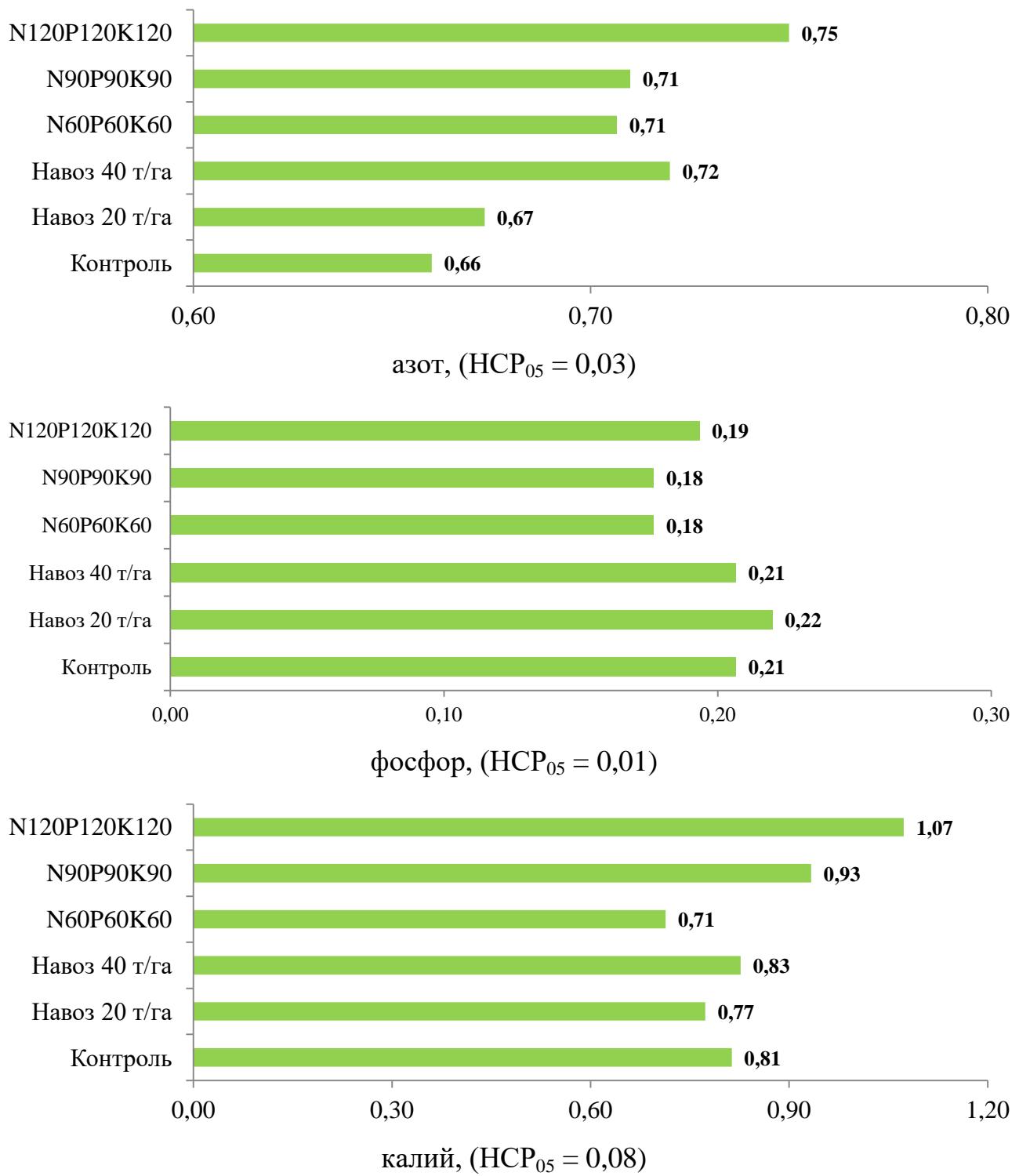


Рисунок 4.1 – Влияние органического и минерального удобрения на элементный состав корнеплодов сахарной свёклы, % (средний показатель за 2022-2024 года исследования)

Содержание фосфора в корнеплодах сахарной свёклы в среднем за годы исследования не изменялось под действием применения возрастающих норм от 20

до 40 т/га органического удобрения в сравнении с контрольным вариантом. Выявили, что различные нормы навоза не влияют на изменения показателя среднего содержания фосфора.

Содержание калия в корнеплодах сахарной свёклы в среднем за годы исследования не изменялось под действием применения возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения в сравнении с контрольным вариантом. Выявили, что различные нормы навоза не влияют на изменения показателя среднего содержания калия.

В среднем за годы исследования применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения обуславливает достоверное увеличения содержание азота в корнеплодах сахарной свёклы от 0,71 до 0,75 % в сравнении с контрольным вариантом. Выявили, что нормы N60P60K60, N90P90K90 и N120P120K120 минерального удобрения достоверно различались между собой в изменении показателя среднего содержания азота. При этом достоверной разницы в повышении содержания азота в корнеплодах между 40 т/га навоза и исследуемыми нормами минерального удобрения не обнаружили.

Содержание фосфора в корнеплодах сахарной свёклы в среднем за годы исследования снижалось от 0,18 до 0,19 % под действием применения возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения в сравнении с контрольным вариантом. Различий между исследуемыми нормами минерального удобрения в изменении показателя среднего содержания фосфора не обнаружили. При этом установили достоверную разницу в снижении содержания фосфора в корнеплодах между исследуемыми нормами органического и минерального удобрения.

Содержание калия в корнеплодах сахарной свёклы в среднем за годы исследования достоверно повышалось от 0,71 до 1,07 % под действием применения возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения в сравнении с контрольным вариантом. Установили достоверные различия между исследуемыми нормами минерального удобрения в изменении показателя среднего содержания калия. При этом установили достоверную разницу в снижении со-

держания калия в корнеплодах между 40 т/га навоза и N60P60K60 и достоверную разницу в повышения содержания калия в корнеплодах между 40 т/га навоза и N90-120P90-120K90-120.

Итак, климатические условия первого агроклиматического района Брянской области в среднем за период исследования при возделывании сахарной свёклы на серой лесной почве формируют урожай корнеплодов с содержание азота 0,66, фосфора 0,21 и калия 0,81 %. Использование органического удобрения в норме 40 т/га достоверно повышает в корнеплодах показатель содержание азота до 0,72 %, а возрастающие нормы от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения достоверно повышают в корнеплодах показатель содержание азота до 0,75, калия до 1,07 % и снижают фосфора до 0,19 %.

#### 4.2 Органические и минеральные удобрения как фактор определяющий баланс элементов питания

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

Определяющая роль в выносе элементов питания 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.

Климатические условия первого агроклиматического района Брянской области при возделывании сахарной свёклы сорта Марино на серой лесной почве в среднем за годы исследования 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. 4.2).

В среднем за годы исследования применение возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения при возделывании сахарной свёклы в условиях опыта 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 при возделывании сахарной свёклы в условиях опыта в среднем за годы исследования 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. 4.2).

Таблица 4.2 – 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

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).

«В условиях в ЦЧР на чернозёме выщелоченном при длительном использовании минерального удобрения (N135P135K135) и 25 т/га навоза в пару при возделывании сахарной свёклы повышается содержание подвижных форм NPK, а также гумуса, данная доза удобрения не вызвало значительного подкисления почвы» (Девятова, Минакова, 2024).

В условиях лесостепи ЦЧР в микроделяночном полевом опыте установлено, что в чистом виде послеуборочные остатки сахарной свёклы разлагались полностью за три года, тогда как остатки ячменя, озимой пшеницы и ржи – на 82,5-84,5%, скорость разложения биомассы в почве зависела от порядка чередования культур (Дедов, Крюков, 2024).

В условиях зерносвекловичного севооборота в ЦЧР заделка соломы и ботвы сахарной свёклы обеспечивает положительный баланс NPK, так как в почву поступало больше азота на 17,5-26,8%, фосфора на 18,1-44,9% и калия на 18,2-41,7% в сравнении с вариантами без заделки (Минакова и др., 2025).

Возделывание сахарной свёклы сорта Марино на серой лесной почве в климатических условиях первого агроклиматического района Брянской области в среднем за годы исследования обуславливает формирования отрицательного баланса основных элементов питания, азота –16,3, фосфора –9,8 и калия –38,6 кг/га (табл. 4.2).

В среднем за годы исследования применение возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения при возделывании сахарной свёклы в условиях опыта 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 при возделывании сахарной свёклы в условиях опыта в среднем за годы обуславливает формирования положительного баланса азота 10,9-37,8 и фосфора 10,2-27,3 кг/га и отрицательный баланса калия –14,7...–39,2 кг/га (табл. 4.2).

В статье Е. Г. Белоусовой (2021) указывается, что в условиях Нечернозёмной зоны первое место по значимости принадлежит азоту, а не калию. В то же время ряд культур (лен, сахарная свёкла, картофель, табак, гречиха и др.) отличается повышенным выносом этого элемента и предъявляет требования к наличию его в доступной форме. Отказ от применения калийных удобрений ведёт к тому, что содержание калия в почвах снижается, а в некоторых случаях достигает критических значений.

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.

Таким образом, в условиях первого агроклиматического района Брянской области при возделывании сахарной свёклы на серых лесных почвах элементный состав воздушно-сухой массы корнеплодов зависел от агроклиматических условий и количества применяемого удобрения. Обнаружили тренд повышения содержания основных элементов питания при повышении норм удобрения. 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.

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

В статье А. Р. Кузнецовой с соавторами (2024) показано, что для повышения экономических показателей производства сахарной свёклы российским товаропроизводителям необходимо реализовывать политику интенсификации сельскохозяйственного производства наряду с обновлением материально-технической базы с применением современных агротехнологий и развитием собственных селекционно-генетических центров.

В условиях Пензенской области на чернозёме, выщелоченном среднесуглинистом выявлено, что возделывание сахарной свёклы с применением микроэлементных удобрений при листовой подкормке Полидон Бор, Полидон МарганеЖ и Полидон Молибден обуславливает увеличение условно чистого дохода на 7,4...16,9 % (Жеряков и др., 2024).

Экономическая эффективность применения органического и минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы на серых лесных почвах в условиях первого агроклиматического района Брянской области обусловлено получения 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.

В статье В. И. Векленко и А. С. Шуклиной (2025) выявлено, что увеличение цен реализации корнеплодов по сравнению с ростом себестоимости способствует значительному повышению прибыли и уровня рентабельности производства сахарной свёклы в сельхоз организациях. Установлено, что снижение себестоимости возделывания сахарной свёклы на 5 %, позволит на 10 % повысить уровень рентабельности производства культуры.

Климатические условия первого агроклиматического района Брянской области при возделывании сахарной свёклы сорта Марино на серой лесной почве в среднем за годы исследования обеспечивают получение урожая корнеплодов, обуславливающего стоимость валовой продукции на уровне 164,4 тыс. руб. с 1 гектара (табл. 5.1).

В среднем за годы исследования применение возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения при возделывании сахарной свёклы в условиях опыта обуславливает получение урожая корнеплодов, обуславливающего повышения стоимости валовой продукции на 68,7-153,9 тыс. руб. с 1 гектара в сравнении с контрольным вариантом.

Применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы в условиях опыта в среднем за годы исследования обуславливает получение урожая корнеплодов, обуславливающего повышения стоимости валовой продукции на 149,4-284,4 тыс. руб. с 1 гектара в сравнении с контрольным вариантом.

Рассматривая максимальные нормы применения органического и минерального удобрения в изменении стоимости валовой продукции, выявили, что разница в урожае корнеплодов от их применения обуславливает её увеличение на 130,5 тыс. руб. с 1 гектара при минеральной системе удобрения (табл. 5.1).

Возделывание сахарной свёклы на серой лесной почве в изменяющихся условиях первого агроклиматического района Брянской области в среднем за годы исследования обуславливает производственные затраты на уровне 144,5 тыс. руб. на гектар.

В среднем за годы исследования возделывание сахарной свёклы в условиях опыта с применением возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения обуславливает повышение производственных затрат на 6,9-9,0 тыс. руб. на гектар в сравнении с контрольным вариантом.

Применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы в условиях опыта в среднем за годы исследования обуславливает повышение производственных затрат на 18,4-32,8 тыс. руб. на гектар в сравнении с контрольным вариантом.

Таблица 5.1 – Экономическая эффективность применения удобрения при возделывании сахарной свёклы

Вариант	Показатель	Стоймость 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	

Установили, что себестоимости 1 кг корнеплодов, при возделывании сахарной свёклы на серых лесных почвах в условиях первого агроклиматического района Брянской области, равна 7,91 рублей (табл. 5.1).

В среднем за годы исследования возделывание сахарной свёклы в условиях опыта с применением возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения обуславливает повышение производственных затрат на 6,9-9,0 тыс. руб. на гектар в сравнении с контрольным вариантом.

ния обуславливает снижение себестоимости 1 кг корнеплодов от 5,85 до 4,34 рублей, что на 2,06-3,57 рублей ниже в сравнении с контрольным вариантом.

Применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы в условиях опыта в среднем за годы исследования обуславливает снижение себестоимости 1 кг корнеплодов от 4,67 до 3,55 рублей, что на 3,24-4,36 рублей ниже в сравнении с контрольным вариантом.

Возделывание сахарной свёклы на серой лесной почве в изменяющихся условиях первого агроклиматического района Брянской области в среднем за годы исследования обуславливает получение чистого дохода уровне 19,8 тыс. руб. с гектара (табл. 5.1).

В среднем за годы исследования возделывание сахарной свёклы в условиях опыта с применением возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения обуславливает повышение получение чистого дохода от 81,6 до 164,8 тыс. руб. с гектара, что на 61,8-145,0 тыс. руб. выше в сравнении с контрольным вариантом.

Применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы в условиях опыта в среднем за годы исследования обуславливает повышение получение чистого дохода от 150,9 до 217,5 тыс. руб. с гектара, что на 131,1-197,7 тыс. руб. выше в сравнении с контрольным вариантом.

Показатель рентабельности производства корнеплодов сахарной свёклы является объективной относительной величиной экономической эффективности, которая комплексно отражает уровень эффективности использования материальных, трудовых и денежных ресурсов, а также природных условий.

Возделывание сахарной свёклы на серой лесной почве в изменяющихся условиях первого агроклиматического района Брянской области в среднем за годы исследования обуславливает рентабельность производства на уровне 14 % (табл. 5.1).

В среднем за годы исследования возделывание сахарной свёклы в условиях опыта с применением возрастающих норм от 20 до 40 т/га органического удобрения обуславливает повышение рентабельность производства от 54 до 107 %.

Применение возрастающих норм от N60P60K60 до N120P120K120 минерального удобрения при возделывании сахарной свёклы в условиях опыта в среднем за годы исследования обуславливает повышение рентабельность производства от 93 до 153 %.

Таким образом, 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 максимальной урожайности под действием органического и минерального удобрения в сравнении с контрольным вариантов 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 изменялись 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 ис-

следования 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 главных 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Брянской области. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 91 с.
2. Адаптация сортов и гибридов сахарной свеклы к различным фонам питания / С. И. Смурров, Д. М. Иевлев, О. А. Подлегаев, Р. И. Шестакова // Сахарная свекла. – 2007. – № 5. – С. 8-15.
3. Алиева, Г. А. Влияние удобрений на урожай сахарной свеклы / Г. А. Алиева // Аграрная наука. – 2015. – № 12. – С. 17-19.
4. Аничкина, О. А. Производство сахара в России: состояние отрасли и перспективы развития / О. А. Аничкина // Менеджмент в АПК. – 2024. – № 4. – С. 19-25. – DOI 10.35244/2782-3776-2024-4-4-19-25.
5. Антыков, А.Я. Почвы Брянской области и условия их образования / А.Я. Антыков. – Брянск: Брянский рабочий, 1958. – 164 с.
6. Безлер, Н. В. Влияние новых стресспротекторов на продуктивность сахарной свеклы в условиях недостаточного увлажнения / Н. В. Безлер, С. С. Макарова, Р. Г. Гафуров // Агрохимия. – 2007. – № 6. – С. 37-41.
7. Белоус, Н.М. Система удобрения: учебно-методическое пособие для выполнения курсового проекта / Н.М. Белоус, В.В. Мамеев, Е.В. Смольский. – Брянск: Из-во Брянской ГСХА, 2015 г. – 48 с.
8. Белоусова, Е. Г. Роль и значение калия в системе удобрения полевых культур / Е. Г. Белоусова // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № S2(30). – С. 33-38.
9. Бондаренко, Н. Ф. Высокие урожаи по программе / Н. Ф. Бондаренко, Е. Е. Жуковский, А. С. Кащенко, А. Н. Небольсин, И. Б. Усков. – Л: Лениздат, 1986. – 143 с.

10. Боронтов, О. К. Режим влажности чернозема выщелоченного, урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы при разных погодных и агротехнических условиях в ЦЧР / О. К. Боронтов, П. А. Косякин, Е. Н. Манаенкова // Агрохимия. – 2023. – № 8. – С. 58-67. – DOI 10.31857/S0002188123080033.

11. Бутяйкин, В. В. Влияние минеральных удобрений на формирование продуктивности гибридов сахарной свеклы / В. В. Бутяйкин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 10, № 1(35). – С. 103-106. – DOI 10.12737/11389.

12. Быкова, М. Ю. Биопрепараты в интегрированной системе защиты сахарной свеклы для повышения урожайности и сахаристости / М. Ю. Быкова, И. А. Дегтярева // Владимирский земледелец. – 2021. – № 3(97). – С. 14-18. – DOI 10.24412/2225-2584-2021-3-14-18.

13. Быковская, Н. В. Экономическая эффективность производства сахарной свеклы в России / Н. В. Быковская, Н. М. Иванова, О. Б. Соковиков // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 1. – С. 258-260.

14. Варавкин, В. А. Действие водного раствора двуокиси углерода на биометрические показатели, урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы / В. А. Варавкин, А. И. Малышева, П. П. Машкин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3. – С. 6-11.

15. Василько, В. П. Влияние обработки почвы и удобрений на продуктивность сахарной свеклы и агрофизические показатели чернозема выщелоченного / В. П. Василько, В. Е. Егоян // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 117. – С. 101-108. – DOI 10.21515/1999-1703-117-101-108.

16. Векленко, В. И. Обоснование прогноза урожайности и устойчивости производства сахарной свеклы / В. И. Векленко, Р. В. Солошенко, Е. Н. Ноздрачева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 3. – С. 15-19.

17. Векленко, В. И. Состояние и прогноз производства сахарной свеклы в Курской области / В. И. Векленко, А. С. Шуклина // Сахарная свекла. – 2025. – № 4. – С. 6-9. – DOI 10.25802/SB.2025.31.31.001.

18. Влияние антропогенных и природных факторов на урожайность корнеплодов свеклы сахарной и ее качество при бессменном выращивании / Л. Д. Глущенко, Р. В. Олепир, А. И. Лень, М. П. Сокирко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2. – С. 101-104.

19. Влияние внесения органического удобрения "Барда мелассная" на рост и продуктивность сахарной свеклы / Е. В. Пальчиков, И. Н. Мацнев, З. Н. Тарова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 12. – С. 10-13. – DOI 10.53859/02352451\_2022\_36\_12\_10.

20. Влияние новых марок сложных минеральных удобрений на продуктивность сахарной свёклы на черноземных почвах Центрального Предкавказья / А. Н. Есаулко, О. Ю. Лобанкова, М. С. Сигида, С. А. Коростылев // Плодородие. – 2011. – № 4(61). – С. 20-21.

21. Влияние основной обработки почвы на микробиологическую активность, питательный режим чернозема выщелоченного и продуктивность сахарной свёклы в Центрально-Чернозёмном регионе / О. К. Боронтов, П. А. Косякин, Н. В. Безлер, Е. Н. Манаенкова // Земледелие. – 2022. – № 2. – С. 38-42. – DOI 10.24412/0044-3913-2022-2-38-42.

22. Влияние систем обработки почвы на запас продуктивной влаги, водопотребление и урожайность сахарной свеклы в лесостепном Поволжье / А. Е. Колесов, С. В. Богомазов, Е. В. Ефремова, А. В. Лянденбурская // Нива Поволжья. – 2024. – № 3(71). – DOI 10.36461/NP.2024.71.3.009.

23. Влияние сроков уборки на формирование урожайности корнеплодов сахарной свеклы в лесостепи среднего Поволжья / А. Е. Колесов, С. В. Богомазов, О. А. Ткачук [и др.] // Нива Поволжья. – 2024. – № 3(71).

24. Влияние удобрений и агрохимических свойств черноземов выщелоченных на урожайность сахарной свеклы / С. А. Шафран, О. А. Минакова, И. В. Ильюшенко, Л. В. Александрова // Плодородие. – 2015. – № 5(86). – С. 27-29.

25. Влияние цеолита на урожайность и биохимические показатели сахарной свеклы / К. Р. Гарафутдинова, Г. Ф. Рахманова, Г. Х. Хусаинова, В. В. Сидоров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины

им. Н.Э. Баумана. – 2021. – Т. 248, № 4. – С. 48-52. – DOI 10.31588/2413-4201-1883-248-4-48-52.

26. Воробьев, Г.Т. Агрохимические свойства почв Брянской области и применение удобрений / Г.Т. Воробьев, А.И. Бобровский, П.В. Прудников. – Брянск: Агрохимрадиология, 1995. – 121 с.

27. Воробьев, Г.Т. Почвы Брянской области : генезис, свойства, распространение / Воробьев Г.Т., – Брянск: Граница, 1993. – 158 с.

28. Вострикова, Т. В. Влияние комплекса природно-климатических факторов на адаптивные реакции гибридных комбинаций сахарной свеклы / Т. В. Вострикова, М. А. Богомолов // Аграрная наука. – 2024. – № 11. – С. 87-91. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-388-11-87-91.

29. Выбор показателя водного режима в математической модели урожайности сахарной свеклы / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, А. А. Левкевич [и др.] // Мелиорация. – 2022. – № 4(102). – С. 45-54.

30. Гамуев, О. В. Биологическая и агрономическая эффективность применения пониженных норм послевсходовых гербицидов совместно с препаратом СТИКК в посевах современных отечественных гибридов сахарной свеклы / О. В. Гамуев, В. М. Вилков, О. А. Минакова // Агрохимия. – 2025. – № 2. – С. 26-36. – DOI 10.31857/S0002188125020047.

31. Глазунов, Г. П. Влияние борсодержащих удобрений на урожайность сахарной свеклы и повреждаемость корнеплодов гнилью сердечка и дуплистостью / Г. П. Глазунов, О. А. Митрохина // Сахарная свекла. – 2016. – № 5. – С. 12-15.

32. Гончаренко, А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А. А. Гончаренко // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49-53.

33. Гранкина, А. О. Влияние кремнийсодержащих биостимуляторов на холостостойкость пшеницы и сахарной свеклы / А. О. Гранкина, Е. А. Бочарникова, В. В. Матыченков // Агрохимия. – 2022. – № 8. – С. 22-27. – DOI 10.31857/S0002188122080075.

34. Гулидова, В. А. Продуктивность перспективных гибридов сахарной свеклы в условиях Липецкой области / В. А. Гулидова, В. Л. Захаров // Вестник

Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 5(235). – С. 18-25. – DOI 10.53083/1996-4277-2024-235-5-18-25.

35. Давыденко, О. В. Влияние погодных условий на колебания урожайности картофеля и сахарной свеклы в Республике Беларусь / О. В. Давыденко, П. С. Лопух // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2017. – № 1. – С. 79-88.

36. Девятова, Т. А. Влияние длительного применения удобрений на плодородие выщелоченного чернозема и продуктивность сахарной свеклы в ЦЧР / Т. А. Девятова, О. А. Минакова // Плодородие. – 2024. – № 5(140). – С. 12-16. – DOI 10.25680/S19948603.2024.140.03.

37. Дедов, А. В. Влияние приемов биологизации на урожайность сахарной свеклы и плодородие чернозема выщелоченного / А. В. Дедов, А. В. Горбачева, А. В. Подлесных // Сахарная свекла. – 2007. – № 3. – С. 12-15.

38. Дедов, А. В. Темпы разложения биомассы культур и формирования в почве запаса растительных остатков прошлых лет в севообороте с сахарной свеклой в условиях лесостепи ЦЧР / А. В. Дедов, Г. М. Крюков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 17, № 3(82). – С. 26-34. – DOI 10.53914/issn2071-2243\_2024\_3\_26.

39. Демина, М. И. Влияние борных микроудобрений на урожайность корне-плодов сахарной свеклы в зависимости от кислотности почвы / М. И. Демина, А. В. Соловьев // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2011. – № 11(16). – С. 34-37.

40. Динамика производства и размещения посевов сахарной свеклы в регионах России в 2014-2022 гг / О. В. Святова, С. В. Малахова, Е. Г. Александрова, Д. Н. Дорошевский // Сахарная свекла. – 2024. – № 3. – С. 8-11. – DOI 10.25802/SB.2024.75.40.001.

41. Долгополова, Н. В. Внекорневая подкормка сахарной свеклы микроудобрениями / Н. В. Долгополова, А. В. Нагорных, П. С. Филимонов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 8. – С. 47-51.

42. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. // Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
43. Дроздова, В. В. Влияние минеральных удобрений на питательный режим почвы, урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы / В. В. Дроздова, Н. Е. Редина // Полitemатический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 111. – С. 1643-1657.
44. Евграфов, С. В. влияние жидких минеральных удобрений на урожайность и сахаристость корнеплодов сахарной свеклы / С. В. Евграфов, Р. Р. Исмагилов // Инновационная наука. – 2025. – № 4-2. – С. 116-118.
45. Ефремов, И. В. Использование природных стимуляторов роста при возделывании сахарной свеклы / И. В. Ефремов, А. И. Волков, Н. А. Кириллов // Аграрная Россия. – 2011. – № 5. – С. 70-71.
46. Жердецкий, И. Н. Влияние некорневой подкормки на продуктивность и химический состав сахарной свеклы / И. Н. Жердецкий // Агрохимия. – 2011. – № 4. – С. 45-51.
47. Жеряков, Е. В. Использование кремнийсодержащих удобрений как биостимуляторов при возделывании сахарной свеклы / Е. В. Жеряков, С. А. Семина // Аграрный вестник Урала. – 2024. – Т. 24, № 8. – С. 970-980. – DOI 10.32417/1997-4868-2024-24-08-970-980.
48. Жеряков, Е. В. Формирование урожайности гибридов сахарной свеклы в условиях правобережной лесостепи Среднего Поволжья / Е. В. Жеряков, С. А. Котлов // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 9(139). – С. 6-12.
49. Жеряков, Е. В. Фотосинтетическая деятельность и урожайность сахарной свеклы в зависимости от вида микроэлементного удобрения / Е. В. Жеряков, С. А. Семина // Агрохимический вестник. – 2023. – № 5. – С. 3-8. – DOI 10.24412/1029-2551-2023-5-001.
50. Жеряков, Е. В. Экономическая и биоэнергетическая эффективность применения микроэлементных удобрений при возделывании сахарной свеклы / Е. В. Жеряков, А. В. Носов, С. А. Семина // Вестник Ульяновской государственной

сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3(67). – С. 29-35. – DOI 10.18286/1816-4501-2024-3-29-35.

51. Жолдоякова, Г. Е. Тенденции производства сахарной свеклы в Российской Федерации / Г. Е. Жолдоякова // Уфимский гуманитарный научный форум. – 2023. – № 2(14). – С. 49-58. – DOI 10.47309/2713-2358-2023-2-49-58.

52. Завалин, А. А. Усвоение сахарной свеклой 15N органических и минеральных азотных удобрений / А. А. Завалин, А. С. Авилов, Н. Я. Шмырева // Агрехимический вестник. – 2023. – № 6. – С. 50-53. – DOI 10.24412/1029-2551-2023-6-009.

53. Засорина, Э. В. Адаптация гибридов сахарной свеклы к условиям Центрального Черноземья / Э. В. Засорина, Е. И. Комарицкая, А. В. Голощапов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 1. – С. 6-11.

54. Зыкин, В. А. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений // В. А. Зыкин, И. А. Белан, В. С. Юсов, Д. Р. Исламгулов. – Уфа, 2011. – 99 с.

55. Зюкин, Д. А. Производство сахарной свеклы в России: регионы-лидеры и факторы влияния / Д. А. Зюкин, О. В. Святова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 147-152.

56. Иванов, Е. В. Предварительные итоги свеклосахарной кампании-2023 / Е. В. Иванов // Сахарная свекла. – 2024. – № 1. – С. 2-7.

57. Иванюга, Т. В. Сахарная свекла в интенсивном земледелии России и Брянской области / Т. В. Иванюга // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1(83). – С. 29-34.

58. Ильюшенко, И. В. Эффективность применения минеральных удобрений под картофель и сахарную свеклу в различных зонах Российской Федерации / И. В. Ильюшенко // Плодородие. – 2022. – № 4(127). – С. 29-32. – DOI 10.25680/S19948603.2022.127.09.

59. Исмагилов, К. Р. Зависимость урожайности сахарной свеклы от гидротермических условий в Республике Башкортостан / К. Р. Исмагилов // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2024. – № 2(32). – С. 108-114.

60. Калашников, В. А. Интенсивность ростовых процессов, урожайность и технологические качества сахарной свеклы в зависимости от технологии выращивания в Центральной зоне Краснодарского края / В. А. Калашников, Т. Я. Бровкина, Т. В. Логойда // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 102. – С. 139-144. – DOI 10.21515/1999-1703-102-139-144.
61. Калинин, О. С. Влияние основной обработки почвы и минеральных удобрений на агробиологические показатели сахарной свеклы / О. С. Калинин, Р. В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 175. – С. 101-118. – DOI 10.21515/1990-4665-175-009.
62. Калиничева, Е. Ю. Стратегический вектор развития свеклосахарного производства / Е. Ю. Калиничева // АПК: экономика, управление. – 2016. – № 9. – С. 62-68.
63. Калиничева, Е. Ю. Экономическая оценка реализации ресурсного потенциала свеклосахарной отрасли в Орловской области / Е. Ю. Калиничева, А. Д. Романов // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – № 5(38). – С. 36-39.
64. Канбеков, И. Р. Продуктивность и качество сахарной свеклы при применении гуминового препарата / И. Р. Канбеков, Д. Р. Исламгулов // Уральский научный вестник. – 2023. – Т. 4, № 5. – С. 10-15.
65. Каюмов, М. К. Программирование продуктивности полевых культур / М. К. Каюмов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.
66. Каюмов, М. К. Программирование урожаев / М. К. Каюмов // Московский рабочий. – М., 1986. – 180 с
67. Кириллов, Н. А. Опыт возделывания сахарной свеклы на малогумусных почвах в прифермских севооборотах / Н. А. Кириллов // Аграрная Россия. – 2021. – № 2. – С. 3-6. – DOI 10.30906/1999-5636-2021-2-3-6.
68. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумкна, 2004. – 342 с.

69. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 223 с.
70. Клебанович, Н. В. Эффективность использования минеральных удобрений под сахарную свеклу и картофель / Н. В. Клебанович, Д. А. Кислицын // Земля Беларуси. – 2021. – № 1. – С. 42-50.
71. Клостер, Н. И. Повышение продуктивности сахарной свёклы при органической системе удобрения сахарной свёклы в центрально-Чернозёмной зоне / Н. И. Клостер // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – № 2(30). – С. 190-194.
72. Комарицкая, Е. И. Эффективность листовых подкормок сахарной свеклы микроудобрением Ультрамаг Комби / Е. И. Комарицкая, Э. В. Засорина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 3. – С. 49-54.
73. Комплексная оценка применения удобрений при возделывании сахарной свеклы в условиях юго-запада ЦЧР / П. И. Солнцев, М. В. Емец, Ю. В. Хорошилова [и др.] // Сахарная свекла. – 2024. – № 8. – С. 26-28. – DOI 10.25802/SB.2024.22.40.005.
74. Кравцов, А. М. Роль плодородия почвы и средств химизации земледелия в повышении продуктивности сахарной свеклы / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько, Т. Я. Бровкина // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 117. – С. 159-167. – DOI 10.21515/1999-1703-117-159-167.
75. Кравченко, Р. В. Запасы продуктивной влаги и водопотребление сахарной свеклы / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, О. С. Калинин // Сахарная свекла. – 2024. – № 2. – С. 20-23. – DOI 10.25802/SB.2024.51.57.002.
76. Кравченко, Р. В. Продукционные показатели сахарной свеклы и их соизменение с другими факторами / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, О. С. Калинин // Сахарная свекла. – 2023. – № 10. – С. 20-22. – DOI 10.25802/SB.2023.42.17.006.
77. Кравченко, Р. В. Продукционный потенциал сахарной свеклы в предгорной зоне Краснодарского края / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, Д. Е. Тымчик // Сахарная свекла. – 2025. – № 4. – С. 14-16. – DOI 10.25802/SB.2025.97.88.003.

78. Кравченко, Р. В. Роль основной обработки почвы и минеральных удобрений в технологии возделывания сахарной свеклы / Р. В. Кравченко, О. С. Калинин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 92. – С. 106-114. – DOI 10.21515/1999-1703-92-106-114.

79. Куликова, А. Х. Влияние кремнистых пород на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур / А. Х. Куликова // Агрохимия. – 2023. – № 12. – С. 11-21. – DOI 10.31857/S0002188123120104.

80. Кухмазов, К. З. Повышение эффективности производства сахарной свеклы: монография // К. З. Кухмазов, Е. К. Цибизов. – Пенза: РИО ПГАУ, 2019. – 177 с.

81. Лукьянюк, Н. А. Эффективность применения разных видов органических удобрений под сахарную свеклу / Н. А. Лукьянюк, М. И. Гуляка // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 1. – С. 78-81.

82. Математическое моделирование урожайности корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от фосфорно-калийного питания / В. В. Дроздова, И. А. Булдыкова, А. В. Казакевич, В. Г. Григулецкий // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 107. – С. 72-77. – DOI 10.21515/1999-1703-107-72-77.

83. Минакова, О. А. Агрогенная трансформация почвенного плодородия чернозема выщелоченного при внесении удобрений в зерносвекловичном севообороте в ЦЧР / О. А. Минакова, Л. В. Александрова, В. М. Вилков // Агрохимия. – 2025. – № 6. – С. 3-13. – DOI 10.31857/S0002188125060019.

84. Минакова, О. А. Агрономическая оценка гибридов сахарной свеклы селекции ВНИИСС на разных фонах удобренности в условиях 2023 года / О. А. Минакова, Л. В. Александрова, Т. А. Подвигина // Сахарная свекла. – 2024. – № 3. – С. 28-32. – DOI 10.25802/SB.2024.39.44.003.

85. Минакова, О. А. Баланс углерода в свекловичных агроценозах и при производстве сахара в Российской Федерации / О. А. Минакова // Проблемы агрохимии и экологии. – 2023. – № 4. – С. 59-56. – DOI 10.26178/AE.2023.70.22.011.

86. Минакова, О. А. Влияние удобрений на баланс NPK в 10-й ротации зерносвекловичного севооборота в ЦЧР при запашке побочной продукции и при ее

отчуждении / О. А. Минакова, Л. В. Александрова, Т. Н. Подвигина // Агрохимия. – 2025. – № 5. – С. 53-60. – DOI 10.31857/S0002188125050069.

87. Минакова, О. А. Влияние удобренности на продуктивность отечественных гибридов сахарной свеклы при различных условиях увлажнения в ЦЧР / О. А. Минакова // Сахарная свекла. – 2025. – № 1. – С. 13-16. – DOI 10.25802/SB.2025.60.97.003.

88. Минакова, О. А. Потребление NPK гибридами сахарной свеклы отечественной и зарубежной селекции на различных фонах основного удобрения в ЦЧР / О. А. Минакова, Л. В. Александрова, Т. Н. Подвигина // Российская сельскохозяйственная наука. – 2023. – № 3. – С. 49-54. – DOI 10.31857/S2500262723030092.

89. Минакова, О. А. Сравнительная эффективность применения удобрений в период вегетации сахарной свеклы / О. А. Минакова, Л. В. Тамбовцева, Л. В. Александрова // Земледелие. – 2016. – № 1. – С. 25-28.

90. Минакова, О. А. Удобрение сахарной свеклы в центрально-черноземном районе РФ / О. А. Минакова, П. А. Косякин, Л. В. Александрова // Агрохимия. – 2022. – № 1. – С. 10-20. – DOI 10.31857/S0002188122010082.

91. Минакова, О. А. Эффективность применения жидких органоминеральных удобрений хелатного типа Батр в посевах сахарной свеклы в условиях лесостепи ЦЧР / О. А. Минакова // Сахарная свекла. – 2024. – № 4. – С. 23-27. – DOI 10.25802/SB.2024.60.42.004.

92. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник. – М.: Изд-во ВНИИА имени Д.Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.

93. Мировой рынок сахарной свеклы: тенденции и перспективы на 2025 год // Наше сельское хозяйство. – 2025. – № 5(349). – С. 4-7.

94. Митрохина, О. А. Динамика микроэлементов в пахотных почвах ЦЧР и их вынос сельскохозяйственными культурами / О. А. Митрохина, О. Г. Чуян, Л. Н. Караулова // Земледелие. – 2025. – № 3. – С. 3-7. – DOI 10.24412/0044-3913-2025-3-3-7.

95. Морковкин, Г. Г. Содержание подвижных элементов питания в почве на фоне внесения минеральных удобрений и их влияние на урожайность и сахари-

стость сахарной свеклы в условиях умеренно-засушливой колочной степи Алтайского края / Г. Г. Морковкин, М. В. Ярцев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6(128). – С. 17-24.

96. Москаleva, N. A. Эффективность применения гербицидов в посевах сахарной свеклы / N. A. Москаleva, N. N. Дмитренко, B. I. Чабанец // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2025. – Т. 21, № 2. – С. 30-33.

97. Мязин, Н. Г. Влияние удобрений на изменение содержания элементов питания в почве, продуктивность и качество корнеплодов сахарной свеклы / Н. Г. Мязин, А. Н. Кожокина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3(38). – С. 15-21.

98. Мязин, Н. Г. Калийный режим и агрохимические свойства чернозема выщелоченного при многолетнем применении удобрений под сахарную свеклу / Н. Г. Мязин, А. Н. Кожокина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4-2(47). – С. 26-33.

99. Набздоров, С. В. Влияние режимов орошения и доз удобрений на урожайность сахарной свеклы, сахаристость корнеплодов и сбор очищенного сахара / С. В. Набздоров // Мелиорация. – 2022. – № 3(101). – С. 13-18.

100. Набздоров, С. В. Возделывание сахарной свеклы в Могилевской области / С. В. Набздоров // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 200-204.

101. Никитина, Л. В. Калий в питании растений и эффективность калийных удобрений / Л. В. Никитина, М. В. Беличенко // Плодородие. – 2023. – № 6(135). – С. 5-8. – DOI 10.25680/S19948603.2023.135.01.

102. Никулина, О. К. Научное сопровождение развития сахарной отрасли Республики Беларусь / О. К. Никулина // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2025. – Т. 18, № 1(67). – С. 6-16.

103. Никульников, И. М. Влияние системы удобрения и обработки почвы в севообороте на питательный режим чернозема выщелоченного и урожайность сахарной свеклы / И. М. Никульников, О. К. Боронтов, М. И. Никульников // Агрохимия. – 2005. – № 3. – С. 15-21.

104. Ничипорович, А. А. Теория фотосинтетической продуктивности растений / А. А. Ничипорович // Физиология растений. – 1977. – №8. – С. 38-44.
105. О роли органических удобрений в повышении продуктивности сахарной свеклы и плодородия почвы / И. С. Татур, А. В. Ботько, М. И. Гуляка, С. Н. Гайтюкевич // Сахарная свекла. – 2016. – № 6. – С. 12-15.
106. Овсянников, В.П. Свекловодство // В.П. Овсянников, Ю.С. Колягин, В.М. Воронин. – Учебное пособие. Воронеж, 2000. – 217 с.
107. Орошение – важный фактор повышения продуктивности сахарной свеклы в Башкортостане / М. А. Жигулев, А. В. Комиссаров, Д. Р. Исламгулов, Д. В. Шорохов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – № 6. – С. 36-40. – DOI 10.32962/0235-2524-2021-6-36-40.
108. Особенности выращивания сахарной свеклы в регионах России / О. В. Святова, С. П. Кузьмина, А. Н. Макушин, Д. Н. Дорошевский // Сахарная свекла. – 2023. – № 4. – С. 8-11. – DOI 10.25802/SB.2023.64.37.001.
109. Оценка потенциала переработки отходов сахарного производства в Орловской области / Н. Е. Павловская, А. В. Уваров, А. В. Виноградов, А. Ю. Гаврилова // Экология и промышленность России. – 2015. – Т. 19, № 2. – С. 45-49.
110. Питательный режим чернозема выщелоченного и болезни листьев при различной агротехнике возделывания гибридов сахарной свеклы в ЦЧР / П. А. Косякин, О. К. Боронтов, О. И. Стогниенко [и др.] // Агрохимия. – 2025. – № 5. – С. 88-95. – DOI 10.31857/S0002188125050113.
111. Подрезов, П. И. Влияние многолетнего внесения удобрений на урожайность и качество урожая сахарной свеклы, выращиваемой на черноземе типичном / П. И. Подрезов, Н. Г. Мязин, А. Н. Кожокина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 14, № 4(71). – С. 49-57. – DOI 10.53914/issn2071-2243\_2021\_4\_49.
112. Посыпанов, Г.С. Растениеводство // Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др. – М.: Колос, 2006. – 612
113. Почвенно-геологические условия Нечерноземья. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 608 с.

114. Почвоведение: учеб. для вузов / И. С. Кауричев, Н. П. Панов, Н. Н. Розов и др.; под ред. И. С. Кауричева. – М. :Агропромиздат, 1989. – 719 с
115. Практикум по агрохимии / под редакцией профессора В.Г. Минеева. – М.: МГУ , 2001. – 689 с.
116. Природное районирование и типы сельскохозяйственных земель Брянской области. – Брянск : Приок. кн. изд-во, 1975. – 610 с.
117. Просянников, Е. В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области / Е. В. Просянников, Г. П. Малявко, В. В. Мамеев // Агрохимический вестник. – 2021. – № 6. – С. 45-49.
118. Прудников, П.В. Агрохимическое и агроэкономическое состояние почв Брянской области / П.В. Прудников, С.В. Карпеченко, А.А. Новиков, Н.Г. Поликарпов // Брянск: Изд-во ГУП «Клинцовская городская типография», 2007. – 608 с.
119. Радчиков, В. Ф. Свекольный жом в кормлении КРС / В. Ф. Радчиков, О. Ф. Ганущенко // Наше сельское хозяйство. – 2025. – № 8(352). – С. 50-53.
120. Рентабельность производства сахарной свеклы в зависимости от сроков уборки / А. В. Логвинов, В. Н. Мищенко, В. А. Логвинов [и др.] // Сахарная свекла. – 2023. – № 3. – С. 12-15. – DOI 10.25802/SB.2023.60.32.001.
121. Сайфетдинов, А. Р. Экономическая эффективность организации орошения сахарной свеклы в условиях Краснодарского края / А. Р. Сайфетдинов, П. В. Сайфетдинова // Экономика сельского хозяйства России. – 2024. – № 12. – С. 60-69. – DOI 10.32651/2412-60.
122. Сахарная свекла / Под ред. Д. Шпаара. – Минск: НЕВАДА, 2000. – 166 с.
123. Семина, С. А. Динамика содержания макроэлементов в растениях сахарной свеклы при применении микроудобрений / С. А. Семина, Е. В. Жеряков, Ю. И. Жерякова // Аграрный вестник Урала. – 2021. – № 1(204). – С. 21-29. – DOI 10.32417/1997-4868-2021-204-01-21-29.
124. Семина, С. А. Особенности роста растений сахарной свеклы при использовании различных полифункциональных регуляторов роста растений / С. А. Семина, Е. В. Жеряков, Ю. И. Жерякова // Нива Поволжья. – 2022. – № 2(62). – С. 1008. – DOI 10.36461/NP.2022.62.2.021.

125. Система для создания адаптивных и устойчивых гибридов сахарной свеклы / А. В. Корниенко, С. И. Скачков, Л. В. Семенихина [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 72. – С. 196-202. – DOI 10.21515/1999-1703-72-196-202.

126. Сложившиеся тенденции и основные факторы устойчивости производства сахарной свеклы / В. И. Векленко, Р. Е. Белкин, Г. П. Олейников, Ю. Н. Воробьев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 1. – С. 24-28.

127. Смольский, Е. В. Значение почвенно-климатических условий и удобрения в формировании урожая сахарной свеклы / Е. В. Смольский, А. А. Сеченков, М. М. Нечаев // Сахарная свекла. – 2023. – № 7. – С. 19-22. – DOI 10.25802/SB.2023.11.43.003.

128. Соловьев, С. В. Влияние регуляторов роста растений на урожайность сахарной свеклы / С. В. Соловьев, А. И. Гераськин // Агрохимия. – 2012. – № 4. – С. 43-50.

129. Состояние и тенденции на рынке сахара / О. В. Святова, Н. М. Сергеева, А. В. Волкова, С. А. Беляев // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2024. – Т. 13, № 2(47). – С. 127-130.

130. Сравнение разных марок комплексных и азотных удобрений при внесении под сахарную свеклу в Краснодарском крае / В. В. Носов, А. Ф. Пэлий, В. М. Кильдюшкин [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 6. – С. 19-28.

131. Сулаймонов, И. Ж. Влияние норм внесения минеральных удобрений на всхожесть семян сахарной свеклы / И. Ж. Сулаймонов, И. К. Одилов // Актуальные проблемы современной науки. – 2021. – № 6(123). – С. 43-46.

132. Сулаймонов, И. Ж. Усвоение азота сахарной свеклой в зависимости от формы и нормы минеральных удобрений / И. Ж. Сулаймонов, Д. Т. Эргашев // Сахарная свекла. – 2022. – № 3. – С. 23-25.

133. Сычева, И. В. Оценка гибридов сахарной свеклы в условиях Брянской области / И. В. Сычева, С. М. Сычев // Сахарная свекла. – 2023. – № 3. – С. 16-20.

134. Тарасенко, С. А. Влияние жидких комплексных удобрений на основе карбамида аммиачной селитры (КАС) на урожайность и качество сахарной свеклы / С. А. Тарасенко, М. С. Брилев // Агрохимия. – 2007. – № 5. – С. 27-31.
135. Тенденции мирового производства сахарной свеклы и уровень потребления сахара / А. Р. Кузнецова, Г. Е. Жолдоякова, А. И. Ахметьянова, А. И. Кузнецов // Аграрная наука. – 2024. – № 3. – С. 157-162.
136. Терещенкова, И. А. Анализ производства сахарной свеклы в Республике Беларусь / И. А. Терещенкова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 2. – С. 41-43.
137. Ториков, В. Е. Обработка почвы, посев и посадка полевых культур / В. Е. Ториков, О. В. Мельникова. – 2-е издание., стереотипное. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2023. – 244 с.
138. Тютюма, Н. В. Влияние подкормок минеральными удобрениями на урожайность гибридов сахарной свеклы в условиях светло-каштановых почв Астраханской области / Н. В. Тютюма, А. В. Кудряшов, Н. И. Кудряшова // Вестник Прикаспия. – 2014. – № 1(4). – С. 6-11.
139. Урожайность культур и продуктивность зерносвекловичного севооборота как результат 85-летнего применения удобрений в условиях ЦЧР / О. А. Минакова, Л. В. Александрова, Т. Н. Подвигина, В. М. Вилков // Агрохимия. – 2024. – № 1. – С. 17-25. – DOI 10.31857/80002188124010032.
140. Урожайность сахарной свеклы и баланс элементов питания в опыте с внекорневым внесением растворов мочевины / О. А. Минакова, О. К. Боронтов, Л. В. Тамбовцева [и др.] // Сахарная свекла. – 2016. – № 6. – С. 8-11.
141. Фазрахманов, И. И. Рынок сахара России: состояние и перспективы / И. И. Фазрахманов, А. В. Богданова // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 4-1(81). – С. 1192-1195.
142. Фетюхин, И. В. Приемы повышения эффективности возделывания сахарной свеклы в условиях южной зоны Ростовской области / И. В. Фетюхин, В. А. Бодрухин, Е. П. Абрамова // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2024. – № 3(53). – С. 27-33.

143. Формирование продуктивности гибридов сахарной свеклы с применением жидких минеральных удобрений в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан / Р. Р. Алимгафаров, С. В. Евграфов, Д. Р. Исламгулов [и др.] // Сахарная свекла. – 2025. – № 2. – С. 11-15. – DOI 10.25802/SB.2025.97.31.001.

144. Формирование продуктивности сахарной свеклы под влиянием плодородия почвы и удобрений / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько, Н. Н. Нещадим [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 110. – С. 144-150. – DOI 10.21515/1999-1703-110-144-150.

145. Холопкин, И. Н. Перспективы использования свекловичного жома в зернопаропропашном севообороте / И. Н. Холопкин // Земледелие. – 2013. – № 4. – С. 15-17.

146. Чечеткина, И. В. Влияние азотных удобрений на продуктивность и качество сахарной свеклы / И. В. Чечеткина, М. И. Гуляка // Сахарная свекла. – 2022. – № 3. – С. 21-22.

147. Чуян, О. Г. Динамика урожайности основных сельскохозяйственных культур в Центральном Черноземье / О. Г. Чуян, Л. Н. Карапурова // Земледелие. – 2023. – № 3. – С. 3-8. – DOI 10.24412/0044-3913-2023-3-3-8.

148. Шамилев, С. Р. Оценка и анализ динамики эффективности производства сахарной свеклы / С. Р. Шамилев // Электронный мультидисциплинарный научный журнал с порталом международных научно-практических конференций Интернетнаука. – 2016. – № 1. – С. 84-99.

149. Шатилов, И. С. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая / И. С. Шатилов, А. Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 320 с.

150. Шатилов, И. С. Постановка опытов и проведение исследований по программированию урожаев полевых культур / И. С. Шатилов, М. К. Каюмов. – М.: ВАСХНИЛ, 1978. – 66 с.

151. Шатилов, И. С. Принципы программирования урожайности / И. С. Шатилов // Вестник с.-х. науки. – 1973. – № 3. – С. 8-14.

152. Шафран, С. А. Вклад минеральных удобрений в формирование урожайности полевых культур (сообщение 2). Фосфорные и калийные удобрения / С. А. Шафран // Агрохимия. – 2021. – № 8. – С. 9-16. – DOI 10.31857/S0002188121080123.

153. Эффективность комплексных удобрений при выращивании сахарной свеклы / И. И. Гуреев, А. В. Агибалов, С. П. Колтунов, В. И. Гуреева // Сахарная свекла. – 2005. – № 3. – С. 24-26.

154. Эффективность применения агрохимиката КРЕЗАМИКС марка: Бор на свекле сахарной сорта Оксана в Краснодарском крае / А. Т. Подварко, А. Д. Кустадинчев, А. А. Коршунов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 90. – С. 71-77. – DOI 10.21515/1999-1703-90-71-77.

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

156. Геркиял, А. М. Баланс основных элементов питания почвы под сахарной свеклой в хозяйствах Черкасской области / А. М. Геркиял, З. В. Геркиял // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2010. – № 74-1. – С. 165-170.

157. Eberhart, S. A. Stability parameters for comparing varieties / S. A. Eberhart, W. A. Russell // J. Crop. Sci. – 1966. – Vol. 6, N 1. – P. 36-40.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение А. Урожайность (т/га) корнеплодов сахарной свёклы в 2022 году исследования по повторностям и результаты дисперсионного анализа

Вариант	Повторность			Среднее
	1	2	3	
Контроль	20,2	15,5	18,6	<b>18,1</b>
Навоз 20 т/га	27,1	22,8	22,7	<b>24,2</b>
Навоз 40 т/га	32,6	33,5	26,3	<b>30,8</b>
N60P60K60	25,0	26,8	25,3	<b>25,7</b>
N90P90K90	33,5	29,4	31,5	<b>31,4</b>
N120P120K120	43,8	34,0	37,4	<b>38,4</b>

\*=====\*

| Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Fф |

\*=====\*

| Общая..... | 851,65625 | 17 | 50,097 | - |

| Повторений | 45,79166793 | 2 | 22,895 | 3,3272 |

| Вариантов. | 737,0507812 | 5 | 147,41 | 21,421 |

| Остаток... | 68,81379699 | 10 | 6,8813 | - |

\*=====\*

**НСР = 4,8102011680603**

Приложение Б. Урожайность (т/га) корнеплодов сахарной свёклы в 2023 году исследования по повторностям и результаты дисперсионного анализа

Вариант	Повторность			Среднее
	1	2	3	
Контроль	21,8	19,3	24,5	<b>21,8</b>
Навоз 20 т/га	39,0	31,5	38,3	<b>36,3</b>
Навоз 40 т/га	42,0	57,8	55,8	<b>51,8</b>
N60P60K60	44,0	59,7	62,3	<b>55,3</b>
N90P90K90	74,0	60,8	67,5	<b>67,4</b>
N120P120K120	83,8	76,5	72,0	<b>77,4</b>

\*=====\*

| Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Fф |

\*=====\*

| Общая..... | 6703,542968 | 17 | 394,32 | - |

| Повторений | 26,09895896 | 2 | 13,049 | 0,2490 |

| Вариантов. | 6153,567871 | 5 | 1230,7 | 23,492 |

| Остаток... | 523,8761596 | 10 | 52,387 | - |

\*=====\*

**НСР = 13,2721033096313**

Приложение В. Урожайность (т/га) корнеплодов сахарной свёклы в 2024 году исследования по повторностям и результаты дисперсионного анализа

Вариант	Повторность			Среднее
	1	2	3	
Контроль	15,4	12,8	16,4	14,9
Навоз 20 т/га	18,6	17,2	15,8	17,2
Навоз 40 т/га	24,4	22,6	23,5	23,5
N60P60K60	23,8	24,6	22,3	23,6
N90P90K90	30,8	28,8	27,9	29,2
N120P120K120	28,8	35,9	36,8	33,8

\*=====\*

| Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Fф |

\*=====\*

| Общая..... | 816,6992187 | 17 | 48,041 | - |

| Повторений | 0,080403648 | 2 | 0,0402 | 0,0069 |

| Вариантов. | 758,7112426 | 5 | 151,74 | 26,204 |

| Остаток... | 57,90757369 | 10 | 5,7907 | - |

\*=====\*

**НСР = 4,41258525848389**

Приложение Г. Средняя урожайность (т/га) корнеплодов сахарной свёклы по годам исследования и результаты дисперсионного анализа

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее
Контроль	18,1	21,8	14,9	18,3
Навоз 20 т/га	24,2	36,3	17,2	25,9
Навоз 40 т/га	30,8	51,8	23,5	35,4
N60P60K60	25,7	55,3	23,6	34,9
N90P90K90	31,4	67,4	29,2	42,7
N120P120K120	38,4	77,4	33,8	49,9

\*=====\*

| Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Fф |

\*=====\*

| Общая..... | 5262,115234 | 17 | 309,53 | - |

| Повторений | 2713,760986 | 2 | 1356,8 | 21,717 |

| Вариантов. | 1923,581420 | 5 | 384,71 | 6,1576 |

| Остаток... | 624,7728271 | 10 | 62,477 | - |

\*=====\*

**НСР = 14,4939422607422**

Приложение Д. Содержание сахарозы в корнеплодах сахарной свёклы по годам исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %
	% воздушно-сухой массы					
Контроль	74,26	77,82	82,14	78,07	3,95	5,05
Навоз 20 т/га	76,68	78,68	82,98	79,45	3,22	4,05
Навоз 40 т/га	80,28	82,11	84,21	82,20	1,97	2,39
N60P60K60	69,26	70,74	75,54	71,85	3,28	4,57
N90P90K90	61,24	62,94	64,68	62,95	1,72	2,73
N120P120K120	62,57	62,79	63,87	63,08	0,70	1,10
Среднее по вариантам	70,72	72,51	75,57	—	—	—
Стандартное отклонение	7,72	8,34	9,25	—	—	—
Коэффициент вариации, %	10,91	11,50	12,25	—	—	—

\*=====\*

| Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Fф |

\*=====\*

| Общая..... | 1145,625 | 17 | 67,389 | - |

| Повторений | 72,19010162 | 2 | 36,095 | 23,001 |

| Вариантов. | 1057,742187 | 5 | 211,54 | 134,80 |

| Остаток... | 15,69271087 | 10 | 1,5692 | - |

\*=====\*

**НСР = 2,2970712184906**

Приложение Е. Содержание азота в корнеплодах сахарной свёклы по годам исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %
	% воздушно-сухой массы					
Контроль	0,58	0,65	0,75	0,66	0,09	12,95
Навоз 20 т/га	0,6	0,66	0,76	0,67	0,08	12,00
Навоз 40 т/га	0,64	0,74	0,78	0,72	0,07	10,02
N60P60K60	0,64	0,69	0,79	0,71	0,08	10,81
N90P90K90	0,65	0,69	0,79	0,71	0,07	10,16
N120P120K120	0,65	0,75	0,85	0,75	0,10	13,33
Среднее по вариантам	0,63	0,7	0,79	—	—	—
Стандартное отклонение	0,03	0,04	0,04	—	—	—
Коэффициент вариации, %	4,67	5,83	4,43	—	—	—

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф
Общая.....	0,096000671	17	0,0056	—
Повторений	0,077200569	2	0,0386	131,58
Вариантов.	0,015866598	5	0,0031	10,817
Остаток...	0,002933504	10	0,0002	—

**НСР = 0,0314064472913742**

Приложение Ё. Содержание фосфора в корнеплодах сахарной свёклы по годам исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %
	% воздушно-сухой массы					
Контроль	0,18	0,20	0,24	0,21	0,03	14,78
Навоз 20 т/га	0,20	0,24	0,22	0,22	0,02	9,09
Навоз 40 т/га	0,18	0,20	0,24	0,21	0,03	14,78
N60P60K60	0,15	0,17	0,21	0,18	0,03	17,29
N90P90K90	0,15	0,17	0,21	0,18	0,03	17,29
N120P120K120	0,16	0,19	0,23	0,19	0,04	18,16
Среднее по вариантам	0,17	0,20	0,23	—	—	—
Стандартное отклонение	0,02	0,03	0,01	—	—	—
Коэффициент вариации, %	11,76	12,94	5,99	—	—	—

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф
*=====*				
Общая.....	0,023294448	17	0,0013	—
Повторений	0,013611177	2	0,0068	175,03
Вариантов.	0,009294450	5	0,0018	47,808
Остаток...	0,000388820	10	3,8882	—
*=====*				

НСР = 0,0114340502768755

Приложение Ж. Содержание калия в корнеплодах сахарной свёклы по годам исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %
	% воздушно-сухой массы					
Контроль	0,74	0,80	0,90	0,81	0,08	9,94
Навоз 20 т/га	0,68	0,72	0,92	0,77	0,13	16,63
Навоз 40 т/га	0,72	0,78	0,98	0,83	0,14	16,47
N60P60K60	0,58	0,63	0,93	0,71	0,19	26,54
N90P90K90	0,83	0,93	1,04	0,93	0,11	11,25
N120P120K120	0,96	1,08	1,18	1,07	0,11	10,26
Среднее по вариантам	0,75	0,82	0,99	—	—	—
Стандартное отклонение	0,13	0,16	0,11	—	—	—
Коэффициент вариации, %	17,41	19,49	10,62	—	—	—

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф
*=====*				
Общая.....	0,450445175	17	0,0264	—
Повторений	0,182143852	2	0,0910	47,789
Вариантов.	0,249244377	5	0,0498	26,157
Остаток...	0,019056946	10	0,0019	—
*=====*				

НСР = 0,0800483003258705

Приложение 3. Масса ботвы корнеплодов сахарной свёклы по повторностям 2023 года исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов

Вариант	Повторность			Среднее повторностям	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %
	1	2	3			
Контроль	0,32	0,27	0,32	0,30	0,03	10,1
Навоз 20 т/га	0,46	0,52	0,40	0,46	0,06	13,2
Навоз 40 т/га	0,62	0,60	0,50	0,57	0,06	11,2
N60P60K60	0,67	0,65	0,76	0,69	0,06	8,7
N90P90K90	1,35	1,25	0,98	1,19	0,19	16,0
N120P120K120	1,58	1,27	1,19	1,34	0,20	15,2
Среднее по вариантам	0,83	0,76	0,69			
Стандартное отклонение	0,51	0,41	0,35			
Коэффициент вариации, %	61,1	54,1	50,3			

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
Общая.....	2,791450500	17		0,1642	-
Повторений	0,060232479	2		0,0301	2,4705
Вариантов.	2,609314918	5		0,5218	42,809
Остаток...	0,121903106	10		0,0121	-

НСР = 0,202457010746002

Приложение И. Длина корнеплодов сахарной свёклы по повторностям 2023 года исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов

Вариант	Повторность			Среднее повторностям	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %
	1	2	3			
Контроль	26,0	20,0	21,0	22,3	3,2	14,4
Навоз 20 т/га	23,0	24,0	18,0	21,7	3,2	14,8
Навоз 40 т/га	30,0	25,0	22,0	25,7	4,0	15,7
N60P60K60	26,0	22,0	27,0	25,0	2,6	10,6
N90P90K90	25,0	27,0	28,0	26,7	1,5	5,7
N120P120K120	24,0	23,0	22,0	23,0	1,0	4,3
Среднее по вариантам	25,7	23,5	23,0			
Стандартное отклонение	2,4	2,4	3,8			
Коэффициент вариации, %	9,4	10,3	16,5			

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
====	====	====	====	====	*
Общая.....  154,9443359   17			9,1143   -		
Повторений  24,11100196   2			12,055   1,7086		
Вариантов.  60,27766799   5			12,055   1,7086		
Остаток...  70,55566406   10			7,0555   -		
====	====	====	====	====	*

**НСР = 4,87069988250732**

Приложение Й. Ширина головки корнеплодов сахарной свёклы по повторностям 2023 года исследования и результаты ковариационного и дисперсионного анализов

Вариант	Повторность			Среднее повторностям	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %
	1	2	3			
Контроль	6,0	5,2	5,6	5,60	0,40	7,1
Навоз 20 т/га	6,7	6,0	6,5	6,40	0,36	5,6
Навоз 40 т/га	7,4	6,3	6,8	6,83	0,55	8,1
N60P60K60	7,5	6,4	7,4	7,10	0,61	8,6
N90P90K90	8,1	7,4	7,8	7,77	0,35	4,5
N120P120K120	10,0	7,7	8,7	8,80	1,15	13,1
Среднее по вариантам	7,6	6,5	7,1			
Стандартное отклонение	1,4	0,9	1,1			
Коэффициент вариации, %	18,0	14,2	15,1			

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	23,26489257	17		1,3685	-
Повторений	3,763224363	2		1,8816	17,582
Вариантов.	18,43151855	5		3,6863	34,446
Остаток...	1,070149660	10		0,1070	-
*=====*					

**НСР = 0,599856972694397**