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

На правах рукописи

Пургина Анастасия Вячеславовна

Агрохимическое обоснование возделывания цикория корневого в условиях серых лесных почв 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 – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..…….4

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ……10

ГЛАВА 1. ЗНАЧЕНИЕ УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЦИКОРИЯ КОРНЕВОГО……...….10

1.1 Биология цикория корневого, распространение и значение культуры……10

1.2 Роль средств химизации в формировании урожая корнеплодов цикория корневого ……..…….....18

ГЛАВА 2 ПОГОДНЫЕ И ПОЧВЕННЫЕ УСЛОВИЯ ОПЫТНОГО ПОЛЯ БРЯНСКОГО ГАУ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ…...…...26

2.1 Погодные условия территории исследования ……..……. 26

2.2 Почвенные условия территории исследования…….……..32

2.3 Методика проведения исследования...……..…… 36

ГЛАВА 3 ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА ЦИКОРИЯ КОРНЕВОГО……45

3.1 Потенциал природных условий Брянской области в реализации урожайности корнеплодов цикория корневого ……..…….45

3.2 Действие минерального и органического удобрения на урожайность цикория корневого и его агрономическая эффективность ……48

3.3 Реализации потенциала урожайности цикория корневого в условиях опыта…. 56

ГЛАВА 4 ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦИКОРИЯ КОРНЕВОГО ……..…….. 65

ГЛАВА 5 ВОЗДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЦИКОРИЯ КОРНЕВОГО ……75

5.1 Действие органического и минерального удобрения на макроэлементный состав цикория корневого ……..……...… 75

5.2 Баланс макроэлементов при возделывании цикория корневого при различном уровне применения удобрения ……..…….……82

ГЛАВА 6 ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЦИКОРИЯ КОРНЕВОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ ……..……..… 92

ЗАКЛЮЧЕНИЕ……98

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……..……...102

ПРИЛОЖЕНИЕ……..……..……114

Приложение А. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ урожайность корнеплодов цикория корневого в 2022 году исследования……115
Приложение Б. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ урожайность корнеплодов цикория корневого в 2023 году исследования……116
Приложение В. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ урожайность корнеплодов цикория корневого в 2024 году исследования……117
Приложение Г. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ урожайность корнеплодов цикория корневого по годам исследования……..…….. 118
Приложение Д. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ содержания сахарозы в корнеплодах цикория корневого по годам исследования……...……...119
Приложение Е. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ содержания фруктозы в корнеплодах цикория корневого по годам исследования……...……...120
Приложение Ё. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ содержания сухого вещества в корнеплодах цикория корневого по годам исследования……...……...121
Приложение Ж. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ содержания азота в корнеплодах цикория корневого по годам исследования …….. 122
Приложение З. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ содержания фосфора в корнеплодах цикория корневого по годам исследования …….. 123
Приложение И. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ содержания калия в корнеплодах цикория корневого по годам исследования ……..... 124

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Сельскохозяйственное производство на сегодняшний день – одно из перспективных и инвестиционно привлекательных направлений развития бизнеса в Российской Федерации. Для успешного конкурентного ведения сельского хозяйства необходимо не только постоянно совершенствовать и оптимизировать системы удобрения и технологии возделывания типичных полевых культур, но и искать новые востребованные культуры – с учётом изменений и потребностей как российского, так и мирового рынка.

Цикорий корневой (*Cichorium intybus L. var. sativum DC.*) – уникальная культура, ценность которой обусловлена химическими веществами, содержащимися в её корнеплодах. Если раньше продукт из цикория использовали как добавку к кофе то в настоящее время это самостоятельный, достаточно распространённый и востребованный продукт. Кроме того, продукты из цикория нашли широкое применение в медицине. Цикорий – отличный медонос, а его листья, богатые углеводами, могут использоваться как сочные корма для сельскохозяйственных животных.

В настоящее время на внутреннем рынке России наблюдается острый дефицит сырья цикория корневого для перерабатывающей пищевой, фармацевтической и других отраслей промышленности, который восполняется за счёт импорта. Широкая практическая применимость и экономическая выгода от возделывания этой культуры в значительной степени нивелируются высокой трудоёмкостью производства, в технологическом процессе велика доля ручного труда, прежде всего при уборке корнеплодов. Низкая распространённость культуры в Российской Федерации обуславливает дефицит исследований, посвящённых проблемам и особенностям питания цикория корневого в конкретных почвенно-климатических условиях.

В условиях Брянской области разработка, совершенствование и оптимизация систем удобрения цикория корневого определяют не только уровень урожайности корнеплодов и их качество, но и направление изменения, воспроизводства и повышения плодородия серых лесных почв.

Степень её разработанности. До настоящего времени в условиях Брянской области на серых лесных почвах цикорий корневой не возделывали, занимались обоснованием применения удобрений под другие корнеплоды. При этом Ростовская овощная опытная станция по цикорию – филиал ФГБНУ «ФНЦ овощеводства» накопила определённый положительный опыт возделывания цикория корневого и применения средств химизации (пестицидов, минеральных макроудобрений и микроудобрений) на дерново-подзолистых почвах Ярославской области РФ. Опубликованы статьи по данной тематике таких авторов, как И. В. Смирнова, О. М. Вьютнова и другие. Организацией заложены теоретические и практические аспекты возделывания культуры, опираясь на которые мы провели исследование.

Освоение новых территорий возделывания цикория корневого требует агрохимического обеспечения производства корнеплодов, особенно с учётом изменяющихся погодных условий. Необходима оптимизация применения систем удобрения при возделывании цикория корневого на серых лесных почвах, обеспечивающая агрономическую и экономическую целесообразности.

Цель исследования – комплексная оценка эффективности органического и минерального удобрения при возделывании цикория корневого на серых лесных среднесуглинистых почвах в изменяющихся погодных условиях Брянской области.

Задачи исследования:

1. Установить в зависимости от почвенно-климатических условий Брянской области теоретически возможную урожайность корнеплодов цикория корневого.

2. Определить влияние органического и минерального удобрения на урожайность корнеплодов цикория корневого и окупаемость удобрения прибавкой урожая.

3. Установить роль органического и минерального удобрения в реализации урожайности цикория корневого в изменяющихся погодных условиях.

4. Определить влияние органического и минерального удобрения на изменение качественных показателей корнеплодов цикория корневого.

5. Изучить изменение макроэлементного состава корнеплодов цикория кормового под действием органического и минерального удобрения и рассчитать баланс элементов питания при различных погодных условиях.

6. Экономически обосновать применение органического и минерального удобрения при возделывании цикория корневого в условиях Брянской области.

Научная новизна. Впервые в условиях Брянской области при возделывании цикория корневого на серой лесной почве проведено агрохимическое обоснование производства корнеплодов. Установили, что условия Брянской области обуславливают теоретическую урожайность корнеплодов по приходу ФАР – 45,6 т/га, по термическим условиям – 39,8 т/га, по уровню плодородия почвы 29,7-94,1 т/га (лимитирующий фактор – обеспеченность почвы подвижным калием). Средняя урожайность, формируемая за счёт погодных, почвенных и агротехнологических условий, за годы исследования, была 16,8 т/га. Органическое удобрение в дозе 40 т/га навоза достоверно повышает урожайность корнеплодов до 28,2 т/га, а применение возрастающих доз минерального удобрения до 28,3-39,5 т/га. Обнаружили, что органическое удобрение фактор получения стабильного урожая корнеплодов в изменяющихся условиях окружающей среды. Определили, что наибольшая окупаемость органического и минерального удобрения прибавкой урожая цикория корневого получена при применении 20 т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90}$ соответственно 308 кг на т и 67 кг на кг д. в. Органическое удобрение способствует формированию положительного баланса элементов питания в почве. Минеральное удобрение обеспечивает положительный баланс азота и фосфора. В условиях Брянской области возделывание цикория корневого является высокорентабельным, применение 40 т/га навоза обусловливает рост чистого дохода до 149,91 тыс. руб., а рентабельность – до 113 %, применение $N_{120}P_{120}K_{120}$ позволяет получить наибольший в опыте чистый доход 239,39 тыс. руб., при уровне рентабельности 154 %.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в агрохимическом обосновании возделывании цикория корневого на серых лесных почвах в условиях Брянской области. Разработанные рекомендации ориентированы на

повышение урожайности корнеплодов и обеспечение экономической эффективности производства. Установлена роль органического и минерального удобрения в адаптации посевов цикория к агроклиматическим условиям региона, а также раскрыт его продуктивный потенциал при изменяющихся внешних факторах. Выявлены закономерности динамики плодородия почвы под влиянием различного удобрения, что позволяет оценить их пролонгированное действие на почву. В ходе исследований в условиях Брянской области установлены оптимальные дозы удобрения при возделывании цикория корневого на серых лесных почвах, формирующие максимальную урожайность корнеплодов при сохранении высокого уровня рентабельности производства.

Методология и методы исследования. Методика исследования включала совокупность общепринятых методов выполнения полевого и лабораторного исследования для достижения поставленной цели и решения задач. Лабораторно-полевой опыт был заложен на серой лесной почве опытного поля Брянского ГАУ, возделывали цикорий корневой в севообороте по предшественнику – яровая пшеница. Комплексно оценивали дозы органического и минерального удобрения в изменении количественных и качественных показателей корнеплодов, расположение делянок систематическое при трёхкратной повторности опыта. Теоретические достижения и экспериментальные материалы отечественных исследователей в области агрохимии явились основой для программы исследования. Подготовка почвенных и растительных образцов к лабораторным анализам осуществлялась по общепринятым методикам, лабораторно-аналитические исследования проводили с использование современных методов агрохимического исследования в специализированных лабораториях кафедры агрохимии, почвоведения и экологии и испытательной лаборатории центра коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ. Результаты, полученные в ходе исследования, обрабатывались методами математической статистики.

Положения, выносимые на защиту.

1. Почвенно-климатические условия Брянской области обеспечивают урожайность корнеплодов цикория корневого на уровне 16,8 т/га.

2. Применение органического и минерального удобрения существенно увеличивает урожайность корнеплодов цикория корневого в условиях серых лесных почв Брянской области соответственно до 28,2 и 39,5 т/га.

3. Применение органического и минерального удобрения снижает содержание сахарозы и фруктозы в корнеплодах цикория корневого.

4. Органическое и минеральное удобрение – фактор регулирования баланса основных элементов питания при возделывании цикория корневого.

5. Производство корнеплодов цикория корневого, на серых лесных почвах в условиях Брянской области, высокорентабельное.

Степень достоверности и апробация результатов. Полученные опытным путём результаты, при проведении лабораторно-полевого опыта и лабораторно-аналитических анализов оригинальные, их достоверность основана на проведении трёхлетнего исследования в контрастных погодных условиях. Планирование, закладка и проведение лабораторно-полевого опыта выполнены в соответствии с общепринятыми рекомендациями, лабораторные анализы проводили в специализированных лабораториях по общепринятым методам. Данные, полученные в ходе проведения исследования, обработаны методами математической статистики. Выводы и предложения основаны на результатах, полученных в ходе проведения лабораторно-полевого опыта и лабораторно-аналитических анализов.

Полученные результаты научного исследования были апробированы и получили одобрение на XX и XXI международных научных конференциях «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» (г. Брянск, 2023 г., 2024 г.); на I и II международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития аграрной науки» (г. Брянск, 2022 г., 2023 г.).

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 9 статьях, размещённых в периодических изданиях, сборниках трудов и материалах докладов международных конференций, из которых 5 статьи в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка использованной литературы и приложения, ко-

торые представлены на 124 страницах печатного текста. Диссертационная работа содержит 18 таблиц, 12 рисунков, 10 приложений. Список литературы включает 126 наименований, в том числе 1 источник на иностранном языке.

Личный вклад состоит в разработке программы исследования, подборе методологического инструментария, организации и проведении лабораторно-полевых опытов и последующей обработке результатов и проведение статистической обработки экспериментальных данных, интерпретации результатов опыта с учётом почвенно-климатических условий региона, экологической оценки применяемых агрохимических мероприятий. На основании комплексного анализа сформулированы ключевые научные положения, обоснованные выводы и практические рекомендации для сельскохозяйственного производства. Автором подготовлены научные публикации по теме исследования, а также осуществлено полное оформление диссертационной работы и автореферата, включая структурирование материала, систематизацию результатов и аргументацию предложений для внедрения в практику. Личный вклад автора в объёме диссертационной работы составляет более 90%.

Соискатель выражает огромную благодарность доктору сельскохозяйственных наук научному руководителю Смольскому Е. В., кандидату сельскохозяйственных наук Нечаеву М. М. за ценные советы и постоянную помощь в проведении лабораторно-полевого опыта и лабораторных анализов, а также за содействие в ходе подготовки диссертационной работы; Смирновой И. В. руководителю Ростовской ОСЦ – филиал ФГБНУ ФНЦО за предоставление семян цикория корневого сорта Петровский; студентам и магистрантам кафедры агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ за помощь в реализации лабораторно-полевого опыта, а также в подготовке почвенных и растительных образцов к лабораторным анализам; сотрудникам Центра коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ за оказанную помощь в проведении лабораторных анализов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

ГЛАВА 1. ЗНАЧЕНИЕ УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЦИКОРИЯ КОРНЕВОГО

1.1 Биология цикория корневого, распространение и значение культуры

В книге «Цикорий» говорится, что «цикорий корневой (*Cichorium intybus L. var. sativum DC*) относится к семейству сложноцветных, подсемейству язычкоцветных, роду *Cichorium*. Цикорий корневой в первый год вегетации формирует крупные листья длиной 25-30 см и шириной 6-15 см, их количество составляет от 15 до 30. В это же время образуется корнеплод со средней массой от 100 до 400 г, длиной от 10 до 45 см и толщиной от 2 до 8 см, на протяжении всего периода роста он погружён почти полностью в почву» (Авдонин, 1935).

Цикорий корневой имеет разное эколого-географическое происхождение. Наиболее ценными для селекции являются высокая урожайность и короткий корнеплод, позволяющие механизировать уборку урожая (Полянина, 2016).

В статье Т. Ю. Поляниной с соавторами указывается, что «цикорий двухлетнее растение, семена формирует на второй год жизни. Семенной куст достигает высоты до 190 см, в зависимости от сорта, размера корнеплода варьируется число стеблей, чем крупнее корнеплод и больше срезана его головка, тем больше развитых почек и, как следствие, стеблей» (Золотой корешок, 2020).

В работе О. М. Вьютновой и Т. Ю. Поляниной говорится, что «растения цикория опыляются насекомыми и пчёлами, по своей природе оно перекрёстно опыляемое. Период цветения продолжается с июля по октябрь, семена вызревают с конца июля по октябрь. Масса 1000 семян изменяется в зависимости от условий произрастания и сорта в пределах от 1,5 до 3 г» (Вьютнова, Полянина, 2008).

Во многих публикациях определено, что «цикорий корневой культура пластичная, которая может выращиваться в различных почвенно-климатических условиях, но наиболее оптимальными считаются условия умеренных широт. Благоприятной зоной возделывания принято считать ту, в которой вегетационный период

длится около 120 дней, а культура обеспечена осадками на уровне не менее 200-250 мм в течение произрастания, сумма активных температур при этом на уровне 2100-2400 °С» (Гельтор, 1997; Вьютнова, Полянина, 2008; Золотой корешок, 2020).

Культура цикорий корневой обладает очень высокой экологической пластичностью, поэтому большинство сортов отличаются высокой степенью адаптированности к условиям Нечерноземья РФ (Корнев, Смирнова, 2025).

В статье К. А. Давидовича и Н. С. Давыдовой говорится, что «всходы цикория проявляются при 2-3 °С и, окрепнув, легко переносят заморозки до –5 °С» (Давидович, Давыдова, 1947).

По мнению О. М. Вьютновой «после появления всходов и в течение следующего месяца цикорий корневой растёт медленно. Наиболее интенсивный рост происходит в течение третьего месяца вегетации растения, когда корнеплод достигает 50-60 % от конечной массы, а листья 75-85 %. В Нечернозёмной зоне России прирост корнеплода прекращается в конце сентября» (Вьютнова, 2016).

В различных литературных источниках утверждается, что «мировая история хранит множество упоминаний (Теофраст, Плиний, Палладий, Гораций, Цельзий, Гаргила и Аниция) о цикории корневом, как о лекарственном растении. В Европе начиная с XVII века произошло существенное увеличение количества упоминаний о цикории. По мнению Гартвича уже около 1600 года было известно употребление цикория в качестве кофейного напитка. В Голландии употребление «цикорного кофе» также было известно до 1763 года, поскольку с этого времени цикорий ежегодно вывозился голландцами во Францию, где цикорные фабрики стали открываться и работать в 1806 году. По словам Беккера-Диллингена в Германии первые кофейно-цикорные фабрики появились в 1770 году. Вскоре после этого культура цикория кофейного направления начала быстро распространяться и в других европейских странах (Франции, Австрии, Италии, Бельгии, Польше, Чехии, Венгрии и др.), а затем и на других континентах. Открытие технологии производства спирта из цикория, в добавление к уже имевшимся способам его применения, утвердило его статус как одной из важнейших сельскохозяйственных культур» (Волков, 1959; Вьютнова, 2011; Вьютнова, 2016).

В статье О. М. Вьютновой говорится, что «первые данные и записи о цикории в России относятся к 1800 годам и касаются Ростовского уезда Ярославской губернии. В России резкий существенный рост популярности цикория происходит вскоре после открытия способа использования его в спиртовой промышленности. Специальным постановлением правительства в 1931 году был организован особый цикорный трест и в 1932 году – научно-исследовательский институт цикория с сетью опытных станций, а культура цикория была распространена на ряд новых районов, в т. ч. Московская и многие западные области, ЦЧО, Татарская АССР, УССР, БССР, Западная Сибирь и Горьковский край. В результате проведения этих мероприятий к 1938 году площадь под цикорием в СССР достигла 81700 га» (Вьютнова, 2011а).

В различных литературных источниках утверждается, что «существенное снижение посевных площадей цикория в России начало происходит с начала 90-ых годов. В 90-х годах из-за крайне тяжёлого положения сельскохозяйственных предприятий и отсутствия у них средств для оплаты прополки и уборки корнеплодов, которые повсеместно проводятся вручную, для покупки машин, при помощи которых можно было бы выполнять эти работы механизировано, а также приобретения качественного посевного материала, минеральных удобрений, ядохимикатов и ГСМ, произошло постепенное снижение посевных площадей цикория с 997 га в 1990 году до 240 га в 1999 году, а валовый сбор уменьшился с 4055 т до 589 т соответственно. При этом рентабельность производства цикория оставалась довольно высокой и колебалась от 39,8% в 1990 году до 89,0% в 1993 году» (Вьютнова, 2011б; Вьютнова, Евсеева, 2018; Влияние предшественников…, 2022).

По мнению О. М. Вьютновой и И.А. Новиковой «в начале 2000-х годов перерабатывающие цикорий предприятия в результате реорганизаций, модернизаций и многочисленных изменений в составе собственников не осуществили приёмку сырья, что повлекло за собой ещё более значительное сокращение посевных площадей под данную культуру» (Вьютнова, Новикова, 2019).

В публикации О. М. Вьютновой и И.А. Новиковой говорится, что «в настоящее время сохраняется значительный дефицит сырья на российском рынке, который компенсируется за счёт импорта, что, в конечном счёте, сказывается на увеличении конечной цены продуктов переработки» (Вьютнова, Новикова, 2018).

Авторы монографии утверждают, что «высокая востребованность цикория корневого обусловлена широким спектром его использования в различных отраслях промышленности. Наиболее широко цикорий применяется в пищевой промышленности» (Цикорий корневой…, 2025).

Общемировая концепция осознанного потребления и здорового образа жизни оказывает влияние на развитие пищевой индустрии. В последние несколько десятилетий увеличивается выпуск заменителей сахара, ведётся поиск и создаются новые подслащивающие вещества. Отмечено, что за рубежом среди довольно большого количества сахарозаменителей, применяемых в пищевой промышленности, к одним из наиболее перспективных относят глюкозно-фруктозные сиропы (Кузьмина и др., 2022).

Установлена возможность использования продуктов переработки корнеплодов цикория в хлебопечении в целях расширения ассортимента хлебобулочных изделий и повышения их качества (Бегеулов и др., 2021).

Цикорий – ценный компонент при производстве чайных и кофейных напитков, его доля в смесях может достигать 70 %. Он придаёт напиткам аромат, специфический вкус, окраску настоя и экстрактивность, а также повышает их питательность.

В исследованиях Л. И. Бутенко в соавторстве (2023) установлено, что «корни цикория и продукты его переработки можно использовать в качестве функциональных продуктов питания – энтеросорбентов, способных связывать токсичные ионы свинца и выводить их из организма» (Физико-химические исследования…, 2023).

В статье С. Ю. Чурикова с соавторами (2017) доказано, что внесение пюре из цикория в рецептуру майонезного соуса повышает его биологическую ценность и благотворно влияет на организм человека.

Основное сырьё для получения инулина – цикорий корневой, общее производство которого в настоящее время составляет более 100 тыс. т в год. Массовая доля инулина в цикории составляет в среднем 12-18%. Инулин и олигофруктоза добавляются в пищевые продукты для улучшения питательных свойств (снижение калорийности продукта, пребиотический эффект, обогащение продукта диетическими волокнами, уменьшение содержания сахара, улучшение усвояемости кальция и функциональных свойств) (Быкова, Калинина, 2022).

Авторы монографии утверждают, что «ценность цикория для кофе-цикорной промышленности определяется содержанием в корнеплодах инулина, фруктозы, интибина и цикореоля» (Цикорий корневой…, 2025).

По мнению Е.В. Лузиной «важной составляющей сырья из цикория корневого является инулин, который попадая в пищеварительный тракт, проходит в неизменном виде желудок, тонкую кишку, а в толстой кишке ферментируется преимущественно бифидобактериями с образованием большого количества короткоцепочечных жирных кислот. В связи с этим инулин стимулирует рост популяции бифидобактерий, подавляет развитие патогенных микроорганизмов. Увеличение пула нормальной интестинальной микрофлоры нормализует пассаж каловых масс по кишке, стимулирует иммунную систему, регулирует углеводный и липидный обмены» (Лузина, 2013).

В работе ряда авторов говорится, что «цикорий применяется в кондитерской промышленности, например для производства конфет, пряников, тортов и другого. Также цикорий применяется в качестве красителя для готовых блюд и продуктов питания, таких как бульоны, соусы, заливные блюда и так далее» (Цикорий корневой…, 2025).

В статьях некоторых авторов утверждается, что «химический состав корнеплодов цикория обуславливает широкое его применение в пищевой промышленности. За рубежом из корнеплодов цикория вырабатывают твёрдые растительные масла, выделяют фруктозу в чистом виде как заменитель дисахаров, а также для производства кондитерских изделий для людей, страдающих сахарным диабетом. В последнее время всё большая часть производимого цикория идёт на переработ-

ку и выделение инулина в чистом виде, который затем добавляется во всевозможные продукты питания и даже в корма для домашних животных» (Влияние предшественников…, 2022; Цикорий в животноводстве, 2022).

Авторы статьи утверждают, что «промышленное производство чистого инулина и его производных в России отсутствует, корнеплоды цикория в основном перерабатывают на сухой порошок» (Переработка инулинсодержащего…, 2017).

В России производство инулина и олигофруктозы отсутствует, однако известна технология получения инулина из цикория корневого. Определено, что для выращивания цикория корневого подходят те же климатические зоны, что и для выращивания сахарной свёклы, а агротехнические приёмы возделывания этих двух культур также схожи. В средней полосе России получен положительный результат, получения урожая корнеплодов цикория корневого сорта Петровский, сопоставимый с урожайностью в других странах (Иовлев и др., 2025).

В публикации коллектива авторов определено, что «корнеплод цикория корневого в зависимости от сорта и условий возделывания содержит углевод инулина – 16-24, фруктового сахара – 2-5, белков – 1,2 % от сухого вещества (Говорунов, 2003). В готовых продуктах переработки, состав сырья состоит из безазотистых экстрактивных веществ – 45,8, сахаров – 17,5, азотистых веществ – 7,4 %» (Цикорий – перспективная…, 2006).

В корнеплодах сорта Петровский высокое содержание инулина (до 21 %), что является важным показателем его пищевой ценности, потенциальной полезности для здоровья и пригодности для переработки на инулинсодержащие продукты (Мирошников, 2025).

В статье М. В. Балакиной (2023) установлена возможность использования цикория обыкновенного в косметической отрасли, показана роль инулина как пребиотика, сахарозаменителя, гелеобразователя для диетического питания, пищевой индустрии и косметики.

В статье коллектива авторов говорится, что «при применении цикория в качестве корма для животных, нужно отметить пригодность, как корнеплодов, так и листьев цикория для кормления сельскохозяйственных животных. Это обу-

словлено высоким содержанием в них углеводов, достаточно хорошо усваиваемых. Технология кормления с применением цикория корневого широко известно за пределами нашей страны. Возделывание цикория в качестве кормового растения давно практикуется в странах Западной Европы (Англия, Франция, Польша и др.). При этом цикорий высевается не только в чистом виде, но и в смеси с кормовыми травами» (Цикорий в животноводстве, 2022).

В статье Н. П. Бурякова и В. В. Менберга говорится, что «использование кормовой добавки на основе цикория является эффективным подходом для повышения зоотехнических характеристик птиц, улучшения продуктивности и качественных показателей инкубации полученных яиц» (Буряков, Менберг, 2025).

На основании экспериментального исследования, проведённого К.А. Давидовичем и Н.С. Давыдовой, установлено, что «семенники цикория являются отличным медоносом» (Давидович, Давыдова, 1947). В другой статье утверждается, что «при густоте насаждения в 25 тыс. растений на одном гектаре в среднем можно получить около 100 кг высококачественного мёда, в то время как, например, гречиха даёт около 70 кг» (Бабич, 1996).

Различные авторы утверждают, что «одной из широчайших областей применения цикория является медицина, как старинная народная, так и современная фармакология. В народной медицине он применяется при широком спектре проблем: болезни печени, желудка, почек, сердца, а так же различных нервных заболеваниях. Более поздние и современные исследования показали, что помимо описанных выше полезных веществ, корнеплоды цикория содержат огромный ряд элементов и витаминов, необходимых для функционирования организма человека. Так, исследованиями Парижской медицинской лаборатории установлено, что в корнеплодах цикория содержится 33 элемента и витамины А, Е, В, В2, В12, РР» (Авдонин, 1934; Вильчик, 1982; Борисюк и др., 2001).

Авторы монографии, в своей работе обозначили, что «ценность продукта для переработки в первую очередь определяется его составом, так в зависимости от сорта, места произрастания и условий выращивания культуры корнеплоды цикория содержат 72,0-77,0 % воды, 1,0-1,2 % белков, 0,1-0,3 % жиров, 1,0-6,0 % са-

харов, 12,0-30 % инулина, 1,3-1,8 % клетчатки, 1,1-1,9 % золы, 0,3-0,4 % фосфора, 1,3-1,4 % калия, 0,3-0,4 % кальция. В зависимости от сферы производства и вида готовой продукции к химическому составу цикория предъявляются различные требования» (Цикорий корневой…, 2025).

Во многих публикациях говорится, что «кофе-цикорная промышленность требует повышенное содержание инулина, как основного питательно-вкусового субстрата, а так же глюкозиду интибина, наделяющему цикорные напитки тем самым «кофейным» вкусом и придающему ему ароматические свойства» (Сташко, 1932; Сила, 1948; Опытная работа…, 2020; Смирнова и др., 2022).

Коллектив авторов монографии утверждают, что «для сахарной промышленности наиболее значимо содержание инулина, а также и других растворимых углеводов, которые могут легко переходить в сахара, и, напротив, как можно меньшему содержанию интибина и белков в связи с тем, что первый придает конечному продукту горький вкус, а вторые могут значительно затруднять извлечение сахара. В то же время спиртовая промышленность наряду с большим содержанием углеводов, служащих исходным материалом для готового спирта, заинтересована в большем содержании растворимых белков, как питательного субстрата для развития дрожжей» (Цикорий корневой…, 2025).

В своей статье Ю. Н. Фёдоров выражает мнение, что «в связи с участившимися в современном мире случаями возникновения сахарного диабета среди населения, использование инулина, содержащегося в корнеплодах цикория, приобрело особую актуальность. Ведь цикорий корневой – самый доступный из известных источников инулина на сегодняшний день. В свою очередь, инулин цикория переходит во фруктозу, которая непосредственно ассимилируется кровью без предварительного переваривания, а та же способствует облегчению работы печени и ускоренному удалению токсинов из организма» (Фёдоров, 1990).

Многие авторы высказывают мнение, что «производство цикория в России обладает значительными перспективами – потенциальная ёмкость превышает текущий уровень потребления в несколько десятков раз. Необходимо провести работу по восстановлению посевных площадей, разработке эффективных технологий

возделывания, селекции новых сортов в направлении получения корнеплодов, пригодных для механизированной уборки и переработки, а также с целью получения корнеплодов с высоким содержанием инулина (до 75%)» (Золотой корешок, 2020).

Поэтому, как заявляет в своей статье Вьютнова О.М. с соавторами, «несмотря на большое народнохозяйственное значение и экономическую выгодность выращивания цикория, в последние годы перерабатывающая промышленность не обеспечивается этим видом сырья и вынуждена закупать продукт из высушенных корнеплодов в других странах, таких как Украина, Италия и Индия» (Вьютнова и др., 2019).

Таким образом, распространение цикория корневого на территории России неоправданно низко, несмотря на высокую маржинальность при его возделывании и уникальный химический состав корнеплодов.

1.2 Роль средств химизации в формировании урожая корнеплодов цикория корневого

Многие авторы в своих исследованиях подтверждают, что «питание растения – важнейший элемент их жизнедеятельности и развития, от которого зависит продуктивность и, как следствие, экономическая рентабельность производства» (Борисов и др., 2003; Борисов и др., 2016; Быковский Ю.А., Ратникова, 2016)

На основании экспериментальных исследований, проведённых коллективом авторов, подтверждено, что «правильное применение минерального удобрения оптимизирует минеральное питание сельскохозяйственных культур и позволяет не только повысить урожайность основной и побочной продукции, но и улучшить качество получаемой продукции растениеводства, с точки зрения содержание полезных веществ. Обеспечение оптимального минерального питания высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур позволяет добиться реализации максимальной урожайности, позволяет безболезненно проходить критические фазы роста, делает их устойчивыми к болезням, вредителям и неблагоприятным факторам среды» (Особенности минерального…, 2020).

В статье коллектива авторов утверждается, что «потребность каждой культуры в питательных веществах уникальна и обусловлена её биологическими особенностями и продуктивностью. Кроме того, немаловажным фактором являются формы питательных веществ, которые получают растения, а также виды минеральных удобрений. Основой минерального питания всех растений являются, так называемые, макроэлементы: азот, фосфор, калий.

Азот является важнейшим строительным материалом растений и отвечает за образование белковых соединений, рост и, как следствие, урожайность сельскохозяйственных культур.

Фосфор – элемент энергетического обеспечения и передачи наследственной информации. Кроме того, способствует росту и развитию корневой системы, формирование генеративных органов, а также ускоряет обменные процессы.

В свою очередь калий осуществляет защитные функции клетки, сохраняет и удерживает воду, способствует образованию сахаров и передвижению их по тканям» (Особенности минерального…, 2020).

Установлено, что на оподзолённых суглинках лучшей дозой минеральных удобрений под цикорий корневой является $N_{45}P_{120}K_{60}$, где повышенная доза фосфора позволяет не только повысить урожайность, но и лёжкость маточников, что увеличивает семенную продуктивность у растений второго года (Оценка сохранности…, 2020).

Говоря о минеральном питании цикория корневого, некоторые учёные отмечают, что «фосфорные удобрения используются растениями цикория в начальной фазе своего роста, калийные – на третьем месяце жизни, а азот на протяжении всего вегетационного периода. Применение фосфора и калия способствуют повышению химико-технологических свойств корнеплодов. Азот – некоторому снижению качественных показателей» (Особенности минерального…, 2020).

Большинство авторов научных публикаций сходятся во мнении, что «из всех минеральных элементов цикорий, как корнеплод, наиболее отзывчив на калий. Недостаток калийного питания приводит к нарушению метаболизма растений, дефицит этого элемента питания вызывает ослабление деятельности ряда ферментов, нару-

шения в углеводном и белковом обмене в растении, усиливая затраты сахаров на дыхание, в итоге оказывая отрицательное влияние на качество урожая. При недостаточном калийном питании растения быстрее поражаются различными заболеваниями, а в период длительного хранения снижается сохраняемость урожая» (Квасников, Вильчик, 1969; Корниченко, Удовиченко, 2004; Кидин, Торшин, 2016).

Исследования, проведённые в 2021-2022 годах на дерново-подзолистой почве опытного поля Ростовской ОСЦ – филиала ФГБНУ ФНЦО, свидетельствуют, что «наибольший эффект от применения минеральных удобрений на цикории корневом достигается при внесении дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ в основное удобрение и той же дозы в подкормку. В этих условиях получен максимальный урожай корнеплодов – 23,9 т/га; прибавка к контролю составила 67,1 %» (Система минерального…, 2025).

Исследования, проведённые в условиях Ярославской области, свидетельствуют об эффективности производства корнеплодов цикория корневого сортов Петровский и Ярославский (Вьютнова, 2011в; 2011б).

Авторы публикации об особенностях питания цикория корневого утверждают, что «один из важных показателей, по которому можно судить о необходимой норме потребления минеральных веществ сельскохозяйственной культурой – вынос питательных элементов с урожаем. Соответственно количество выносимых с урожаем веществ прямо пропорционально размеру полученного урожая. Так, цикорий выносит из почвы питательных веществ приблизительно столько же, сколько сахарная свёкла и картофель. По данным анализов института цикория, при урожайности 200 ц/га корнеплодов и 164 ц/га ботвы выносится из почвы азота – 85, фосфора – 40, калия – 121, кальция – 47 кг» (Особенности минерального…, 2020).

Более поздние исследования О. М. Вьютновой с соавторами, проведённые, на Ростовской опытной станции, определили, что необходима «другая дозировка: азот – 60, фосфор – 60, калий – 120 с добавлением бора» (Вьютнова и др., 2024).

Многие учёные, занимающиеся питанием растения утверждают, что «наряду с обеспечением корневого питания растения минеральными веществами через основное внесение удобрений, зачастую, при затруднённом корневом питании или

стрессе, испытываемом растением, применяются внекорневые подкормки. Они могут содержать широкий спектр веществ: макроэлементы, микроэлементы, которые так же необходимы для полноценного развития растения, гуматы и так далее. Такие подкормки особенно эффективны, если есть необходимость повысить сопротивляемость культуры к неблагоприятным факторам среды, улучшить качественные характеристики сельскохозяйственной продукции, быстро устранить дефицит определённых элементов и усилить иммунитет растения к патогенам» (Паншин, 1935; Кремнийсодержащие хелатные…, 2012; Петриченко, Туркина, 2013).

Как установлено в исследованиях ряда учёных «микроэлементы необходимы растению в микро количествах, каждый из них играет значительную роль во внутренних процессах растения таких как: окислительно-восстановительные процессы, углеводный и азотный обмен. Создание оптимальных условий для потребления растением необходимого количества микроэлементов способствует повышению устойчивости к болезням, обеспечивает повышенную урожайность, а так же повышает качество этого урожая» (Петриченко, Туркина, 2013; Вьютнова, Евсеева, 2017).

В условиях Ярославской области О. М. Вьютновой с соавторами установлено, что «повышение доз азотного на фоне фосфорно-калийного удобрения увеличивает урожайность корнеплодов цикория, при этом наиболее эффективно дробное внесение минерального удобрения, с увеличением доз азотного удобрения росло содержание инулина. Микроэлементы (бор и кобальт) повышали содержание инулина и сахаров в корнеплодах» (Вьютнова и др., 2023).

В исследованиях И. В. Смирновой с соавторами (2022) установлено, что применение минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{120}$ + Бор на фоне известкования при возделывании цикория корневого обуславливает увеличения урожайности корнеплодов и снижения их поражения гнилями во время вегетации и хранения.

Исследования, проводимые в 2011-2013 годах на сорте цикория «Ярославский» установили положительное влияние сидератов, минерального удобрения, бора и Гумата на развитие листового аппарата культуры, что в итоге не только повысило урожайность, но и снизило засорённость посевов (Вьютнова, Евсеева, 2017).

Помимо повышения урожайности корнеплодов цикория, применение системы удобрения повышает урожайность семян цикория корневого с 0,23 т/га до 0,29 т/га (Вьютнова и др., 2018), также увеличивает массу 1000 семян, энергию прорастания и лабораторную всхожесть (Евсеева, Вьютнова, 2019).

Максимум урожайности семян 0,27 т/га на варианте внесения минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{180}$ на фоне применения стимулятора роста Циркона получен в условиях дерново-подзолистых среднесуглинистых почв Нечернозёмной зоны России. Установлена высокая эффективность применения минерального удобрения, микроэлементов, Гумата и стимуляторов роста на семенную продуктивность и посевные качества семян цикория корневого (Вьютнова и др., 2024).

Корнеплоды, выращенные для семеноводческих целей без применения минеральных удобрений, лучше сохраняются. Выбор оптимального сочетания и количества элементов минерального питания увеличивает семенную продуктивность цикория корневого, улучшает физиологическое состояние растений на этапах роста и развития, увеличивает показатели посевных качеств семян (Евсеева и др., 2020).

В исследованиях А.В. Пургиной с соавторами при возделывании цикория корневого сорта Петровский в условиях Брянской области на серых лесных почвах установлена возможность получения урожая корнеплодов на уровне 15 т/га, а максимальная урожайность 29,63 т/га получена на фоне применения $N_{120}P_{120}K_{120}$ (Пургина и др., 2023).

В работе Н.А. Ратниковой с соавторами показано, что «применение регуляторов роста в сельском хозяйстве позволяет получить сдвиги в обмене веществ у растений, идентичные тем, которые возникают под действием определённых внешних условий. Цикорий по сравнению с другими культурами более стоек к болезням и имеет меньше вредителей. Однако, когда погодные условия способствуют развитию патогенов, вредители и болезни могут нанести значительный ущерб. Поэтому встаёт задача подобрать препараты, направленные на борьбу с вредителями и болезнями и регуляторы роста, действие которых направлено на усиление адаптивного потенциала растений» (Ратникова и др., 2020).

В полевых опытах, проводимых на базе сектора селекции и семеноводства корнеплодных культур ВНИИ овощеводства – филиала ФГБНУ ФНЦО в течение 2021-2023 годов, изучалось действие погодных условий и применение ростостимулирующих препаратов на семенную продуктивность маточников и качество семян цикория корневого. Выявлена положительная корреляционная зависимость между средними температурами за период май – июль, количеством осадков, влажностью воздуха и семенной продуктивностью растений. Применение рост регулирующих препаратов снижало чувствительность семенных растений к метеорологическим факторам (Масловский и др., 2024).

В статье В. А. Борисова с соавторами (2016) установлена высокая эффективность использования системы удобрения из сидератов, минерального удобрения и Гумистара, которая в условиях дерново-подзолистых почв увеличивает урожайность цикория корневого до 39,4 т/га, что выше контрольного варианта на 78 %.

В статье Ю. А. Быковского и Н. А. Ратниковой (2016) установлено, что обработка семян и опрыскивание вегетирующих растений регуляторами роста Иммуноцитофит или Циркон увеличивает урожайность и сохранность корнеплодов цикория.

В полевых условиях Ярославской области установлено, что корневые подкормки повышают устойчивость к корневым гнилям. Применение «Растворина» и «Аквамикса» повышает устойчивость растений и препятствует развитию грибных заболеваний, что обеспечивает высокую товарность корнеплодов. Урожайность корнеплодов под действием применения «Акварина», «Аквамикса» и «Растворина» увеличилась соответственно на 10,5%, 14,7% и 44,7% в сравнении с контрольным вариантом (Алексеева и др., 2023).

В исследованиях П. Н. Шаповаловой с соавторами (2024) установлено высокая эффективность применения препарата Циркон, который ускорял ростовые процессы семенных растений. Данный препарат способствовал улучшению посевных качеств семян – массы 1000 шт., всхожести и энергии прорастания, что позволяет рекомендовать Циркон для предпосадочной обработки маточников цикория в дозировке 1 мл на 10 л воды.

В публикации коллектива авторов установлено, что «дражирование семян цикория корневого с включением ростостимулирующих препаратов и различных пестицидов влияет на урожайность и устойчивость к болезням и вредителям культуры. Инкрустация семян снижает количество больных корнеплодов и корнеплодов, повреждённых вредителями и, как следствие, увеличивает их урожайность» (Использование препаратов..., 2018).

Исследованиями «выявлено положительное влияние дражирования на посевные качества, эффективность против корневых гнилей в период вегетации и во время зимнего хранения, увеличение урожайности корнеплодов культуры» (Использование дражированных…, 2019).

В статье И. В. Смирновой в соавторстве (2021) указывается, что глубина заделывания дражированных семян цикория корневого влияет на урожайность корнеплодов. При посеве на глубину 2 см, урожайность высокая – 31,34 т/га, превышает контроль на 3,57 т/га, при посеве на глубину 3 см, урожайность корнеплодов превышает контроль на 2,32 т/га.

Помимо оптимизации минерального питания, как свидетельствует практика возделывания цикория корневого, подбор предшественника обеспечивает получение высоких урожаев культуры. Цикорий корневой, как культура севооборота, является хорошим предшественником, для других сельскохозяйственных культур.

В условиях Предбайкалья при возделывании цикория корневого установлено, что в процессе роста и развития культура использует значительное количество почвенной влаги, что существенно действует на жизнедеятельность почвенных микроорганизмов, происходит сокращение численности плесневых грибов в почве под фитоценозами второго года жизни – свидетельство положительного влияния корневых выделений цикория (Шеметова, Матвеева, 2024).

В работе И. С. Шеметова и Н. В. Матвеевой (2024) установлено, что цикорий корневой в качестве предшественника способен оказать благотворное влияние на структурное состояние почвы и биологические процессы, протекающие в ней. В периоды оптимального количества выпадения осадков отмечается устойчивая интенсивность микробиологических процессов в почве.

Создание условий при возделывании цикория корневого по средствам соблюдения севооборота, обработки почвы, основывается на подборе оптимального предшественника, способного снизить нагрузку в применении минерального удобрения, а также уменьшить применения средств защиты культуры (Вьютнова, Полянина, 2008; Евсеева, Ратникова, 2008; Иванова, 2009; 2010). В условиях Ярославской области на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах использование в качестве предшественника овсяно-гороховой смеси в сочетании с применением минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{120}$ и обработка вегетирующих растений борсодержащими препаратами и Гуматом снижает засоренность посевов, увеличивает их фотосинтетический потенциал и урожайность корнеплодов (Вьютнова и др., 2022).

В настоящее время в РФ нет зарегистрированных для обработки цикория средств защиты (Козырева и др., 2026).

Отсутствие зарегистрированных гербицидов, используемых при возделывании цикория корневого – является проблемой при его промышленном производстве. В исследованиях А. В. Николаева с соавторами (2025) показано, что препараты Зета и Парадокс оказались эффективными в отношении двудольных сорных растений и безопасными для цикория. Применение Зенкор ультра и Титус вызывали сильные ожоги листьев растений цикория и негативно воздействовали на их рост и развитие.

Таким образом, важнейшая составляющая получения стабильно высоких урожаев корнеплодов цикория корневого это научно обоснованное применение средств химизации, которые при правильном использовании обеспечат максимальную урожайность культуры и экономический эффект, а также позволят воспроизводить почвенное плодородие.

ГЛАВА 2 ПОГОДНЫЕ И ПОЧВЕННЫЕ УСЛОВИЯ ОПЫТНОГО ПОЛЯ БРЯНСКОГО ГАУ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Погодные условия территории исследования

Урожайность сельскохозяйственных культур, по мнению учёных, «формируется главным образом за счёт условий окружающей среды, а решающим в реализации урожайности являются метеорологические условия, которые также выполняют и второстепенную функцию – отвечают за эффективность применения минерального и органического удобрения» (Будыко, 1974; Жуковский и др., 1992; Белоус и др., 2007; Просянников и др., 2021).

Положение Брянской области в пределах территории западной части Русской равнины обсусливают её климатические условия. Известно, что «климат области умеренно тёплый и влажный, идущие с востока Атлантического океана воздушные массы приносят летом пасмурную и дождливую погоду, а зимой значительные потепления» (Агроклиматические ресурсы…, 1972; Природное районирование…, 1975).

Годовой приход суммарной солнечной радиации составляет около 90 ккал/см^2. Длина дня летом колеблется 15-16 часов, при этом на севере наименьшее число солнечного сияния за год (1700), а наибольшее (1800) – на юго-востоке.

По данным книги «продолжительность тёплого периода со среднесуточной температурой воздуха выше 0 °С составляет 217-234 дня, период со среднесуточной температурой воздуха выше 10 °С составляет 136-154 дня, а сумма температур за это время 2150-2450 °С» (Агроклиматические ресурсы…, 1972).

По количеству осадков территория области относится к зоне умеренного увлажнения, годовая сумма осадков составляет 530-655 мм.

По теплообеспеченности вегетационного периода, рельефу и типам почв Брянская область делится на два агроклиматических района.

Первый агроклиматический район расположен в северной части области, за период вегетации растений сумма средних суточных температур 2150-2300 °С,

при выпадении за данный период осадков 280-300 мм и гидротермическом коэффициенте 1,3-1,4 (Агроклиматические ресурсы…, 1972).

Второй агроклиматический район расположен в южной части области, за период вегетации растений сумма средних суточных температур 2300-2450 °С, при выпадении за данный период осадков 270-300 мм и гидротермическом коэффициенте 1,3-1,4 (Агроклиматические ресурсы…, 1972).

В связи с этим наиболее благоприятные условия увлажнения для сельскохозяйственных культур создаются в обстановке первого агроклиматического района, однако по теплообеспеченности он менее благоприятен в сравнении со вторым агроклиматическим районом.

Анализ метеорологических показателей, таких как среднесуточная температура воздуха и количество выпавших осадков, по месяцам годов исследования в сравнении со среднемноголетним показателем за период наблюдений на метеопосту Брянского ГАУ выявил различия за время проведения эксперимента (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Метеорологические показатели в период исследования и среднемноголетние наблюдения

Месяц / Год	**Апрель**	**Май**	**Июнь**	**Июль**	**Август**	**Сентябрь**	**Октябрь**	**Май-сентябрь**
Среднесуточная температура воздуха, °С								
2022	7,6	14,3	23,1	18,7	20,8	9,4	7,6	17,3
2023	10,5	13,1	17,2	20,7	22,9	16,7	7,2	18,1
2024	11,1	13,1	19,4	22,1	19,7	17,8	9,1	18,4
Среднемноголетняя	*7,7*	*14,1*	*17,6*	*19,5*	*18,1*	*12,5*	*6,3*	*16,4*
Количество выпавших осадков, мм								
2022	193	94	84	155	27	227	170	587
2023	20	10	139	112	96	6	56	363
2024	49	80	132	58	39	8	90	317
Среднемноголетнее	33	65	73	83	60	57	56	338

Апрель, время подготовки почвы к посеву цикория корневого, по среднемноголетним наблюдениям среднесуточная температура воздуха составляет 7,7 °С, обнаружили по годам исследования различия данного показателя, как в сравнении между собой, так и в сравнении со среднемноголетним значением. Апрель 2024 года был наиболее тёплым (11,1 °С), а наиболее холодным был апрель 2022

года, когда среднесуточная температура воздуха была на уровне среднемноголетней. Среднемноголетнее количество выпавших осадков составило 33 мм, наблюдали различия показателя по годам исследования, как в сравнении между собой, так и в сравнении со среднемноголетним. Наиболее дождливый апрель (193 мм) был в 2022 году, а наиболее сухой (20 мм) в 2023 году. Годы исследования по данному показателю в апреле расположились в следующий убывающий ряд: 2022, 2024 и 2023 год. Анализируя погодные условия апреля, можно сделать вывод, что в 2022 году подготовка почвы к посеву цикория корневого могла быть затруднена постоянными дождями и низкой температурой воздуха. В 2023 году погода была тёплая и сухая, а в 2024 году – тёплая с достаточным увлажнением, что может положительно влиять на подготовку почвы и обусловить её физическую спелость к моменту посева цикория корневого.

Май, время высева семян цикория корневого в открытый грунт, прорастание и появление всходов, требует положительных температур и оптимальной влажности почвы для роста и развития растения. Среднемноголетние наблюдения определили среднесуточную температуру воздуха на уровне 14,1 °С, обнаружили различия показателя, как в сравнении между годами исследования, так и в сравнении со среднемноголетним. Май 2022 года был наиболее тёплым (14,3 °С), а наиболее холодным был май 2023 и 2024 года, когда среднесуточная температура воздуха составила 13,1 °С, что ниже среднемноголетнего показателя. Количество выпавших осадков по среднемноголетним наблюдениям составило 65 мм, обнаружили различия показателя, как в сравнении между годами исследования, так и в сравнении со среднемноголетним. Наиболее дождливый (94 мм) был май 2022 года, а наиболее сухой (10 мм) – 2023 года. Годы исследования расположились по данному показателю в мае в следующий убывающий ряд: 2022, 2024 и 2023 год. Анализируя погодные условия мая, можно сделать вывод, что в 2022 году прорастание семян цикория корневого, появление всходов и их развитие могло быть затруднено дождливой погодой и высокой температурой воздуха. В 2023 году погода была сухая погода, а в 2024 году – тёплая с достаточным увлажнением, что

может положительно влиять на прорастание семян цикория корневого, появление всходов и их развитие.

Июнь-июль, время формирования листового аппарата и активного роста корневой системы, критический период по количеству влаги в почве и температуре воздуха. Среднемноголетние наблюдения определяют среднесуточные температуры воздуха соответствующих месяцев на уровне 17,6 и 19,5 °С, обнаружили различия показателя, как в сравнении между годами исследования, так и в сравнении со среднемноголетним. Июнь 2022 года и июль 2024 года были наиболее тёплыми месяцами, соответственно 23,1 °С и 22,1 °С, а показатель температура воздуха июня-июля 2023 года была на уровне среднемноголетней. Количество выпавших осадков по среднемноголетним наблюдениям составило 73 и 83 мм, обнаружили различия показателя, как в сравнении между годами исследования и среднемноголетним. Июнь 2023 года и июль 2022 года были наиболее дождливыми соответственно 139 и 155 мм, а июнь 2022 года и июль 2024 года были наиболее сухими, соответственно 84 и 58 мм. Анализируя погодные условия июня-июля, можно сделать вывод, что в 2022 году формирование листового аппарата и активный рост корневой системы могло быть затруднено в июне жаркой погодой, а в июле дождливой и холодной погодой. Погода в июне 2023 года была холодная и дождливая, а в июле – тёплая и дождливая, что могло благоприятно отразиться на росте и развитии растений. Погода в июне 2024 года была тёплая и дождливая, а в июле жаркая и сухая, что негативно могло отразиться на росте и развитии растений.

Август, время максимального накопления питательных веществ в корнеплоде, критический период потребления влаги. Среднесуточная температура воздуха по среднемноголетним наблюдениям составляет 18,1 °С, по годам исследования наблюдали различия показателя, как в сравнении между собой, так и в сравнении со среднемноголетним. Наиболее тёплым август (22,9 °С) был в 2023 году, в 2022 и 2023 годах среднесуточная температура воздуха была выше среднемноголетнего показателя на 1,6-2,7 °С. Годы исследования по данному показателю в июне расположились в следующий убывающий ряд: 2023, 2022 и 2024 год. Количество выпавших осадков в августе по среднемноголетним

наблюдениям составило 60 мм, по годам исследования наблюдали различия показателя, как в сравнении между собой, так и в сравнении со среднемноголетним. Наиболее дождливый (96 мм) был август 2023 года, а наиболее сухой (27 мм) – 2022 года, что в сравнении со среднемноголетним показателем в два раза меньше. Анализируя погодные условия августа, можно сделать вывод, что в 2022 году накопление питательных веществ в корнеплоде могло быть затруднено сухой и жаркой погодой (нехваткой влаги). В 2023 году погода была тёплая с обилием дождей, что могло благоприятно сказаться на росте и развитии растений, в 2024 году была тёплая и сухая, что негативно могло сказаться на росте и развитии растений.

Сентябрь-октябрь, время созревания корнеплодов цикория и их уборки с поля. По среднемноголетним наблюдениям среднесуточная температура воздуха в данные месяцы составляет 12,5 и 6,3 °С, наблюдали различия показателя, как в сравнении между годами исследования, так и со среднемноголетним. Сентябрь и октябрь 2024 года были наиболее тёплыми, соответственно 17,8 и 9,1 °С, а сентябрь 2022 года был наиболее холодным (9,4 °С). Среднесуточная температура воздуха октября за годы исследований была выше среднемноголетнего показателя. Количество выпавших осадков по среднемноголетним наблюдениям в сентябре-октябре составило 57 и 56 мм соответственно, наблюдали различия показателя, как в сравнении между годами исследования, так и со среднемноголетним. Наиболее дождливыми (227 и 170 мм) были сентябрь и октябрь 2022 года, а наиболее сухими (6 и 56 мм) сентябрь и октябрь 2023 года. Анализ погоды в сентябре-октябре свидетельствует, что в 2022 году формирование корнеплода цикория и его уборка могла быть затруднена в сентябре и октябре холодной и дождливой погодой. Погода 2023 года в сентябре и октябре была оптимальная для формирования корнеплода цикория и возможности его уборки. В 2024 году был жаркий и сухой сентябрь и тёплый и дождливый октябрь, что негативно могло сказаться на росте и развитии растений.

Теплообеспеченность территории опытного поля Брянского ГАУ при возделывании цикория корневого различалась по годам исследования, среднемноголетний показатель суммы активных температур выше 10 °С составил 2505 °С,

наименее обеспеченным теплом был 2022 год, когда сумма активных температур составила 2360 °С, а 2024 год наиболее теплообеспеченный, когда показатель составлял 2817 °С.

Температура воздуха и количество выпавших осадков обуславливают условия увлажнения, выраженные через гидротермический коэффициент (ГТК). Среднемноголетний ГТК за период с мая по сентябрь составляет 1,35, что соответствует зоне увлажнения – влажная, наблюдали различия показателя по годам исследования, как в сравнении между собой, так и в сравнении со среднемноголетним. По данному показателю за вегетационный период годы исследования расположились в следующий убывающий ряд 2022 (избыточно влажный), 2023 (влажный) и 2024 (слабо засушливый) по условиям увлажнения.

Наши исследования свидетельствуют, что оптимальные погодные условия для получения наибольшей урожайности корнеплодов цикория корневого, складывались в 2023 году, в 2022 (холодная и дождливая погода) и 2024 (жаркая и сухая погода) годах условия различались кардинально, при этом урожайность получили практически на одном уровне.

В своей научной статье Е.В. Просянников в соавторстве (2021) указывает, что даже несмотря на риск возникновения в период вегетации опасных метеорологических явлений (возврат холодов, заморозки, ливневые дожди, засухи), погодные условия Брянской области обеспечивают получение стабильно высокого урожая основной продукции растениеводства основных полевых культур.

Таким образом, за годы исследования погодные условия при возделывании цикория корневого различались между собой как по теплообеспеченности, так и по условиям увлажнения, что отразилось на росте и развитии культуры, средний показатель урожайности корнеплодов за 2022-2024 годы включает в себя набор различных комбинаций температуры и количества выпавших осадков.

2.2 Почвенные условия территории исследования

Территория проведения исследования (опытное поля Брянского ГАУ) по данным из литературных источников «относится к Украинской провинции серых лесных почв, Деснянскому округу серых лесных легко и среднесуглинистых почв на лёссовидных суглинках и лёссах и дерново-подзолистых иллювиально-железистых почв песчаных на древнеаллювиальных и флювиогляциальных отложениях» (Почвенно-геологические условия…, 1984), основные почвы – серые лесные, разной степени эродированности (Антыков, 1958; Воробьев, 1993).

Рельеф территории исследования представляет собой возвышенную платообразную равнину, резко ограниченную с севера, востока и юго-востока крутым склоном долины Десны (Природное районирование…, 1975).

Морфологическое строение серой лесной почвы, на которой проводили исследования, представлено на рисунке 2.1.

Отбор почвенных образцов проводили в 2022 году со всех посевных делянок стационарного полевого севооборота (картофель – яровая пшеница – цикорий корневой – ячмень яровой) до закладки полевого опыта и внесения органического и минерального удобрения. Факторы почвообразования обусловили различия и изменчивость агрохимических показателей серой лесной почвы опытного поля Брянского ГАУ в пространстве, полученные данные типичные для региона исследования и согласуются с данными Воробьева Г. Т. с соавторами (1995) и Прудникова П. В. с соавторами (2007).

Морфологического строение почвы опытного участка поля Брянского ГАУ типичное, последовательность генетических горизонтов аналогичная, как и других окультуренных серых лесных почв региона исследования (Почвоведение, 1989; Воробьев, 1993).



Апах 0-30 30	серый, мелкокомковато-порошистый, свежий, пористый, слабоуплотнен, среднесуглинистый, переход ровный, плавный.
BA_2 30-60 30	бурый с светлыми полосами, мелкоореховатый, свежий, пористый, плотнее предыдущего, среднесуглинистый, пленки оксидов железа, переход слабоволнистый, резкий по вскипанию
В 60-…	светлобурый с ржавыми пятнами, ореховатый, свежий, пористый, уплотнен, карбонатный, вскипание с 75 см, пунктации оксидов марганца, пленки оксидов железа

Рисунок 2.1 – Морфологический профиль серой лесной почвы на лёссовидных суглинках

Анализировали результаты агрохимического обследования территории проведения исследования на изменчивость агрохимических показателей в пространстве, для выявления неоднородности показателей почвенного плодородия, и во времени, по годам исследования (табл. 2.2).

Обменная кислотность характеризовалась незначительной изменчивостью показателя, как в пространстве, так и во времени, коэффициент вариации был ниже 10 %. Степень кислотности серой лесной почвы в среднем по вариантам в период исследования была среднекислой 5,07 ед., при колебаниях показателя в пространстве и во времени от 4,59 до 5,50 ед.

Содержание органического вещества характеризовалось незначительной или средней изменчивостью показателя в пространстве и незначительной, средней или значительной изменчивостью показателя во времени. Обеспеченность серой

лесной почвы органическим веществом в среднем по вариантам в период исследования была равна 1,78 % (низкое содержание), при колебаниях показателя в пространстве и во времени от 1,30 до 2,13 % (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Обменная кислотность и содержание органического вещества в серой лесной почве опытного поля Брянского ГАУ и их изменчивость в пространстве и во времени

Вариант	Обменная кислотность, ед.					Органическое вещество, %				
	2022 год	2023 год	2024 год	*Среднее*	*V,%*	2022 год	2023 год	2024 год	*Среднее*	*V,%*
Первое повторение										
Контроль	5,40	4,98	4,59	*4,99*	*8*	1,40	1,72	2,02	*1,71*	*18*
Навоз 20 т/га	5,42	5,39	4,76	*5,19*	*7*	1,50	1,69	1,65	*1,61*	*6*
Навоз 40 т/га	5,49	5,06	4,79	*5,11*	*7*	1,58	2,10	2,01	*1,90*	*15*
$N_{60}P_{60}K_{60}$	5,50	5,03	4,85	*5,13*	*7*	1,44	2,33	1,79	*1,85*	*24*
$N_{90}P_{90}K_{90}$	5,48	5,06	4,94	*5,16*	*5*	1,71	1,91	1,84	*1,82*	*6*
$N_{120}P_{120}K_{120}$	5,27	5,31	4,91	*5,16*	*4*	1,53	1,68	1,93	*1,71*	*12*
Среднее	*5,43*	*5,14*	*4,81*	–	–	*1,53*	*1,91*	*1,87*	–	–
V,%	*2*	*3*	*3*	–	–	*7*	*14*	*8*	–	–
Второе повторение										
Контроль	5,17	5,04	4,91	*5,04*	*3*	1,31	1,91	1,82	*1,68*	*19*
Навоз 20 т/га	5,37	5,28	4,86	*5,17*	*5*	1,55	1,60	2,19	*1,78*	*20*
Навоз 40 т/га	5,28	5,2	4,87	*5,12*	*4*	1,93	1,53	2,10	*1,85*	*16*
$N_{60}P_{60}K_{60}$	5,21	5,03	4,85	*5,03*	*4*	1,75	2,05	2,13	*1,98*	*10*
$N_{90}P_{90}K_{90}$	5,29	4,96	4,79	*5,01*	*5*	1,59	1,30	1,95	*1,61*	*20*
$N_{120}P_{120}K_{120}$	4,87	5,00	4,98	*4,95*	*1*	1,46	1,71	1,92	*1,70*	*14*
Среднее	*5,20*	*5,09*	*4,88*	–		*1,60*	*1,68*	*2,02*	–	–
V,%	*3*	*2*	*1*	–		*14*	*16*	*7*	–	–
Третье повторение										
Контроль	4,95	4,85	5,10	*4,97*	*3*	1,65	1,96	1,96	*1,86*	*10*
Навоз 20 т/га	5,00	5,11	4,96	*5,02*	*2*	1,57	1,78	2,13	*1,83*	*15*
Навоз 40 т/га	5,02	5,08	4,77	*4,96*	*3*	1,64	1,60	1,81	*1,68*	*7*
$N_{60}P_{60}K_{60}$	5,10	5,3	4,81	*5,07*	*5*	1,50	1,68	1,77	*1,65*	*8*
$N_{90}P_{90}K_{90}$	4,96	5,32	5,17	*5,15*	*4*	1,74	1,83	1,78	*1,78*	*3*
$N_{120}P_{120}K_{120}$	4,81	5,12	5,03	*4,99*	*3*	2,12	2,08	1,96	*2,05*	*4*
Среднее	*4,97*	*5,13*	*4,97*	–	–	*1,70*	*1,82*	*1,90*	–	–
V,%	*2*	*3*	*3*	–	–	*13*	*10*	*7*	–	–
Среднее по повторениям										
Контроль	5,17	4,96	4,87	*5,00*	*3*	1,45	1,86	1,93	*1,75*	*15*
Навоз 20 т/га	5,26	5,26	4,86	*5,13*	*5*	1,54	1,69	1,99	*1,74*	*13*
Навоз 40 т/га	5,26	5,11	4,81	*5,06*	*5*	1,72	1,74	1,97	*1,81*	*8*
$N_{60}P_{60}K_{60}$	5,27	5,12	4,84	*5,08*	*4*	1,56	2,02	1,90	*1,83*	*13*
$N_{90}P_{90}K_{90}$	5,24	5,11	4,97	*5,11*	*3*	1,68	1,68	1,86	*1,74*	*6*
$N_{120}P_{120}K_{120}$	4,98	5,14	4,97	*5,03*	*2*	1,70	1,82	1,94	*1,82*	*6*
Среднее	*5,20*	*5,12*	*4,89*	***5,07***	–	*1,61*	*1,80*	*1,93*	***1,78***	–
V,%	*2*	*2*	*1*	–	–	*7*	*7*	*3*	–	–

Содержание подвижного фосфора характеризовалось незначительной или средней изменчивостью показателя, как в пространстве, так и во времени. Обеспеченность серой лесной почвы подвижным фосфором в среднем по вариантам в период исследования была равна 332 мг/кг (очень высокая), при колебаниях от 265 до 418 мг/кг показателя в пространстве и во времени (табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Подвижный фосфор и калий в серой лесной почве опытного поля Брянского ГАУ и их изменчивость в пространстве и во времени

Вариант	Подвижный фосфор, мг/кг					Подвижный калий, мг/кг				
	2022 год	2023 год	2024 год	*Среднее*	*V,%*	2022 год	2023 год	2024 год	*Среднее*	*V,%*
Первое повторение										
Контроль	265	333	322	*307*	*12*	161	215	180	*185*	*15*
Навоз 20 т/га	267	329	302	*299*	*10*	168	195	141	*168*	*16*
Навоз 40 т/га	275	310	321	*302*	*8*	171	171	151	*164*	*7*
$N_{60}P_{60}K_{60}$	276	312	290	*293*	*6*	171	181	195	*182*	*7*
$N_{90}P_{90}K_{90}$	284	330	272	*295*	*10*	161	195	151	*169*	*14*
$N_{120}P_{120}K_{120}$	300	356	271	*309*	*14*	190	195	161	*182*	*10*
Среднее	*278*	*328*	*296*	–	–	*170*	*192*	*163*	–	–
V,%	*5*	*5*	*8*	–	–	*6*	*8*	*13*	–	–
Второе повторение										
Контроль	295	336	289	*307*	*8*	200	181	205	*195*	*6*
Навоз 20 т/га	304	330	321	*318*	*4*	230	215	235	*227*	*5*
Навоз 40 т/га	319	341	342	*334*	*4*	220	190	220	*210*	*8*
$N_{60}P_{60}K_{60}$	343	349	372	*355*	*4*	190	195	205	*197*	*4*
$N_{90}P_{90}K_{90}$	334	358	406	*366*	*10*	215	265	285	*255*	*14*
$N_{120}P_{120}K_{120}$	351	387	409	*382*	*8*	176	210	245	*210*	*16*
Среднее	*324*	*350*	*357*	–	–	*205*	*209*	*233*	–	–
V,%	*7*	*6*	*13*	–	–	*10*	*14*	*13*	–	–
Третье повторение										
Контроль	337	392	418	*382*	*11*	190	230	205	*208*	*10*
Навоз 20 т/га	302	414	378	*365*	*16*	181	225	200	*202*	*11*
Навоз 40 т/га	299	398	418	*372*	*17*	181	210	215	*202*	*9*
$N_{60}P_{60}K_{60}$	292	360	371	*341*	*13*	161	210	190	*187*	*13*
$N_{90}P_{90}K_{90}$	322	357	296	*325*	*9*	200	250	181	*210*	*17*
$N_{120}P_{120}K_{120}$	309	353	314	*325*	*7*	161	215	195	*190*	*14*
Среднее	*310*	*379*	*366*	–	–	*179*	*223*	*198*	–	–
V,%	*5*	*7*	*14*	–	–	*9*	*7*	*6*	–	–
Среднее по повторениям										
Контроль	299	354	343	*332*	*9*	184	209	197	*196*	*6*
Навоз 20 т/га	291	358	334	*327*	*10*	193	212	192	*199*	*6*
Навоз 40 т/га	298	350	360	*336*	*10*	191	190	195	*192*	*1*
$N_{60}P_{60}K_{60}$	304	340	344	*329*	*7*	174	195	197	*189*	*7*
$N_{90}P_{90}K_{90}$	313	348	325	*329*	*5*	192	237	206	*211*	*11*
$N_{120}P_{120}K_{120}$	320	365	331	*339*	*7*	176	207	200	*194*	*8*
Среднее	*304*	*353*	*340*	***332***	–	*185*	*208*	*198*	***197***	–
V,%	*4*	*2*	*4*	–	–	*5*	*8*	*2*	–	–

Содержание подвижного калия характеризовалось незначительной или средней изменчивостью показателя, как в пространстве, так и во времени. Обеспеченность серой лесной почвы подвижным калием в среднем по вариантам в период исследования была равна 197 мг/кг (очень высокая), при колебаниях от 141 до 285 мг/кг показателя в пространстве и во времени.

Пашня опытного поля Брянского ГАУ по обеспеченности серой лесной почвы органическим веществом и основными элементами питания, а также обменной кислотности потенциально позволяет формировать высокие и стабильные урожаи корнеплодов цикория корневого.

2.3 Методика проведения исследования

Лабораторно-полевой опыт по комплексному исследованию влияния органического и минерального удобрения при возделывании цикория корневого на формирование урожая корнеплодов и качество получаемой продукции, элементный состав корнеплодов и баланс основных элементов питания, а также и экономическую целесообразность возделывания культуры на серой лесной почве проводили в пределах Выгоничского района Брянской области (рис. 2.2).

Исследования проведены в различных погодных условиях 2022, 2023 и 2024 годов в полевом четырёхпольном севообороте (картофель → яровая пшеница → цикорий корневой → яровой ячмень), предшественник яровая пшеница.

Обоснование применения органического и минерального удобрения при возделывании цикория корневого (*Cichorium intybus L. var. sativum DC.*) изучалось на сорте Петровский.

Авторы сорта Вьютнова О.М. и Полянина Т.Ю., год включения в реестр допущенных – 2009. Оригинатор ФГБНУ Федеральный научный центр овощеводства (143080, Московская область, Одинцовский район, поселок ВНИИССОК, ул. Селекционная, д.14).

По данным автора Вьютновой О.М. сорт, имеет следующую характеристику «морфологическая характеристика: диплоидный сорт, растение высокое, положение листа вертикальное, лист длинный, широкий, темно-зеленый, корне-

плод короткий, широкий, плечики корнеплода слегка округлые, тенденция к цветушности отсутствует или очень слабая. Урожайность корнеплодов на уровне 15,7 т/га, при товарности – 86,2 %, содержание сухих веществ – 20,5 %, инулина – 17,3%. Вегетационный период 137 дней, очень слабо поражается корневым гнилям» (Вьютнова, 2011б).

Регионы возделывания культуры: Северный, Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский, ЦЧО, Северо-Кавказский, Средневолжский, Нижневолжский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Дальневосточный.

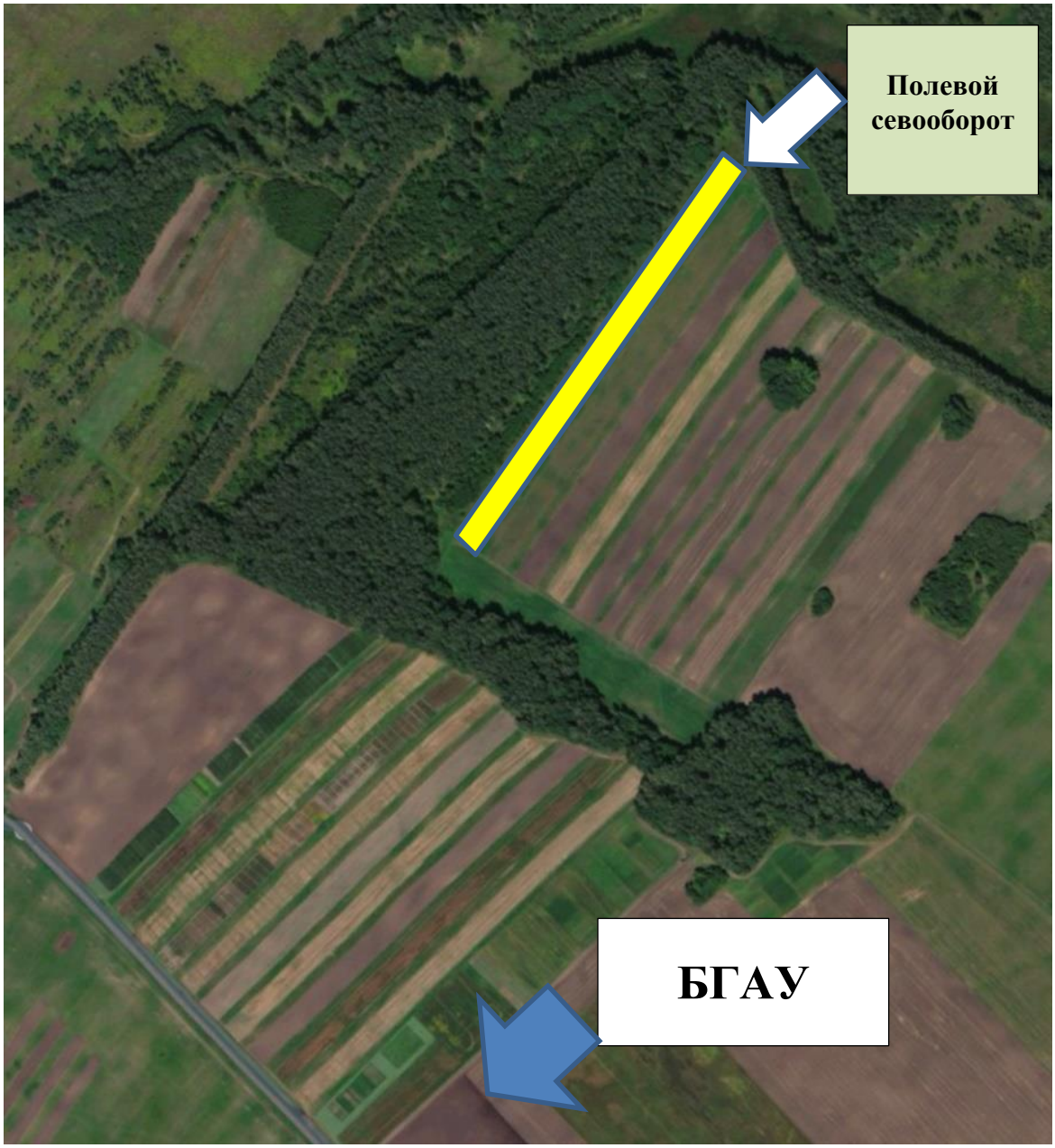


Рисунок 2.2 – Место проведения исследований

Агротехника возделывания цикория корневого была общепринятой для пропашных культур региона исследования (Ториков, Мельникова, 2023). После уборки предшественника, проводилось дискование в двух направлениях. Весной внесение органического удобрения, после чего вспашка на глубину 25 см и обработка комбинированным агрегатом в два следа на глубину 15 см (рис. 2.3). Перед обработкой комбинированным агрегатом вносили минеральные удобрения (рис. 2.4). После чего нарезали гребни и высевали в физически спелую почву ручной сеялкой инкрустированные семена цикория корневого (рис. 2.5). После всходов (рис. 2.6) доводили норму высева до 47000-50000 растений на 1 га (схема посева 70 × 28 см). В период вегетации культуры проводили две междурядные обработки культиватором.

Система защиты цикория корневого предусматривала применения ручных прополок (рис. 2.7) и междурядных обработок от сорняков и применение гербицида по однодольным (злаковым) сорнякам (рис 2.8). При возделывании цикория корневого не использовали фунгициды и инсектициды по вегетации растения.

Уборку урожая корнеплодов цикория корневого проводили вручную поделяночно в начале октября (рис 2.9).



Рисунок 2.3 – Применение органического удобрения по делянкам вариантов опыта



Рисунок 2.4 – Применение минерального удобрения по делянкам вариантов опыта

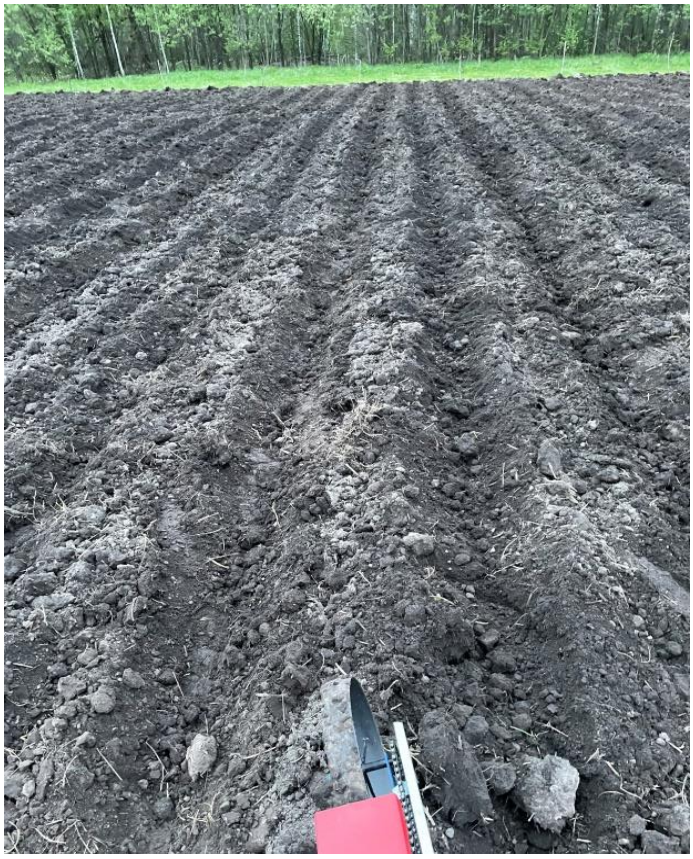


Рисунок 2.5 – Посев цикория корневого ручной сеялкой



Рисунок 2.6 – Всходы цикория корневого



Рисунок 2.7 – Прополка цикория корневого



Рисунок 2.8 – Применение гербицидов по злаковым культурам





Рисунок 2.9 – Уборка цикория корневого вручную

Объект исследования – дозы органического и минерального удобрения, как фактор повышение урожайности и эффективности возделывания цикория корневого.

Схема опыта:

1. Контроль (без применения органического и минерального удобрения).

2. Органическое удобрение в дозе 20 т/га навоза.

3. Органическое удобрение в дозе 40 т/га навоза.

4. Минеральное удобрение в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$.

5. Минеральное удобрение в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$.

6. Минеральное удобрение в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$.

В качестве органического удобрения использовали перепревший навоз с содержанием азота – 0,55 %, фосфора – 0,26 % и калия 0,66 %, а минерального удобрения – аммиачную селитру (азот – 34 %) и диаммофоску (азот 10 %, фосфор 26 %, калий 26 %).

Расположение опытных делянок систематическое, повторность – трёхкратная, опыт лабораторно-полевой, делянка прямоугольная, размеры: ширина 2,8 м, длина 6 м, площадь – 16,8 м^2.

Методика исследования включала совокупность общепринятых методов выполнения полевого и лабораторного исследования для достижения поставленной цели и решения задач.

Основой при планировании и выполнение исследования явились учебники авторов Доспехов Б.А. (1985) и Моисейченкова В.Ф. с соавторами (1996).

Выявили в конкретных почвенно-климатических условиях Брянской области значения метеорологических факторов и плодородия почвы, лимитирующих урожайность корнеплодов цикория корневого, определили потенциальную урожайность в результате усвоения поступающей фотосинтетически активной радиации, действительно возможную урожайность с учётом тепло- и влагообеспеченности посевов и плодородия почвы. Программирование урожайности корнеплодов цикория проводили по методическим указаниям Павловой М. Д. (1984) и Глухих М. А. (2018), изложенным в практикуме по агрометеорологии.

Оценка экологических показателей агроценоза цикория корневого в зависимости от доз применяемых органических и минеральных удобрений проводилась по критерию «урожайность», на основе методических указаний Эберхарта и Расселла (1966), А. А. Гончаренко (2005), О. С. Корзуна и А. С. Бруйло (2011): коэффициент адаптации равен отношению средней урожайности по варианту к общей средней урожайности по опыту, стрессоустойчивость равна разности минимальной и максимальной урожайности по варианту, компенсационная способность равна среднему значению минимальной и максимальной урожайности по варианту, экологическая пластичность рассчитана как коэффициент регрессии урожайности на индекс среды, экологическая стабильность равна дисперсия отклонений от линии регрессии.

На выделенном участке (рис. 2.2), в год закладки опыта провели почвенно-агрохимическое обследование территории опытных участков, расположенных в севообороте, на площади 11409 м^2.

Описание морфологического строения серой лесной почвы пашни опытного поля Брянского ГАУ проводили согласно книге «Классификация и диагностика почв СССР» (1977).

Отбор почвенных проб для определения агрохимических показателей серой лесной почвы проводили с каждой повторности методом маршрутных ходов, которые проходили по средней линии каждой опытной делянки. Масса объединённой почвенной пробы около 300 г, складывалась из 25-30 индивидуальных образцов, отобранных тростевым буром на глубину 0-20 см. После подготовки почвенных образцов к анализам (высушивание, просеивание) определяли обменную кислотность, содержание органического вещества по Тюрину в модификации, подвижный фосфор и калий определяли по Кирсанову. Агрохимические анализы проводили согласно книге «Практикум по агрохимии» (2001).

Уборку урожая корнеплодов цикория проводили вручную поделяночно, после отбирался средний образец, в котором определяли сухое вещество, по средствам высушивания навески корнеплодов до постоянной массы при температуре 105 °С, который проводили в лаборатории кафедры агрохимии, почвоведения и экологии.

В воздушно-сухих растительных образцах корнеплодов цикория корневого определяли содержание сахарозы, фруктозы, азота, фосфора и калия по общепринятым методам (М-04-92-2020, ГОСТ 30504-97, ГОСТ 26657-97 и ГОСТ 13496.4-93) в центре коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ.

Расчёт баланса азота, фосфора и калия при возделывании цикория корневого производили по разности прихода элементов питания с органическим и минеральным удобрением и выноса элементов питания с основным урожаем на основе методических указаний (Белоус и др., 2015; Минеев, 2017), рассчитывали на элемент для перевода из массы оксида применяли коэффициент пересчёта.

Статистическая обработка полученных результатов в ходе лабораторно-полевого исследования представлена в приложениях А-И, математическая обработка основана на применении дисперсионного анализа, корреляционного анализа и статистической характеристики количественной изменчивости (Доспехов, 1985).

Экономическая эффективность применения органического и минерального удобрения при возделывания цикория корневого сорта Петровский в условиях опыта определена по средним ценам за годы исследования на основе технологических карт.

ГЛАВА 3 ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА ЦИКОРИЯ КОРНЕВОГО

3.1 Потенциал природных условий Брянской области в реализации урожайности корнеплодов цикория корневого

Освоение новых территорий возделывания цикория корневого требует обеспечение получения (программирование) заданной урожайности корнеплодов. Первой задачей является выявление в конкретной зоне возделывания природных факторов лимитирующих урожайность культуры.

Количественная оценка урожайности по агроклиматическим и почвенным ресурсам даёт возможность перейти к разработке агрохимических мероприятий, обеспечивающих получение стабильно высоких урожаев (Шатилов, 1973; Ничипорович, 1977).

Российские учёные в своих исследования (Шатилов, Каюмов, 1978; Шатилов, Чудновский, 1980; Бондаренко и др., 1986) заложили основные принципы программирования урожайности сельскохозяйственных культур.

Программирование осуществляется в несколько этапов. Первый этап – определение потенциальной урожайности, которая могла бы быть достигнута в результате усвоения посевами цикория корневого поступающей фотосинтетически активной радиации, если бы другие факторы жизни находились в оптимуме. Второй этап – определение действительно возможной урожайности с учётом тепло- и влагообеспеченности посевов цикория корневого при высоком уровне агротехники. Третий этап – теоретическая урожайность с учётом плодородия серой лесной почвы при оптимальных условиях возделывания культуры. Четвёртый этап – определение урожайности корнеплодов цикория корневого в производственных условиях и сравнение её с возможной урожайностью.

Факторы жизни сложившиеся на территории опытного поля Брянского ГАУ формируют различную урожайность корнеплодов цикория корневого (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Программирование возможной урожайности корнеплодов цикория корневого в условиях серой лесной почвы Брянской области

Показатель	**Теоретическая урожайность, т/га**
Фотосинтетически активная радиация (ФАР)	45,6
Теплообеспеченность	39,8
Уровень плодородия почвы	
по содержанию азота	49,2
по содержанию подвижного фосфора	94,1
по содержанию подвижного калия	29,7

Территория опытного поля Брянского ГАУ Выгоничского района Брянской области обеспечена приходом фотосинтетически активной радиации, который может обусловить формирование потенциальной урожайности корнеплодов цикория корневого на уровне 45,6 т/га, при коэффициенте использования ФАР 1,5 %.

Территория опытного поля обеспечена термическими ресурсами, которые могут обусловить формирование теоретически возможной урожайности корнеплодов цикория корневого на уровне 39,8 т/га. При этом стоит отметить, что в расчётах брали средний показатель суммы активных температур, в настоящее время сохраняется тенденция к повышению температуры воздуха в период вегетации культуры, поэтому потенциал урожайности культуры по данному показателю будет расти.

Стабильная и высокая урожайность сельскохозяйственных культур и выход качественной продукции растениеводства невозможен без научно обоснованного обеспечения растения элементами питания в достаточном количестве, для стабильного роста и развития (Белоус Н.М., Шаповалов, 2006; Просянников, 2019; Биологическая активность…, 2020).

Уровень плодородия серой лесной почвы пашни опытного поля Брянского ГАУ обеспечивает формирование теоретически возможной урожайности корнеплодов цикория на уровне 29,7-94,1 т/га, в зависимости от обеспеченности элементом питания разница урожайности около 4 раз. Обеспеченность подвижным

фосфором серой лесной почвы опытного участка очень высокая, что и определило довольно высокую возможную урожайность (94,1 т/га). Обеспеченность подвижным калием серой лесной почвы опытного участка высокая, но возможная урожайность всего 29,7,0 т/га, что обусловлено высоким выносом данного элемента в сравнении с фосфором из почвы. Обеспеченность азотом рассчитывали, через содержание органического вещества, его содержание низкое, возможная урожайность – 49,2 т/га. Установили, что урожайность цикория корневого ограничивает содержание в почве подвижного калия.

Приведённый корреляционный анализ между агрохимическими показателями плодородия серой лесной почвы выявил среднюю обратную связь между обменной кислотностью и содержанием органического вещества и подвижного фосфора, что в первом случае связано с угнетением почвенной микрофлоры при гумусообразовании, а во втором случае с химической фиксацией подвижного фосфора при повышенной кислотности. Также обнаружили среднюю положительную связь между содержанием органического вещества и подвижного фосфора, что связано с поступлением минерального фосфора при минерализации органического вещества (Изменчивость агрохимических…, 2023)

Расчёт возможной урожайности свидетельствует, что содержание подвижного фосфора в серой лесной почве опытного поля Брянского ГАУ обеспечивает наибольшую возможную урожайность цикория корневого, при планировании полевых опытов и разработке систем удобрения это необходимо учитывать.

Лимитирующим фактором среды, обуславливающим наименьшую реализацию урожайности цикория корневого, явилось обеспеченность почвы подвижным калием, при этом в целом погодные условия обеспечивают возможную урожайность на уровне 40-45 т/га корнеплодов.

Средняя урожайность корнеплодов цикория корневого за годы исследования в опыте была на уровне 16,8 т/га, а теоретически возможная урожайность корнеплодов цикория по факторам жизни (ФАР, температурный режим, плодородие почвы) была выше. По нашему мнению это может быть связано с синергизмом некоторых лимитирующих факторов среды.

3.2 Действие минерального и органического удобрения на урожайность цикория корневого и его агрономическая эффективность

Погодные условия за 2022-2024 годы исследования при возделывании цикория корневого сорта Петровский на серой лесной почве без применения органического и минерального удобрения формируют урожайность корнеплодов в пределах от 15,1 до 19,1 т/га в зависимости от условий конкретного года (табл. 3.2).

Наибольшая 19,1 т/га реализация урожайного потенциала цикория корневого выявлена в 2023 году, при условиях влажного вегетационного периода и суммы активных температур на уровне 2774 °С, а минимальная 15,1 т/га реализация урожайного потенциала корнеплодов цикория корневого установлена в 2022 году, в условиях избыточного увлажнения вегетационного периода и суммы активных температур – 2360 °С.

Определили, что в контрольном варианте разница между максимальной и минимальной урожайностью корнеплодов цикория по годам исследования составила 1,26 раза.

Таблица 3.2 – Действие удобрения на урожайность цикория корневого по годам исследования, т/га

Вариант	**2022 год ГТК = 2,11**	**2023 год ГТК = 1,36**	**2024 год ГТК = 1,16**
Контроль	15,1	19,1	16,3
Навоз 20 т/га	21,2	26,0	21,7
Навоз 40 т/га	24,3	33,3	27,0
$N_{60}P_{60}K_{60}$	22,8	38,2	24,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$	27,2	46,3	31,1
$N_{120}P_{120}K_{120}$	29,6	53,3	35,5
$НСР_{05}$	*3,1*	*2,7*	*2,2*

Погодные условия за годы исследования при возделывании цикория корневого различались между собой по условиям увлажнения, 2022 год был избыточно

влажный, 2023 год – влажный, а 2024 – слабо засушливый, это отразилось на эффективности действия органического и минерального удобрения, выраженном в статистически достоверном увеличении урожайности корнеплодов.

Установили достоверное увеличение урожайности цикория корневого в независимости от года исследования от действия органического и минерального удобрения в исследуемых дозах.

Дозы 20 и 40 т/га навоза в 2022 году достоверно увеличивали урожайность корнеплодов цикория корневого в 1,4 и 1,6 раза в сравнении с контрольным вариантом. Определили, что в условиях избыточного увлажнения эффективность исследуемых доз органического удобрения была одинаковой, в сравнении между собой наблюдали лишь тренд к повышению, статистически значимого увеличения урожая не обнаружили.

Дозы 20 и 40 т/га навоза в 2023 году достоверно увеличивали урожайность корнеплодов цикория корневого в 1,4 и 1,7 раз в сравнении с контрольным вариантом. Определили, что в условиях влажного года эффективность исследуемых доз органического удобрения была различная, наблюдали статистически значимое увеличение урожайности под действием исследуемых доз органического удобрения в сравнении между собой.

Дозы 20 и 40 т/га навоза в 2024 году достоверно увеличивали урожайность корнеплодов цикория корневого в 1,3 и 1,7 раз в сравнении с контрольным вариантом. Определили, что в слабо засушливых условиях увлажнения эффективность исследуемых доз органического удобрения была различная, наблюдали статистически значимое увеличение урожайности под действием исследуемых доз органического удобрения в сравнении между собой.

По нашему мнению минерализация органического вещества зависит от условий увлажнения, так в избыточно влажный по увлажнению год происходит частичная консервация органического вещества и её влияние на урожайность снижается, в условиях влажного и слабо засушливого по увлажнению года наблюдали минерализацию и большее высвобождение элементов питание из ор-

ганического вещества, что и отразилось в эффективности применения органического удобрения при возделывании цикория корневого на корнеплоды.

Последовательно возрастающие дозы минерального удобрения в условиях 2022 года достоверно увеличивали от 1,5 до 2,0 раз урожайность корнеплодов цикория корневого в сравнении с контрольным вариантом, при максимальной урожайности 29,6 т/га. Установили, что условия избыточного увлажнения влияют на эффективность исследуемых доз минерального удобрения, выявили статистически достоверное увеличение урожайности между дозой $N_{60}P_{60}K_{60}$ и дозами $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$, при этом разницы между дозами $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ в достоверном увеличении урожайности не обнаружили.

Последовательно возрастающие дозы минерального удобрения в условиях 2023 года достоверно увеличивали от 2,0 до 2,8 раз урожайность корнеплодов цикория корневого в сравнении с контрольным вариантом, при максимальной урожайности 53,3 т/га. Определили, что в условиях влажного года эффективность исследуемых доз минерального удобрения была различная, наблюдали статистически значимое увеличение урожайности под действием каждой исследуемой ($N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$) дозы минерального удобрения в сравнении между собой.

Последовательно возрастающие дозы минерального удобрения в условиях 2024 года достоверно увеличивали от 1,5 до 2,2 раза урожайность цикория корневого в сравнении с контрольным вариантом, при максимальной урожайности 35,5 т/га. Установили, что в слабо засушливых условиях увлажнения исследуемые дозы минерального удобрения по эффективности были различны, выявили статистически достоверное увеличение урожайности под действием каждой исследуемой ($N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$) дозы минерального удобрения в сравнении между собой.

Эффективность минерального удобрения, по нашему мнению, напрямую зависит от условия увлажнения, так в избыточно влажный год наблюдается некоторый вынос элементов питания минерального удобрения из корнеобитаемого слоя, что влияет на получение урожая и эффективность применения минераль-

ного удобрения. В условиях влажного и слабо засушливого годов отмечена высокая эффективность исследуемых доз минерального удобрения, подтверждённая статистически достоверным увеличением урожайности корнеплодов цикория корневого.

Сравнивая эффективность действия органического и минерального удобрения на урожайность корнеплодов цикория корневого в различных погодных условиях за годы исследования, выявили следующее:

– 2022 год, наблюдали достоверные различия только между дозами 40 т/га навоза и $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения в увеличении урожайности,

– 2023 год, определили достоверные различия в увеличении урожайности между дозами 40 т/га навоза и $N_{60}P_{60}K_{60}$ минерального удобрения,

– 2024 год, выявили достоверные различия между дозами 40 т/га навоза и минерального удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$ в снижении урожайности и $N_{90}P_{90}K_{90}$ в увеличении.

Эффективность применения минерального удобрения зависит от погодных условий конкретного года возделывания цикория корневого, что подтверждается отношением урожайности на контроле к урожайности при максимальном применении минерального удобрения. В условиях года с избыточным увлажнением (2022 год) – 1,96, в условиях влажного года (2023 год) – 2,79, в условиях слабо засушливого (2024 год) – 2,18, то есть разница между благоприятным и экстремальным годом – 0,83.

Рассматривая аналогичное отношение, но при применении органического удобрения, определили, что в условиях года с избыточным увлажнением (2022 год) – 1,61, в условиях влажного года (2023 год) – 1,74, в условиях слабо засушливого (2024 год) – 1,66, то есть разница между благоприятным и экстремальным годом – 0,13.

Эффективность органического удобрения при возделывании цикория корневого в меньшей степени зависит от погодных условий в сравнении с минеральным удобрением, их применение фактор получения стабильного урожая корнеплодов в изменяющихся условиях окружающей среды.

В период исследования погодные условия различались по годам, как по увлажнению, так и температурному режиму, поэтому среднее значение урожайности корнеплодов цикория по вариантам опыта за время исследования отражает возможность получения урожая с конкретной территории при различных условиях возделывания цикория корневого.

Длина, ширина и вес корнеплода цикория корневого сорта Петровский зависели от доз применяемого органического и минерального удобрения, в 2022 году применение удобрения обусловило внешний вид корнеплода, который представлен на рисунке 3.1, из которого видно, что уровень питания определяет рост и развитие растения.



Рисунок 3.1 – Корнеплоды цикория корневого сорта Петровский в зависимости от доз органического и минерального удобрения (2022 г.)

Реализация потенциала урожайности цикория корневого сорта Петровский, при возделывании культуры на серых лесных почвах в погодных условиях Брянской области, в среднем за годы исследования находится на уровне 16,8 т/га корнеплодов (рис. 3.2).

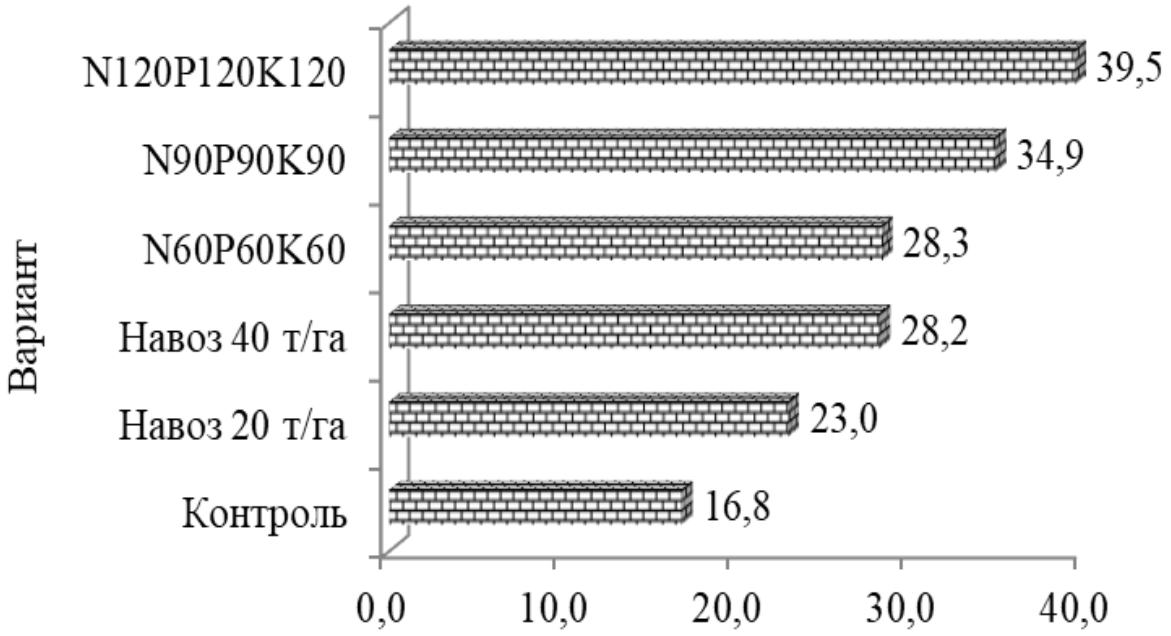


Рисунок 3.2 – Действия органического и минерального удобрения на урожайность корнеплодов цикория корневого, т/га (среднее за годы исследования) ($НСР_{05}$ = *7,8*)

В среднем за период исследования применение органического удобрения в дозе 20 т/га навоза обусловило тенденцию к увеличению урожайности корнеплодов цикория корневого в 1,4 раза выше контрольного варианта, до 23,0 т/га.

Применение органического удобрения в дозе 40 т/га навоза и минерального удобрения в исследуемых дозах обусловило в сравнении с контрольным вариантом достоверное увеличение урожайности корнеплодов цикория корневого.

Применение дозы 40 т/га навоза обеспечивает достоверное увеличение в 1,7 раза урожайности корнеплодов цикория корневого в сравнении с контрольным вариантом до 28,2 т/га. При этом достоверной разницы между дозами 20 и 40 т/га навоза по действию на увеличение урожайности корнеплодов не выявлено, отмечен тренд к увеличению.

В среднем за период исследования, доза $N_{60}P_{60}K_{60}$ минерального удобрения достоверно увеличивает в 1,7 раза урожайность корнеплодов цикория корневого, до 28,3 т/га, в сравнении с контрольным вариантом. При увеличении дозы минерального удобрения до $N_{90}P_{90}K_{90}$ обнаружили тренд увеличения средней урожайности до 34,9 в сравнении с дозой $N_{60}P_{60}K_{60}$. Применение минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ обеспечило достоверное увеличение в 1,4 раза средней урожайности цикория корневого в сравнении дозой применения $N_{60}P_{60}K_{60}$ и тренд к увеличению в сравнении с дозой применением $N_{90}P_{90}K_{90}$ минерального удобрения.

Обнаружили, что между дозами $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения существует достоверное различие в увеличении урожайности корнеплодов в сравнении с вариантом применения 20 т/га навоза и от дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения в сравнении с вариантом применения 40 т/га навоза.

Максимальная урожайность корнеплодов, в среднем за годы исследования, формировалась под действием применения дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения, которая в сравнении с применением органического удобрения в дозах 20 и 40 т/га навоза и минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ достоверно увеличило урожайность культуры.

Полученные в лабораторно-полевом опыте результаты применения возрастающих доз органического и минерального удобрения при возделывании цикория корневого свидетельствуют о наличии тенденции увеличения урожайности корнеплодов (табл. 3.3).

Применение органического удобрения в дозе 20 т/га навоза обуславливает прибавку урожая корнеплодов цикория корневого на уровне 6,2 т/га, дальнейшее увеличение на 20 т/га органического удобрения до 40 т/га навоза формирует дополнительно прибавку урожая 5,2 т/га. Установили, что увеличение дозы органического удобрения обуславливает снижение прибавки урожая корнеплодов цикория корневого, что указывает на снижение агрономической целесообразности увеличение применения доз навоза выше 40 т/га.

Таблица 3.3 – Прибавка урожая корнеплодов цикория корневого и её окупаемость от применения органического и минерального удобрения (среднее по годам исследования)

Вариант	**Прибавка урожая, т/га**	**Окупаемость органического (кг / т) и минерального (кг / кг д. в.) удобрения прибавкой урожая**
Контроль	–	–
Навоз 20 т/га	6,2	308
Навоз 40 т/га	11,4	285
$N_{60}P_{60}K_{60}$	11,5	64
$N_{90}P_{90}K_{90}$	18,1	67
$N_{120}P_{120}K_{120}$	22,7	63

Доза $N_{60}P_{60}K_{60}$ минерального удобрения формирует прибавку урожая корнеплодов цикория корневого на уровне 11,5 т/га, последовательное увеличение дозы минерального удобрения на 30 кг д. в. по основным элементам питания обуславливает соответственно дополнительные прибавку урожая на уровне 6,6 и 4,6 т/га. Определили, что оптимальной дозой в получении наибольшей прибавки урожая явилась доза $N_{90}P_{90}K_{90}$ минерального удобрения. Применение доз $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения обеспечивает тождественную прибавку урожая, поэтому применение дозы выше $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения агрономически не эффективно.

Определение окупаемости прибавки урожая корнеплодов от применения органического и минерального удобрения в технологии возделывания цикория корневого указывает на оптимальное использование удобрения, что определяет агрономическую эффективность возделывания культуры в условиях серых лесных почв опытного поля Брянского ГАУ.

Увеличения доз органического удобрение с 20 до 40 т/га навоза снижает окупаемость прибавки урожая с 308 до 285 кг на тонну применяемого удобрения, дальнейшее увеличение доз органического удобрения агрономически не целесообразно.

Применение дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ обуславливает окупаемость прибавки урожая на уровне 64 кг / кг д.в., последовательное увеличение применения минерального

удобрения на 30 кг д. в. по основным элементам питания, соответственно увеличивает окупаемость прибавки урожая на 67 и 63 кг / кг д.в. от применения минерального удобрения. Установили наибольшую окупаемость прибавки урожая корнеплодов цикория корневого от применения дозы $N_{90}P_{90}K_{90}$ минерального удобрения, повышение применения до дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения обуславливает снижение окупаемость прибавки урожая, что свидетельствует о начале снижения эффективности минерального удобрения.

Таким образом, погодные условия за годы исследования и серые лесные почвы опытного поля Брянского ГАУ формируют максимальную урожайность корнеплодов цикория корневого при применении органического удобрения в дозе 40 т/га навоза 33,3 т/га (2023 год), при средней урожайности за период исследования – 28,2 т/га. При применении минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ максимальная урожайность достигла 53,3 т/га (2023 год), а средняя урожайность за период исследования составила 39,5 т/га. Максимальная окупаемость соответственно 308 кг/т и 67 кг / кг д.в. прибавки урожая корнеплодов при возделывании цикория корневого в условиях опыта выявили при применении органического удобрения в дозе 20 т/га и минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$.

3.3 Реализация потенциала урожайности цикория корневого в условиях опыта

Проблеме определения соответствия различных сортов сельскохозяйственных культур почвенно-климатическим условиям конкретного региона, установленных через экологические показатели (адаптивность, пластичность, стабильность) посвящены множество работ на различных культурах и регионах возделывания (Давыденко, Лопух, 2017; Агроэкологическая пластичность..., 2020; Оценка гибридов…, 2020; Мазалов и др., 2020; Васильев и др., 2021; Урожайность сортов…, 2021). Широкий охват различных сельскохозяйственных культур, сортов и гибридов, а также условий окружающей среды при возделывании подтверждает универсальность методики.

В нашем исследовании данная методика использовалась не как подбор сорта или гибрида к определённым условиям возделывания, а как создание оптимальных условий возделывания (улучшения минерального питания) для повышения урожайности цикория корневого, то есть изменения одного из факторов окружающей среды, его оптимизация по средствам обеспечения растения подвижными формами основных элементов питания.

В нашей работе оценивали создание благоприятных условий по средствам применения органического и минерального удобрения при возделывании цикория корневого сорта Петровский по критерию «урожайность», как интегрального показателя сочетания оптимальности погодных условий, антропогенного вмешательства и других факторов среды. В трёхлетний период исследования выявили различия в погодных условиях, 2022 году – избыточно влажный, 2023 год – влажный, а 2024 – слабо засушливый, что позволяет объективно оценить эффективность действия органического и минерального удобрения на изменение урожайности.

В зависимости от урожайности цикория корневого сорта Петровский по вариантам применения органического и минерального удобрения по годам исследования определили, что наибольший индекс среды 7,60, оптимальности условий произрастания растения, обуславливают погодные условия 2023 года, далее в порядке убывания –2,51 и –5,08 соответственно в 2024 и 2022 годах (табл. 3.4).

Данный показатель указывает на благоприятные погодные условия 2023 года в сочетании с применением органического и минерального удобрения, в результате получена максимальная урожайность корнеплодов цикория корневого, по варианту применения органического удобрения – 33,3 т/га , по варианту применения минерального удобрения – 53,3 т/га, а средняя по всем вариантам – 36,0 т/га

В условиях лабораторно-полевого опыта потенциал урожайности цикория корневого сорта Петровский в зависимости от применения органического и минерального удобрения зависит от способности растения адаптироваться к биотическим, абиотическим и антропогенным факторам жизни. Коэффициент адаптации оценивали как отношение средней урожайность по варианту опыта к средней

урожайностью опыта за годы исследования. Дозы $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения в условиях опыта при возделывании цикория корневого обеспечивают наибольший коэффициент адаптации соответственно 1,23 и 1,39.

Таблица 3.4 – Действие погодных условий среды и удобрения на адаптацию цикория корневого и изменчивость его урожайности

Вариант	**Индекс среды**			**$К_А$**	**V,%**
	2022 г.	**2023 г.**	**2024 г.**		
Контроль	-5,08	7,60	-2,51	0,59	12,1
Навоз 20 т/га				0,81	11,7
Навоз 40 т/га				0,99	16,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$				1,00	30,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$				1,23	28,9
$N_{120}P_{120}K_{120}$				1,39	31,3
Средняя урожайность, т/га	23,4	36,0	25,9	–	–
V,%	21,7	35,2	26,4	–	–

Определили, что с возрастанием доз применения органического и минерального удобрения при возделывании цикория корневого возрастает коэффициент адаптации к факторам среды соответственно от 0,81 до 0,99 и от 1,00 до 1,39 (табл. 3.4).

Урожайность – это суммарный показатель отзывчивости сельскохозяйственной культуры к условиям возделывания. Влияние погодных условий при возделывании культуры в одинаковых почвенных условиях является наиболее значимым фактором при формировании урожая и эффективности действия антропогенных факторов – в нашем случае применения органического и минерального удобрения с целью повышения урожайности.

Изменчивость показателя урожайности по годам исследования, выраженная через коэффициент вариации, в зависимости от варианта применения органического или минерального удобрения определяет значение погодных условий в стабильности урожайности.

В условиях полевого опыта наблюдали среднюю изменчивость показателя урожайности цикория корневого (V=12,1%) под действием погодных условий на варианте без применения удобрений. Анализируя полученные данные, можно утверждать, что сорт Петровский в условиях опытного поля Брянского ГАУ формирует стабильную урожайность корнеплодов в годы с различными погодными условиями.

Дозы 20 и 40 т/га навоза в почвенно-климатических условиях за годы исследования обуславливают среднюю изменчивость показателя урожайности корнеплодов цикория корневого (V=11,7-16,5%), что подтверждает стабильность урожайности в годы с различными погодными условиями. Определили, что с увеличением применения доз органического удобрения увеличивается коэффициент вариации.

Применение минерального удобрения в возрастающих дозах ($N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$) в условиях годов исследования обуславливает значительную изменчивость показателя урожайности цикория корневого (V = 28,9-31,3%). Это свидетельствует о значительных колебаниях урожайности в годы с различными погодными условиями. По нашему мнению, это в первую очередь связано с оптимальными условиями увлажнения, при которых эффективность минеральных удобрений высока, а при слабо засушливых или избыточно влажных условиях она снижается (табл. 3.4).

Разница в формировании урожая цикория корневого в экстремальных и оптимальных условиях указывает на стрессоустойчивость культуры, то есть способность противостоять негативным природным явлениям, как в условиях применения удобрения, так и без него. Поэтому чем меньше разница в минимальной и максимальной урожайности корнеплодов, тем выше способность культуры адаптироваться к условиям и давать стабильный урожай корнеплодов.

Возделывание цикория корневого в контрольном варианте (без применения удобрений) обуславливает наименьший разрыв между минимальной и максимальной урожайностью (–4,0), что свидетельствует о наибольшей стрессоустойчивости культуры к условиям территории проведения исследования. Применение

исследуемых доз органического удобрения снижает стрессоустойчивость, показатель возрастает от –4,9 до –9,1. Минеральное удобрение в исследуемых дозах снижает стрессоустойчивость культуры, показатель возрастает от –15,4 до –23,7. По нашему мнению, это в первую очередь связано с оптимальными условиями увлажнения, при которых эффективность минеральных удобрений высока, а при слабо засушливых или избыточно влажных условиях она снижается (табл. 3.5).

Показатель компенсационной способности цикория корневого отражает способность культуры формировать урожайность в контрастных условиях среды, чем больше компенсационная способность, тем выше соответствие природных и антропогенных условий среды с ростом и развитием культуры.

Определили, что отсутствие применения органического или минерального удобрения при возделывании цикория корневого обуславливает наименьший показатель компенсационной способности культуры (17,1), что свидетельствует о необходимости оптимизации условий возделывания (табл. 3.5).

Таблица 3.5 – Действие органического и минерального удобрения на экологические показатели агроценоза цикория корневого в погодных условиях 2022-2024 годов исследования

Вариант	**Стрессоустойчивость**	**Компенсационная способность**	**Экологическая**	
			пластичность	**стабильность**
Контроль	-4,0	17,1	0,30	8,18
Навоз 20 т/га	-4,9	23,6	0,40	14,19
Навоз 40 т/га	-9,1	28,8	0,69	42,78
$N_{60}P_{60}K_{60}$	-15,4	30,5	1,27	144,34
$N_{90}P_{90}K_{90}$	-19,1	36,8	1,50	203,18
$N_{120}P_{120}K_{120}$	-23,7	41,5	1,84	304,03

В погодных условиях годов исследования увеличение применения доз органического удобрения повышает компенсационную способность посевов цикория корневого от 23,6 до 28,8 и свидетельствует об отзывчивости посевов культуры на данное мероприятие.

Увеличение применения минерального удобрения повышает компенсационную способность культуры от 30,5 до 41,5 и свидетельствует о высокой отзывчивости культуры на данное мероприятие.

Возделывание цикория корневого в экстремальных и оптимальных условиях при применении дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения обуславливает наибольшую гибкость (41,5) культуры, созданные условия при внесении минерального удобрения обеспечивают набольшую среднюю урожайность в контрастных условиях годов исследования (табл. 3.5).

Возделывание цикория корневого в контрольном варианте (без применения удобрений) обуславливает самую низкую отзывчивость (0,30) за годы исследования на изменяющиеся погодные условия, что свидетельствует о низкой вовлеченности факторов среды (ФАР, температура почвы и воздуха, увлажнение) в формирование урожайности корнеплодов в условиях опыта (табл. 3.5).

Увеличение применения органического удобрения при возделывании цикория корневого в условиях годов исследования способствует повышению отзывчивости культуры от 0,40 до 0,69 в повышении урожайности в изменяющихся условиях окружающей среды.

Увеличение применения минерального удобрения способствует высокой отзывчивость от 1,27 до 1,84 на изменяющиеся условия окружающей среды и свидетельствует о действии минерального удобрения как фактора повышающего потенциал урожайности, несмотря на экстремальные условия возделывания культуры.

Возделывание цикория корневого в экстремальных и оптимальных условиях при применении дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения обуславливает наибольшую отзывчивость (1,84) культуры, созданные условия при внесении минерального удобрения обеспечивают набольшую урожайность в изменяющихся условиях окружающей среды (табл. 3.5).

Показатель экологической стабильности свидетельствует о способности посевов цикория корневого формировать стабильный урожай корнеплодов в различных погодных условиях.

На контрольном варианте (без применения удобрений) возделывание цикория вызывает самый низкий показатель экологической стабильности (8,18), который свидетельствует о средней стабильности урожайности корнеплодов (табл. 3.5).

Дозы 20 и 40 т/га навоза за годы исследования при возделывании цикория корневого в условиях опыта обуславливают повышение показателя экологической стабильности с 14,19 до 42,78. Вместе с тем полученные данные указывают на снижение экологической стабильности (от средней до низкой) при формировании урожая под влиянием изменяющихся условий окружающей среды.

Применение минерального удобрения в возрастающих дозах ($N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$) при возделывании цикория корневого в условиях годов исследования обуславливает повышение показателя экологической стабильности от 144,34 до 304,03. Данные показатели свидетельствует о сильном снижении экологической стабильности под действием изменяющихся условий окружающей среды.

Рассматривая комплексно показатели экологической пластичности и стабильности, необходимо указать, что наиболее ценные агроценозы формируют стабильную урожайность в различных погодных условиях и при этом хорошо отзываются на изменение погодных условий и других факторов возделывания, то есть при показателе стабильности, стремящемся к нулю, показатель пластичности больше единицы.

Возделывание цикория корневого в различных погодных условиях годов исследования в контрольном варианте (без применения удобрений) обуславливает показатель экологической пластичности меньше единицы, а экологической стабильности на уровне 8,18, что свидетельствует о низкой отзывчивости на изменяющиеся условия окружающей среды и среднюю стабильность урожайности корнеплодов.

Дозы 20 и 40 т/га навоза за годы исследования при возделывании цикория корневого в условиях опыта обуславливают показатель экологической пластичности меньше единицы и повышение показателя экологической стабильности с 14,19 до 42,78, что свидетельствует низкой отзывчивости на изменяющиеся условия окружающей среды и среднюю стабильность урожайности корнеплодов.

Применение минерального удобрения в последовательно возрастающих дозах ($N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$) при возделывании цикория корневого формирует высокую урожайность корнеплодов за годы исследования в различных погодных условиях. Выявили высокую пластичность (показать экологической пластичности больше единицы), которая проявляется в высокой отзывчивости на изменяющиеся погодные условия опыта и очень низкую стабильность (получение стабильного урожая в условиях опыта), показать экологической стабильности колебался в пределах 144-302 (табл. 3.5).

Погодные условия за годы исследования при возделывании цикория корневого на серой лесной почве обеспечивают среднюю урожайность на уровне 16,8 т/га. При оптимальных условиях максимальная урожайность достигает 19,1 т/га, что соответствует реализации генетического потенциала средней урожайности культуры на уровне 88 % (табл. 3.6).

Применение дозы 40 т/га органического и $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения в оптимальных погодных условиях обеспечивает максимальную урожайность корнеплодов цикория сорта Петровский на уровне 33,3 и 53,3 т/га соответственно. Реализации генетического потенциала средней урожайности культуры по отношению к максимально возможной урожайности при применении различных видов удобрения соответственно на уровне 50,5 и 31,5 %.

Дозы 20 и 40 т/га навоза, используемые при возделывании цикория корневого в изменяющихся погодных условиях, формируют среднюю урожайность на уровне 23,0 и 28,3 т/га за годы исследования соответственно. Максимально возможная урожайность корнеплодов в оптимальных условиях при применении исследуемых доз органического удобрения соответственно 26,0 и 33,3 т/га. Реализация потенциала урожайности культуры за годы исследования при применении органического удобрения по отношению к максимальной урожайности соответственно 88,5 и 84,7 %. Определили, что реализация потенциала урожайности корнеплодов в условиях применения органического удобрения по отношению к максимально возможной урожайности в условиях применения минерального удобрения соответственно 43,2 и 52,9 %.

Применение минерального удобрения в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ при возделывании цикория корневого формирует условия произрастания, которые реализуют потенциал средней урожайности культуры по варианту к максимально возможной урожайности по соответствующему варианту соответственно на уровне 74,1, 75,4 и 74,1 %.

Определили, что реализация потенциала средней урожайности культуры в условиях применения минерального удобрения по отношению к максимально возможной урожайности в условиях применения органического удобрения соответственно на уровне 85,0, 104,8 и 118,6 % (табл. 3.6).

Таблица 3.6 – Реализация потенциала урожайности цикория корневого

Вариант	**Урожайность, т/га**				**Реализация потенциала урожайности, %**		
	средняя	**максимальная по варианту**	**максимальная по органическому удобрению**	**максимальная по минеральному удобрению**	**к максимальной по варианту**	**к максимальной по органическому удобрению**	**к максимальной по минеральному удобрению**
Контроль	16,8	19,1	33,3	53,3	88,0	50,5	31,5
Навоз 20 т/га	23,0	26,0			88,5	69,1	43,2
Навоз 40 т/га	28,2	33,3			84,7	84,7	52,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	28,3	38,2			74,1	85,0	53,1
$N_{90}P_{90}K_{90}$	34,9	46,3			75,4	104,8	65,5
$N_{120}P_{120}K_{120}$	39,5	53,3			74,1	118,6	74,1

Реализация потенциала урожайности корнеплодов цикория корневого сорта Петровский зависит от уровня применения удобрения и оптимальных условий среды, без которых уровень реализации – 31,5 %. Максимальная реализация 74,1 % потенциала урожайности корнеплодов цикория корневого обеспечивается применением минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$.

ГЛАВА 4 ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦИКОРИЯ КОРНЕВОГО

Погодные условия в период исследований 2022-2024 годов, агротехника, биологические особенности культуры и генетический потенциал сорта при возделывании цикория корневого сорта Петровский на серых лесных почвах территории опытного поля Брянского ГАУ без применения органического и минерального удобрения обеспечивают получение корнеплодов со средним содержанием сахарозы на уровне 3,58 % на воздушно-сухую массу. Колебания показателя по годам исследования составляют от 2,76 % до 4,34 %, изменчивость показателя значительная, коэффициент вариации (V, %) равен 22,11 %. Установлено, что наибольший показатель содержания сахарозы в корнеплодах (4,34 %) характерен для слабо засушливых условий вегетационного периода (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Действие минерального и органического удобрения на содержание сахарозы в корнеплодах цикория, % на воздушно-сухую массу

Вариант	**2022 год**	**2023 год**	**2024 год**	**Среднее**	**V, %**
Контроль	3,64	2,76	4,34	3,58	22,11
Навоз 20 т/га	2,57	1,98	3,87	2,81	34,45
Навоз 40 т/га	2,36	1,78	3,58	2,57	35,70
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,76	1,75	3,45	2,65	32,22
$N_{90}P_{90}K_{90}$	1,91	1,39	2,89	2,06	36,91
$N_{120}P_{120}K_{120}$	1,19	1,18	2,62	1,66	49,81
			$НСР_{05}$	*0,37*	–
Среднее	*2,41*	*1,81*	*3,46*	–	–
V, %	*34,30*	*30,41*	*18,23*	–	–

В среднем за период исследования применение дозы 20 т/га навоза при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием сахарозы 2,81 % на воздушно-сухую массу, что достоверно ниже в сравнении с контрольным вариантом. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,98 % до 3,87 %, изменчивость показателя значительная, коэффициент вариации (V, %) равен 34,45 %. Установлено, что наибольший показатель содержания сахарозы в корнеплодах (3,87 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы 40 т/га навоза при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием сахарозы 2,57 % на воздушно-сухую массу, что достоверно ниже в сравнении с контрольным вариантом. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,78 % до 3,58 %, изменчивость показателя значительная, коэффициент вариации (V, %) равен 35,70 %.

Существенной разницы между исследуемыми дозами применения навоза в изменении показателя содержания сахарозы не выявили.

Установлено, что наибольший показатель содержания сахарозы в корнеплодах (3,58 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием сахарозы 2,65 % на воздушно-сухую массу, что достоверно ниже в сравнении с контрольным вариантом. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,75 % до 3,45 %, изменчивость показателя значительная, коэффициент вариации (V, %) равен 32,22 %.

Существенной разницы между вариантом применения дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ и вариантами применения навоза в изменении показателя содержания сахарозы не выявили.

Установлено, что наибольший показатель содержания сахарозы в корнеплодах (3,45 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{90}P_{90}K_{90}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием сахарозы 2,06 % на воздушно-сухую массу, что достоверно ниже, как в сравнении с контрольным вариантом, так и вариантами применения 20 и 40 т/га навоза и $N_{60}P_{60}K_{60}$. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,39 % до 2,89 %, изменчивость показателя значительная, коэффициент вариации (V, %) равен 36,91 %.

Установлено, что наибольший показатель содержания сахарозы в корнеплодах (2,89 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием сахарозы 1,66 % на воздушно-сухую массу, что достоверно ниже в сравнении, как с контрольным вариантом, так и вариантами применения 20 и 40 т/га навоза, $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,39 % до 2,89 %, при этом изменчивость показателя значительная, коэффициент вариации (V, %) равен 49,81 %.

Установлено, что наибольший показатель содержания сахарозы в корнеплодах (2,62 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования выявили, что применение дозы 40 т/га навоза и дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения соответственно достоверно снижает в 1,4 и 2,2 раза содержание сахарозы в корнеплодах в сравнении с контрольным вариантом. Между дозами органического удобрения и дозами $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения обнаружили достоверную разницу в изменении показателя содержания сахарозы в корнеплодах.

Установили, что наибольшее содержание сахарозы в корнеплодах по вариантам опыта характерно для слабо засушливых условий увлажнения.

Изменчивость показателя содержания сахарозы в корнеплодах цикория корневого под действием погодных условий годов исследования была значительной вне зависимости от доз органического и минерального удобрения.

Изменчивость показателя содержания сахарозы в корнеплодах цикория корневого под действием органического и минерального удобрения в конкретный год исследования различалась, в условиях избыточного увлажнения и влажных (2022 и 2023 годы) обнаружили значительную изменчивость показателя, а в слабо засушливых условиях (2024 год) – среднюю изменчивость показателя.

Погодные условия в период исследований 2022-2024 годов, агротехника, биологические особенности культуры и генетический потенциал сорта при возделывании цикория корневого сорта Петровский на серых лесных почвах территории опытного поля Брянского ГАУ без применения органического и минерального удобрения обеспечивают получение корнеплодов со средним содержанием

фруктозы на уровне 3,57 % на воздушно-сухую массу. Колебания показателя по годам исследования составляют от 2,88 % до 4,56 %, изменчивость показателя значительная, коэффициент вариации (V, %) равен 24,56 %. Установлено, что наибольший показатель содержания фруктозы в корнеплодах (4,56 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Действие минерального и органического удобрения на содержание фруктозы в корнеплодах цикория, % на воздушно-сухую массу

Вариант	**2022 год**	**2023 год**	**2024 год**	**Среднее**	**V, %**
Контроль	3,28	2,88	4,56	3,57	24,56
Навоз 20 т/га	2,89	2,29	3,96	3,05	27,77
Навоз 40 т/га	2,74	2,14	3,84	2,91	29,66
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,79	1,79	3,69	2,76	34,48
$N_{90}P_{90}K_{90}$	2,35	1,65	3,25	2,42	33,19
$N_{120}P_{120}K_{120}$	2,21	1,61	3,11	2,31	32,68
			$НСР_{05}$	*0,50*	–
Среднее	*2,71*	*2,06*	*3,74*	–	–
V, %	*14,24*	*23,53*	*14,02*	–	–

В среднем за период исследования применение дозы 20 т/га навоза при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием фруктозы 3,05 % на воздушно-сухую массу, что достоверно ниже в сравнении с контрольным вариантом. Колебания показателя по годам исследования составляют от 2,29 % до 3,96 %, изменчивость показателя значительная, коэффициент вариации (V, %) равен 27,77 %.

Установлено, что наибольший показатель содержания фруктозы в корнеплодах (3,96 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы 40 т/га навоза при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием фруктозы 2,91 % на воздушно-сухую массу, что достоверно ниже в сравнении с контрольным вариантом. Колебания показателя содержание фруктозы за годы исследования составляют от 2,14 % до 3,84 %, изменчивость содержания фруктозы значительная, коэффициент вариации (V, %) равен 29,66 %.

Разницы между дозами органического удобрения в технологии возделывания цикория корневого в достоверном изменении показателя содержание фруктозы в корнеплодах не выявили.

Установлено, что наибольший показатель содержания фруктозы в корнеплодах (3,84 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием фруктозы 2,76 % на воздушно-сухую массу, что достоверно ниже в сравнении с контрольным вариантом. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,79 % до 3,69 %, изменчивость показателя значительная, коэффициент вариации (V, %) равен 34,48 %.

Установлено, что наибольший показатель содержания фруктозы в корнеплодах (3,69 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{90}P_{90}K_{90}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием фруктозы 2,42 % на воздушно-сухую массу, что достоверно ниже, как в сравнении с контрольным вариантом и вариантом применения 20 т/га навоза. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,65 % до 3,25 %, изменчивость показателя значительная, коэффициент вариации (V, %) равен 33,19 %.

Установлено, что наибольший показатель содержания фруктозы в корнеплодах (3,25 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием фруктозы 2,31 % на воздушно-сухую массу, что достоверно ниже в сравнении с контрольным вариантом и вариантами применения навоза. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,61 % до 3,11 %, при этом изменчивость показателя значительная, коэффициент вариации (V, %) равен 32,68 %.

Установлено, что наибольший показатель содержания фруктозы в корнеплодах (3,11 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

Выявили, что в среднем за годы исследования применение органического удобрения в дозе 40 т/га навоза и минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ соответственно достоверно в 1,2 и 1,5 раза снижает содержание фруктозы в корнеплодах цикория в сравнении с контрольным вариантом. Обнаружили существенную разницу между дозой 40 т/га органического удобрения и дозой $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения в изменении показателя содержания фруктозы в корнеплодах.

Установили, что наибольшее содержание фруктозы в корнеплодах по вариантам опыта характерно для слабо засушливых условий увлажнения.

Изменчивость показателя содержания фруктозы в корнеплодах цикория корневого под действием погодных условий годов исследования была значительной вне зависимости от доз органического и минерального удобрения.

Изменчивость показателя содержания фруктозы в корнеплодах цикория корневого под действием органического и минерального удобрения в конкретный год исследования различалась, в условиях влажного года (2023 год) наблюдали значительную изменчивость показателя, а в избыточно влажных и слабо засушливых условиях (2022 и 2024 годы) – среднюю изменчивость показателя.

Возделывание цикория корневого сорта Петровский на серых лесных почвах Брянской области в погодных условиях 2022-2024 годов, без применения органического и минерального удобрения, обеспечивает получение корнеплодов с содержанием сухого вещества на уровне 25,0 % в среднем за годы исследования. Колебания показателя по годам исследования составляют от 23,1 % до 27,8 %, изменчивость показателя незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 9,90 %. Установлено, что наибольший показатель содержания сухого вещества в корнеплодах (27,8 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения (табл. 4.3).

В среднем за период исследования применение дозы 20 т/га навоза при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием сухого вещества 24,3 %, что на одном уровне с контрольным вариантом. Коле-

бания показателя по годам исследования составляют от 22,4 % до 26,8 %, изменчивость показателя незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 9,24 %.

Таблица 4.3 – Действие минерального и органического удобрения на содержание сухого вещества в корнеплодах цикория, %

Вариант	**2022 год**	**2023 год**	**2024 год**	**Среднее**	**V, %**
Контроль	24,1	23,1	27,8	25,0	9,90
Навоз 20 т/га	23,8	22,4	26,8	24,3	9,24
Навоз 40 т/га	23,4	21,2	26,3	23,6	10,82
$N_{60}P_{60}K_{60}$	22,9	19,8	25,9	22,9	13,34
$N_{90}P_{90}K_{90}$	22,1	19,7	26,1	22,6	14,28
$N_{120}P_{120}K_{120}$	19,8	18,8	24,9	21,2	15,46
			$НСР_{05}$	*1,1*	–
Среднее	22,7	20,8	26,3	–	–
V, %	*6,96*	*8,09*	*3,67*	–	–

Установлено, что наибольший показатель содержания сухого вещества в корнеплодах (26,8 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы 40 т/га навоза при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием сухого вещества 23,6 %, что достоверно ниже в сравнении с контрольным вариантом. Колебания показателя по годам исследования составляют от 21,2 % до 26,3 %, изменчивость показателя содержания сухого вещества средняя, коэффициент вариации (V, %) равен 10,82 %.

Установлено, что наибольший показатель содержания сухого вещества в корнеплодах (26,3 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием сухого вещества 22,9 %, что достоверно ниже в сравнении с контрольным вариантом. Колебания показателя по годам исследования составляют от 19,8 % до 25,9 %, изменчивость показателя средняя, коэффициент вариации (V, %) равен 13,34 %.

Установлено, что наибольший показатель содержания сухого вещества в корнеплодах (25,9 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{90}P_{90}K_{90}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием сухого вещества 22,6 %, что достоверно ниже в сравнении с контрольным вариантом. Колебания показателя по годам исследования составляют от 19,7 % до 26,1 %, изменчивость показателя средняя, коэффициент вариации (V, %) равен 14,28 %.

Установлено, что наибольший показатель содержания сухого вещества в корнеплодах (26,1 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием сухого вещества 21,2 %, что достоверно ниже в сравнении исследуемыми вариантами опыта. Колебания показателя по годам исследования составляют от 18,8 % до 24,9 %, изменчивость показателя средняя, коэффициент вариации (V, %) равен 15,46 %.

Установлено, что наибольший показатель содержания сухого вещества в корнеплодах (24,9 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

Обнаружили существенную разницу между дозой 40 т/га органического удобрения и дозой $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения в изменении показателя содержания сухого вещества в корнеплодах.

Установили, что наибольшее содержание сухого вещества в корнеплодах по вариантам опыта характерно для слабо засушливых условий увлажнения вне зависимости от видов и доз применения удобрения.

Изменчивость показателя содержания сухого вещества в корнеплодах цикория корневого под действием погодных условий годов исследования была незначительной или средней в зависимости от доз органического и минерального удобрения.

Изменчивость содержания сухого вещества в корнеплодах цикория под действием доз органического и минерального удобрения в конкретный год возделывания культуры была незначительна.

Возделывание цикория корневого сорта Петровский на серой лесной почве опытного поля Брянского ГАУ в погодных условиях 2022-2024 годов исследования

формирует низкую урожайность корнеплодов и высокое содержание в них сухого вещества, что обуславливает выход сухого вещества на уровне 4,21 т/га в среднем за период проведения исследования.

Применение дозы 20 т/га навоза при возделывании цикория корневого в условиях опыта повышает в 1,33 раза выход сухого вещества с гектара в сравнении с контрольным вариантом, увеличение применения органического удобрения до 40 т/га обеспечивает повышение в 1,58 раза (рис. 4.1).

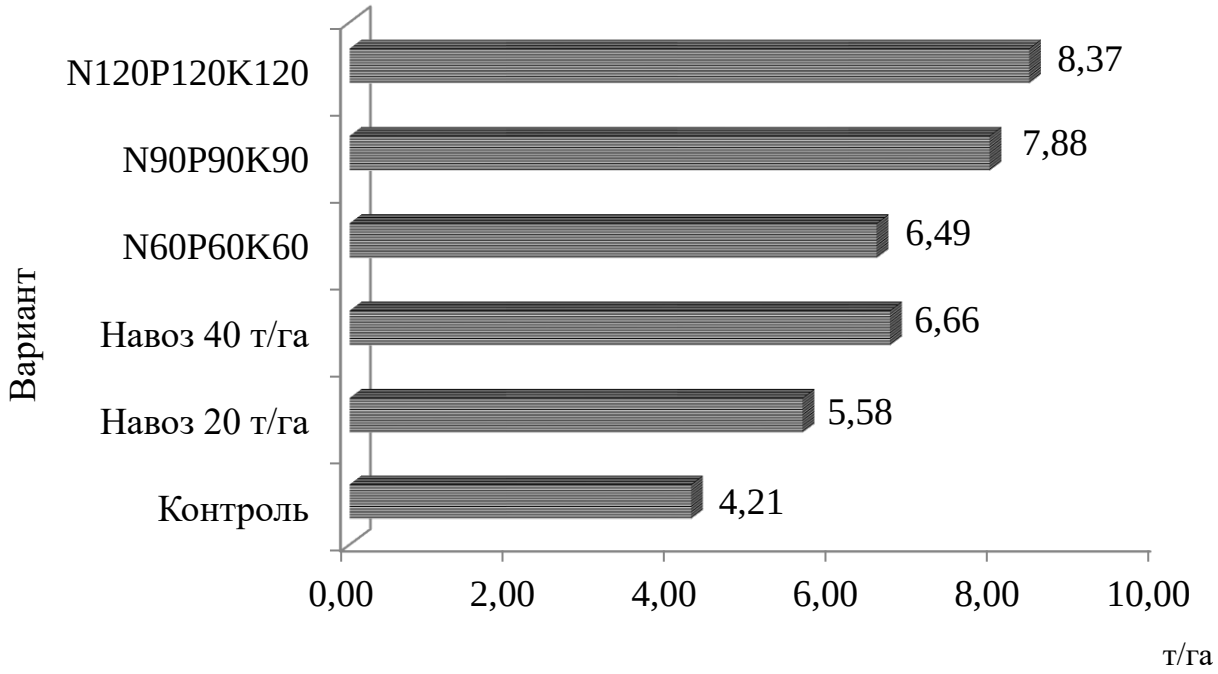


Рисунок 4.1 – Действие минерального и органического удобрения на выход сухого вещества цикория корневого сорта Петровский, т/га

Применение дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ минерального удобрения при возделывании цикория корневого в условиях опыта повышает в 1,54 раза выход сухого вещества с гектара в сравнении с контрольным вариантом, определили одинаковое действие 40 т/га навоза и $N_{60}P_{60}K_{60}$ на повышение выхода сухого вещества.

Установили, что увеличение дозы минерального удобрения до $N_{90}P_{90}K_{90}$ при возделывании цикория корневого в условиях опыта повышает в 1,87 раза выход сухого вещества с гектара в сравнении с контрольным вариантом и в 1,2 раза в сравнении с вариантом применения 40 т/га навоза.

Применение дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения при возделывании цикория корневого в условиях опыта в среднем за годы исследования повышает в 2,0 раза в сравнении с контрольным вариантом выход сухого вещества, получили максимальный показатель 8,37 т/га.

Возделывание цикория корневого сорта Петровский на серых лесных почвах в погодные условия годов исследования в среднем обусловливает получение корнеплодов с содержанием сахарозы и фруктозы на уровне 3,57 % и сухого вещества 25,0 % с его выходом 4,21 т/га.

Применение 40 т/га органического удобрения при возделывании цикория корневого в условиях опыта обусловливает получение корнеплодов с содержанием сахарозы и фруктозы на уровне 2,57-2,91 % и сухого вещества 23,6 % с его выходом с гектара 6,66 т/га.

Применение минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ при возделывании цикория корневого в условиях опыта обусловливает получение корнеплодов с содержанием сахарозы и фруктозы на уровне 1,66-2,31 % и сухого вещества 21,2 % с его выходом с гектара 8,37 т/га.

ГЛАВА 5 ВОЗДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЦИКОРИЯ КОРНЕВОГО

5.1 Действие органического и минерального удобрения на макроэлементный состав цикория корневого

Погодные условия в период исследований 2022-2024 годов, агротехника, биологические особенности культуры и генетический потенциал сорта при возделывании цикория корневого сорта Петровский на серых лесных почвах территории опытного поля Брянского ГАУ без применения органического и минерального удобрения обеспечивают получение корнеплодов со средним содержанием азота на уровне 0,78 % на воздушно-сухую массу. Колебания показателя по годам исследования составляют от 0,74% до 0,84%, при этом изменчивость показателя незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 7,09 %. Установлено, что наибольший показатель содержания азота в корнеплодах (0,84%) характерен для слабо засушливых условий увлажнения (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Действие минерального и органического удобрения на содержание азота в корнеплодах цикория, % на воздушно-сухую массу

Вариант	**2022 год**	**2023 год**	**2024 год**	**Среднее**	**V, %**
Контроль	0,74	0,75	0,84	0,78	7,09
Навоз 20 т/га	0,75	0,72	0,86	0,78	9,49
Навоз 40 т/га	1,04	1,03	1,18	1,08	7,74
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0,95	0,90	1,12	0,99	11,65
$N_{90}P_{90}K_{90}$	1,08	1,02	1,17	1,09	6,93
$N_{120}P_{120}K_{120}$	1,06	0,91	1,14	1,04	11,26
			$НСР_{05}$	*0,06*	–

В среднем за период исследования применение дозы 20 т/га навоза при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержа-

нием азота 0,78 % на воздушно-сухую массу на уровне контрольного варианта. Колебания показателя по годам исследования составляют от 0,72 % до 0,86 %, при этом изменчивость показателя незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 9,49 %. Установлено, что наибольший показатель содержания азота в корнеплодах (0,86 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы 40 т/га навоза при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием азота 1,08 % на воздушно-сухую массу, что в сравнении контрольным вариантом и вариантом применения 20 т/га навоза достоверно выше. Колебания показателя содержания азота за годы исследования составляют от 1,03 % до 1,18 %, изменчивость показателя содержания азота незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 7,74 %. Установлено, что наибольший показатель содержания азота в корнеплодах (1,18 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием азота 0,99 % на воздушно-сухую массу, что в сравнении с контрольным вариантом и вариантом применения 20 т/га навоза достоверно выше, но достоверно ниже в сравнении с вариантом применения 40 т/га навоза. Колебания показателя по годам исследования составляют от 0,90 % до 1,12 %, при этом изменчивость показателя средняя, коэффициент вариации (V, %) равен 11,65 %. Установлено, что наибольший показатель содержания азота в корнеплодах (1,12 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{90}P_{90}K_{90}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием азота 1,09 % на воздушно-сухую массу, что достоверно выше в сравнении с контрольным вариантом, вариантом применения 20 т/га навоза и $N_{60}P_{60}K_{60}$. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,02 % до 1,17 %, при этом изменчивость показателя незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 6,93 %. Установлено, что наибольший показатель содержания азота в корнеплодах (1,17 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием азота 1,04 % на воздушно-сухую массу, что достоверно выше в сравнении с контрольным вариантом, вариантом применения 20 т/га навоза и $N_{60}P_{60}K_{60}$. Колебания показателя по годам исследования составляют от 0,91 % до 1,14 %, при этом изменчивость показателя средняя, коэффициент вариации (V, %) равен 11,26 %. Установлено, что наибольший показатель содержания азота в корнеплодах (1,14 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

Выявили, что в среднем за годы исследования применение органического удобрения в дозе 40 т/га навоза и минерального удобрения в дозах $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ достоверно в 1,4 раза повышает содержание азота в корнеплодах цикория в сравнении с контрольным вариантом. Установили, что наибольшее содержание азота в корнеплодах по вариантам опыта характерно для слабо засушливых условий увлажнения.

Погодные условия в период исследований 2022-2024 годов, агротехника, биологические особенности культуры и генетический потенциал сорта при возделывании цикория корневого сорта Петровский на серых лесных почвах территории опытного поля Брянского ГАУ без применения органического и минерального удобрения обеспечивают получение корнеплодов со средним содержанием фосфора на уровне 0,33 % на воздушно-сухую массу. Колебания показателя по годам исследования составляют от 0,30 % до 0,36 %, при этом изменчивость показателя незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 9,35 %. Установлено, что наибольший показатель содержания фосфора в корнеплодах (0,36%) характерен для слабо засушливых условий увлажнения (табл. 5.2).

В среднем за период исследования применение дозы 20 т/га навоза при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием фосфора 0,42 % на воздушно-сухую массу, что достоверно выше в сравнении с контрольным вариантом. Колебания показателя по годам исследования составляют от 0,41 % до 0,44 %, при этом изменчивость показателя незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 4,12 %. Установлено, что наибольший пока-

затель содержания фосфора в корнеплодах (0,44 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

Таблица 5.2 – Действие минерального и органического удобрения на содержание фосфора в корнеплодах цикория, % на воздушно-сухую массу

Вариант	**2022 год**	**2023 год**	**2024 год**	**Среднее**	**V, %**
Контроль	0,32	0,30	0,36	0,33	9,35
Навоз 20 т/га	0,41	0,41	0,44	0,42	4,12
Навоз 40 т/га	0,38	0,36	0,48	0,41	15,81
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0,34	0,32	0,41	0,36	13,25
$N_{90}P_{90}K_{90}$	0,35	0,32	0,41	0,36	12,73
$N_{120}P_{120}K_{120}$	0,37	0,36	0,46	0,40	13,88
			$НСР_{05}$	*0,02*	–

В среднем за период исследования применение дозы 40 т/га навоза при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием фосфора 0,41 % на воздушно-сухую массу, что достоверно выше в сравнении с контрольным вариантом. Колебания показателя по годам исследования составляют от 0,36 % до 0,48 %, при этом изменчивость показателя средняя, коэффициент вариации (V, %) равен 15,81 %. Установлено, что наибольший показатель содержания фосфора в корнеплодах (0,48 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием фосфора 0,36 % на воздушно-сухую массу, что достоверно выше в сравнении с контрольным вариантом и достоверно ниже в сравнении с вариантами применения навоза. Колебания показателя по годам исследования составляют от 0,32 % до 0,41 %, при этом изменчивость показателя средняя, коэффициент вариации (V, %) равен 13,25 %. Установлено, что наибольший показатель содержания фосфора в корнеплодах (0,41 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{90}P_{90}K_{90}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием фосфора 0,36 % на воздушно-сухую массу, что достоверно выше в сравнении с контрольным вариантом и достоверно ниже вариантов применения навоза. Колебания показателя по годам исследования составляют от 0,32 % до 0,41 %, при этом изменчивость показателя средняя, коэффициент вариации (V, %) равен 12,73 %. Установлено, что наибольший показатель содержания фосфора в корнеплодах (0,41 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием фосфора 0,40 % на воздушно-сухую массу, что достоверно выше в сравнении с контрольным вариантом, вариантами применения $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$. Колебания показателя по годам исследования составляют от 0,36 % до 0,46 %, при этом изменчивость показателя средняя, коэффициент вариации (V, %) равен 13,88 %. Установлено, что наибольший показатель содержания фосфора в корнеплодах (0,46 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

Выявили, что применение органического удобрения и минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ в среднем за годы исследования достоверно повышает содержание фосфора в корнеплодах цикория корневого в 1,3 раза в сравнении с контрольным вариантом. Существенной разницы между данными вариантами органического и минерального удобрения в изменении показателя содержания фосфора в корнеплодах не обнаружили.

Установили, что наибольшее содержание фосфора в корнеплодах по вариантам опыта характерно для слабо засушливых условий увлажнения.

Погодные условия в период исследований 2022-2024 годов, агротехника, биологические особенности культуры и генетический потенциал сорта при возделывании цикория корневого сорта Петровский на серых лесных почвах территории опытного поля Брянского ГАУ без применения органического и минерального удобрения обеспечивают получение корнеплодов со средним содержанием калия на уровне 1,53 % на воздушно-сухую массу. Колебания показателя по годам

исследования составляют от 1,38 % до 1,63 %, при этом изменчивость показателя незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 8,55 %. Установлено, что наибольший показатель содержания калия в корнеплодах (1,63%) характерен для слабо засушливых условий увлажнения (табл. 5.3).

Таблица 5.3 – Действие минерального и органического удобрения на содержание калия в корнеплодах цикория, % на воздушно-сухую массу

Вариант	**2022 год**	**2023 год**	**2024 год**	**Среднее**	**V, %**
Контроль	1,38	1,57	1,63	1,53	8,55
Навоз 20	1,65	1,89	1,97	1,84	9,07
Навоз 40	1,78	1,96	2,04	1,93	6,91
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,65	1,77	1,89	1,77	6,78
$N_{90}P_{90}K_{90}$	1,74	1,81	1,99	1,85	6,98
$N_{120}P_{120}K_{120}$	1,68	1,78	1,94	1,80	7,29
			$НСР_{05}$	*0,07*	–

В среднем за период исследования применение дозы 20 т/га навоза при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием калия 1,84 % на воздушно-сухую массу, что достоверно выше в сравнении с контрольным вариантом. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,38 % до 1,63 %, при этом изменчивость показателя незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 9,07 %. Установлено, что наибольший показатель содержания калия в корнеплодах (1,97 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы 40 т/га навоза при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием калия 1,93 % на воздушно-сухую массу, что достоверно выше в сравнении с контрольным вариантом и вариантом применения 20 т/га навоза. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,78 % до 2,04 %, при этом изменчивость показателя незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 6,91 %.

Установлено, что наибольший показатель содержания калия в корнеплодах (2,04 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием калия 1,77 % на воздушно-сухую массу, что достоверно выше в сравнении с контрольным вариантом и достоверно ниже в сравнении с вариантом применения 40 т/га навоза. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,65 % до 1,89 %, при этом изменчивость показателя незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 6,78 %. Установлено, что наибольший показатель содержания калия в корнеплодах (1,89 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{90}P_{90}K_{90}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием калия 1,85 % на воздушно-сухую массу, что достоверно выше в сравнении с контрольным вариантом и вариантом применения $N_{60}P_{60}K_{60}$. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,74 % до 1,99 %, при этом изменчивость показателя незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 6,98 %. Установлено, что наибольший показатель содержания калия в корнеплодах (1,99 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

В среднем за период исследования применение дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ при возделывании цикория корневого обеспечивает получение корнеплодов с содержанием калия 1,80 % на воздушно-сухую массу, что достоверно выше в сравнении с контрольным вариантом и достоверно ниже варианта применения 40 т/га навоза. Колебания показателя по годам исследования составляют от 1,68 % до 1,94 %, при этом изменчивость показателя незначительная, коэффициент вариации (V, %) равен 7,29 %. Установлено, что наибольший показатель содержания калия в корнеплодах (1,94 %) характерен для слабо засушливых условий увлажнения.

Выявили, что применение органического и минерального удобрения в исследуемых дозах в среднем за годы исследования достоверно повышает содержание калия в корнеплодах цикория в сравнении с контрольным вариантом. Обна-

ружили существенную разницу между дозами органического удобрения и минерального удобрения в изменении показателя содержания калия в корнеплодах.

Установили, что наибольшее содержание калия в корнеплодах по вариантам опыта характерно для слабо засушливых условий увлажнения.

Наши исследования выявили, что варьирование содержания макроэлементов в корнеплодах цикория сорта Петровский по годам исследования, различающихся между собой погодными условиями незначительное, выраженное в изменчивости показателя содержания, которое было меньше 10%. Поэтому можно утверждать, что различные погодные условия не влияют на изменчивость показателя содержания азота, фосфора и калия в корнеплодах.

Применение органического и минерального удобрения в условиях исследования средне влияет на изменчивость показателя содержания фосфора. Применение минерального удобрения средне влияет на изменчивость показателя содержания азота.

Определили, что изменчивость показателя содержания калия в корнеплодах цикория корневого была незначительной под действием погодных условий и применения органического и минерального удобрения.

5.2 Баланс макроэлементов при возделывании цикория корневого при различном уровне применения удобрения

Ведущие исследователи в области агрохимии и почвоведения подчёркивают (Сычев, 2003; Катричко, Иванова, 2017; Семинченко, 2018; Семыкин и др., 2019; Сычев и др., 2020), что воспроизводство и повышение почвенного плодородия представляют собой одну из первостепенных задач, стоящих перед современным агрономом в процессе организации сельскохозяйственного производства. Эта задача носит не просто приоритетный, а системообразующий характер, именно от состояния плодородия почвы во многом зависят устойчивость агроценозов к неблагоприятным условиям среды, стабильность урожаев и экономическая эффективность земледелия в целом.

Ключевым аспектом данной проблемы выступает сохранение и последовательное улучшение способности почвы обеспечивать возделываемые полевые культуры необходимыми элементами минерального питания. Грамотно выстроенная система удобрения должна учитывать не только потребности конкретных культур в питательных веществах, но и особенности почвенного покрова, климатические условия региона, а также динамику изменения агрохимических показателей почвы в течение ротации культур.

В связи с этим изучение баланса элементов питания при различных уровнях обеспеченности почвы питательными веществами закономерно вызывает значительный научный и практический интерес (Сычев, Шафран, 2019). Такие исследования позволяют выявить оптимальные дозы и соотношения удобрений, минимизировать риски негативного воздействия на окружающую среду, а также обеспечить долгосрочное поддержание и даже повышение почвенного плодородия, что особенно важно в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства и роста требований к устойчивости аграрных систем.

Расчёт баланса элементов питания основывается на выявлении за определённый период времени разности прихода и расхода питательных элементов. Применение органического и минерального удобрения, учёт послеуборочных и пожнивных остатков, семена и посадочный материал, азотофиксация микроорганизмами, поступление азота с осадками формируют приход основных элементов питания. Расход основных элементов питания формирует вынос элементов с урожаем основной и побочной продукции, эрозионные потери (Жуков, 1996; Волынкина, 2020).

Прогноз развития плодородия почвы базируется на комплексном учёте её генетических особенностей, обусловленных типом и историей формирования почвы, и её производственных характеристик, отражающих специфику её хозяйственного использования. Существенное значение при построении такого прогноза имеет систематическое наблюдение за трансформацией элементов питания в системе «почва – растение», позволяющее отслеживать динамику перераспределения питательных веществ, их усвоение культурами и возможные потери из почвы (Просянников, 2019; Сычев и др., 2020). Такой подход даёт возможность не

только оценить текущее состояние почвенного плодородия, но и смоделировать его изменения в среднесрочной и долгосрочной перспективе с учётом планируемых агрохимических мероприятий.

В этом контексте баланс элементов питания при возделывании полевых культур выступает в качестве объективного и количественно измеримого показателя степени интенсификации земледелия. Он отражает соотношение между поступлением питательных веществ в почву и их расходом, обусловленным главным образом выносом с урожаем, а также возможными потерями в результате вымывания, денитрификации или эрозионных процессов. Именно динамика баланса служит надёжным индикатором того, насколько применяемая система удобрения способствует поддержанию, повышению или снижению почвенного плодородия (Плотников, Кабдунова, 2018).

При этом применение органических и минеральных удобрений напрямую влияет на величину как приходной, так и расходной части баланса, с одной стороны, удобрения компенсируют вынос элементов питания с товарной и побочной продукцией, с другой могут изменять биогеохимические циклы отдельных элементов, влиять на микробиологическую активность почвы и трансформацию органического вещества. Соответственно, расчёт и анализ баланса элементов питания позволяют не только объективно оценить уровень интенсификации сельскохозяйственного производства, но и своевременно корректировать дозы и соотношения вносимых удобрений, обеспечивая тем самым устойчивое управление плодородием почв и стабильную продуктивность агроценозов.

Прогноз изменения уровня плодородия почв в современных условиях приобретает особую актуальность, обусловленную рядом объективных факторов. Растущие интенсификация сельскохозяйственного производства и антропогенное воздействие на почву, усиливающаяся зависимость продуктивности агроценозов от состояния почвенного плодородия требуют перехода к прогностическому управлению земельными ресурсами (Черкасов и др., 2017; Плотников и др., 2018; Красницкий и др., 2018).

В этом контексте разработка агрохимических мероприятий по регулированию плодородия почв приобретает высокую практическую и теоретическую значимость. С практической точки зрения такие мероприятия служат ключевым инструментом поддержания и повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий, позволяют компенсировать вынос элементов питания с урожаем, оптимизировать режимы питания культур, нивелировать негативные эффекты неблагоприятных факторов среды и в конечном счёте обеспечивать стабильную урожайность и экономическую эффективность производства.

Теоретическая значимость разработки подобных мероприятий связана с углублением понимания закономерностей трансформации почвенного плодородия под влиянием антропогенных факторов, совершенствованием методов оценки баланса элементов питания, а также с развитием научно обоснованных подходов к моделированию динамики почвенных процессов. Результаты таких исследований формируют методологическую основу для создания адаптивных систем удобрения. Таким образом, сочетание прогнозных оценок и научно выверенных агрохимических решений становится необходимым условием устойчивого развития земледелия и рационального использования почвенного потенциала.

Баланс основных элементов питания при возделывании цикория корневого сорта Петровский свидетельствует о правильности выбора системы удобрения культуры. Отрицательные значения баланса указывают на риск ухудшения почвенного плодородия под действием выноса макроэлементов с урожаем из почвы. Положительные значения баланса указывают на возможность улучшения показателей почвенного плодородия под действием дополнительного поступления макроэлементов с удобрениями.

Баланс это разность поступления элемента (азота, фосфора, калия) и выноса элемента (азота, фосфора, калия) с продукцией растениеводства, при этом вне зависимости от года исследования поступление элементов питания было одинаковым, в тоже время вынос зависел от урожайности основной продукции сельскохозяйственной культуры и содержания в ней основных элементов питания.

Нами установлено, что в зависимости от погодных условий годов исследования урожайность корнеплодов цикория и эффективность удобрения при его возделывании была различной. В конкретные годы исследования содержание элементов питания в корнеплодах различалось под действием природных и антропогенных условий возделывания цикория корневого.

Приход азота, фосфора и калия, как основных элементов питания, в расчётах определяли исходя из доз применения органического и минерального удобрения (табл. 5.4).

Таблица 5.4 – Баланс элементов питания при возделывании цикория корневого в зависимости от уровня применения органического и минерального удобрения

Вариант	**Поступление, кг/га**			**Вынос, кг/га**			**Баланс, кг/га**		
	N	**P**	**K**	**N**	**P**	**K**	**N**	**P**	**K**
2022 год исследования									
Контроль	0	0	0	29	13	54	-29	-13	-54
Навоз 20	100	52	132	41	23	91	59	29	41
Навоз 40	200	104	264	66	24	125	144	80	139
$N_{60}P_{60}K_{60}$	60	26	50	56	20	98	4	6	-48
$N_{90}P_{90}K_{90}$	90	39	75	76	25	123	14	15	-48
$N_{120}P_{120}K_{120}$	120	52	100	82	29	129	38	24	-29
2023 год исследования									
Контроль	0	0	0	37	15	78	-37	-15	-78
Навоз 20	100	52	132	49	28	128	51	24	4
Навоз 40	200	104	264	89	31	189	111	73	75
$N_{60}P_{60}K_{60}$	60	26	50	89	32	176	-29	-6	-126
$N_{90}P_{90}K_{90}$	90	39	75	123	39	218	-33	1	-143
$N_{120}P_{120}K_{120}$	120	52	100	126	50	247	-6	2	-147
2024 год исследования									
Контроль	0	0	0	36	15	69	-36	-15	-69
Навоз 20	100	52	132	48	27	111	52	25	21
Навоз 40	200	104	264	83	34	160	117	70	104
$N_{60}P_{60}K_{60}$	60	26	50	70	26	118	-10	1	-68
$N_{90}P_{90}K_{90}$	90	39	75	95	33	161	-5	6	-86
$N_{120}P_{120}K_{120}$	120	52	100	105	42	179	15	10	-79

Контрастность погодных условий годов исследования отразилась на эффективности действия удобрения при возделывании цикория корневого, что сказалось на урожайности и содержании основных элементов питания, так наиболее урожайный год – 2023, а 2024 год, когда определили наибольшее содержание элементов питания в корнеплодах.

Возделывание цикория корневого сорта Петровский в условиях серых лесных почв опытного поля Брянского ГАУ в период исследования определяет наименьший вынос элементов питания в 2022 году азота 29, фосфора 13 и калия 54 кг/га, а наибольший в 2023 году азота 37, фосфора 15 и калия 78 кг/га. Отличие в выносе элементов питания в зависимости от года исследования (отношение 2023 к 2022 году) составило по азоту 1,28 раз, по фосфору 1,15 раз, по калию 1,44 раз.

Возделывание цикория корневого за годы исследования в условиях опыта при применении возрастающих доз органического удобрения обуславливает рост выноса элементов питания вне зависимости года исследования. Доза 40 т/га навоза применяемая в технологии возделывания цикория корневого обуславливает в условиях 2022 года наименьший вынос элементов питания (азот 66, фосфор 24 и калий 125 кг/га), в условиях 2023 года, данная доза органического удобрения, обуславливает наибольший вынос элементов питания (азот 89, фосфор 31 и калий 189 кг/га). Вынос элементов питания в зависимости от года исследования различался, различия по отношению 2023 к 2022 году составила по азоту 1,35 раз, по фосфору 1,29 раз, по калию 1,51 раз.

Применение минерального удобрения в возрастающих дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ при возделывании цикория корневого в условиях опыта в период исследования обуславливает рост выноса элементов питания вне зависимости года исследования. Доза $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения применяемая в технологии возделывания цикория корневого обуславливает в условиях 2022 года наименьший вынос элементов питания (азот 82, фосфор 29 и калий 129 кг/га), в условиях 2023 года, данная доза минерального удобрения, обуславливает наибольший вынос элементов питания (азот 126, фосфор 50 и калий 247 кг/га). Вынос элементов питания в зависимости от года исследования различался, разли-

чия по отношению 2023 к 2022 году составили по азоту 1,54 раз, по фосфору 1,72 раз, по калию 1,91 раз.

Установили, что главным фактором выноса элемента питания с урожаем является урожайность, так наибольший вынос элементов питания выявили в оптимальный год (2023) при наибольшем применении минерального удобрения ($N_{120}P_{120}K_{120}$).

Определили, что с увеличением урожайности цикория корневого, рост которого зависит главным образом от доз применения органического и минерального удобрения растёт и вынос элементов питания.

Обнаружили, что оптимальные погодные условия при возделывании цикория корневого создают условия наибольшего выноса элементов питания с урожаем при применении органического и минерального удобрения. Кратность увеличения выноса азота, фосфора и калия при применении органического удобрения соответственно 1,35, 1,29 и 1,51 раз, а при применении минерального удобрения соответственно 1,54, 1,72 и 1,91 раз.

Возделывание цикория корневого сорта Петровский на серых лесных почвах за годы исследования обуславливает в условиях 2022 года наименьший отрицательный баланс элементов питания (азот –29, фосфор –13 и калий –54 кг/га), а в условиях 2023 года наибольший отрицательный баланс элементов питания (азот –37, фосфор –15 и калий –78 кг/га).

Последовательно возрастающие дозы органического удобрения при возделывании цикория корневого за годы исследования в условиях опыта обеспечивают увеличение положительного баланса элементов питания вне зависимости от условий года исследования. Доза 40 т/га навоза, в условиях 2022 года, обеспечивает наибольший положительный баланс элементов питания (азот 144, фосфор 80 и калий 139 кг/га), а в условиях 2023 и 2024 годов, данная доза органического удобрения, обеспечивает соответственно наименьший положительный баланс азота 111, калия 75 и фосфора 70 кг/га.

Последовательно возрастающие дозы минерального удобрения при возделывании цикория корневого за годы исследования в условиях опыта не обеспечи-

вают увеличение положительного баланса по исследуемым элементам питания вне зависимости от условий года исследования. Доза $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения, в условиях 2022 года, обеспечивает наибольший положительный баланс азота 38 и фосфора 24 кг/га и наименьший отрицательный баланс калия –29 кг/га. В условиях 2023 года, данная доза минерального удобрения, обеспечивает соответственно наименьший положительный баланс фосфора 2 кг/г, при отрицательном балансе азота –6 и калия –147 кг/га.

Установили, что вне зависимости от года исследования (погодных условий) возделывание цикория корневого сорта Петровский на контрольном варианте обуславливает отрицательный баланс элементов питания.

В период исследования увеличение применения доз органического удобрения при возделывании цикория корневого в условиях опыта обуславливает положительный баланс элементов питания, вне зависимости от дозы навоза.

В период исследования увеличение применения доз минерального удобрения при возделывании цикория корневого в условиях опыта обуславливает положительный баланс азота и фосфора в условиях избыточного увлажнения и слабо засушливых условиях.

Применение $N_{120}P_{120}K_{120}$ обуславливает положительный баланс фосфора вне зависимости от года исследования (погодных условий). Применение минерального удобрения в исследуемых дозах не обеспечивает положительного баланса калия вне зависимости от года исследования (погодных условий).

В период исследования погодные условия различались по годам, как по увлажнению, так и температурному режиму, поэтому среднее значение выноса с урожаем корнеплодов цикория и баланса элементов питания по вариантам опыта за время исследования отражает возможность рекомендации по сохранению и воспроизводству почвенного плодородия конкретной территории при возделывании цикория корневого.

Возделывание цикория корневого сорта Петровский на серых лесных почвах в погодных условиях за годы исследования, в среднем обуславливает вынос элементов питания на уровне азота 34, фосфора 14 и калия 67 кг/га (табл. 5.5).

Таблица 5.5 – Действия органического и минерального удобрения на баланс азота, фосфора и калия при возделывании цикория корневого (среднее за годы исследования)

Вариант	**Поступление, кг/га**			**Вынос, кг/га**			**Баланс, кг/га**		
	N	**P**	**K**	**N**	**P**	**K**	**N**	**P**	**K**
Контроль	0	0	0	34	14	67	-34	-14	-67
Навоз 20	100	52	132	46	26	110	54	26	22
Навоз 40	200	104	264	79	30	157	121	74	107
$N_{60}P_{60}K_{60}$	60	26	50	73	26	130	-13	0	-80
$N_{90}P_{90}K_{90}$	90	39	75	99	33	167	-9	7	-92
$N_{120}P_{120}K_{120}$	120	52	100	106	41	185	14	12	-85

Дозы 20 и 40 т/га навоза при возделывании цикория корневого в условиях опыта в среднем за годы исследования обеспечивают увеличение выноса элементов питания. Вынос элементов питания соответственно составил азота 46-79, фосфора 26-30 и калия 110-157 кг/га. Различие в выносе элементов питания под действием дозы органического удобрения составило по азоту 1,72 раз, по фосфору 1,15 раз, по калию 1,43 раз.

Дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения при возделывании цикория корневого в условиях опыта в среднем за годы исследования обеспечивают увеличение выноса элементов питания. Доза $N_{60}P_{60}K_{60}$ минерального удобрения обуславливает наименьший вынос азота 73, фосфора 26 и калия 130 кг/га, а доза $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения обуславливает наибольший вынос азота 106, фосфора 41 и калия 185 кг/га. Различия в выносе азота, фосфора и калия с урожаем корнеплодов между минимумом и максимумом применения минерального удобрения составили по азоту 1,45, по фосфору 1,58, по калию 1,42 раз.

Определили, что вынос элементов питания с основным урожаем цикория корневого в среднем за годы исследования зависел от урожайности корнеплодов, которая зависела от доз применяемых органических и минеральных удобрений.

Возделывание цикория корневого сорта Петровский без применения удобрения на серых лесных почвах в изменяющихся погодных условиях годов иссле-

дования, в среднем, обуславливает отрицательный баланс азота –34, фосфора –14 и калия –67 кг/га.

В среднем за годы исследования увеличение применения доз органического удобрения при возделывании цикория корневого в погодных условиях годов исследования обуславливает увеличение положительного баланса азота, фосфора и калия. Доза 40 т/га навоза, применяемая при возделывании цикория корневого, обеспечивает наибольший положительный баланс азота 121, фосфора 74 и калия 107 кг/га.

Последовательно возрастающие дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения при возделывании цикория корневого в условиях опыта в среднем за годы исследования обеспечивают увеличение положительного баланса азота и фосфора. Доза $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения, применяемая при возделывании цикория корневого, обеспечивает наибольший положительный баланс азота 14 и фосфора 12 кг/га.

В среднем за годы исследования, установили, что применение органического удобрения в дозах 20 и 40 т/га навоза при возделывании цикория корневого обуславливает воспроизводство плодородия серой лесной почвы по основным элементам питания. Применение минерального удобрения в исследуемых дозах обуславливает сохранение или воспроизводство плодородия почвы по элементу питания – фосфору. Доза $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения обеспечивает воспроизводство плодородия серой лесной почвы по элементам питания – азоту и фосфору. Исследуемые дозы минерального удобрения, применяемые при возделывании цикория корневого в условиях опыта, обуславливают отрицательный баланс калия, что ведёт к агрохимической деградации пахотного горизонта по данному элементу.

ГЛАВА 6 ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЦИКОРИЯ КОРНЕВОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ

Поиск применения оптимальных доз органического и минерального удобрения при возделывании сельскохозяйственных культур с учётом материально-хозяйственного обеспечения и почвенно-климатических особенностей региона является приоритетным направлением для экономики сельскохозяйственного предприятия. Эта задача имеет комплексный характер и служит одним из ключевых рычагов повышения экономической устойчивости хозяйства.

С экономической точки зрения рациональное использование органического и минерального удобрения позволяет выстроить сбалансированную систему затрат и доходов, минеральные удобрения обеспечивают быстрое и дозируемое питание растений в критические фазы развития, а органические – формируют долгосрочный агрономический эффект за счёт улучшения структуры почвы, повышения содержания гумуса и активизации полезной микрофлоры. При этом учёт материально-хозяйственного обеспечения предприятия (наличия техники для внесения удобрений, складских мощностей, собственных источников органики, финансовых ресурсов для закупки минеральных туков) позволяет избежать нерациональных расходов и выстроить экономически оправданную модель применения удобрения.

Почвенно-климатические особенности региона задают жёсткие рамки для выбора доз, форм и сроков внесения удобрений. На серых лесных почвах Брянской области важно учитывать пестроту плодородия и дифференцированно подходить к удобрению отдельных полей, а в условиях неустойчивого увлажнения – минимизировать риски вымывания азота и подбирать формы удобрений с пролонгированным действием. Для цикория корневого, как культуры высокого потребления элементов питания, этот данный аспект особенно критичен, от эффективности системы удобрения культуры зависят не только количественные показатели

(урожайность, сбор валовой продукции), но качественные показатели получаемой продукции растениеводства, а значит – и её рыночная стоимость.

Кроме того, оптимизация применения удобрения тесно связана с показателями маржинальности производства, грамотное нормирование доз позволяет сократить себестоимость единицы продукции и повысить рентабельность возделывания отдельных культур. При этом важно не только достичь максимальной прибавки урожая, но и обеспечить окупаемость затрат на удобрения – то есть добиться такого соотношения «затраты – результат», при котором каждая внесённая единица действующего вещества даёт экономически значимую отдачу.

В долгосрочной перспективе сбалансированное использование органического и минерального удобрения способствует поддержанию бездефицитного баланса элементов питания и воспроизводству почвенного плодородия. Это снижает риски деградации земель, уменьшает потребность в дорогостоящих мелиоративных мероприятиях и формирует устойчивый производственный потенциал предприятия. Таким образом, разработка и внедрение научно обоснованной, экономически выверенной и адаптированной к конкретным условиям региона системы удобрения – это не просто агрохимическая задача, а стратегическое направление развития сельхозпредприятия, определяющее его конкурентоспособность и финансовую стабильность (Чирков и др., 2015).

Экономическая оценка применения системы удобрения в каждом конкретном случае должна осуществляется на базе комплекса показателей хозяйственной эффективности. Экономическая целесообразность решений, принимаемых на уровне хозяйства, при масштабировании формирует значимый народно-хозяйственный эффект. Это обусловлено тем, что эффективность на уровне предприятия и на уровне отрасли базируется на одних и тех же фундаментальных критериях – прежде всего на росте производительности труда и увеличении объёмов производства продукции растениеводства.

Рост производительности труда в растениеводстве достигается за счёт внедрения научно обоснованных систем удобрения, которые позволяют получать более

высокую урожайность с единицы площади при сопоставимых или даже снижающихся трудозатратах на гектар.

Увеличение производства продукции растениеводства, обусловленное повышением урожайности и улучшением качества сырья, напрямую влияет на формирование чистого дохода предприятия. Чистый доход складывается как разность между стоимостью реализованной продукции и совокупными производственными затратами – включая затраты на приобретение и внесение удобрений, эксплуатацию техники, оплату труда и прочие статьи расходов. При этом важно, чтобы прирост выручки от реализации дополнительной и более качественной продукции превышал прирост затрат на интенсификацию, именно в таком случае система удобрения признаётся экономически эффективной. Объективность экономической оценки основана на ряде сопряжённых показателей: себестоимость единицы продукции, рентабельность производства (Чирков, Нестеренко, 2013).

Расчёт действия органического и минерального удобрения при возделывании цикория корневого сорта Петровский на экономическую эффективность проводили на 1 га на основании средней стоимости производственных затрат и средней урожайности за годы исследования при закупочной цене 10 рублей за килограмм корнеплодов цикория. При расчёте применения органического удобрения учитывали производственные затраты по технологическим операциям связанным с их использованием при производстве (погрузкой, доставкой, внесением, дополнительной уборкой урожая), навоз не покупали, а получали из хозяйства при выращивании КРС.

Возделывание цикория корневого сорта Петровский в период 2022-2024 годов исследования в погодных условиях опытного поля Брянского ГАУ Выгоничского района Брянской области на серой лесной почве формирует урожай корнеплодов, валовая стоимость которого 168,22 тыс. руб. (табл. 6.1).

Производственные затраты на контрольном варианте (базовый) составили 122,54 тыс. руб., высокие затраты связаны прежде всего с использованием ручного труда, заменить который без серьёзных финансовых вложений невозможно.

Низкая урожайность на контрольном варианте и высокие производственные затраты обуславливают высокую себестоимость производства 1 кг корнеплодов цикория на уровне 7,28 руб. Однако высокая цена реализации обуславливает достаточно высокий чистый доход на уровне 45,68 тыс. руб. с гектара и рентабельность производства 37 %.

Таблица 6.1 – Экономическая эффективность органического и минерального удобрения при возделывании цикория корневого

Показатель / **Вариант**	**Стоимость валовой продукции, тыс. руб.**	**Производственные затраты, тыс. руб.**	**Себестоимость 1 кг продукции, тыс. руб.**	**Чистый доход, тыс. руб.**	**Рентабельность, %**
Контроль	168,22	122,54	7,28	45,68	37
Навоз 20 т/га	229,56	130,04	5,66	99,52	77
Навоз 40 т/га	282,00	132,09	4,68	149,91	113
$N_{60}P_{60}K_{60}$	283,44	141,25	4,98	142,19	101
$N_{90}P_{90}K_{90}$	348,78	148,55	4,26	200,23	135
$N_{120}P_{120}K_{120}$	394,89	155,50	3,94	239,39	154

В среднем за годы исследования возделывание цикория корневого с применением органического удобрения в исследуемых дозах, в погодных условиях опыта, обуславливает формирование урожайности корнеплодов, валовая стоимость которых в зависимости от используемой дозы варьирует в пределах 229,56-282,00 тыс. руб.

Производственные затраты на вариантах применения органического удобрения складываются из базовых затрат на технологические операции при возделывании цикория корневого и дополнительных затрат связанных с погрузкой, до-

ставкой и внесением навоза, дополнительной уборкой урожая, они составили соответственно 130,04-132,09 тыс. руб.

Дозы 20 и 40 т/га навоза при возделывании цикория корневого, в изменяющихся погодных условиях, в среднем за годы исследования, формируют дополнительный урожай основной продукции, что обусловливает снижение себестоимости 1 кг корнеплодов до 5,66 и 4,68 руб. соответственно.

В среднем за годы исследования, в изменяющихся погодных условиях, дозы 20 и 40 т/га навоза при возделывании цикория корневого, увеличивают получение чистого дохода соответственно 99,52 и 149,91 тыс. руб. при рентабельности производства корнеплодов соответственно 77 и 113 %.

Исследуемые дозы минерального удобрения при возделывании цикория корневого, в изменяющихся погодных условиях опыта, в среднем за годы исследования формируют дополнительный урожай основной продукции, валовая стоимость которой изменяется в зависимости от варианта применения минерального удобрения в пределах 283,44-394,89 тыс. руб.

Производственные затраты на вариантах применения складываются из базовых затрат на технологические операции при возделывании цикория корневого и дополнительных затрат связанных с погрузкой, доставкой и внесением минерального удобрения и его ценой, а также дополнительной уборкой урожая, они составили соответственно 141,25, 148,55 и 155,50 тыс. руб.

Увеличение урожайности корнеплодов цикория корневого под действием применения минерального удобрения в технологии возделывания, в среднем за годы исследования, снижает себестоимость 1 кг корнеплодов в сравнении с контрольным вариантом соответственно до 4,98, 4,26 и 3,94 руб. при применении доз $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения.

Дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения, применяемые при возделывании цикория корневого, в изменяющихся погодных условиях опыта в среднем за годы исследования увеличивают чистый доход при производстве корнеплодов с 142,19 до 239,39 тыс. руб. при рентабельности производства соответственно 101, 135 и 154 %.

Дозы органического и минерального удобрения, применяемые при возделывании цикория корневого, увеличивают урожайность корнеплодов, за счёт этого увеличивается стоимость валовой продукции, с максимумом 282,00 тыс. руб. при применении дозы 40 т/га навоза и 394,89 тыс. руб. при применении дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения.

Выявили, увеличение производственных затрат до 8 % от применения максимальной исследуемой дозы органического удобрения и до 27 % при применении максимальной исследуемой дозы минерального удобрения.

Высокая результативность удобрения в повышении урожайности корнеплодов наряду с низким их вкладом в производственные затраты определили снижение себестоимости почти в два раза в сравнении с контрольным вариантом, минимальная себестоимость 5,66 руб. при применении 40 т/га навоза и 3,94 руб. при применении дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения.

Установили, что с увеличением доз органического и минерального удобрения, за счёт увеличения стоимости валовой продукции, рос чистый доход, с максимумом 149,91 тыс. руб. и 239,39 тыс. руб. и рентабельность, с максимумом 113 % и 154 % при применении дозы 40 т/га навоза и дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения соответственно.

В условиях Брянской области возделывание цикория корневого является рентабельным, при возделывании культуры на серых лесных почвах урожайность корнеплодов обеспечивает чистый доход на уровне 45,68 тыс. руб. и рентабельность – 37 %. Дозы 40 т/га навоза и $N_{120}P_{120}K_{120}$ минерального удобрения обеспечивают повышение урожайности корнеплодов, которая обуславливает повышение чистого дохода до 149,91 и 239,39 тыс. руб., а рентабельности до уровня 113 и 154 % соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Погодные условия 2022-2024 годов исследования при возделывании цикория корневого сорта Петровский на серой лесной почве Брянской области определили тенденции и закономерности изменения урожайности корнеплодов и их качества, реализацию продуктивного потенциала культуры, а также баланс основных элементов питания и экономическую целесообразность под действием применения органического и минерального удобрения:

1. Агроклиматические условия Брянской области при возделывании цикория корневого на серых лесных почвах обеспечивают возможную урожайность корнеплодов по приходу ФАР на уровне 45,6 т/га, по термическим условиям – 39,8 т/га, по уровню плодородия почвы 29,7-49,2 т/га в зависимости от содержания основных элементов питания. Ограничивающим фактором среды, обуславливающим минимальную реализацию урожайности корнеплодов, является обеспеченность почвы подвижным калием.

2. Величина урожая цикория корневого зависела от погодных условий, благоприятные условия формировали урожайность корнеплодов на уровне 19,1 т/га, а неблагоприятные условия – 15,1 т/га, различия составили 1,3 раза. Эффективность действия органического и минерального удобрения в реализации урожайности культуры также зависела от условий года исследования. Наибольшую эффективность органического и минерального удобрения обеспечили погодные условия 2023 года, что отразилось в максимальной реализации урожайного потенциала цикория корневого, 33,3 и 53,3 т/га соответственно. Эффективность применения органического и минерального удобрения в разные годы различалась. Отношение максимальной урожайности при применении органического удобрения к контролю в условиях избыточного увлажнения составило 1,61, в условиях влажного года – 1,74, в слабо засушливых условиях – 1,66, разница между контрастными годами – 0,13. Отношение максимальной урожайности при применении минерального удобрения к контролю в условиях избыточного увлажнения составила 1,96; в условиях влажного года – 2,79; в слабо засушливых условиях – 2,18, разница между контрастными годами равна 0,83.

Эффективность органического удобрения в меньшей степени зависит от погодных условий в сравнении с минеральным удобрением, их применение фактор получения стабильного урожая корнеплодов в изменяющихся условиях окружающей среды.

3. Средний показатель урожайности, формируемый за счёт погодных, почвенных условий и биологических особенностей сорта в период исследования, был на уровне 16,8 т/га. Доза 40 т/га навоза, применяемая при возделывании цикория корневого, достоверно увеличивает урожайность корнеплодов в 1,7 раз или до 28,2 т/га, а дозы минерального удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ достоверно увеличивают урожайность корнеплодов в 1,7-2,4 раза или до 28,3-39,5 т/га.

Наибольшую окупаемость прибавкой урожая корнеплодов цикория корневого 308 кг на т и 67 кг на кг д. в. от применения органического и минерального удобрения определили на вариантах применения доз 20 т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90}$.

4. Использование агрохимических приёмов влияла на экологические показатели посевов цикория корневого. Увеличение доз органического и минерального удобрения при возделывании цикория корневого повышает коэффициент адаптации к факторам среды соответственно от 0,81 до 0,99 и от 1,00 до 1,39. Применение органического и минерального удобрения обуславливает среднюю и сильную изменчивость показателя урожайности корнеплодов. Возделывание цикория корневого в различных погодных условиях без применения удобрений обуславливает показатель экологической пластичности меньше единицы, а показатель экологической стабильности на уровне 8,18, что свидетельствует о низкой отзывчивости на изменяющиеся условия окружающей среды и средней стабильности урожайности корнеплодов. Применение органического удобрения обуславливает экологическую пластичность меньше единицы и среднюю экологическую стабильность. Применение минерального удобрения обуславливают высокую пластичность и очень низкую стабильность.

Реализация потенциала урожайности цикория корневого сорта Петровский зависит от уровня применения удобрения и оптимальных условий среды, без которых уровень реализации урожайности корнеплодов – 31,5 %. Доза минерального

удобрения $N_{120}P_{120}K_{120}$, применяемая при возделывании цикория корневого, обеспечивает реализацию потенциала урожайности корнеплодов на уровне 74,1 %.

5. В среднем за годы исследования условия возделывания цикория корневого обеспечивали получение корнеплодов с содержание сахарозы 3,57 %, фруктозы 0,25 %, при выходе сухого вещества с гектара 4,21 т/га. Применение органического удобрения в дозе 40 т/га достоверно снижало содержание сахарозы и фруктозы в корнеплодах до 2,57 и 2,91 % соответственно. Применение минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ приводило к существенному снижению данных показателей до 1,66 % (сахароза) и 2,31 % (фруктоза). Использование органического и минерального удобрения способствовало увеличению выхода сухого вещества до 6,66 и 8,37 т/га соответственно.

6. В среднем за годы исследования условия возделывания цикория корневого обеспечивали получение корнеплодов с содержание азота 0,78, фосфора 0,33, калия 1,53 %. Увеличение применения органического и минерального удобрения достоверно повышает содержание основных элементов питания в корнеплодах цикория. Наибольшее содержание азота, фосфора и калия в корнеплодах по вариантам опыта характерно для слабо засушливых условий увлажнения.

7. Урожайность корнеплодов, основной фактор выноса основных элементов питания. Содержание основных элементов в корнеплодах влияло слабо. Оптимальные погодные условия при возделывании цикория корневого способствуют наибольшему выносу элементов питания с урожаем при применении органического и минерального удобрения. В среднем за годы исследования применение органического удобрения в исследуемых дозах обуславливает положительный баланс элементов питания, применение минерального удобрения в исследуемых дозах обуславливает положительный баланс фосфора, а азота только при применении дозы минерального удобрения $N_{120}P_{120}K_{120}$. Применение минерального удобрения в исследуемых дозах не обеспечивает положительного баланса калия.

8. В условиях Брянской области возделывание цикория корневого характеризуется высокой рентабельностью. При возделывании культуры на серых лесных

почвах достигнутая урожайность корнеплодов обеспечивает получение чистого дохода в размере 45,68 тыс. руб./га при уровне рентабельности 37 %.

Применение органического удобрения (40 т/га навоза) способствует существенному росту экономических показателей, чистый доход увеличивается до 149,91 тыс. руб./га, а уровень рентабельности достигает 113 %.

Наилучшие экономические результаты в рамках проведённого опыта получены при применении минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$, где чистый доход составил 239,39 тыс. руб./га, а рентабельность – 154 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

На основании проведённого исследования, предлагаем сельскохозяйственным предприятиям различных форм собственности Брянской области возделывать высокомаржинальную культуру – цикорий корневой на серых лесных почвах. Применение органического удобрения (навоз КРС) 40 т/га или минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ при возделывании культуры обеспечит высокую урожайность корнеплодов 28,2 и 39,5 т/га, чистый доход 149 и 239 тыс. руб./га и уровень рентабельности 113 и 154% соответственно.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В дальнейшем для углубления темы исследований необходимо определить эффективность сочетания органического и минерального удобрения, а также исследовать влияние препаратов различного происхождения (синтетического и биологического) при разном уровне удобренности на урожайность и качество корнеплодов цикория корневого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонин, Н. С. Процессы накопления цикорием сырой массы, сухого вещества, сахаров и питательных элементов в зависимости от разных удобрений / Н. С. Авдонин // Химизация социалистического земледелия. – 1934. – С. 19-21.

2. Авдонин, Н. С. Цикорий. / Н. С. Авдонин. – М.: Издание Всесоюзного научно-исследовательского института сырья спиртовой промышленности. – 1935. – 328 с.

3. Агроклиматические ресурсы Брянской области. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 91 с.

4. Агрохимические методы повышения урожайности цикория корневого / О. М. Вьютнова, И. В. Смирнова, И. А. Новикова, К. С. Максимова // Овощи России. – 2023. – № 1. – С. 90-94. – DOI 10.18619/2072-9146-2023-1-90-94.

5. Агроэкологическая пластичность сортов озимых культур отечественной и зарубежной селекции и их отзывчивость на биотические и абиотические условия выращивания / И. Н. Романова, А. Н. Никитин, Н. В. Птицына [и др.] // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 6(87). – С. 40-44.

6. Антыков, А.Я. Почвы Брянской области и условия их образования / А.Я. Антыков. – Брянск: Брянский рабочий, 1958. – 164 с.

7. Бабич, А. О. Кормовые и лекарственные растения в XX-XXI столетиях / А. О. Бабич // Аграрная наука. – 1996. – С. 496-497.

8. Балакина, М. В. Прыжок в будущее: перспективы использования инулинсодержащих растений в косметике / М. В. Балакина // Сырье и упаковка для парфюмерии, косметики и бытовой химии. – 2023. – № 5(262). – С. 17-22.

9. Белоус, Н. М. Продуктивность пашни и реабилитация песчаных почв / Н. М. Белоус, В. Ф. Шаповалов. – Брянск: Брянская ГСХА, 2006. – 432 с.

10. Белоус, Н. М. Влияние агроклиматических ресурсов, различных систем удобрений и уровня плодородия почвы на урожай и качество культур севооборота / Н. М. Белоус, В. Ф. Моисеенко, Л. А. Воробьева // Программирование урожаев и биологизация земледелия: научные труды. Выпуск 3. Часть 2. – Брянск, 2007. – С. 3-16.

11. Биологическая активность серых лесных почв агроэкосистем Стародубского и Брянского ополий / Е. В. Просянников, О. В. Мельникова, В. Е.Ториков, Д. М. Мельников // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2020. – № 2 (31). – С. 17-25.

12. 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.

13. Борисов, В. А. Удобрение цикория / В. А. Борисов, О. М. Вьютнова, Е. А. Евсеева // Картофель и овощи. – 2016. – № 1. – С. 16-17.

14. Борисов, Ю. А. Качество и лежкость овощей / Ю. А. Борисов, С. С. Литвинов, Л. В. Романова. – М., 2003. – 628 с.

15. Борисюк, В. О. Взаимосвязь сухого вещества и инулина в корнеплодах цикория корневого / В. О. Борисюк, К. А. Маковецкий, А. Д. Яценко // Цукрови бураки. – 2001. – №3. – С. 6-8.

16. Будыко, М.И. Изменения климата / М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 280 с.

17. Буряков, Н. П. Влияние кормовой добавки на основе бутирата и цикория на зоотехнические показатели и Результаты инкубации яиц родительского стада бройлеров / Н. П. Буряков, В. В. Менберг // Главный зоотехник. – 2025. – № 9(266). – С. 27-41. – DOI 10.33920/sel-03-2509-03.

18. Быкова, С. Т. Инулин и олигофруктоза - перспективные ингредиенты для обогащения функциональных продуктов детского питания / С. Т. Быкова, Т. Г. Калинина // Пищевая промышленность. – 2022. – № 8. – С. 8-11. – DOI 10.52653/PPI.2022.8.8.001.

19. Быковский, Ю. А. Регуляторы роста на цикории корневом / Ю. А. Быковский, Н. А. Ратникова // Картофель и овощи. – 2016. – № 6. – С. 14-15.

20. Васильев, А. А. Адаптивный потенциал вишни в Челябинской области / А. А. Васильев, Ф. М. Гасымов, В. Р. Галимов // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2021. – № 67(1). – С. 44-54.

21. Вильчик, В. А. Цикорий / В. А. Вильчик. – Ярославль: Волжское книжное издательство. – 1982. – 80 с.

22. Влияние минерального питания на семенную продуктивность и посевные качества семян цикория корневого / Е. А. Евсеева, Н. А. Ратникова, О. М. Вьютнова [и др.] // Известия ФНЦО. – 2020. – № 2. – С. 128-133. – DOI 10.18619/2658-4832-2020-2-128-133.

23. Влияние погодных условий на семенную продуктивность корневого цикория и качество семян в зависимости от обработки маточников росторегулирующими препаратами / С. А. Масловский, А. В. Корнев, А. Х. Х. Нугманов [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 11(212). – С. 97-104. – DOI 10.36718/1819-4036-2024-11-97-104.

24. Влияние предшественников, минеральных удобрений и гумата на засоренность посевов сорными растениями и урожайность корнеплодов цикория корневого / О. М. Вьютнова, И. В. Смирнова, И. А. Новикова, К. С. Максимова // Овощи России. – 2022. – № 6. – С. 118-124. – DOI 10.18619/2072-9146-2022-6-118-124.

25. Возбудители грибных болезней корнеплодов цикория: видовой состав, патогенность и восприимчивость к фунгицидам / А. М. Козырева, И. В. Смирнова, А. В. Николаев [и др.] // Микология и фитопатология. – 2026. – Т. 60, № 1. – С. 84-98. – DOI 10.7868/S3034542126010071.

26. Волков, Н. Н. Биологические основы селекции цикория / Н. Н. Волков // Наука и жизнь. – 1959. – №2. – С.12-14.

27. Волынкина, О. В. Баланс питательных веществ на посевах сельскохозяйственных культур / О. В. Волынкина // Плодородие. – 2020. – № 4 (115). – С. 13-16.

28. 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.

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

30. Вьютнова О. М. Источники ценных признаков цикория / О. М. Вьютнова // Картофель и овощи. – 2011. – № 3. – С. 23.

31. Вьютнова, О. М. Влияние агроприемов и регуляторов роста на урожайность и посевные качества семян цикория корневого Cichorium Intybus L / О. М. Вьютнова, И. В. Смирнова, И. А. Новикова // Известия ФНЦО. – 2024. – № 4. – С. 75-89. – DOI 10.18619/2658-4832-2024-4-75-89.

32. Вьютнова, О. М. Влияние макро- и микроудобрений на семенную продуктивность и посевные качества семян цикория корневого / О. М. Вьютнова, Е. А. Евсеева, Н. А. Ратникова // Картофель и овощи. – 2018. – № 12. – С. 31-32. – DOI 10.25630/PAV.2018.68.12.009.

33. Вьютнова, О. М. Действие сидератов, минеральных удобрений и гумата на засорённость посевов и урожайность корнеплодов цикория корневого / О. М. Вьютнова, Е. А. Евсеева // Овощи России. – 2017. – № 5(38). – С. 62-64. – DOI 10.18619/2072-9146-2017-5-62-64.

34. Вьютнова, О. М. История и распространение культуры цикория / О. М. Вьютнова // Овощи России. – 2016. – №. 1. – С. 52-53.

35. Вьютнова, О. М. Корневой цикорий – ценная культура / О. М. Вьютнова, Т. Ю. Полянина // Картофель и овощи. – 2008. – № 7. – С. 21-22.

36. Вьютнова, О. М. О производстве корневого цикория / О. М. Вьютнова // Картофель и овощи. – 2011в. – № 4. – С. 23.

37. Вьютнова, О. М. Перспективный образец корневого цикория / О. М. Вьютнова, Т. Ю. Полянина, И. А. Новикова // Овощи России. – 2019. – № 6(50). – С. 159-161. – DOI 10.18619/2072-9146-2019-6-159-161.

38. Вьютнова, О. М. Селекция корневого цикория на урожайность и качество: дис. ... канд. с.-х. наук / О. М. Вьютнова. – М., 2011а. – 124 с.

39. Вьютнова, О. М. Химический состав корнеплодов цикория / О. М. Вьютнова, И. А. Новикова // Овощи России. – 2019. – №. 1. – С. 83-85.

40. Вьютнова, О. М. Хозяйственное значение и целебные свойства культуры цикория / О. М. Вьютнова, И. А. Новикова // Овощи России. – 2018. – №. 5. – С. 65-66.

41. Вьютнова, О. М. Цикорий сорта Петровский выращивать выгодно / О. М. Вьютнова // Картофель и овощи. – 2011б. – № 4. – С. 27.

42. Гамзиков, Г. П. Проблемы агрохимии в современном земледелии / Г. П. Гамзиков // Инновации и продовольственная безопасность. – 2013. – №1(1). – С. 88-100.

43. Гельтор, В. Цикорий / В. Гельтор // Химия и жизнь – 21 век. – 1997. – №6. –С. 57-59.

44. Глубина посева дражированных семян цикория корневого / И. В. Смирнова, Н. А. Ратникова, О. М. Вьютнова [и др.] // Известия ФНЦО. – 2021. – № 1-2. – С. 96-100. – DOI 10.18619/2658-4832-2021-1-2-96-100.

45. Глухих, М. А. Практикум по агрометеорологии: учебное пособие / Глухих М. А., – СПб.: Лань, 2018. – 136 с.

46. Говорунов, В. Н. О перспективах и технических возможностях производства глюкозно-фруктозных сиропов (ГФС) из цикория с применением ионообменных технологий / В. Н. Говорунов // Научное обеспечение устойчивого овощеводства в России. – Воронеж, Всероссийский НИИ сахарной свёклы и сахара. – 2003. – С. 223-225.

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

48. Давидович, К. А. Цикорий и медоносные пчёлы / К. А. Давидович, Н. С. Давыдова // Пчеловодство. – 1947. – №1. – С.19-20.

49. 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.

50. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: учебник для с.-х. вузов / Доспехов Б. А., – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

51. Евсеева, Е. А. Агротехника цикория / Е. А. Евсеева, Н. А. Ратникова // Картофель и овощи. – 2008. – № 7. – С. 23-24.

52. Евсеева, Е. А. Повышение продуктивности семенников и качества семян цикория корневого / Е. А. Евсеева, О. М. Вьютнова // Известия ФНЦО. – 2019. – № 2. – С. 56-60. – DOI 10.18619/2658-4832-2019-2-56-60.

53. Жуков, Ю. П. Баланс питательных веществ как прогнозно-экологический показатель плодородия почв и продуктивности культур / Ю. П. Жуков // Агрохимия. – 1996. – № 7. – С. 35-46.

54. Жуковский, Е.Е. Вероятностный анализ влияния изменений климата на потенциал продуктивности агроэкосистем / Е.Е. Жуковский, Г.Г. Бельченко, Т.М. Брунова // Метеорология и гидрология. – 1992. – № 3. – С. 92-103.

55. Золотой корешок / Т. Ю. Полянина, О. М. Вьютнова, И. В. Смирнова, И. А. Новикова // Известия ФНЦО. – 2020. – № 3-4. – С. 100-104. – DOI 10.18619/2658-4832-2020-3-4-100-104.

56. Иванова, С. С. Влияние предшественников и удобрений на урожайность и качество цикория корневого / С. С. Иванова // Земледелие. – 2010. – № 1. – С. 37-38.

57. Иванова, С. С. Предшественники и удобрение цикория корневого / С. С. Иванова // Картофель и овощи. – 2009. – № 7. – С. 17.

58. Изменчивость агрохимических показателей серой лесной почвы в условиях проведения полевого опыта / Е. В. Смольский, С. Ф. Чесалин, Г. В. Чекин [и др.] // Вестник Брянской ГСХА. – 2023. – № 5(99). – С. 8-13.

59. Использование дражированных семян для посева цикория корневого / Н. А. Ратникова, А. В. Янченко, Т. Ю. Полянина, Е. А. Евсеева // Овощи России. – 2019. – № 6(50). – С. 151-154. – DOI 10.18619/2072-9146-2019-6-151-154.

60. Использование препаратов нового поколения для инкрустации семян цикория корневого / О. М. Вьютнова, Н. А. Ратникова, В. И. Леунов, Ю. А. Быковский // Картофель и овощи. – 2018. – № 7. – С. 16-18.

61. Использование продуктов переработки корнеплодов цикория в хлебопечении / М. Ш. Бегеулов, С. А. Масловский, А. В. Корнев, С. Д. Рыбина // Хлебопродукты. – 2021. – № 1. – С. 36-39. – DOI 10.32462/0235-2508-2021-30-1-36-39.

62. Использование регуляторов роста как метод повышения качества семян цикория корневого / Н. А. Ратникова, И. В. Смирнова, О. М. Вьютнова [и др.] // Известия ФНЦО. – 2020. – № 3-4. – С. 73-79. – DOI 10.18619/2658-4832-2020-3-4-73-79.

63. Катричко, Г. А. Состояние почвенного плодородия, динамика применения минеральных и органических удобрений, баланс элементов питания в Республике Карелия / Г. А. Катричко, Т. С. Иванова // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 9. – С. 7-11.

64. Квасников, Б. В. О сортах цикория / Б. В. Квасников, В. А. Вильчик // Картофель и овощи. – 1969. – №5. – С.30-31.

65. Кидин, В. В. Агрохимия / В. В. Кидин, С. П. Торшин. – М., «Проспект», 2016. – 604 с.

66. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 223 с.

67. Корзун, О.С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие / О. С. Корзун, А. С. Бруйло. − Гродно: ГГАУ, 2011. − 140 с.

68. Корнев, А. В. Направления селекции цикория корневого / А. В. Корнев, И. В. Смирнова // Агрохимический вестник. – 2025. – № S5. – С. 61-63. – DOI 10.24412/1029-2551-2025-5-017s.

69. Корневые гнили цикория корневого и меры снижения их вредоносности / К. Л. Алексеева, Л. М. Соколова, А. В. Корнев [и др.] // Картофель и овощи. – 2023. – № 9. – С. 14-17. – DOI 10.25630/PAV.2023.60.30.004.

70. Корниченко, А. В. Цикорий – история и современность / А. В. Корниченко, Л. П. Удовиченко // Главный агроном. – 2004. – № 12. – С. 88-90.

71. Красницкий, В. М. Баланс питательных веществ в земледелии Омской области / В. М. Красницкий, А. Г. Шмидт, А. А. Цырк // Плодородие. – 2018. – №2(101). – С. 4-5.

72. Кремнийсодержащие хелатные микроудобрения в повышении устойчивости растений к действию стрессовых факторов / Г. Г. Панова, Л. М. Аникина, Б. В. Канаш и др. // Агрофизика. – 2012. – № 3 (7). – С. 31-40.

73. Лузина, Е. В. Пищевая ценность цикория / Е. В. Лузина // Вопросы питания. – 2013. – Т. 82, № 2. – С. 62-65.

74. Мазалов, В. И. Экологическое испытание зернобобовых культур на Шатиловской СХОС / В. И. Мазалов, М. М. Донской, И. М. Чадаев // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 1(82). – С. 3-12.

75. Мирошников, А. А. Возделывание сортов цикория на дерново-подзолистой почве для переработки на инулинсодержащие препараты / А. А. Мирошников // Агрохимический вестник. – 2025. – № S5. – С. 80-82. – DOI 10.24412/1029-2551-2025-5-023s.

76. Ничипорович, А. А. Теория фотосинтетической продуктивности растений / А. А. Ничипорович // Физиология растений. – 1977. – №8. – С. 38-44.

77. Новые виды сахаросодержащего сырья для производства пищевой продукции / Е. И. Кузьмина, О. С. Егорова, Д. Р. Акбулатова [и др.] // Пищевые системы. – 2022. – Т. 5, № 2. – С. 145-156. – DOI 10.21323/2618-9771-2022-5-2-145-156.

78. О возможности перепрофилирования сахарных заводов на переработку цикория корневого в инулин, олигофруктозу и другие продукты / Д. П. Иовлев, М. И. Фарахов, Р. Р. Акберов, И. Р. Стекольщиков // Сахар. – 2025. – № 1. – С. 36-43.

79. Опытная работа с цикорием / И. В. Смирнова, О. М. Вьютнова, Н. А. Ратникова и др. // Известия ФНЦО. – 2020. – № 2. – С. 16-20.

80.Основы научных исследований в агрономии: учебник для вузов / Моисейченко В.Ф., Трифонова М.Ф., Заверюха А.Х., Ещенко В.Е. – М.: Колос, 1996. – 336 с.

81. Особенности минерального питания цикория корневого / Е. А. Евсеева, И. В. Смирнова, О. М. Вьютнова [и др.] // Известия ФНЦО. – 2020. – № 3-4. – С. 96-99. – DOI 10.18619/2658-4832-2020-3-4-96-99.

82. Оценка гибридов подсолнечника по хозяйственно ценным признакам и экологической пластичности / В. И. Грязева, Ю. В. Корягин, Н. В. Корягина, Н. И. Сигов // Нива Поволжья. – 2020. – № 3(56). – С. 37-43.

83. Оценка сохранности корнеплодов цикория корневого в процессе зимнего хранения / И. А. Новикова, И. В. Смирнова, О. М. Вьютнова [и др.] // Овощи России. – 2020. – № 6. – С. 135-137. – DOI 10.18619/2072-9146-2020-6-135-137.

84. Павлова, М. Д. Практикум по агрометеорологии / Павлова М. Д., – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 184 с.

85. Паншин, Б. А. Биохимия цикория // Цикорий. – М., Издательство ВНИИ сырья спиртовой промышленности, 1935. – С.88.

86. Переработка инулинсодержащего сырья на инулин и его производные / Н. Г. Гулюк, Н. Д. Лукин, Т. С. Пучкова, Д. М. Пихало // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 8. – С. 76-79.

87. Перспективы возделывания цикория корневого в условиях серых лесных почв Брянской области / А. В. Пургина, Е. В. Смольский, М. М. Нечаев, Е. М. Каструба // Сахарная свекла. – 2023. – № 2. – С. 33-36.

88. Петриченко, В. Н. Изучение регуляторов роста растений и микроудобрений при выращивании столовых корнеплодов / В. Н. Петриченко, О. С. Туркина // Агрохимический вестник. – 2013. – №3. – С. 28-30.

89. Плотников, А. М. Баланс элементов питания в звене зернопарового севооборота под влиянием трепела, сапропеля и минеральных удобрений / А. М. Плотников, А. В. Созинов, Н. Н. Вафин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3 (71). – С. 37–39.

90. Плотников, А. М. Баланс элементов питания и продуктивность зернопарового севооборота при применении минеральных удобрений / А. М. Плотников, Г. С. Кабдунова // Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. – № 1. – С. 38-41.

91. Полянина, Т. Ю. Разнообразие сортов цикория корневого по форме корнеплода / Т. Ю. Полянина // Овощи России. – 2016. – № 2(31). – С. 68-69.

92. Почвенно-геологические условия Нечерноземья. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 608 с.

93. 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.

94. Практикум по агрохимии / под редакцией профессора В. Г. Минеева. – М.: МГУ , 2001. – 689 с.

95. Применение гербицидов в посевах цикория корневого / А. В. Николаев, С. Н. Еланский, А. А. Астайкина [и др.] // Агрохимический вестник. – 2025. – № S5. – С. 89-91. – DOI 10.24412/1029-2551-2025-5-026s.

96. Применение рострегулирующих препаратов в технологии хранения маточников цикория / П. Н. Шаповалова, А. В. Корнев, Л. М. Соколова [и др.] // Сахарная свекла. – 2024. – № 1. – С. 32-35. – DOI 10.25802/SB.2024.76.87.006.

97. Природное районирование и типы сельскохозяйственных земель Брянской области. – Брянск : Приок. кн. изд-во, 1975. – 610 с.

98. Просянников, Е. В. Агрохимические аспекты устойчивого земледелия / Е. В. Просянников // Агрохимический вестник. – 2019. – № 5. – С. 13-17.

99. 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.

100. 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.

101. Семинченко, Е.В. Баланс гумуса, элементов питания и продуктивность биологизированных севооборотов Нижнего Поволжья / Е. В. Семинченко // Пермский аграрный вестник. – 2018. – № 2 (22). – С. 89-94.

102. Семыкин, В. А. Баланс элементов питания и гумуса в землях сельскохозяйственного назначения Курской области / В. А. Семыкин, И. Я. Пигорев, О. В. Никитина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 6-11.

103. Сила, В. И. Дикорастущий цикорий как лекарственное средство в народной медицине / В. И. Сила // Врачебное дело. – 1948. – №6. – С 13.

104. Система минерального питания для культуры цикория корневого / О. М. Вьютнова, И. В. Смирнова, И. А. Новикова, К. С. Максимова // Овощи России. – 2025. – № 1. – С. 62-69. – DOI 10.18619/2072-9146-2026-1-62-69.

105. Смирнова, И. В. Агрохимические приемы повышения устойчивости корнеплодов цикория корневого к корневым гнилям / И. В. Смирнова, О. М. Вьютнова, К. С. Максимова // Известия ФНЦО. – 2022. – № 3-4. – С. 82-91.

106. Сташко, С. Н. Исследование вопроса о накоплении инулина в корнях цикория во время его роста / С. Н. Сташко. – М., Труды химико-технологического сектора института плодоовощной промышленности, Вып. 1. – 1932. – С. 274.

107. Сычев, В. Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь / В. Г. Сычев. – М.: ЦИНАО, 2003. – 226 с.

108. Сычев, В. Г. Плодородие почв России и пути его регулирования / В. Г. Сычев, С. А. Шафран, С. Б. Виноградова // Агрохимия. – 2020. – № 6. – С. 3-13.

109. Сычев, В. Г. Прогноз плодородия почв Нечерноземной зоны в зависимости от уровня применения удобрений / В. Г. Сычев, С. А. Шафран // Плодородие. – 2019. – № 2 (107). – С. 22-25.

110.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.

111. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы, элементы её структуры и адаптивные свойства в условиях Нечерноземной зоны / Б. И. Сандухадзе, Р. З. Мамедов, М. С. Крахмалева, В. В. Бугрова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 3(39). – С. 17-22.

112. Фёдоров, Ю. Н. Кофе не из кофейных зёрен / Ю. Н. Фёдоров // Сельские зори. – 1990.– №8. – С. 37.

113. Физико-химические исследования углеводного состава корней цикория обыкновенного (Cichorium intibus L.) / Л. И. Бутенко, Л. В. Лигай, Л. П. Мыкоц, С. А. Кулешова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 8(134). – DOI 10.23670/IRJ.2023.134.8.

114. Цикорий – перспективная культура в аджарском регионе / М. А. Кабахидзе, Г. Р. Панунидзе, Н. И. Кутанадзе, Г. Д. Каранидзе // Пиво и напитки. – 2006 – №1 – С.44.

115. Цикорий в животноводстве / О. М. Вьютнова, И. В. Смирнова, И. А. Новикова, К. С. Максимова // Известия ФНЦО. – 2022. – № 3-4. – С. 92-96.

116. Цикорий корневой: выращивание, защита, переработка: монография / С. Н. Еланский, А. А. Астайкина, Н. В. Верховцева [и др.]. − Москва: РУДН, 2025. – 96 с.

117. Черкасов, Е. А. Динамика изменения плодородия почв Ульяновской области за 1965-2015 гг / Е. А. Черкасов, А. Х. Куликова, Д. А. Лобачев // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 4. – С. 10-17.

118. Чирков, Е.П. Системный подход в изучении и прогнозировании эффективного развития аграрной экономики / Е.П. Чирков, Л.Н. Нестеренко // Агропродовольственная политика России. – 2013. – №12. – С. 25–31.

119. Чирков, Е.П. Современное состояние и концепция интеграционной политики в аграрном секторе экономики / Е.П. Чирков, Л.Н. Нестеренко, Т.И. Волкова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2015. – №11. – С. 48–56.

120. Чурикова, С. Ю. Цикорий корнеплодный как сырье для производства продуктов питания профилактического действия / С. Ю. Чурикова, В. И. Манжесов, М. С. Бабенкова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2017. – № 1(13). – С. 105-112.

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

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

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

124. Шеметова, И. С. Биологическая активность почвы под цикорием обыкновенным в условиях Предбайкалья / И. С. Шеметова, Н. В. Матвеева // Вестник ИрГСХА. – 2024. – № 125. – С. 72-78. – DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-8-16.

125. Шеметова, И. С. Биологическая активность почвы под цикорием обыкновенным в условиях Предбайкалья / И. С. Шеметова, Н. В. Матвеева // Вестник ИрГСХА. – 2024. – № 125. – С. 72-78. – DOI 10.51215/1999-3765-2024-125-8-16.

126. Eberchart, S. A. Stability parameters for comparing varieties / S. A. Eberchart, W. A. Russel. // Crop Science. – 1966. – Vol. 6, №1. – P.36-40.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение А. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ урожайность корнеплодов цикория корневого в 2022 году исследования

Вариант	Повторность			Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
	1	2	3			
Контроль	13,6	16,4	15,3	15,1	1,4	9,3
Навоз 20 т/га	22,4	19,8	21,3	21,2	1,3	6,2
Навоз 40 т/га	27,6	22,2	23,0	24,3	2,9	12,0
$N_{60}P_{60}K_{60}$	23,1	23,3	22,0	22,8	0,7	3,1
$N_{90}P_{90}K_{90}$	28,9	28,4	24,4	27,2	2,5	9,1
$N_{120}P_{120}K_{120}$	30,8	29,9	28,2	29,6	1,3	4,5

```
*=========================================================*
|Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Fф     |
*=========================================================*
|Общая.....| 426,5996093 | 17            | 25,094 | -      |
|Повторений| 12,41308593 | 2             | 6,2065 | 2,1705 |
|Вариантов.| 385,5921325 | 5             | 77,118 | 26,969 |
|Остаток...| 28,59439086 | 10            | 2,8594 | -      |
*=========================================================*
НСР = 3,10074377059937
```

Приложение Б. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ урожайность корнеплодов цикория корневого в 2023 году исследования

Вариант	Повторность			Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
	1	2	3			
Контроль	18,4	19,3	19,5	19,1	0,6	3,1
Навоз 20 т/га	25,8	24,0	28,3	26,0	2,2	8,3
Навоз 40 т/га	33,5	31,0	35,5	33,3	2,3	6,8
$N_{60}P_{60}K_{60}$	38,4	36,0	40,2	38,2	2,1	5,5
$N_{90}P_{90}K_{90}$	46,8	44,3	47,8	46,3	1,8	3,9
$N_{120}P_{120}K_{120}$	53,5	54,5	52,0	53,3	1,3	2,4

```
*=========================================================*
|Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Fф     |
*=========================================================*
|Общая.....| 2452,367187 | 17            | 144,25 | -      |
|Повторений| 16,81054687 | 2             | 8,4052 | 3,8348 |
|Вариантов.| 2413,638671 | 5             | 482,72 | 220,24 |
|Остаток...| 21,91796875 | 10            | 2,1917 | -      |
*=========================================================*
НСР = 2,71472358703613
```

Приложение В. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ урожайность корнеплодов цикория корневого в 2024 году исследования

Вариант	Повторность			Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
	1	2	3			
Контроль	15,6	17,3	16,0	16,3	0,9	5,5
Навоз 20 т/га	20,5	24,0	20,5	21,7	2,0	9,3
Навоз 40 т/га	26,5	27,5	27,0	27,0	0,5	1,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	23,3	23,5	25,3	24,0	1,1	4,6
$N_{90}P_{90}K_{90}$	30,5	30,0	32,8	31,1	1,5	4,8
$N_{120}P_{120}K_{120}$	34,5	35,0	37,0	35,5	1,3	3,7

```
*=========================================================*
|Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Фф     |
*=========================================================*
|Общая.....| 722,5400390 | 17            | 42,502 | -      |
|Повторений| 5,6640625   | 2             | 2,8320 | 1,8918 |
|Вариантов.| 701,90625   | 5             | 140,38 | 93,776 |
|Остаток...| 14,96972656 | 10            | 1,4969 | -      |
*=========================================================*
НСР = 2,24353265762329
```

Приложение Г. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ урожайность корнеплодов цикория корневого по годам исследования

Вариант	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Контроль	15,1	19,1	16,3	16,8	2,0	12,1
Навоз 20 т/га	21,2	26,0	21,7	23,0	2,7	11,7
Навоз 40 т/га	24,3	33,3	27,0	28,2	4,7	16,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$	22,8	38,2	24,0	28,3	8,6	30,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$	27,2	46,3	31,1	34,9	10,1	28,9
$N_{120}P_{120}K_{120}$	29,6	53,3	35,5	39,5	12,3	31,3

```
*=========================================================*
|Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Fф     |
*=========================================================*
|Общая.....| 1702,784179 | 17            | 100,16 | -      |
|Повторений| 538,0849609 | 2             | 269,04 | 14,798 |
|Вариантов.| 982,8909301 | 5             | 196,57 | 10,812 |
|Остаток...| 181,8082885 | 10            | 18,180 | -      |
*=========================================================*
НСР = 7,81865930557251
```

Приложение Д. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ содержания сахарозы в корнеплодах цикория корневого по годам исследования

Вариант	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Контроль	3,64	2,76	4,34	3,58	0,79	22,11
Навоз 20 т/га	2,57	1,98	3,87	2,81	0,97	34,45
Навоз 40 т/га	2,36	1,78	3,58	2,57	0,92	35,70
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,76	1,75	3,45	2,65	0,86	32,22
$N_{90}P_{90}K_{90}$	1,91	1,39	2,89	2,06	0,76	36,91
$N_{120}P_{120}K_{120}$	1,19	1,18	2,62	1,66	0,83	49,81
Среднее	2,41	1,81	3,46	–	–	–
Стандартное отклонение	0,82	0,55	0,63	–	–	–
Коэффициент вариации, %	34,30	30,41	18,23	–	–	–

```
*=============================================================*
|Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Фф     |
*=============================================================*
|Общая.....| 15,29077911 | 17            | 0,8994 | -      |
|Повторений| 8,409080505 | 2             | 4,2045 | 100,76 |
|Вариантов.| 6,464439392 | 5             | 1,2928 | 30,985 |
|Остаток...| 0,417259216 | 10            | 0,0417 | -      |
*=============================================================*
НСР = 0,374566048383713
```

Приложение Е. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ содержания фруктозы в корнеплодах цикория корневого по годам исследования

Вариант	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Контроль	3,28	2,88	4,56	3,57	0,88	24,56
Навоз 20 т/га	2,89	2,29	3,96	3,05	0,85	27,77
Навоз 40 т/га	2,74	2,14	3,84	2,91	0,86	29,66
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,79	1,79	3,69	2,76	0,95	34,48
$N_{90}P_{90}K_{90}$	2,35	1,65	3,25	2,42	0,80	33,19
$N_{120}P_{120}K_{120}$	2,21	1,61	3,11	2,31	0,75	32,68
Среднее	2,71	2,06	3,74	–	–	–
Стандартное отклонение	0,39	0,48	0,52	–	–	–
Коэффициент вариации, %	14,24	23,53	14,02	–	–	–

```
*=============================================================*
|Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Fф      |
*=============================================================*
|Общая.....| 12,44429016 | 17            | 0,7320 | -       |
|Повторений| 6,832997798 | 2             | 3,4164 | 46,562  |
|Вариантов.| 4,877542972 | 5             | 0,9755 | 13,294  |
|Остаток...| 0,733749389 | 10            | 0,0733 | -       |
*=============================================================*
НСР = 0,496705919504166
```

Приложение Ё. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ содержания сухого вещества в корнеплодах цикория корневого по годам исследования

Вариант	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Контроль	24,1	23,1	27,8	25,0	2,48	9,90
Навоз 20 т/га	23,8	22,4	26,8	24,3	2,25	9,24
Навоз 40 т/га	23,4	21,2	26,3	23,6	2,56	10,82
$N_{60}P_{60}K_{60}$	22,9	19,8	25,9	22,9	3,05	13,34
$N_{90}P_{90}K_{90}$	22,1	19,7	26,1	22,6	3,23	14,28
$N_{120}P_{120}K_{120}$	19,8	18,8	24,9	21,2	3,27	15,46
Среднее	22,7	20,8	26,3	–	–	–
Стандартное отклонение	1,58	1,69	0,97	–	–	–
Коэффициент вариации, %	6,96	8,09	3,67	–	–	–

```
*=========================================================*
|Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Fф     |
*=========================================================*
|Общая.....| 124,1171875 | 17            | 7,3010 | -      |
|Повторений| 92,77441406 | 2             | 46,387 | 128,86 |
|Вариантов.| 27,74316406 | 5             | 5,5486 | 15,414 |
|Остаток...| 3,599609375 | 10            | 0,3599 | -      |
*=========================================================*
НСР = 1,10015320777893
```

Приложение Ж. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ содержания азота в корнеплодах цикория корневого по годам исследования

Вариант	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Контроль	0,74	0,75	0,84	0,78	0,06	7,09
Навоз 20 т/га	0,75	0,72	0,86	0,78	0,07	9,49
Навоз 40 т/га	1,04	1,03	1,18	1,08	0,08	7,74
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0,95	0,90	1,12	0,99	0,12	11,65
$N_{90}P_{90}K_{90}$	1,08	1,02	1,17	1,09	0,08	6,93
$N_{120}P_{120}K_{120}$	1,06	0,91	1,14	1,04	0,12	11,26

```
*=========================================================*
|Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Fф     |
*=========================================================*
|Общая.....| 0,414577484 | 17            | 0,0243 | -      |
|Повторений| 0,084476470 | 2             | 0,0422 | 35,821 |
|Вариантов.| 0,318309783 | 5             | 0,0636 | 53,990 |
|Остаток...| 0,011791229 | 10            | 0,0011 | -      |
*=========================================================*
НСР = 0,062965840101242 1
```

Приложение 3. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ содержания фосфора в корнеплодах цикория корневого по годам исследования

Вариант	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Контроль	0,32	0,30	0,36	0,33	0,03	9,35
Навоз 20 т/га	0,41	0,41	0,44	0,42	0,02	4,12
Навоз 40 т/га	0,38	0,36	0,48	0,41	0,06	15,81
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0,34	0,32	0,41	0,36	0,05	13,25
$N_{90}P_{90}K_{90}$	0,35	0,32	0,41	0,36	0,05	12,73
$N_{120}P_{120}K_{120}$	0,37	0,36	0,46	0,40	0,06	13,88

```
*=========================================================*
|Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Fф     |
*=========================================================*
|Общая.....| 0,051000118 | 17            | 0,0030 | -      |
|Повторений| 0,026433944 | 2             | 0,0132 | 77,779 |
|Вариантов.| 0,022866884 | 5             | 0,0045 | 26,913 |
|Остаток...| 0,001699289 | 10            | 0,0001 | -      |
*=========================================================*
НСР = 0,0239033680409193
```

Приложение И. Статистическая характеристика количественной изменчивости и дисперсионный анализ содержания калия в корнеплодах цикория корневого по годам исследования

Вариант	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Контроль	1,38	1,57	1,63	1,53	0,13	8,55
Навоз 20 т/га	1,65	1,89	1,97	1,84	0,17	9,07
Навоз 40 т/га	1,78	1,96	2,04	1,93	0,13	6,91
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,65	1,77	1,89	1,77	0,12	6,78
$N_{90}P_{90}K_{90}$	1,74	1,81	1,99	1,85	0,13	6,98
$N_{120}P_{120}K_{120}$	1,68	1,78	1,94	1,80	0,13	7,29

```
*=========================================================*
|Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | Fф     |
*=========================================================*
|Общая.....| 0,822582244 | 17            | 0,0483 | -      |
|Повторений| 0,220053359 | 2             | 0,1100 | 87,235 |
|Вариантов.| 0,589916229 | 5             | 0,1179 | 93,543 |
|Остаток...| 0,012612655 | 10            | 0,0012 | -      |
*=========================================================*
    НСР = 0,0651221498847008
```