

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»

На правах рукописи

ГОРБУНОВ ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ
МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В
ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЁМНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ**

Специальность 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин
растений

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Азаров Владимир Борисович

Белгород- 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	11
1.1. Особенности возделывания сахарной свёклы при использовании различных агроприёмов.....	11
1.2. Внесение удобрений при возделывании сахарной свёклы и их влияние на показатели плодородия почвы.....	13
1.3. Выбор способа обработки почвы под сахарную свёклу.....	25
ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	33
2.1. Метеорологические условия в годы проведения исследований.....	33
2.2. Почвенный покров территории проведения опытов.....	38
2.3. Объект и методика проведения исследований.....	41
ГЛАВА 3 ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УРОВНЯ УДОБРЕННОСТИ.....	45
3.1. Влияние агротехнических приемов на плотность почвы при возделывании сахарной свеклы.....	46
3.2. Влияние способов основной обработки почвы и различной удобрённости на структурное состояние чернозема.....	49
3.3. Запасы продуктивной влаги в почве и водопотребление сахарной свёклы под влиянием обработки почвы и минеральных удобрений.....	51
ГЛАВА 4 ДИНАМИКА ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ПОД ПОСЕВАМИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ.....	59

4.1.	Влияние обработки почвы и фонов питания на изменение запасов минерального азота при возделывании сахарной свеклы.....	59
4.2.	Дифференциация почвы по содержанию подвижного фосфора и подвижного калия.....	68
4.3.	Изменение показателей кислотности почвы при различных технологиях возделывания сахарной свеклы.....	73
ГЛАВА 5	ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЯХ.....	77
5.1.	Нарастание листовой поверхности растений в периоды вегетации.....	77
5.2.	Динамика роста корнеплодов по фазам развития сахарной свёклы.....	80
ГЛАВА 6	ИЗМЕНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЕЙ УДОБРЕННОСТИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ.....	85
6.1.	Химический состав растений сахарной свёклы.....	85
6.2.	Вынос элементов минерального питания урожаем сахарной свёклы.....	91
ГЛАВА 7	ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ.....	95
7.1.	Урожайность сахарной свёклы.....	95
7.2.	Сахаристость корнеплодов.....	98
7.3.	Технологические качества свеклосахарного сырья.....	101
ГЛАВА 8	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОПРИЕМОВ.....	107
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	111
	ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	117
	ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ	

ТЕМЫ.....	118
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	119
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	134
Приложение А. Объемы применения удобрений в земледелии Белгородской области.....	135
Приложение Б. Метеорологические данные 2019 года.....	136
Приложение В. Метеорологические данные 2020 года.....	137
Приложение Г. Метеорологические данные 2021 года.....	138
Приложение Д. Характеристика гибрида сахарной свёклы, используемого в опыте.....	139
Приложение Е. Корреляционный анализ зависимости урожайности сахарной свеклы от запасов продуктивной влаги	140
Приложение Ж. Корреляционный анализ зависимости сахаристости от содержания азота в корнеплодах сахарной свеклы	141
Приложение Е. Урожайность ботвы сахарной свёклы в зависимости от изучаемых факторов. Вспашка. ц/га. Средние данные 2019-2021 гг.....	142
Приложение Ж. Урожайность ботвы сахарной свёклы в зависимости от изучаемых факторов, Минимальная обработка почвы. ц/га. Средние данные 2019-2021 гг.....	143
Приложение З. Акт внедрения в производство научно-технических разработок и передового опыта.....	144

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях сельскохозяйственное производство, наряду с эффективностью, должно строиться на принципах экологизации, энергосбережения и рационального использования средств возделывания сельскохозяйственных культур (Турьянский А.В., 2012). Принятая распоряжением Правительства РФ от 8 сентября 2022 года «Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплекса до 2030 года» предусматривает экологический, природосберегающий и энергоэффективный подход к технологиям возделывания сельскохозяйственных культур.

Рациональному проведению большинства предусмотренных технологией операций, применяемых в агротехнологических процессах на сельскохозяйственных предприятиях Белгородской области, отводится особая роль. Правительством Белгородской области производится регулярный мониторинг исполнения принятой Стратегии. Наиболее актуальны в настоящее время вопросы поиска более эффективных систем удобрения сельскохозяйственных культур, которые обеспечивали бы получение высокого стабильного урожая и гарантировали бы сохранение и воспроизводство показателей плодородия почвы. Сахарная свёкла является наиболее энергоемкой культурой севооборота, на которую приходится большая часть минеральных удобрений в расчёте на севооборотную площадь. Рынок сбыта сырья, получаемого при возделывании этой культуры, всегда стабилен и гарантирует получение максимальной отдачи при подборе оптимальных элементов агротехнологии. Таким образом, реалии сегодняшнего дня диктуют острую необходимость поиска таких сочетаний эффективных обработок почвы с применением удобрительного комплекса, при которых возделывание сахарной свеклы отличалось бы высокой рентабельностью производства при минимально возможном антропогенном воздействии на агроценозы.

Актуальность темы. В сложившихся экономических условиях при возделывании сельскохозяйственных культур важнейшей задачей является получение стабильных высоких урожаев при рациональном использовании удобрений и обеспечение стабилизации почвенного плодородия в агроценозах. Для сахарной свеклы, как одной из наиболее энергозатратных культур это особенно значимо. Поиск возможностей повышения эффективности минеральных удобрений путем переноса части дозы азота в подкормки, а также изучения снижения затрат при обработке почвы вследствие ее минимализации при возделывании сахарной свеклы в Центрально-Черноземном регионе России является актуальным

Степень разработанности темы. На территории нашей страны и, в особенно, в Центрально-Чернозёмном регионе, проблемами совершенствования способов обработки почвы и минерального питания сахарной свёклы при условии расширенного воспроизводства плодородия почвы многими учёными сельскохозяйственного профиля занимались многие видные ученые.

В условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона России проблема поиска оптимальных элементов агротехнологии возделывания сахарной свёклы была освещена в трудах П.Г. Акулова (1994), В.Б. Азарова (2004), А.Г. Ступакова (2007), Н.И. Клостер (2012), В.В. Лотковой (2023) и других учёных.

Стоит отметить, что в вышеупомянутых научных трудах авторы выделяют лишь часть вопросов, касающихся комплексной задачи обеспечения наиболее эффективной технологии возделывания сахарной свеклы. Несмотря на множество публикаций по данной тематике, однозначно рекомендованной технологии, включающей как наиболее эффективный способ обработки почвы, так и комплекс с дозами, видами и сроками внесения минеральных удобрений учеными не предложено, что и предопределило научный поиск в диссертационной работе.

Цель исследований. Целью работы явилось изучение возможности дробного внесения минеральных удобрений с переносом части азота в подкормку и выявление эффективности минимализации обработки почвы в условиях юго-запада ЦЧР, обеспечивающих повышение продуктивности сахарной свёклы при сохранении плодородия чернозема типичного.

Для успешной реализации поставленной цели исследований было предусмотрено выполнение следующих задач:

- установить оптимальные сочетания применения удобрений с учетом дробного внесения азота на фоне различных способов основной обработки почвы под сахарную свёклу;
- выявить характер действия различных сочетаний минеральных удобрений и дифференцированных обработок почвы на изменение агрохимических и физико-химических свойств чернозема типичного;
- исследовать влияние применения азотных подкормок и энергосберегающих способов основной обработки почвы на продуктивность сахарной свёклы и показатели плодородия чернозёма типичного;
- изучить возможность переноса части дозы азота удобрений в подкормку и различных способов заделки минеральных удобрений на сахаристость и технологические качества свеклосахарного сырья;
- рассчитать экономическую эффективность изучаемых приёмов при возделывании сахарной свёклы.

Научная новизна работы. В работе впервые посредством полевого эксперимента экспериментально подтверждены и научно обоснованы результаты применения в технологии возделывания сахарной свёклы азотных подкормок на фоне дифференциации способа основной обработки почвы при условии сохранения плодородия черноземов юго-запада ЦЧР.

По результатам исследований расширено понятие о роли азотных подкормок по вегетации сахарной свеклы и мелкого способа заделки минеральных удобрений в улучшении агрофизических и агрохимических

свойств чернозема типичного. В комплексном эксперименте выявлено положительное значение ранневесенней подкормки азотом растений сахарной свеклы для полноценного развития растений, формирования листового аппарата и нарастания корнеплода.

На основе результатов полевого опыта, осуществленного в условиях реального сельскохозяйственного производства, оптимизирована система удобрения сахарной свёклы при различных способах их заделки на черноземных почвах Белгородской области. Установлено, что оптимальным вариантом удобрения сахарной свеклы является внесение $N_{50}P_{130}K_{130}$ с осени под основную обработку почвы и проведение одной весенней подкормки посевов аммиачной селитрой в дозах 35-70 кг/га д.в. азота, при которых урожайность корнеплодов составила свыше 45 т/га, что позволило получить 7 т/га готового продукта в виде сахара при чистой прибыли более 111 тыс. рублей/га и рентабельности производства выше 100 процентов.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты исследований входят в базу научно-обоснованных технологий выращивания сахарной свёклы. Материалы диссертационной работы использовались при написании статей в специализированных изданиях, а также при подготовке рекомендаций производителям по вопросам эффективного использования минеральных удобрений в свеклосеющих хозяйствах Центрального Черноземья. Экспериментальные данные ежегодно используются при прочтении лекций на курсах повышения квалификации специалистов агрономического профиля.

Результаты исследований находят применение при составлении практических рекомендаций для расширенного воспроизводства плодородия черноземных почв в сельхозпредприятиях Белгородской области.

Положения, выносимые на защиту:

– в результате применения минеральных удобрений в сочетании поверхностной обработкой почвы под сахарную свеклу агрофизические,

физико-химические и агрохимические показатели чернозема типичного имеют положительную динамику;

– при использовании части азотных удобрений в качестве подкормки на разных этапах развития сахарной свёклы происходит интенсивное нарастание листового аппарата во второй половине вегетации при непропорциональном увеличении массы корнеплода;

– перенос части азотных удобрений в подкормку и энергосберегающие способы обработки почвы создают предпосылки для получения высоких устойчивых урожаев сахарной свёклы с хорошими технологическими качествами;

– система минерального удобрения сахарной свёклы $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{35}$ при энергосберегающей поверхностной обработке почвы позволяет достигнуть наибольшей экономической эффективности.

Методология и методы исследований. Методологической основой диссертационной работы является детальное изучение научных трудов отечественных и зарубежных авторов. При проведении исследований использовались теоретические методы, заключающиеся в интерпретации и статистической обработке полученных данных и эмпирические – полевые исследования в условиях опытного поля, графическое и табличное отображение полученных результатов исследований. При проведении полевых и лабораторных работ были использованы действующие ГОСТы, актуальные методические разработки и указания по теме диссертационного исследования.

Степень достоверности и апробации результатов. Обоснованность заключений и достоверность рекомендаций производству обусловлены большим массивом полученных в полевых, камеральных и лабораторных исследованиях данных, комплексным подходом, точностью лабораторных анализов, которые подтверждены математической обработкой, публикациями основных результатов в журналах из перечня ВАК Министерства науки и

высшего образования РФ, представлением материалов на международных, национальных и региональных конференциях (п. Майский, Белгородский ГАУ, 2021, 2022, 2023 гг.). Точность полученных данных обоснована применением методик, входящих в базу общероссийских ГОСТов.

Личный вклад соискателя заключается в участии в выборе темы исследований, постановке целей и формировании задач, содержания исследовательской работы; непосредственном проведении полевых и лабораторных экспериментов, сборе, математическом анализе экспериментальных данных и их камеральной обработке, а также в написании диссертации и автореферата, публикации статей и подготовке докладов на различных конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа представлена на 144 страницах печатного текста, состоит из введения, 8 глав, заключения, предложений производству, списка литературы из 142 источников, в том числе 28 – на иностранных языках и 10 приложений, проиллюстрирована 23 таблицами и 11 рисунками.

Публикации результатов исследований. Материалы диссертации докладывались ежегодно на заседаниях ученого совета агрономического факультета Белгородского ГАУ им. В.Я. Горина (с 2017 по 2024 г.). Основные результаты диссертации представлялись на региональных, всероссийских и международных научно-практических конференциях. По материалам диссертационного исследования соискателем опубликовано 10 работ, в т.ч. 3 статьи из перечня ВАК России, готовится к публикации учебное пособие по свеклопроизводству.

ГЛАВА 1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Особенности возделывания сахарной свёклы при использовании различных агроприёмов

Важнейшей технической культурой, возделываемой в целях получения сахара и на кормовые цели отрасли животноводства является сахарная свекла. В корнеплодах этой культуры содержание сахара достигает 19%, что обеспечивает получение более 100 центнеров с гектара сахара (Минеев В.Г., 2004).

Сахарная свекла- высокоурожайная сельскохозяйственная культура. По сбору урожая с единицы площади она занимает среди прочих полевых культур одно из ведущих мест (Бахтузин Н.Р., 1996). Она имеет весьма продолжительный период вегетации и по этой причине очень требовательна к условиям минерального питания. При урожае 400 ц корнеплодов и 150-200 ц зеленой массы с 1 га она выносит до 140 кг азота, 50 кг фосфора и 200 кг калия (Вавилов П.П., 2006, Шеуджен А.Х., 2013). Эта культура достаточно чувствительна к недостатку в почве кальция и микроэлементов, в особенности марганца и бора. Их отсутствие вызывает «гниль сердечка». Поэтому необходимо строить систему удобрения этой культуры с учетом интенсивности потребления элементов питания, влагообеспеченности, биологических особенностей растения (Найденко А. К., 1996). Удобрения в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения вносят под основную обработку почвы в осенний период, а также в рядки при посеве. Также часть дозы удобрений, рассчитанную на планируемую урожайность, переносят в подкормки.

По России в 2021 году площадь посевов сахарной свеклы составила 1,3 млн. га, по Белгородской области 105,7 тыс. га. Урожайность средняя за этот же год была по Белгородской области 387 ц/га, по России на уровне 279 ц/га.

Особое обращение и уход в практическом земледелии требуется для использования высокого потенциала сахарной свеклы и получении устойчивых урожаев. Сахарная свекла способна обеспечивать урожай до 700-800 ц/га (Ильин Ю.Н., 1996). Урожайность свеклы в России может достигать 350-550 ц/га, а получение сахара - 40-50 ц/га.

Важное агротехническое значение носит место сахарной свеклы в севообороте, поскольку культура способствует повышению уровня земледелия и урожайности последующих культур благодаря глубокой обработке почвы, внесению больших норм удобрений, борьбе с вредителями и сорной растительностью на посевах (Азаров А.В., 2023).

Главными факторами, оказывающими влияние на урожайность культуры, являются плодородие почв, погодные условия и правильность применения удобрений. Без обеспечения эффективного минерального питания возделывание сахарной свеклы низкорентабельно. Оптимизация минерального питания растений является одним из факторов, обуславливающих получение высокопродуктивных урожаев культуры (Клостер Н.И., 2022).

Вопросами оптимального подбора элементов возделывания сахарной свёклы учёные и производственники занимались с начала освоения этой культуры (Костычев П.А., 1908). По единодушному мнению исследователей, эта культура считается наиболее отзывчивой на увеличение количества вносимых элементов питания. Вместе с тем, некоторые учёные считают, что избыточное минеральное питание пагубно сказывается на урожайности корнеплодов, способствует развитию корневых гнилей и снижает содержание сахара (Минакова О.А., 2013).

Аналогичные суждения мы находим и в публикациях специалистов по теме способов основной обработки почвы. В этом случае мнения одной

группы учёные сводится к обязательной глубокой отвальной обработке почвы (Котоврасов И.П., 1990), тогда как другие пропагандируют внедрение минимального воздействия на почву, опираясь в своих суждениях на результаты собственных опытов (Азаров В.Б., 2004).

Ещё более неоднозначные мнения в специализированной литературе мы встречаем относительно переноса части минеральных удобрений в весеннее внесение. Для Центрально-Чернозёмного региона России подобные исследования не проводились, однако, в других свеклосеющих зонах страны и зарубежья учёными предпринимались попытки ответить на этот актуальный вопрос.

1.2. Внесение удобрений при возделывании сахарной свёклы и их влияние на показатели плодородия почвы

Удобрения занимают ведущее место в плане формирования и развития корневой системы и зеленой массы растения. С повышением обеспеченности пахотных угодий доступными для растений формами питательных веществ увеличивается общий объем корней в почве, вследствие чего повышается количество пожнивно-корневых остатков и, как результат, пополняются запасы органического вещества. (Горбунов И.Н., 2004, Доманов Н.М. и др. 2012, Ислагумов Д.Р. и др. 2013, Клостер Н.И., 2022).

В основе эффективного применения удобрений на любой сельскохозяйственной культуре лежит разработка комплексных мероприятий по определению наиболее оптимальных доз, сроков, способов и видов минеральных, органических и известковых удобрений или по определению Ватагина А. В. (1980), Матюк Н.С., (2008) система удобрения. Данный термин разработан и внедрен в теорию и практику агрохимической науки в середине прошлого века отечественными учёными Всесоюзного научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения имени Д.Н.

Прянишникова (ВИУА). Система удобрения сельскохозяйственных культур по определению Ш.И. Литвака (1989) и Н.К. Котоврасова И.П. (1990) в обязательном порядке разрабатывается на основе комплексной достоверной информации относительно чередования культур в севообороте, планируемой урожайности сельскохозяйственных культур, градации обеспеченности почвы макро- и микроэлементами, наличием и продуктивностью бобовых культур, способов обработки почвы, объемов химических мелиорантов и органических удобрений, мероприятий по экологической безопасности и охране природных ресурсов и других факторов и условий формирования продуктивности возделываемых культур при сохранении и воспроизводстве плодородия эксплуатируемых земель. В современных условиях развития автоматизации и компьютеризации всех сфер народного хозяйства, включая агропромышленный комплекс, разработан ряд программ для оптимизации параметров системы удобрений, используя которые, агроном на своём персональном компьютере, может на основании вводимых параметров получить автоматически рассчитанную модель системы удобрения для конкретного севооборота или даже отдельного поля (Заришняк А.С. 2001; Алейник С.Н., 2022). Однако, данные модели не учитывают специфические условия вегетационного периода, не отличаются адаптивностью и могут быть использованы в качестве основы для дальнейшей корректировки всех её составляющих.

Для сахарной свёклы применение удобрений является важнейшим фактором получения высоких стабильных урожаев корнеплодов (Сурков Н.А., 2002, Чёрный А.Г., 2005, Смуров С.И., 2006, Родионов В.Я., 2013, Клостер Н.И., 2021, Лоткова В.В., 2023). Многочисленными опытами, проведёнными в Центрально-Чернозёмном регионе России установлена высокая эффективность минеральных удобрений под сахарную свёклу (Алексеева Е.Н., 1970; Азаров В.Б, 2004; Дворянкин Е.А., 2013).

Сахарная свёкла- одна из самых требовательных в современном

земледелии культур относительно минерального питания (Азаров В.Б., 2004, Лукин С.В., 2006). По усреднённым данным, полученным на стационарных опытах и в производственных условиях, с урожаем 10 т/га корнеплодов и эквивалентного количества ботвы она выносит из почвы 45-60 кг азота, 24-30 кг фосфора и более 70 кг калия (Филимонов И.Н., 2011). Установлено, что представленные цифровые значения не являются константой и зависят от множества как биогенных, так и абиогенных факторов. В частности, опытами В.И. Куракова (1976) и В.В. Никитина (1998) установлено, что вынос азота увеличивается с ростом доз фосфорных удобрений.

Характеристики почвенного плодородия на участках, предназначенных для выращивания сахарной свеклы, очень важны к рассмотрению перед началом возделывания (Азаров В.Б., 1997). Опыты многих ученых устанавливают определенные качества почвы, на которой урожайность сахарной свёклы держится на уровне не ниже 500 ц/га. Так, на чернозёмах центральной лесостепи модель плодородия по Л. И. Аксентьевой с сотрудниками (1989) выражена следующими показателями плодородия: содержание подвижного фосфора по Чирикову- 180-200 мг/кг, обменного калия- 110-120 мг/кг почвы, нитрификационная способность- не ниже 5,5-6 мг/кг. В это же время на чернозёмах Кубани (Сидоренко В.И., 1988) оптимальные показатели плодородия почвы для эффективного возделывания сахарной свёклы выглядят следующим образом: содержание подвижных фосфатов- 16-20 мг/100 г почвы, сумма водопрочных агрегатов- не менее 60-65 %, плотность пахотного слоя- 1,1-1,15 г/см³. При этом автор установил обязательное возмещение азота с минеральными удобрениями 95 %, фосфора- 160 % и калия- не ниже 90 процентов. Современные реалии сельскохозяйственного производства вносят коррективы в модели плодородия конца прошлого века. В инновационных агротехнологиях настоящего на первый план выходят иные требования: эффективные меры по защите посевов от сорняков, вредителей и болезней, использование высокоэффективных

сортов и гибридов интенсивного типа и дозированные нормы удобрений, адаптированные под конкретный почвенно-агрохимический потенциал посевных площадей сахарной свёклы.

Максимальная урожайность рассматриваемой культуры по данным М.С. Зориной (2012) зафиксирована при минеральной системе удобрений. Автор отмечает, что при использовании только органических удобрений значительно, на величину более 10 т/га снижает урожайность корнеплодов. Отмечается, что совместное использование органических и минеральных удобрений показало продуктивность на уровне одной минеральной системы.

Следует отметить, что потребность растений сахарной свёклы в питательных веществах неравнозначна по периодам вегетации и фазам развития. Экспериментальным путём выяснено, что наиболее ответственным этапом по потреблению питания для формирования будущего высокого урожая высокого качества является фаза 2-3 пар настоящих листьев (Квасов А.В., 1992, Аникст Д.Н., 1998, Зуев А.А., 2000). В этот период особенно важно обеспечение растениями доступными соединениями фосфора.

Что касается азотного питания сахарной свёклы, то рядом учёных выведена закономерность потребления этого элемента в максимальных количествах в середине июля в период интенсивного формирования листового аппарата растений и закладки фундамента будущего урожая корнеплодов (Васильев В.Е., 1999). В дальнейшем потребление азота корнеплодами осуществляется не только из почвенных запасов, но и за счёт реутилизации, т.е. перераспределения азотных соединений из старых отмирающих листьев в закладывающиеся точки роста.

Значительное количество учёных, сфокусировавших свой научный поиск на оптимизации минерального питания сахарной свёклы, склоняются к мысли о целесообразности внесения всей дозы минеральных удобрений осенью под основную обработку почвы (Юхин Ю.П., 1995, Гайнуллин А.З., 1999, Афендулов К.Л., 2005, Клостер Н.И., 2022). Научные дискуссии в этом

аспекте касаются в основном способа заделки удобрений.

При осенней заделке всей нормы минеральных удобрений, рассчитанных на получение определенного объема конечной продукции, Никитаева Н.Н. (1990) считает, что смешивать удобрительный продукт с почвой необходимо сразу при лущении стерни. В этом случае, по мнению автора, запускаются предварительные процессы трансформации химических соединений удобрений с переходом их в доступные формы.

Исследования по переносу части азотного удобрения в весеннее внесение как при посеве, так и в подкормку, проводились в различных почвенно-климатических зонах бывшего СССР. Еще в 1974 году Б.Ф. Азаров, проводивший исследования в условиях Средней Азии, пришёл в своей кандидатской диссертации к выводу о практической бесполезности азотных подкормок сахарной свёклы. К аналогичным выводам пришел и Ошкин В.А. (2016), проводя исследования в условиях Среднего Поволжья. Вместе с тем необходимо отметить и научные публикации, отмечающие что внесение азотных удобрений по вегетации сахарной свёклы способствует интенсивному росту корнеплодов при сокращении сроков наступления товарной спелости (Минакова О.А., 2011, 2013).

Е.А. Дворянкин (2013) имеет мнение, что проведение мероприятий по дополнительному внесению доступных форм азота по вегетации сахарной свеклы повышает ее урожайность. В своей публикации он отмечает, что двухкратная подкормка по 35 кг/га д.в. азота увеличивает получение корнеплодов на 3 т/га на фоне повышения технологических качеств свеклосахарного сырья. Достоверный положительный эффект, выразившийся в уменьшении на 1,2 – 1,4 % чистоты сока и сокращении на 0,37 – 0,45 % потери сахара в мелассе дают подкормки азотными удобрениями (Иевлев Д.М., 1995, Тютюнов С.И., 2016). Комплекс минерального питания через применение удобрений оказывает влияние на итоговую продуктивность, определяет полноту развития культуры (Антонова

О.И., 2013). На черноземах легкосуглинистых выщелоченных содержанием калия на среднем уровне и повышенным содержанием фосфора в условиях достаточного увлажнения не удастся получить максимальную урожайность корнеплодов. По мнению ряда авторов при возделывании сахарной свёклы необходимо повышенное калийное и азотное питание. (Кириллов Н.А. и др. 2014, Иванина В.В., 2013).

Рядом авторов (С.И. Тютюнов и др., 2014) материалами полевых опытов доказано, что без использования удобрений сахарная свекла способна сформировать только 24 т/га, тогда как при внесении по 120 кг/га д.в. минеральных удобрений возможно получение до 39,9 т/га. Максимальная продуктивность зафиксирована при органо-минеральной системе удобрения – до 48 т/га.

Лучшей дозой минеральных удобрений на черноземах типичных оказалось внесение $N_{120}P_{80}K_{120}$. Это позволило достигнуть уровня урожая 49,3 т/га сахарной свёклы, со сбором сахара 7,2 т/га (Лукин С.В., Сушков В.П. 2004, Минакова О.А. и др. 2014).

Оптимальным соотношением макроэлементов в минеральных удобрениях, вносимых под сахарную свёклу в условиях Центральной России, по мнению ученых Белгородского НИИСХ является 1:1:1 (Никитин В.В., Шаповалов Н.К., 2000).

Дозы минеральных удобрений, обеспечивающие максимальную экономическую отдачу, варьируются в широких пределах в зависимости от предшественника, обеспеченности почвы питательными веществами, способа обработки почвы и планируемого урожая корнеплодов (Агеев В. В., 2001).

По мнению Куракова В.И. (1992) избыточные дозы минеральных удобрений выше $N_{180}P_{180}K_{180}$ на хорошо окультуренных землях экономически нецелесообразна и экологически небезопасна. Путём длительных экспериментальных исследований на полевых стационарных опытах Центрального Черноземья П.Г. Акулов (1994) и Н.П. Богомазов (1996) пришли

к выводу, что при длительном внесении удобрений в севооборотах зернопропашного типа в научно-обоснованных нормах, оптимальной дозой под сахарную свёклу является $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Осуществляющие научные изыскания в Центрально-Чернозёмной филиале ВИУА Никитин В.В. и Шаповалов Н.К., (2000) установили, что использование под сахарную свёклу $N_{240}P_{240}K_{240}$ повышает урожайность на 35-55 % при снижении сахаристости на 1,5-2 % по сравнению с контролем без применения удобрений.

По мнению ряда авторов (Минеев В. Г. 2004, Рымарь С. В. 2008, Минакова О. А. и др. 2011, Карабутов А. П., 2012) применение минерального питания в норме $N_{90}P_{90}K_{90}$ позволяет повысить на 1,9-4,3 т/га показатель урожайности корнеплодов этой культуры. Так, при проведении многолетних стационарных полевых опытов в условии опытно-селекционной станции наиболее оптимальными дозами минеральных удобрений выступали умеренные, причем конечная продуктивность во многом зависела от исходных показателей плодородия почвы. Например, при высоком содержании фосфора в почве корректировка в сторону увеличения в системе удобрения азотно-калийного компонента в условиях достаточного увлажнения на выщелоченных черноземах давала положительный результат. В этих условиях урожайность корнеплодов при дозе $N_{90}K_{90}$ составляла 49,5 т/га.

А.Г. Ступаков и др. (2007) выделяют исключительное значение каждого питательного элемента в системе удобрения растений в исследованиях по балансу элементов питания на территории Центрального Черноземья с характерной неустойчивостью увлажнения.

Увеличивает потери минерального азота и обменного калия исключение фосфора из комплекса элементов питания системы удобрений, что сказывается на формировании урожая на 25% ниже полного удобрения. В

аналогичном случае с калием результат показывает общее снижение продуктивности на 30-45 процентов.

На основании экспериментальных данных В. Л. Андреев (2008) установил, что 35-40 т/га урожая свеклы сахарной можно получить при внесении соответственно 95-145 кг/га азота минеральных удобрений и 110 - 150 кг/га фосфора и калия.

А.М. Кравцовым (1999) установлено, что при применении рассчитанных на планируемую урожайность минеральных удобрений листовой аппарат культуры образуется эффективнее, происходит интенсификация динамики роста корнеплодов культуры, а это, означает увеличение урожайности и качества продукции. По данным ученого, с повышением уровня минерального питания площадь листового аппарата значительно возрастает на протяжении заключительного этапа вегетационного периода.

К достоверному возрастанию урожайности корнеплодов ведет повышение доз минерального питания. На черноземе выщелоченном в условиях Краснодарского края урожайность сахарной свеклы составила 48 т/га при условии совместного использования 30 т/га навоза и минеральных удобрений в дозах по 120 кг/га д.в. каждого макроэлемента (Привало К.И., 2014).

К аналогичным результатам в своих исследованиях пришел и Н.М. Доманов (2011). По его авторитетному мнению, только совместное использование высоких доз органических и минеральных удобрений будет способствовать получению экономически обоснованных урожаев корнеплодов при одновременном повышении основных показателей плодородия почвы. На факт увеличения сахаристости корнеплодов при достаточном минеральном питании указывают многие ученые (Соловиченко В.Д., Уваров Г.И. 2012). Ефремова Е. Н. (2014) выявила в своих исследованиях, что для сахарной свёклы наилучшей дозой оказалась

$N_{160}P_{170}K_{160}$ на почвах черноземных, для лесных серых почв - $N_{180}P_{150}K_{200}$. Норму внесения навоза несколько уменьшают до 25 – 30 т/га в зоне неустойчивого увлажнения, при этом оптимальными дозами являются $N_{120}P_{150}K_{150}$, $N_{140}P_{140}K_{190}$ и $N_{160}P_{130}K_{170}$. Другие ученые рекомендуют 35 т/га навоза в комбинации с $N_{110}P_{140}K_{100}$, $N_{130}P_{120}K_{150}$ и $N_{140}P_{120}K_{150}$ для зоны неустойчивого увлажнения (Акулов П.Г., 1994).

В условиях Орловской области на базе стационарного опыта доза минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствовала формированию продуктивности сахарной свеклы на уровне 3 т/га, а увеличение количества удобрений в полтора раза – до 4,2 т/га корнеплодов (Ионицей Ю.С., 2013).

Исследованиями государственного агрохимического центра «Ставропольский» доказано, что минеральные удобрения заметно повышают величину урожайности сахарной свёклы, при внесении чистого минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{120}K_{60}$ формируя прибавку на 26-29% больше урожая по сравнению с контрольным вариантом. (Дудкин И.В. 2010, Девятова Т.А. 2007, Гречишкина Ю.И., 2020).

Исследованиями Всероссийского НИИ сахарной свеклы и сахара доказано, что возможность сформировать урожайность корнеплодов на 30-40% выше контроля дает длительное применение удобрений в засушливые, средние по увлажненности сезоны при внесении от $N_{90}P_{90}K_{90}$ до $N_{150}P_{150}K_{150}$. Повышение урожайности осуществляется в размере 12,7 – 13,4 т/га. (Коновалов, Н. Д. 2008, Дудкин И. В. Дудкина Т. А. 2010, Никитин В. В. и др. 2012, Борин А. А. 2015, Полуэктов Р. А. и др. 2021) при обеспечении растений сахарной свеклы элементами питания чрезвычайно важно сбалансированное поступление азота, фосфора и калия в критические периоды потребления. Особенно актуальна эта проблема в отношении минерального азота. При корректировке системы удобрения и обеспечении потребления азотом по фазам развития возможно получение дополнительно до 20 т/га корнеплодов без существенного увеличения производственных

затрат, на что указывает в своих трудах И.П. Юхин (1995). Особенно чувствительны растения сахарной свеклы к недостатку азотного питания в начале вегетации. В настоящее время в масштабах страны применение азотных удобрений превышает использование фосфорно-калийных удобрений в большой степени. Относительно общего внесения макроэлементов внесение только лишь азота составляет 65-75%.

В условиях нашего века статистика показала, что под посевы сахарной свеклы в различные годы двадцать первого века было внесено 110-120 тыс. т. азота, или более центнера удобрений в физическом весе на каждый гектар посевов. (Еремина, Р.Ф. 2004, Власенко А. Н. 2006, Корнилов И. М. 2012, Турусов В.И. 2019, Привало К.И. и др. 2023).

В исследованиях Н.Н. Мартынович и Л.И. Мартынович (1996) урожайность корнеплодов сахарной свёклы при внесении азотных удобрений в дозе 240 кг д.в. на 1 га увеличилась на 10,4 т/га сравнительно контроля по данным исследований научных учреждений в Полтавской области. Как считает В. Г. Минеев (2004), повышение уровня азотного питания сахарной свеклы способствует пропорциональному увеличению урожайности. Причем, наибольший эффект проявляется на почвах с низкими показателями естественного плодородия.

Азот минеральных удобрений повышает свою эффективность только в условиях достаточного увлажнения. В этом случае прибавка в урожае корнеплодов составляет до 5 т/га (Завалин А.А., 2023). Одновременно с этим отмечается снижение сахаристости при обильном азотном питании и достаточном уровне влажности почвы (Турусов В.И., 2019).

При проведении серии полевых опытов в условиях республики Башкортостан Д .Р. Исламгулов, Р. Р. Исмагилов, И. Р. Бикметов (2013) отмечали значительное повышение урожайности корнеплодов при возрастании дозы азотных удобрений с 40 до 240 кг/га д.в. однако, в этих условиях отмечается сокращение количества сахара в корнеплодах и

повышения уровня вредных примесей в клеточном соке. Умеренные дозы азота на уровне 90-120 кг/га д.в. в условиях черноземных почв Воронежской области являются оптимальными для получения экономически обоснованной продуктивности. Это показали исследования, проведенные О.А. Минаковой (2011). К аналогичным выводам в различных почвенно-климатических условиях нашей страны и за рубежом пришли многие ученые (Еремина Р.Ф. и др. 2004, Ефремова Е.Н. 2014, Islamzada R., 2021) В условиях орошения черноземов Предкавказья по данным В.В. Агеева и А.И. Подколзина (2001) избыточное азотное питание является скорее негативным фактором, поскольку провоцирует ухудшение экологической ситуации в агроценозах благодаря вымыванию части азота в нижние слои почвы, особенно при близком залегании грунтовых вод. Вместе с тем указанные авторы отмечают ведущую роль фосфора при возделывании сахарной свеклы на орошении.

О необходимости полноценного обеспечения растений сахарной свеклы указывает в своих работах Лазарев В.И. (2012).

При внесении достаточного количества калийных удобрений на 65 % возрастает урожайность корнеплодов сахарной свеклы при одновременном повышении качества сырья (Лукин С.В., Авраменко П.М. 2009). Использование калийных удобрений в дозе 130-200 кг/га повысили урожайность корнеплодов сахарной свёклы на 4,6-6,2 т/га. (Никульников И.М., Боронтов О.К. 2009).

В зависимости от локации возделывания сахарной свеклы и типа черноземных почв учеными установлены дозы минеральных удобрений при возделывании сахарной свеклы на базе данных географической сети опытов с удобрениями на уровне $N_{180}P_{180}K_{180}$, на черноземе выщелоченном - $N_{90-120}P_{120}K_{120}$, на черноземе обыкновенном – $N_{60}P_{80}K_{60}$ и $N_{120}P_{80}K_{60}$ на черноземе типичном для повышения продуктивности до 30-60% (Мерзлая Г.Е. 2007).

Урожайность и качество корнеплодов культуры повышают в достаточной степени комбинированное внесение минеральных и

органических удобрений. Данный показатель приводит к повышению урожайности в 1,2 – 1,4 раза, а сбор сахара повышался на 15-28 % в условиях Центрально-Черноземного региона при внесении органо-минеральных удобрений (Минакова О.А. и др. 2014). Значительный рост урожайности корнеплодов сахарной свёклы и повышает их качество совместное применение минеральных и органических удобрений. Стоит учесть, с агрометеорологическим фактором возделывания культуры и антропогенным влиянием тесно связано формирование урожайности. Поскольку в Центрально-Черноземном регионе распространены черноземные почвы с близкими к оптимальным агрохимическими, агрофизическими характеристики, поэтому данный регион считается преимущественным центром возделывания сахарной свеклы.

В условиях западной Европы, где уровень применения минеральных удобрений находится на высоком уровне при длительности сельскохозяйственного использования пахотных земель при их интенсивной эксплуатации составляет более столетия, оптимальные дозы минеральных удобрений под сахарную свёклу находятся на уровне $N_{120-150}P_{80-120}K_{180-220}$ (Pelgrin F., 1990, Rid H., 1990, Pikul J.L., 1993, Shipitalo M.J., 1997, Russell E.W., 1998, Weill A.N., 2000, Teipel R., 2005).

Как уже говорилось выше, для сахарной свёклы чрезвычайно важно, чтобы значительное количество питательных веществ вносимых удобрений использовалось растениями максимально эффективно. От этого фактора в конечном итоге зависит показатель урожайности корнеплодов. Для максимального усвоения питательных веществ растениями, как известно, необходимо оптимальное количество влаги в почве, которое напрямую зависит от способа и глубины обработки почвы в севообороте. Именно поэтому выбор способа заделки удобрений носит при формировании будущих урожаев роль критического фактора. Постараемся подробно остановиться на этой проблеме в следующем разделе настоящей главы.

1.3. Выбор способа обработки почвы под сахарную свёклу

Обработка почвы – это обязательный агроприём возделывания любых сельскохозяйственных культур (Мальцев Т.С., 1954, Менделеев Д.И., 1954). Для сахарной свёклы, формирующей товарную часть урожая непосредственно в верхних слоях почвы, создание оптимальной рыхлости имеет первостепенное значение. Обработка почвы – очень энергозатратная технологическая операция. В общих затратах энергии по технологическим картам большинства культур доля, приходящаяся на обработку почвы, составляет от 25 до 40 процентов (Steven E., 2010). Именно по этой причине выбор способа обработки почвы должен отвечать агротехническим запросам, иметь высокую степень эффективности, быть энергосберегающим, а также соответствовать высоким экологическим требованиям (Ревут И.Б., 1969, Brandt R., 2009., Лоткова В.В., 2023).

Основная цель всякой обработки почвы заключается в механическом воздействии на верхний слой для обеспечения подходящих условий роста и развития сельскохозяйственных культур (Вильямс В.Р., 1938, Квасников В.В., 1956, Байко В.П., 1966, Бараев А.И., 1966, Бахтин П.У., 1969, Картамышев Н.И., 1994, Бакиров Ф.Г., 2007).

В системе агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур обработка почвы решает многочисленные задачи, основные из которых сводятся к следующему:

- регулировать водно-воздушный режим почвы, обеспечивая тем самым накопление и сохранение влаги;
- активизировать развитие микробиологической деятельности почвы для более интенсивной переработки органических веществ и трансформации минеральных соединений;
- благоприятствовать росту и развитию корневой системы культурных растений и формированию высокой площади поглощения растворённых в

почве питательных веществ;

- защищать почвенный покров от проявлений водной эрозии, смыва, размыва и механического перемещения мелкозёма верхних горизонтов в нижние формы рельефа;

- препятствовать развитию сорных растений на посевах сельскохозяйственных культур, а также защищать их от вредителей и болезней;

- обеспечить качественную заделку в почву минеральных, органических и известковых удобрений и по возможности равномерное распределение их по глубине обработки почвы;

- создать необходимые условия для посева сельскохозяйственных культур и получения дружных сильных всходов семян;

- способствовать созданию условий для расширенного воспроизводства пахотных почв путём улучшения их агрофизических, агрохимических, физико-химических и биологических свойств.

Большинство поставленных задач решается в системе основной обработки почв. Многолетними опытами в различных почвенно-климатических зонах нашей страны и за рубежом учёными выявлено, что качественно проведённая основная обработка почвы, адаптированная к конкретным условиям, играет одну из основных ролей в получении высоких стабильных урожаев сахарной свёклы. В результате проведения многочисленных полевых опытов установлено, что этот агротехнологический прием является основополагающим фактором создания благоприятного агрофизического состояния сельскохозяйственных угодий, выражающегося в оптимизации структуры, разуплотнении, воздухообмене и влагопроницаемости. Также установлено, что качественная основная обработка почвы способствует повышению доступности питательных веществ и нормализации фитосанитарного состояния посевов сахарной свеклы (Картамышев Н.И., 1994, Борин А.А., 1994, Лоткова В.В., 2023).

В современной аграрной науке и сельскохозяйственном производстве в теории и практике основной обработки почвы существуют два диаметрально противоположных направления.

Первое из направлений, определяемое как классическое, базируется на выработанных веками принципах глубокой отвальной вспашки с обязательным полным оборотом пласта. Научное обоснование этой теории представлено в концепции, предложенной нашим выдающимся учёным, академиком В.Р. Вильямсом (1938). По его мнению, главным преимуществом культурной пахоты является возможность уравнивать плодородие верхних и нижележащих слоёв почвы для создания более высокого уровня минерального питания.

В развитие теории В.Р. Вильямса знаменитый отечественный учёный Л.Н. Барсуков (1969) в период становления основополагающих принципов научного земледелия утверждал, что при увеличении глубины почвенного слоя его плодородие закономерно снижается, что влечет за собой снижение содержания питательных веществ и сокращение урожаев сельскохозяйственных культур. Ученый установил, что вниз по профилю почвы увеличивается количество токсичных веществ и вредных микроорганизмов, таким образом продукты их метаболизма провоцируют снижение общего уровня плодородия. В развитие своей теории Л.Н. Барсуков предположил, что при отвальной обработке почвы на большую глубину все токсиканты транспортируются в верхние слои почвы, где под воздействием внешних факторов произойдет нейтрализация вредного воздействия и выравнивание показателей плодородия пахотных почв.

В настоящее время в мировом земледелии способ обработки почвы с перемещением почвенных слоев и их полным оборотом на большую глубину является одним из самых распространенных агротехнических приемов (Турьянский А.В., 2012, Karamanous, R.E., 2017). В нашей стране также глубокая отвальная пахота прочно обосновалась в технологических картах

возделывания большинства сельскохозяйственных культур, обеспечивая высокие урожаи и сохранение плодородия пахотных земель. Наиболее интенсивно данный способ обработки почвы получил развитие в ведущих районах свеклосеяния (Хмельницкий А.А., 1984, Зубенко В.Ф., 1999).

По мнению Павловского В.Б. (1989) замена глубокой вспашки под сахарную свёклу на плоскорезную способствует увеличению засорённости посевов, ухудшает кислотно-основные свойства верхних горизонтов чернозёмных почв, что влечёт за собой понижение продуктивности сахарной свёклы на уровне 30-40 ц/га корнеплодов.

Мелкая обработка почвы не является благоприятным фактором для повышения продуктивной деятельности полезных с агрохимической точки зрения почвенных микроорганизмов в нижних 20-30 см, наиболее корнеобитаемых слоях, что негативно сказывается на минеральном питании растений сахарной свёклы в период вегетации (Будённый Ю.В., Бойко Л.И., 1988).

Данные полевых опытов, проведённых Д.М. Иевлевым и Р.И. Шестаковой (1995) позволяют утверждать о высокой эффективности глубокой отвальной обработки на сахарной свёкле. По результатам исследований установлено, что на вариантах, где в качестве способа основной обработки почвы применялась глубокая отвальная обработка, наблюдалось значительное снижение сорной растительности на посевах сахарной свёклы, повысилась урожайность корнеплодов и улучшилась экономическая эффективность.

Исследованиями Wilkinson B. (2010) показана важнейшая роль видового состава культурных растений, а также чередованием их в составе полевых севооборотов. Разработанная им теория опирается на создание благоприятных условий для развития корневой системы растений путем подбора соответствующего способа обработки почвы. Он установил, что сельскохозяйственные культуры, которые образуют товарную массу основной продукции в подземной части агроценоза (свекла, картофель, морковь, лук)

нуждаются в обязательной глубокой отвальной обработки почвы для создания благоприятных условий влагообеспечения, газообмена и плотности сложения почвенного слоя. Культуры, формирующие продуктивность на стеблях (зерновые, подсолнечник, соя, кукуруза), могут давать высокую урожайность и при поверхностных безотвальных способах основной обработки почвы.

Многие ученые на основании собственных исследований рекомендовали чередование в севооборотах мелкой и глубокой отвальной обработок почвы. В своих научных публикациях Горбачёва А.Е., Грабак Н.Х. (1990), Jordan A., Zavala L.M., Gil J. (2010), Kesten, E. (2015) ссылались на данные полученные в условиях длительных полевых стационарных опытов.

В современных условиях развития сельскохозяйственного производства в Белгородской области, и в целом в Центрально-Чернозёмном экономическом регионе России получила широкое распространение систематическая обработка почвы без оборота пласта. Крупные агрохолдинги, осваивающие сотни тысяч гектаров в качестве основной обработки почвы ограничиваются применением тяжелых дисковых орудий. Данная технология позволяет оставлять на поверхности почвы стерню и другие растительные остатки и обеспечивает статичное расположение почвенных слоёв.

Теоретически обосновал и дал научную оценку безотвальной системе обработки почвы Н.К. Шикула (1990), а широко внедряли её и всячески пропагандировали известные учёные- практики Ф.Т. Моргун и В.Т. Гридчин. Н.К. Шикула установил, что при использовании минимальной обработки почвы в севообороте процесс образования гумуса в почве идет намного интенсивнее, чем на полях с классической отвальной вспашкой. Причём накопление гумуса идёт в русле естественного, дернового процесса почвообразования, характерного для почв естественных биогеоценозов.

Следует отметить неоднозначный подход учёных к проблеме увеличения количества сорной растительности при минимализации обработки почв, особенно заметной для пропашных культур (Трофимова Т.А., Коржов

С.И., 2018). Так, исследованиями В.В. Пилюгина (1988), И.М. Корнилова (2012) установлено, что при использовании минимальной обработки почвы на сахарной свёкле наблюдается достоверное увеличение количества сорняков, причём меняется их видовой состав в пользу многолетних и корнеотпрысковых видов. К таким же выводам пришли учёные в различных регионах нашей страны и за рубежом (Kahlon M.S., Lal R., Varughese M.A., 2013). Однако, ряд исследователей не видят в этом критических проблем и предлагают скорректировать состав баковых смесей в зависимости от характера и уровня засорённости посевов на каждом конкретном поле (Баздырев Г.И., 2008, Борин А.А., Лощилина А.Э., 2015).

Минимализация обработки почвы при возделывании сахарной свёклы повышает уровень её биологической активности (Клостер Н.И., 2022), способствует росту численности почвенной биоты, в частности дождевых червей, играющих важную роль в процессах повышения плодородия почв и минерализации органики (Parmelee R., Beare M., 2000, Diez T., 2011). Также снижение антропогенной нагрузки на почву способствует улучшению её температурного режима (Balota, E.L. , 2004, Grant R., Izaurralde C e.a., 2020).

Мелкая обработка почвы без оборота пласта, применяемая в технологии возделывания сахарной свёклы, защищает почву от водной эрозии, служит фактором повышения количества продуктивной влаги в корнеобитаемых слоях почвы, при достаточном количестве удобрений способствует повышению коэффициента использования питательных веществ растениями, снижает производственные затраты по технологической карте, чем снижает себестоимость конечной продукции. К таким выводам в результате длительных полевых экспериментов пришли Калинин А.Т. (1990), Картамышев Н.И., Кудров Р.Н., Горбачёв А.Н. (1994), Корниенко А.В., Ренгач П.Н. (1996), Власенко А.Н., 2006, Кирюшин В.И., 2006, Kunze A (2015), Montgomery D.R. (2017).

В наших опытах предшественником сахарной свёклы являлась озимая

пшеница, солома которой в измельчённом виде оставлялась на поле в виде мульчи при поверхностном способе обработки почвы и источника свежего органического вещества в нижележащих горизонтах при глубокой вспашке в оборотом пласта. Отношение к учёным к использованию соломы в технологии возделывания сахарной свёклы неоднозначно, однако, почти все проанализированные нами научные труды отмечают положительную роль соломы для стабилизации гумусового состояния почвы и создания оптимальных агрофизических свойств пахотных земель (Campbell C.A., 1986, Коновалов Н.Д., 2008). Исследованиями Н.И. Зезюкова (1989) доказано, что солома, при ее качественном измельчении и заделке в верхние слои почвы повышает агрофизические свойства почвы, способствует разуплотнению. Такая почва лучше удерживает влагу. К аналогичным выводам пришли многие отечественные и зарубежные исследователи (Mulumba L.N., Lal R., 2008, Орловский Н.И. 1998, Кузьмич С.И. 1934, Калинин А.Т. 1990). Данные Комаревцевой Л.Т. (1989) показывают, что использование соломы повышает содержание нитратного и аммонийного азота в почве на 25 и 35 мг/кг соответственно.

При условии оптимальной влагообеспеченности, заделанная поверхностно солома интенсивно минерализуется. Через 90 дней общая масса соломы сократилась на 60 % (Collins H., Elliot L., 2005). Минерализуясь, органическое вещество соломы способствует накоплению нитратных форм азота (Rochette P., 1991). По данным Harper S. (2015) токсичные вещества, вызывающие гибель проростков сахарной свеклы, эффективно нейтрализуются при быстрой минерализации органической массы соломы почвенной микробиотой. Наиболее широкое распространение применение соломы зерновых культур в качестве удобрения получило в Германии (Bernhardt H., 1999).

Обобщая обзор научной литературы по теме диссертационной работы, можно констатировать, что сахарная свёкла, являясь наиболее требовательной

культурой в части обеспечения оптимальных агрофизических, агрохимических, физико-химических и биологических свойств почвы, требует особого подхода ко всем агротехнологическим приемам, таким как выбор способа основной обработки почвы, а также обеспечения растений минеральным, и особенно, азотным питанием, в необходимые этапы развития растений. Имеется еще много так называемых «белых пятен», касающихся использования азотных удобрений по вегетации, оптимального способа обработки почвы применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям возделывания сахарной свеклы.

Мы, посредством проведения полевых опытов в условиях юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона России, постарались «закрасить» выявленные «белые пятна» и, тем самым, помочь землепользователям, занимающимся выращиванием сахарной свёклы, гарантированно получать высокие стабильные урожаи корнеплодов при сохранении и воспроизводстве плодородия нашего главного богатства- Русского Чернозёма.

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Метеорологические условия в годы проведения исследований.

Умеренно-континентальный климат Белгородской области отличается жарким летом и относительно холодной зимой. Континентальность рассматриваемой территории увеличивается с юго-запада на северо-восток. Причем во всех районах самым жарким месяцем в году является июль, а самым морозным – январь.

На рисунке 1 представлена климатограмма, отражающая среднемноголетние значения всех погодных параметров в локации проведения исследования. Необходимо отметить, что территория Грайворонского городского округа по своим климатическим характеристикам в целом идентична аналогичным условиям в районе областного центра. Таким образом, в дальнейшем мы будем ориентироваться на данные метеостанции г. Белгорода. Анализируя данные климатограммы, мы можем констатировать, что уровень 450-590 мм составляет среднее значение суммы осадков, которые выпадают за один год. Распространение осадков отмечается как неравномерное, поскольку особенности рельефа способствуют этому. Отдельные годы могут выделяться суммой осадков на уровне 700-750 мм. Примечательно, что данный параметр в некоторые годы имеет тенденцию к снижению до уровня 300 мм, а в безморозный период зафиксировано 240-290 мм осадков.

В отношении показателя средней температуры воздуха самого теплого месяца в календарном году можно увидеть показатель на уровне 18,5 - 21,4 °С. Причем максимальное абсолютное значение температуры воздуха в самом теплом месяце в году месяце доходит до отметки 36,0 – 41,5 °С выше нуля. Минимальное абсолютное значение температуры достигает зачастую - 35 – - 39 °С. Самый холодный месяц в году – январь - имеет среднюю

температуру, равную $-9,3 - 7,9^{\circ}\text{C}$. Зимой частым и распространенным явлением считаются оттепели. Продолжительность положительных температур находится в пределах 220-245 суток. 7°C – такова средняя годовая температура воздуха. Сумма эффективных температур, достигших отметки выше $+5^{\circ}\text{C}$ равняется 1965°C , а выше 10°C – 1084°C .

Климатические условия Белгородской области можно охарактеризовать как нестабильные, поскольку засухи и суховеи наблюдаются часто.

Подобные природные явления негативно сказываются на росте и развитии сельскохозяйственных культур.

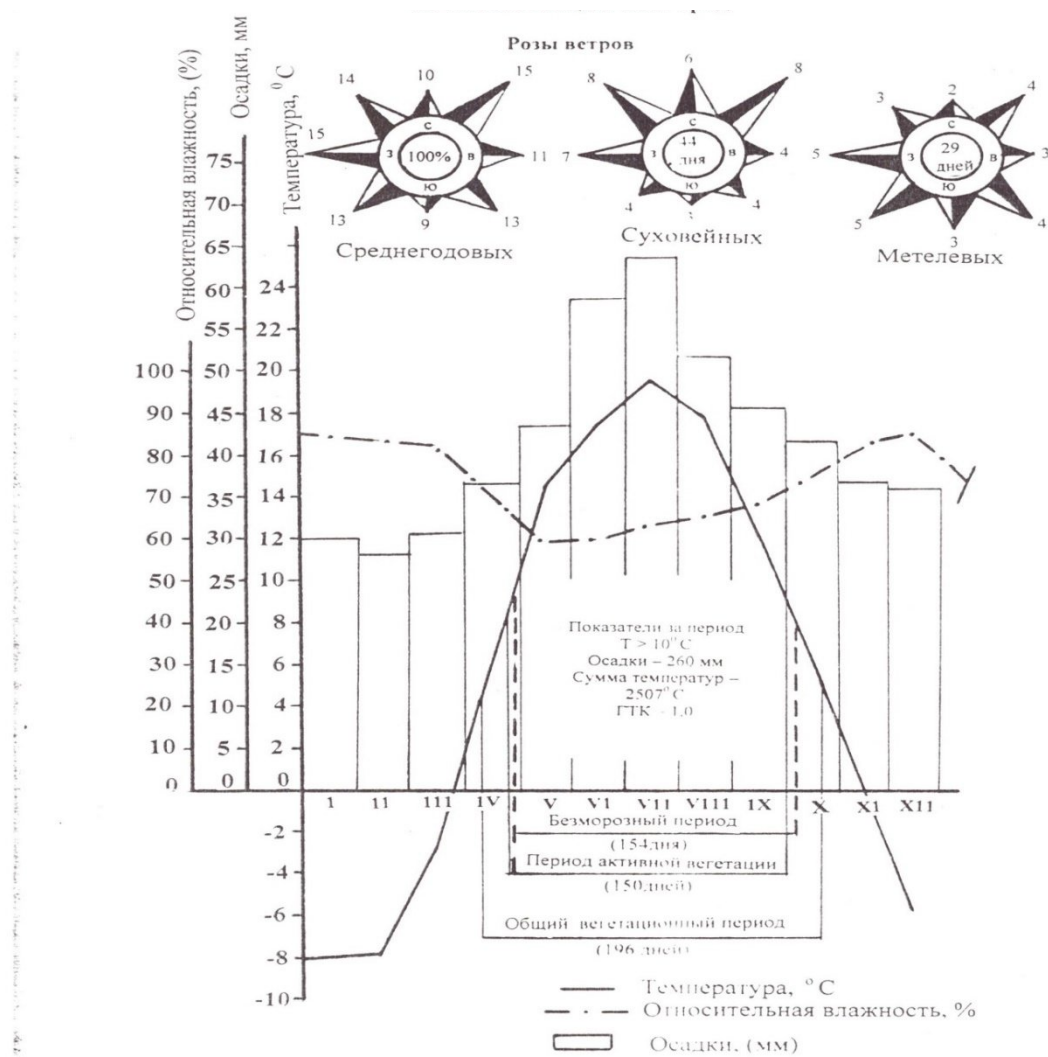


Рисунок 1. Климатограмма по метеостанции Белгород.

Сахарная свёкла, ввиду повышенного транспирационного коэффициента, нуждается в обеспечении достаточным количеством влаги на протяжении почти всего периода своей вегетации. Вместе с тем, холодная погода и, особенно, весенние заморозки, могут стать причиной изреживания посевов, получения ослабленных всходов, что, в конечном итоге, скажется на продуктивности.

Годовой приход солнечной радиации составляет около 90 ккал/см². По сезонам года это тепло распределяется следующим образом: зимний- 7; весенний- 28; летний- 40; осенний- 35 ккал/см². Радиационный баланс в целом за годовой период положительный и составляет около 40 ккал/см²., причём с марта по октябрь баланс положительный, а с ноября по февраль- отрицательный. Продолжительность светового дня возрастает с 15 часов в начале мая, до 17 часов в третьей декаде июня, а к концу сентября, ко времени уборки сахарной свёклы, вновь снижается до 12 часов.

Юго-западная часть ЦЧЗ – это район территориального расположения Белгородской области. Данное описание отражено на рисунке 2. Две природные климатические зоны объединены на рассматриваемой территории. К ним относится степная, включающая в себя юго-восточные районы, а также лесостепная, охватывающая районы запада, северо-запада и центр.

Грайворонский район, являющийся местом проведения наших исследований, находится на стыке первого агроклиматического района и подрайона «а» второго агроклиматического района. Таким образом, локация проведения полевых экспериментов объединяет в себе характеристики двух районов с климатическими характеристиками, описанными выше.

В годы проведения исследований погодные условия отличались разнообразием, что наложило свой отпечаток на показатели продуктивности сахарной свёклы и изучаемые свойства почвы.

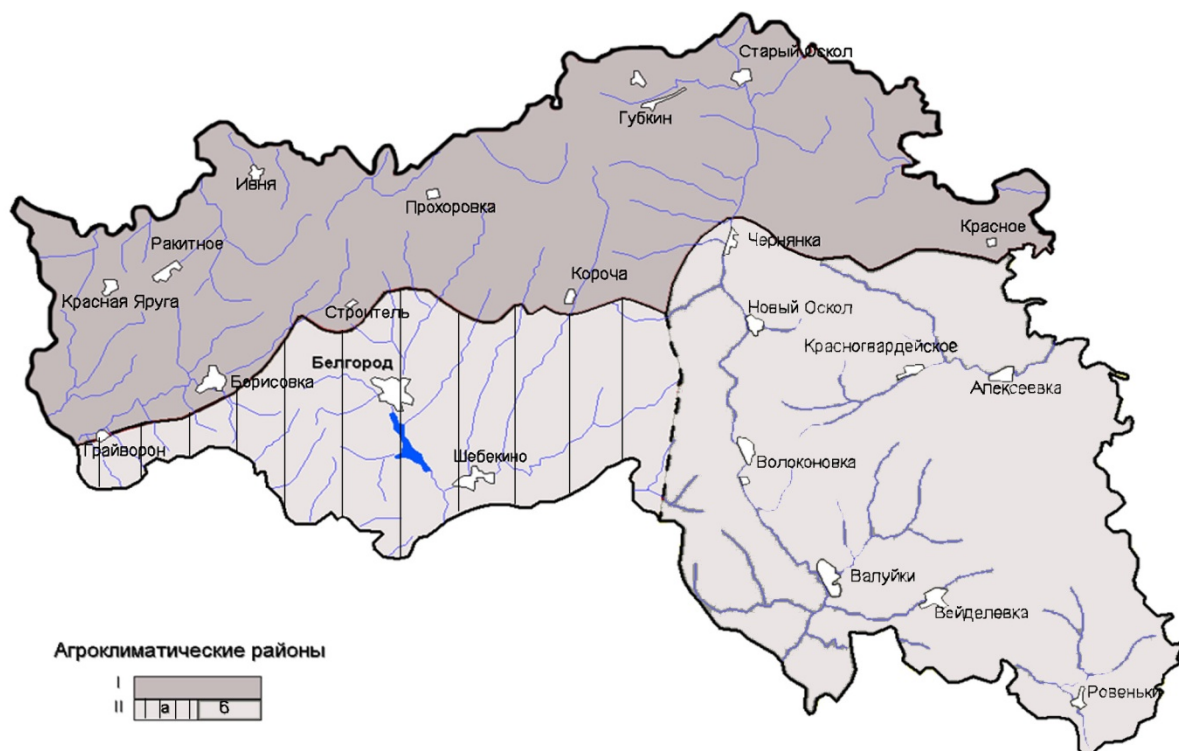


Рисунок 2. Агроклиматические районы Белгородской области

Анализируя таблицу 1, мы можем констатировать, что в среднем за 2019-2021 годы климатические данные апреля, как месяца, предшествовавшего началу активной вегетации сахарной свеклы имели несколько повышенную температуру и недобор по сравнению со среднегодовыми значениями, количества осадков.

На начальных этапах вегетации сахарной свеклы подобная тенденция сохраняется, не превышая, однако, критических величин, способных негативно воздействовать на молодые растения.

Летние месяцы показывали температуру на уровне среднегодовых значений с некоторым недобором осадков. В этой связи необходимо отметить, что осадки имели в основном ливневой характер и, несмотря на высокие показатели суммы осадков с агрономической точки зрения были менее эффективны по сравнению с длительными дождями малой интенсивности. Из особенностей летних погодных условий необходимо отметить высокий уровень влагообеспеченности в августе, что,

безусловно, положительно сказалось на формировании корнеплодов сахарной свеклы.

Заключительный этап роста растений сахарной свеклы в сентябре ознаменовался повышенными температурами воздуха и некоторым дефицитом влаги, что позволило проводить механизированную уборку корнеплодов в годы проведения исследования в комфортных условиях.

Таблица 1 - Метеорологические условия вегетационного периода сахарной свеклы (Средние данные 2019- 2021 гг.)

Месяц	Декады	Среднесуточная температура воздуха, °С			Сумма осадков, мм		
		Средняя многолетняя	2019-2021 гг.	Откл. от средней	Средняя многолетняя	2019-2021 гг.	Откл. от средней, %
Апрель	1	5,1	7,7	2,6	13	-	-
	2	7,5	8,3	0,8	14	21,6	154
	3	10,0	14,0	4,0	14	7,1	51
	М	7,5	10,0	2,5	41	28,7	70
Май	1	13,3	14,0	0,7	15	22,5	150
	2	14,9	16,7	1,8	16	2,2	14
	3	15,6	19,7	4,1	17	10,5	62
	М	14,6	16,8	2,2	48	35,2	73
Июнь	1	17,4	21,7	4,6	18	12,5	62
	2	17,7	23,3	5,9	22	24	103
	3	18,8	22,3	3,2	21	12	54
	М	17,8	22,6	4,7	63	48,5	76
Июль	1	19,1	19,1	0,0	24	25,9	108
	2	20,5	18,7	-1,8	23	23	100
	3	20,0	21,0	1,0	22	10,0	45
	М	19,9	19,6	-0,3	69	59,0	81
Август	1	19,6	17,3	-2,3	20	10	50
	2	18,9	22,1	3,2	19	31	161
	3	17,9	20,0	2,5	17	28	133
	М	18,7	19,8	1,1	56	69	115
Сентябрь	1	15,5	21,3	5,8	16	11	57
	2	12,8	15,1	2,3	13	10	72
	3	10,5	12,1	1,6	12	11	92
	М	38,8	48,5	9,7	41	32	80

2.2. Почвенный покров территории проведения опытов

Экспериментальные исследования проводились в юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона России на опытном поле, которое находится на участке землепользования ООО «Заречье» в Белгородской области, а именно в Грайворонском районе.

Район проведения полевых опытов располагается на отрогах Средне-Русской возвышенности в подзоне типичных и выщелоченных чернозёмов, которые являются доминирующими на данной территории.

В зоне проведения исследования наибольшее распространение получили черноземные почвы. На опытных полях при закладке разреза с привлечением ученых почвоведов из Федерального аграрного научного центра «Белгородский» почва классифицирована как чернозем типичный со всеми характеристиками, отвечающими данному типу.

Таким образом, почвенный покров опытного поля представлен чернозёмом типичным, сформированным на лессовидном суглинке. Типичные чернозёмы характеризуются увеличенным профилем перегнойно-аккумулятивного горизонта толщиной до 1,2 метра. По классификации мощности гумусового горизонта типичные чернозёмы относятся к среднемощным видам.

При изучении почвенного разреза, заложенного в границах опытного поля ясно выделяется горизонт А- тёмно-серой, почти чёрной окраски, свежий, тяжелосуглинистый, комковато-пылеватый, зернистый с мелкокомковатой структурой. В пахотном слое почвы структурно-агрегатный состав представлен комковатыми отдельностями с некоторым количеством глыбистых фракций, переход постепенный (Рисунок 3).

Мощность гумусового горизонта А в среднем 40-50 см. ниже, до глубины 70-80 см залегает горизонт В- свежий темно-серый с буроватым

оттенком, тяжелсуглинистый, комковато-зернистой структуры, переход между горизонтами А и В постепенный.



Рисунок 3. Почвенный профиль чернозёма типичного.
Грайворонский район Белгородская область

Переходный горизонт ВС свежий, палевый, тяжелосуглинистый, плотно-комковатый, с карбонатными отдельностями. На глубине 110-125 см залегает горизонт С- лессовидный суглинок, палево-жёлтого цвета, с обилием карбонатной плесени, журавчиков и ходов землероев. Линия вскипания от карбонатов чаще всего находится в нижней части гумусового горизонта.

Чернозёмы типичные, распространённые в юго-западной части Центрально-Чернозёмного экономического района, развиты в основном на тёмно-бурых карбонатных тяжелосуглинистых и глинистых лессовидных суглинках. По гранулометрическому составу типичные чернозёмы представлены в основном тяжелосуглинистыми и легкоголинистыми разновидностями. Содержание физической глины в пахотном слое почвы может достигать до 60 процентов. Преобладают фракции ила и крупной пыли.

По данным химического анализа почвы опытного поля перед закладкой эксперимента она имела следующие агрохимические характеристики пахотного слоя:

- содержание гумуса (по Тюрину)- 4,7-5,5 %;
- рН солевой вытяжки- 5,4-5,8;
- гидролитическая кислотность- 1,8-2,2 мг-экв/100 г почвы;
- степень насыщенности основаниями- 92 %;
- содержание подвижного фосфора- 74-90 мг/кг;
- содержание обменного калия- 121-134 мг/кг.

Участок, на котором проводились эксперименты, относится к старопахотным землям, давно находящимся в хозяйственном обороте. Благодаря почти равнинному рельефу с уклоном не более 2°, на данных полях закладывались полевые севообороты с насыщением пропашными культурами. Ввиду того, что под интенсивные культуры вносились удобрения в повышенных дозах, содержание биогенных элементов

достаточно высокое, что и предопределило высокий уровень эффективного плодородия чернозёма типичного опытного участка.

2.3. Объект и методика проведения исследований

В полевом опыте по разработке научных основ применения энергосберегающих обработок почвы с использованием дробного внесения азотных удобрений на сахарной свёкле изучались два способа обработки почвы- отвальная глубокая классическим плугом с полным оборотом пласта на глубину 27-30 см и мелкая с глубиной воздействия 12-15 см с сохранением чередования слоёв почвы с их перемешиванием.

На два варианта основной обработки почвы накладываются 8 вариантов удобрённости.

Схема опыта с удобрениями представлена следующими вариантами:

1. Контроль;
2. $N_{50}P_{130}K_{130}$;
3. $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{35}$;
4. $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{35} + N_{32}$;
5. $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{35} + N_{64}$;
6. $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{70}$;
7. $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{70} + N_{32}$;
8. $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{70} + N_{64}$.

Удобрения вносили в форме диаммофоски осенью под основную обработку почвы, под весеннюю культивацию – аммонийную селитру и в подкормку в период вегетации применяли карбамидно-аммиачную смесь (КАС).

Севооборот, реализуемый в хозяйстве имеет следующее чередование культур:

1. Соя

2. Озимая пшеница
3. Сахарная свёкла
4. Ячмень, яровая пшеница, гречиха
5. Кукуруза на зерно
6. Подсолнечник

Опыт проводился на третьей культуре севообороте- сахарной свёкле. За трехлетний период исследований сахарная свёкла располагалась на полях, расположенных в пределах 3-4 км друг от друга и имеющих сходную агрохимическую характеристику, представленную выше.

Расположение делянок в опыте систематическое. Размер элементарной делянки- 100 м² (4 х 25 м). повторность трехкратная. Защитный коридор между блоками делянок составлял 10 м для удобства разворота сельскохозяйственной техники и во избежание краевого эффекта при действии факторов опыта.

Схема расположения делянок на одном повторении опыта:

11	21
12	22
13	23
14	24
15	25
16	26
17	27
18	28

В индексации делянок первая цифра- способ обработки почвы (1- вспашка; 2- мелкая), вторая цифра- вариант удобрения согласно схемы.

Технология возделывания сахарной свеклы за исключением факторов опыта общепринятая для региона. В опыте использовались в качестве посевного материала гибриды зарубежной селекции интенсивного типа,

имеющие схожие характеристики. Программа защиты растений предусматривала обработку посевов гербицидами согласно рекомендаций производителей препаратов, а также использование фунгицидов и инсектицидов адаптивно по порогам вредоносности. Поскольку данные факторы не являются предметом исследования диссертационной работы в интерпретации результатов, мы не делали на них акцент.

Программой исследований предусматривалось выполнение следующих учётов, наблюдений и анализов:

1. Учет урожая (основной и побочной продукции) - количественно-весовым методом путем подсчета и корнеплодов с учетных площадок (Минеев В.Г., 2004).

2. Проведение анализов почвенных проб и растительных образцов будет осуществлено по следующим методиками:

- рН солевой вытяжки - по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85);
- гидролитическая кислотность - по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91);
- сумма поглощенных оснований - по методу Каппена-Гильковица (ГОСТ 27821-88);
- подвижные формы фосфора и калий - по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91);
- определение сухого вещества - методом высушивания (ГОСТ 2363 7);
- определение общего азота, фосфора и калия в корнеплодах в ботве и сахарной свеклы - методом мокрого озоления (ГОСТ на азот 13496-93, фосфор 26657-97, калий 30504-97);
- нитраты в растениях - по методу ЦИНАО (ГОСТ 13496-86);
- содержание в почве нитратного и аммонийного азота по фазам развития;
- сахаристость - оптическим методом на поляриметре СУ-2;
- замер листовой поверхности по Н.И. Орловскому (1948);

- динамика нарастания корнеплодов сахарной свёклы по С.И. Кузьмичу (1934).

3. Математическая обработка данных методом дисперсионного анализа (Б.А. Доспехов, 1985).

4. Оценка экономической эффективности возделывания сахарной свеклы по фактическим затратам.

ГЛАВА 3. ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УРОВНЯ УДОБРЕННОСТИ

Свойства почвы, обеспечивающие хорошие водоудерживающие свойства, плотность и аэрацию, а также возможность образования коллоидной составляющей почвы через оптимальную структуру, особенно важны при возделывании сельскохозяйственных культур в антропогенных агроценозах, где естественные природные процессы нарушены хозяйственной деятельностью человека. Особенно актуальны данные вопросы для пропашных культур, поскольку по сравнению с культурами сплошного сева, воздействие на почву кратно возрастает, что может привести к негативным последствиям как для получения урожаев, так и для экологического благополучия обрабатываемых площадей. Сахарная свекла в этом ряду занимает особое место, поскольку формирует свою товарную продуктивность непосредственно в почве. Излишнее переуплотнение пахотного горизонта может спровоцировать недостаток влаги для образования полноценной продукции, сокращение доступа кислорода к корням и образование мелких, вытянутых вниз по профилю и волокнистых корнеплодов с неблагоприятными технологическими свойствами, что значительно снижает эффективность возделывания этой ценной технической культуры.

Мы в своих исследованиях определили характер действия способа основной обработки почвы и состава удобрительного комплекса на плотность почвы в двух контрастных слоях почвы, структуру почвы и показатели обеспеченности почвы влагой в виде количества продуктивной влаги в слое почвы 100 см, как наиболее информативный показатель состояния водного режима. Данные величины определяли в два срока – при посеве культуры и перед уборкой корнеплодов, а также расчетным путем

определяли водопотребление сахарной свеклы в зависимости от изучаемых в опыте факторов.

Отбор почвенных образцов на определение плотности почвы и ее структурно-агрегатного состояния проводился в середине июня, в период активного роста надземной и подземной частей сахарной свеклы.

3.1. Влияние агротехнических приемов на плотность почвы при возделывании сахарной свеклы

В период активного нарастания подземной части корнеплода, начинающейся со второй половине июня в условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона России фактор создания оптимальной плотности сложения корнеобитаемых слоев почвы имеет принципиальное значение. В случае переуплотнения почвы корнеплоды могут неполноценно развиваться, иметь неправильную форму и излишнюю твердость ввиду недостатка доступной влаги по причине недостатка почвенных капилляров. Эти обстоятельства могут привести к недобору урожая посредством увеличения потерь при механической уборке и потери сахара при промышленной переработке.

По результатам учетов и наблюдений, плотность почвы в верхних слоях зависит, главным образом, от способов обработки почвы и, в меньшей степени, от уровня удобренности. На контроле без применения минеральных удобрений определяющим фактором для формирования оптимальных агрофизических свойств почвы является объем воздействия и способ основной обработки почвы под сахарную свеклу. Если, при глубокой отвальной вспашке по слоям пахотного горизонта наблюдается отчетливая дифференциация с благоприятными значениями в подпахотном горизонте 20-40 см, то при минимальной обработке происходит иная закономерность-наблюдается статистически доказанное уплотнение нижнего слоя почвы с

величинами, выходящими за пределы величин, определенных как оптимальные при возделывании сахарной свеклы- 1,18-1,22 г/см³ (Таблица 2).

При анализе таблицы 2 обращает на себя внимание факт незначительного влияния такого фактора опыта, как сроки, дозы и виды минеральных удобрений на изменение показателей плотности почвы под посевами сахарной свеклы. Объяснение данному факту следует искать, на наш взгляд, в незначительных объемах использования минеральных удобрений в физическом весе, а также интенсивной их переработкой почвенной микробиотой и переход действующих веществ, прежде всего азота, в состав почвенного раствора. Таким образом, удобрительный продукт, внесенный в почву как осенью под основную обработку почвы, так и весной в начале вегетации сахарной свеклы, не являлся фактором изменения показателей плотности почвы.

Так, при абсолютном контроле, т.е. на вариантах, где схемой опыта не предусмотрено внесение удобрений, плотность почвы составила в слое почвы 0-20 см 1,14-1,17 г/см³, а нижележащем повышалась до 1,18-1,22 г/см³, то на вариантах с максимальной агрохимической нагрузкой со схемой удобрениями N₅₀P₁₃₀K₁₃₀+ N₇₀ + N₆₄ зафиксированные значения плотности почвы отмечены на уровне 1,14 и 1,15-1,22 г/см³, практически полностью повторив величины этого агрофизического показателя на превом варианте схемы опыта.

Необходимо отметить, что меньшие значения плотности почвы отмечены нами в подпахотном слое почвы вне зависимости от уровня удобрения, что говорит о несомненно положительной роли глубокой отвальной обработки в плане разуплотнения пахотного слоя почвы. При использовании минимальной обработки почвы различия по плотности почвы в верхнем слое на всех вариантах опыта нивелируются.

Таблица 2 – Плотность почвы под посевами сахарной свёклы при различных агроприемах, г/ см³. Средние данные за 2019-2021 гг.

Вариант	Слои почвы	Плотность почвы	
		Вспашка	Минимальная
Контроль	0-20	1,17	1,14
	20-40	1,18	1,22
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	0-20	1,16	1,15
	20-40	1,18	1,19
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	0-20	1,17	1,15
	20-40	1,15	1,19
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	0-20	1,14	1,14
	20-40	1,16	1,21
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	0-20	1,15	1,16
	20-40	1,17	1,19
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	0-20	1,16	1,14
	20-40	1,15	1,20
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	0-20	1,18	1,13
	20-40	1,16	1,18
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	0-20	1,14	1,14
	20-40	1,15	1,22
НСП ₀₅ (обработка А)		0,15	0,21
НСП ₀₅ (удобрения Б)		0,24	

В целом, почвы, занятые под возделывание сахарной свеклы, формируют благоприятные значения плотности, что при условии соблюдения технологической дисциплины в агротехнологиях и проведения всех предусмотренных составляющих, служит решающим фактором получения стабильно высоких урожаев корнеплодов.

3.2. Влияние способов основной обработки почвы и различной удобренности на структурное состояние чернозема

Земли сельскохозяйственного назначения, вовлеченные в хозяйственный оборот посредством использования их для возделывания сельскохозяйственных культур, должны сохранять при этом все важные качества и свойства. Одним из основополагающих характеристик почвы является ее структурное состояние. Для объективного контроля этого свойства почвы учеными используется величина коэффициента структурности, т.е. показатель, выражающийся в оптимальных соотношениях агрономически ценных агрегатов к сумме пылеватой и глыбистой фракции почвы. Данный интегрированный показатель, определяющий степень устойчивости почвы к механическому воздействию мы проанализировали на всех вариантах полевого опыта.

В диссертационном исследовании коэффициент структурности определялся во второй-третьей декаде июня на всех вариантах опыта по двум слоям почвы, наиболее важным с точки зрения развития корневой системы и создания благоприятного водного, воздушного и питательного режимов при возделывании сахарной свеклы.

Как показали результаты учетов при просеивании почвенных образцов через комплекс сит, основополагающим фактором, влияющим на структуру почвы является уровень механического воздействия (Таблица 3).

Таблица 3 – Коэффициент структурности почвы при различных способах обработки почвы и уровнях удобренности. Средние данные за 2019-2021 гг.

Вариант	Слои почвы	Коэффициент структурности, ед.	
		Вспашка	Минимальная
Контроль	0-20	2,9	3,8
	20-40	3,3	2,8
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	0-20	4,6	5,3
	20-40	4,9	4,3
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	0-20	4,1	4,9
	20-40	4,5	4,1
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	0-20	5,1	5,0
	20-40	4,8	4,4
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	0-20	4,6	4,7
	20-40	4,5	4,1
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	0-20	4,7	5,1
	20-40	5,0	3,9
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	0-20	4,9	5,2
	20-40	4,8	4,1
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	0-20	4,6	5,0
	20-40	4,4	4,0
НСП ₀₅ (обработка А)		0,15	0,26
НСП ₀₅ (удобрения Б)		0,7	

Минимальная обработка почвы даже на вариантах без внесения удобрений, показала лучшие значения коэффициента структурности в верхних слоях почвы. С увеличением глубины данная закономерность имеет обратный характер в данном случае коэффициент структурности в слое 20-40 см при минимальном способе обработки почвы составляет 2,8, а при отвальной вспашке- на 0,5 единиц больше.

Минеральные удобрения, внесенные осенью в дозе $N_{50}P_{130}K_{130}$ повысили коэффициент структурности на значительную величину- до 4,3-5,3 единиц. При данной системе удобрения на вспашке величины структурности практически не отличаются по всем слоям почвы, а при минимальной обработке почвы наблюдается резкая дифференциация 40-сантиметрового слоя почвы по глубине. Если верхний горизонт почвы более структурирован, то в нижнем преобладает глыбистая фракция, отмечаются признаки слитизации, что негативно сказывается на развитии корневой системы.

Внесение удобрений в подкормку практически не повлияло на изменения показателей структурности чернозема. Величины, полученные по данным вариантам незначительно отличаются от делянок, где вся удобрительная доза вносилась под основную обработку почвы с сохранением описанных выше закономерностей.

3.3. Запасы продуктивной влаги в почве и водопотребление сахарной свёклы под влиянием обработки почвы и минеральных удобрений

Обеспечение сельскохозяйственных культур влагой является непременным условием достижения высокой продуктивности. Растения усваивают влагу из почвенных запасов и поэтому в диссертационной работе были проанализированы запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, как потенциально используемые растениями сахарной свеклы в два срока отбора, отражающих наибольшую объективность при оценке

водоудерживающей способности почвы. Первый срок был определен в весенний период после посева культуры и отражает обеспеченность почвы влагой в период начальных этапов роста и развития сельскохозяйственной культуры. Во второй раз почвенные образцы отбирали перед уборкой сахарной свеклы для установления эффективного использования почвенных водных запасов в зависимости от агротехнологических приемов, изучавшихся в полевом опыте.

Как показали результаты исследований, при начале вегетации сахарной свеклы метровый слой почвы содержал на контроле без использования удобрений 143 мм при глубокой отвальной обработке и 125 мм при поверхностной минимальной при наименьшей существенной разнице по фактору 4,6-5,2 мм, что указывает на достоверность полученной разницы значений (Таблица 4). Данное обстоятельство можно объяснить повышенной водопроницаемостью пахотного слоя почвы при углублении обработки почвы и оборота ее пласта и, как следствие, лучшей проникающей способности влаги зимнего периода и ранневесенних осадков транспортироваться в нижние слои почвы на глубину до 1 м. Минимальная обработка почвы благоприятно сказывается только на повышении способности пропускать влагу верхнего 15-сантиметрового слоя почвы, в нижележащих горизонтах мы можем констатировать некоторое переуплотнение, что негативно сказывается на способности почвы пропускать и удерживать поступающую влагу.

Достоверная разница в запасах почвенной влаги в метровом слое почвы сохраняется и на вариантах с различной степенью удобренности. Фактор различной агрохимической нагрузки при весеннем анализе почвы на содержание влаги можно рассматривать в контексте только фоновых значений, выразившихся в осеннем внесении $N_{50}P_{130}K_{130}$ под основную обработку почвы. Изучаемые в опыте подкормки азотными удобрениями по вегетации сахарной свеклы не оказывали влияния на весенние запасы влаги в

слое почвы 0-100 см. различия между способами обработки почвы по удобренным вариантам составило от 4 до 26 мм с большими величинами при использовании вспашки.

Таблица 4– Запасы продуктивной влаги в почве под посевами сахарной свёклы при различных элементах агротехнологии (мм).

Средние данные за 2021-2023 гг.

Вариант	Вспашка		Минимальная обработка	
	посев	уборка	посев	уборка
Контроль	143	34	125	38
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	156	43	140	49
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	170	49	148	56
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	168	55	155	59
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	171	49	147	55
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	159	55	155	61
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	166	57	151	53
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	168	60	159	58
НСП ₀₅ (А)	5,2	4,9	4,6	4,6
НСП ₀₅ (Б)	9,9		8,7	

Следует отметить, что при внесении минеральных удобрений под основную обработку почвы с осени благотворно сказывается на сохранении почвенной влаги. На всех вариантах опыта, где схемой исследования предусмотрено использование в технологии сахарной свеклы минеральных удобрений запасы продуктивной влаги превосходили контрольные варианты

на 10-20 % при глубокой отвальной обработке почвы и на 18-27 % при использовании энергосберегающей поверхностной обработки.

По результатам анализа почвы на содержание влаги перед уборкой сахарной свеклы возможно сделать вывод об эффективности расходовании почвенных водных запасов растениями и о способности почвы удерживать влагу обильных летних осадков.

Следует отметить, что раннеосенние запасы почвенной влаги в метровом слое почвы были значительно меньше весенних и составляли в зависимости от способа обработки почвы и уровня удобренности величины от 34 до 61 мм.

При анализе экспериментальных данных выявлены характерные закономерности, отражающие влияние изучаемых в опыте факторов на влагоудерживающую способность почвы в период вегетации сахарной свеклы. В большей степени на изучаемый показатель влиял характер воздействия на почву при проведении основной обработки. На данном этапе онтогенеза сахарной свеклы проявляется положительная роль минимализации обработки почвы. На этих вариантах запасы продуктивной влаги на всех вариантах удобренности были выше аналогичных значений, полученных при глубокой вспашке. Если на контроле без удобрений уместнее говорить лишь о тенденции с разницей по факторам 4 мм, то при внесении минеральных удобрений с осени или при подкормке растений на ранних этапах вегетации аммиачной селитрой различия в значениях влагообеспеченности увеличиваются до 6 мм, что превышает наименьшую существенную разницу. На фоне высоких доз азотных удобрений, внесенных по вегетации сахарной свеклы различия в запасах продуктивной влаги в метровом слое почвы нивелируются.

В целом на удобренных вариантах запасы влаги в почве к концу вегетации сахарной свеклы значительно превышают на величину 9-26 мм

контрольные варианты вне зависимости от способа основной обработки почвы.

Корреляционный анализ показал, что связь между запасами продуктивной влаги в почве при посеве и перед уборкой и полученной урожайностью сахарной свеклы сильная положительная, т.е. с увеличением запасов продуктивной влаги, как при глубокой обработке почвы, так и при минимальной, увеличивается и урожайность сахарной свеклы.

При посеве коэффициент корреляции $r = 0,867$ при глубокой обработке почвы, $r=0,931$ при минимальной обработке почвы, то есть коэффициент корреляции $r>0.7$. Доверительный интервал коэффициента корреляции находится в пределах 0,368- 1,365 при глубокой обработке почвы и 0,566- 1,295 при минимальной обработке почвы при уровне вероятности 95%.

Перед уборкой коэффициент корреляции $r = 0,869$ при глубокой обработке почвы, $r=0,923$ при минимальной обработке почвы, то есть коэффициент корреляции $r>0.7$. Доверительный интервал коэффициента корреляции находится в пределах 0,376- 1,363 при глубокой обработке почвы и 0,54-1,307 при минимальной обработке почвы при уровне вероятности 95%.

При увеличении запасов продуктивной влаги перед посевом на 1мм урожайность сахарной свеклы увеличивается на 0.644 т/га при глубокой обработке почвы и на 0,874 т/га при минимальной обработке почвы. Аналогичная зависимость установлена и перед уборкой на 0.724 т/га при глубокой обработке почвы и на 1,281 т/га при минимальной обработке почвы. Доверительный интервал коэффициента регрессии перед посевом находится в пределах 0,274- 1,014 т/га и 0,532-1,217 т/га, соответственно, перед уборкой в пределах 0,313- 1,136 т/га и 0,749-1,812 т/га, соответственно. 75,1% и 75,5% колебаний в урожайности сахарной свеклы вызываются колебаниями от запасов продуктивной влаги перед посевом и уборкой при

глубокой обработке почвы и на 86,7% и 85,3% при минимальной обработке почвы. (Приложение Е).

Анализ показателей водно-физических свойств почвы был бы неполным без данных по суммарному потреблению за период вегетации сахарной свеклы и коэффициентам водопотребления, характеризующим количество почвенной влаги, расходовавшейся на получение единицы основной продукции сахарной свеклы.

Абсолютные величины суммарного водопотребления сахарной свеклы говорят об интенсивном метаболизме этой ценной технической культуры и о значительном расходовании влаги на формирование как листового аппарата, так и корнеплода в процессе вегетации. Общее водопотребление сахарной свеклы в зависимости от изучаемых факторов составило 3896-4470 м³/га (Таблица 5).

Наименьший расход почвенной влаги зафиксирован на вариантах, где схемой опыта не предусмотрено внесение минеральных удобрений. В этом случае суммарное водопотребление сахарной свеклы составило 3896-4058 м³/га, что объясняется невысокими показателями продуктивности культуры на неудобренных вариантах. На вспашке уровень потребления влаги был более высоким по сравнению с энергосберегающим способом обработки почвы.

С ростом удобренности значительно возрастает и потребление влаги из почвы. Максимальных значений оно достигает при глубокой вспашке, доходя до значений 4239-4470 м³/га.

Оптимальным вариантам опыта, позволяющим при достаточно высокой продуктивности сохранять и рационально использовать почвенную влагу является фоновое внесение минеральных удобрений под основную обработку почвы в дозе N₅₀P₁₃₀K₁₃₀ на фоне однократной весенней подкормки посевов аммиачной селитрой при условии использования минимального способа обработки почвы. При такой схеме значение водопотребления незначительно

отличается от экстенсивного удобренного варианта и составляет 3736-3899 м³/га.

Таблица 5– Водопотребление сахарной свёклы при разных способах обработки почвы и листовых азотных подкормок.

Средние данные за 2021-2023 гг.

Вариант	Суммарное водопотребление, м ³ /га		Коэффициент водопотребления, м ³ /т	
	Вспашка	Мелкая	Вспашка	Мелкая
Контроль	4058	3896	183	220
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	4470	4117	112	122
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	4022	3899	92	87
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	4117	4045	79	76
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	3952	3977	88	90
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	4008	3736	86	94
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	4120	4091	92	104
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	4239	4111	106	107
НСП ₀₅ (А)	102	116	15	19
НСП ₀₅ (Б)	133		22	

При анализе величин расходования почвенной влаги при возделывании сахарной свеклы важным значением является коэффициент водопотребления, показывающий, сколько расходуется влаги на формирование единицы урожая, в нашем случае тонны корнеплодов сахарной свеклы. Как показали результаты исследований, наиболее нерационально запасы почвенной влаги расходуются на вариантах без использования удобрений. На данных вариантах при глубокой овалной обработке коэффициент водопотребления

составил 183 м³/т, а при поверхностной обработке- 220 м³/т, что свидетельствует о более рациональном использовании влаги при вспашке. Аналогичная закономерность проявляется и при внесении всей дозы минеральных удобрений с осени под основную обработку почвы в дозе N₅₀P₁₃₀K₁₃₀. Данный агроприем позволяет значительно экономить почвенную влагу, снижая анализируемую величину на 71 и 98 м³/т соответственно при отвальной и мелкой обработках почвы.

При условии введения в технологию возделывания сахарной свеклы азотных подкормок коэффициент водопотребления продолжает снижаться до величин 76-107 м³/т с практически равной эффективностью изучаемых в опыте способов основной обработки почвы. Оптимальным вариантом, при котором получены минимальные значения потребления влаги при формировании основной продукции зафиксированы при системе удобрения, включающей кроме основного внесения две азотные подкормки. Следует, однако, заметить, что на остальных вариантах удобренности разница в величинах коэффициента водопотребления либо находится ниже наименьшей существенной разницы, либо незначительно превышает ошибку опыта.

Полученные в диссертационном исследовании экспериментальные данные свидетельствуют о существенной роли минеральных удобрений, особенно при внесении азота по вегетации, в сокращении потребления влаги на формирование продуктивности корнеплодов сахарной свеклы. Фактор увеличения глубины обработки почвы и оборота пласта проявляется только на неудобренных вариантах.

ГЛАВА 4. ДИНАМИКА ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ПОД ПОСЕВАМИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

4.1. Влияние обработки почвы и фонов питания на изменение запасов минерального азота при возделывании сахарной свеклы

Азот является основным элементом питания для всех возделываемых сельскохозяйственных культур. Этот элемент, отвечающий за формирование вегетативных и генеративных органов, развитие корневой системы и обеспечения качественных показателей получаемой продукции, находится в почве в виде подвижных соединений, подверженных как химической трансформации, так и миграции в токами почвенной влаги по профилю. Данное обстоятельство диктует необходимость постоянного мониторинга доступных соединений азота в почве как во времени, так и по горизонтам почвы. Для сахарной свеклы обеспечение азотом играет чрезвычайно важную роль. На начальных этапах развития культуры полноценное азотное питание гарантирует формирование мощной розетки листьев, интенсифицирует физиологические процессы, происходящие в растениях и, в конечном итоге, обеспечивает нарастание корнеплода с высокими технологическими качествами.

Программой наших исследований было предусмотрено выявление величины запасов минерального азота (суммы нитратного и аммиачного) по трем срокам отбора, наиболее характерным для значимости этого показателя в обеспечении полноценного онтогенеза сахарной свеклы. При первом сроке отбора в середине апреля, до посева сахарной свеклы, мы можем сделать вывод о возможности использования почвенных запасов доступного азота на начальных этапах вегетации, второй срок отбора был приурочен к периоду максимального потребления растениями азотных соединений при закладке фундамента будущего урожая и был произведен в конце июня- начале июля.

Финальная фиксация запасов минерального азота в почве была осуществлена во второй половине августа, когда в целом сформирована продуктивность корнеплодов и происходят процессы реутилизации азота и химические реакции в самом корнеплоде, обеспечивающие его химический состав.

Поскольку сахарная свекла отличается разветвленной корневой системой, способной усваивать питательные вещества со значительной площади, но в пределах определенной глубины, нами проведен анализ азотного фонда почвы в виде суммарных запасов минерального азота по слоям почвы 0-20 и 20-40 см. Закономерность отражена на рисунке 4.

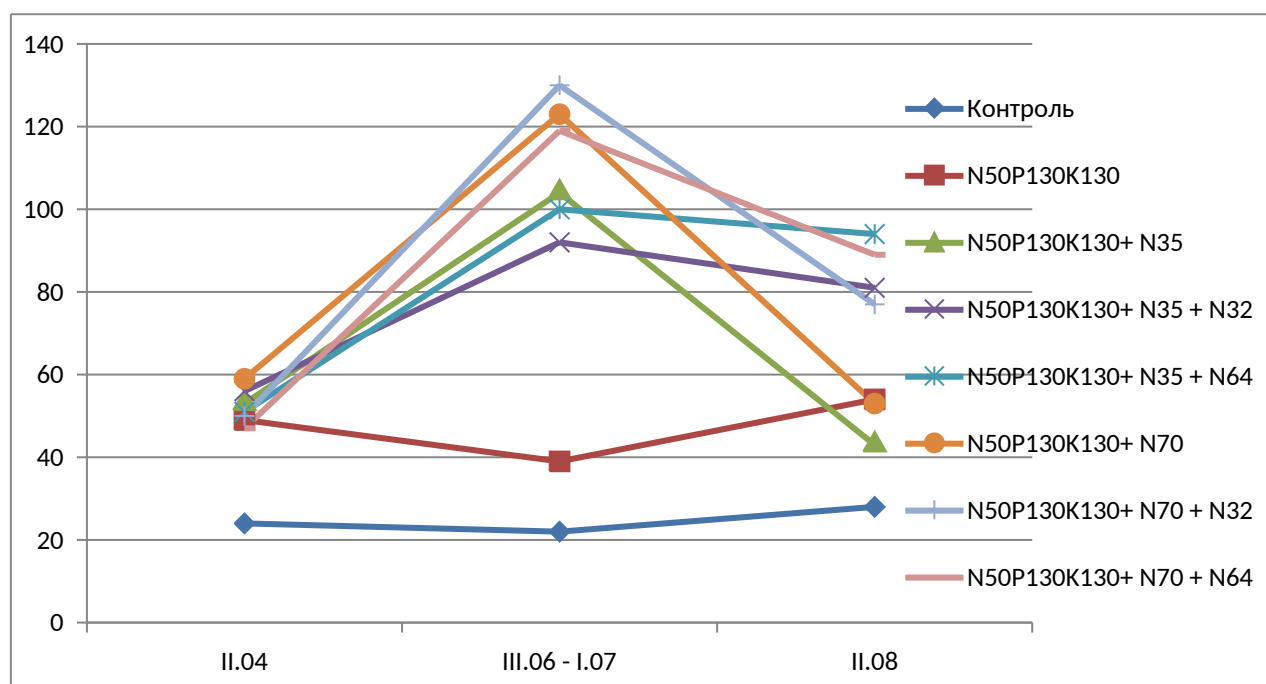


Рисунок 4. Запасы минерального азота в почве в зависимости от уровня удобрения на отвальной обработке в слое почвы 0-20 см, кг/га

Необходимо отметить общую для всех вариантов опыта, предусматривающих использование минеральных удобрений в весенний период, тенденцию. На каждой удобренной по этой схеме делянке, запасы минерального азота в слое 0-20 см значительно возросли ко второму сроку отбора. Этому факту, по нашему мнению, находится объяснение в переходе

азота из химических веществ минеральных удобрений в форму иона нитрата под воздействием преимущественно влажности. Большое количество минерального азота, которое было внесено поверхностно без заделки в почву, смывается атмосферными осадками в верхние горизонты почвы и учитывается при проведении агрохимического анализа. Величины в данном случае пропорциональны количеству внесённых удобрений. Например, при первой подкормке N_{30} запасы минерального азота составили 92 – 104 кг/га, а при повышении количества азота удобрений в два раза, его запасы в верхнем слое почвы в конце июня составили уже 119 -130 кг/га. Показатели азотного состояния чернозёма на опытном поле при третьем сроке отбора определяется, главным образом, наличием второй подкормки карбамидно-аммиачной смесью (КАС-32). При использовании КАС по вегетации они увеличиваются до 77-94 кг/га в зависимости от дозы внесения. Так, при однократном внесении после посева аммиачной селитры запасы азота в верхнем слое почвы составили в конце августа 43-53 кг/га.

Несколько иной характер преобразования азотных минеральных форм мы можем наблюдать в верхнем слое при проведении мелкой поверхностной обработки почвы. При внесении различных вариантов минеральных удобрений в этом случае отмечают своеобразный характер изменения почвенных запасов минерального азота, если при отсутствии удобрений в системе возделывания сахарной свёклы мы отмечаем схожие с отвальной обработкой тенденции,.

Первостепенно, содержание азота при 1-ом сроке отбора в слое 0-20 см при мелкой обработке на всех удобренных вариантах почти в два раза превышает аналогичные варианты со вспашкой (Рисунок 5).

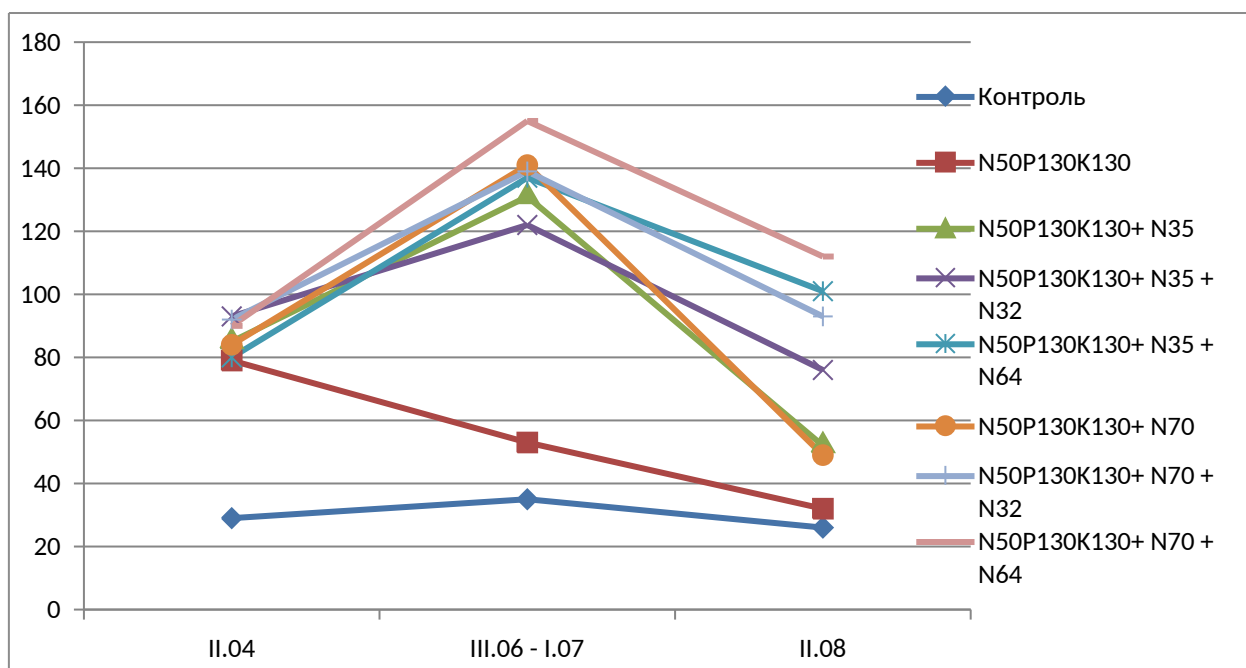


Рисунок 5. Запасы минерального азота в почве в зависимости от уровня удобрения при поверхностной обработке в слое почвы 0-20 см, кг/га

Предположительно, значительное их количество находится в местах локализации, несмотря на значительную подвижность минеральных азотных соединений, имеющих возможность перемещаться по профилю почвы с почвенной влагой. То есть, в том слое, куда были внесены удобрения. В данном случае это анализируемый слой 0-20 см, на который и приходилось 100 % механического воздействия почвообрабатывающих орудий. Этим можно обосновать увеличенное количество минерального азота в верхнем слое почвы в конце апреля по сравнению с вариантом вспашки.

По мере вегетации сахарной свёклы происходит еще большая дифференциация пахотного слоя. Во 2-ой срок отбора запасы минерального азота при мелкой обработке почвы в слое 0-20 см характеризуются значительными величинами- 155 кг/га. Азот аммиачной селитры, применяемой в мае месяце при посеве сахарной свёклы в виде ионов нитрата переходит в почвенный раствор, а катионы аммония закрепляются в ППК.

В 3-ий срок отбора ограничивающим элементом, влияющим положительно на увеличение концентрации минерального азота в верхнем

слое почвы стало наличие второй подкормки КАС. Запасы минерального азота на этих вариантах в конце августа в поверхностном слое почвы достигают величин 100 кг/га, что представляется избыточным на рассматриваемом этапе вегетации культуры.

Расхождение в содержании минерального азота по слоям почвы имеют и важное научно-практическое значение. У сельскохозяйственных культур, а в особенности у сахарной свёклы, корневая система, а, значит, и способность усваивать питательные вещества, распределена по профилю почвы неравномерно. Наряду с культурами с глубоко проникающей корневой системой (подсолнечник, многолетние травы) существуют и формирующие в близко залегающий поглощающий корневой комплекс мочковатого типа (зерновые, кукуруза). Сахарной свёкле в этом перечне отводится особое место поэтому, именно этот слой наиболее интересен с точки зрения эффективности различных систем удобрения. Наряду с глубоким проникновением корней (до 2 и более метров) основные продуктивные корни, способные активно поглощать из почвы влагу и питательные вещества, залегают на глубине 20-40 см. Мы включили по этой причине в программу исследований анализ слоя почвы 20-40 см на содержание минерального азота по 3-ём срокам отбора на всех изучаемых вариантах в опыте.

На вариантах со способом основной обработки почвы – классической отвальной вспашкой, запасы минерального азота на контроле без применения удобрений в нижнем слое почвы составили 39 кг/га, что больше на 15 кг/га схожего в верхнем слое показателя. Стоит учесть, что основным источником пополнения фонда минерального азота в данных условиях выступает органическое вещество почвы. Ведущим фактором, формирующим интенсивность минерализации почвенной органики служит микробиологическая активность почвы. По той причине, что при вспашке разрыхляется слой почвы до 30 см и ниже, происходит формирование

условий для лучшего доступа воздуха в эти слои. По этой причине создаются предпосылки для активного развития микроорганизмов-нитрификаторов, являющихся облигатными аэробами.

Отмечается повышение уровня обеспеченности нитратами на вариантах с весенним внесением азотных удобрений. Запасы минерального азота в подпахотном слое почвы составили во второй срок отбора более 100 кг/га на варианте удобрения с двумя подкормками, что отражено на рисунке 6.

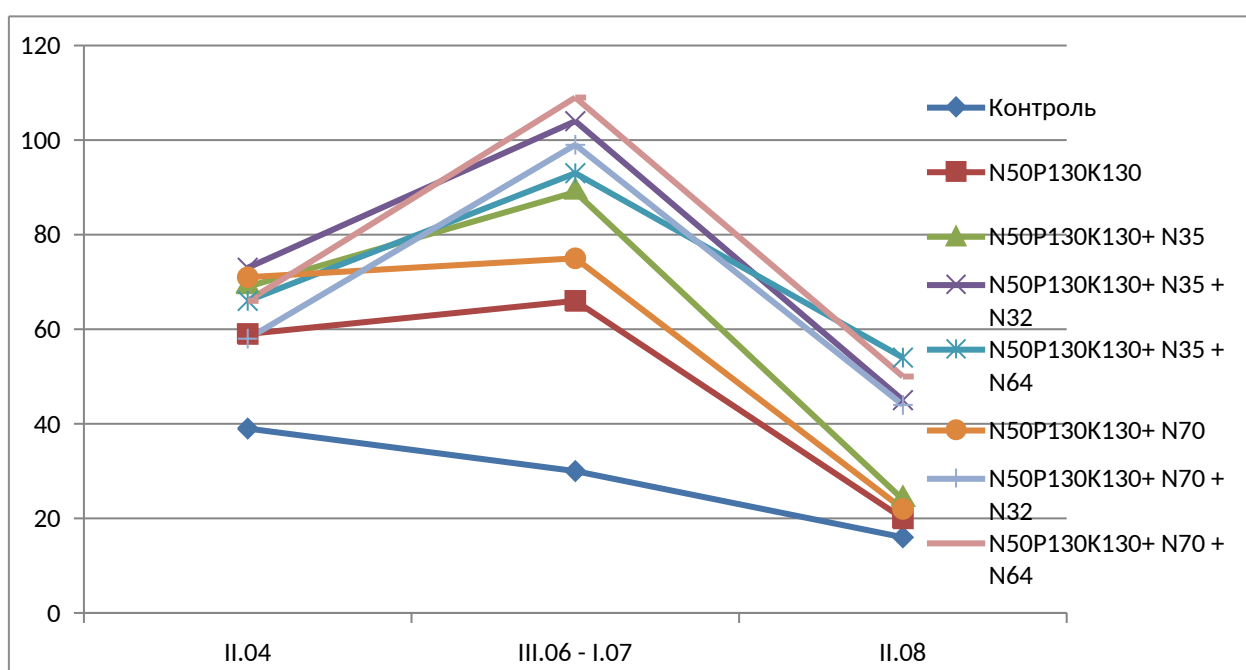


Рисунок 6. Запасы минерального азота в почве в зависимости от уровня удобрения на отвальной обработке в слое почвы 20-40 см, кг/га

Мы можем констатировать двукратное увеличение запасов азота в подпахотном слое почвы при условии подкормки растений карбамидно-аммиачной смесью при анализе запасов минерального азота в подпахотном слое почвы в конце августа на момент снижения интенсивности поступления веществ питания из почвы и запуска в растениях культуры процессов реутилизации. Стоит учитывать, что соединения данного удобрения растворимы легко, в силу чего способны при благоприятных условиях мигрировать по профилю почвы.

Значительно меньшие запасы минерального азота в нижнем слое почвы, по сравнению со вспашкой отмечаются на вариантах опыта с использованием мелкой поверхностной обработки почвы. Запасы суммы нитратного и аммонийного азота в слое почвы 20-40 см составили всего 14 кг/га против 39 кг/га при вспашке даже на контроле без удобрений при первом сроке отбора.

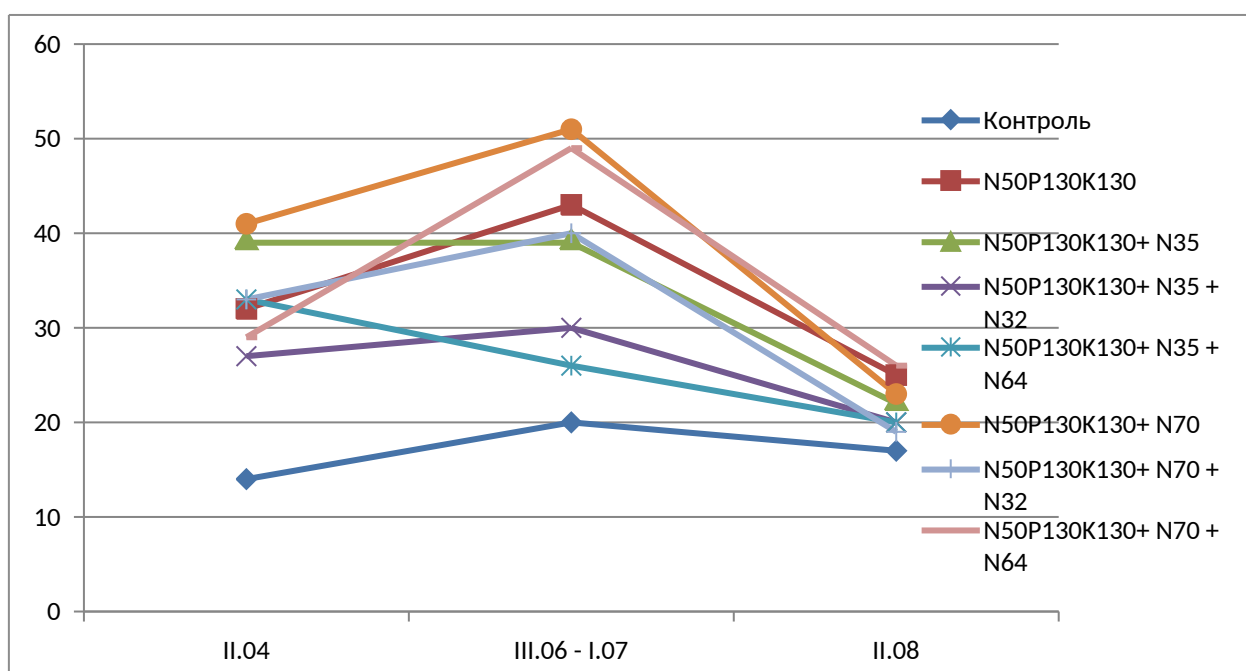


Рисунок 7. Запасы минерального азота в почве в зависимости от уровня удобрения при поверхностной обработке в слое почвы 20-40 см, кг/га

Повышение к концу июня месяца содержания в почве азота, отмеченное в нашем исследовании при отвальной глубокой обработке почвы, зафиксировано и при иной обработке со значительно меньшими величинами, абсолютных значений. При мелкой обработке запасы минерального азота в слое 20-40 см на вариантах удобрения $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{35} + N_{64}$ составили всего 26 кг/га (Рисунок 7).

На удобренных вариантах при 3-ем сроке отбора различия в обеспеченности подпахотного слоя почвы минеральным азотом компенсировались при общем содержании в размере 19-27 кг/га.

Можно констатировать на основании экспериментальных данных, что по отдельным вариантам запасы азота составляют значительную величину даже на 40 см вглубь почвенного профиля. Стоит обратить внимание, что на 40-сантиметровом слое почвы зона поглощения корнями питательных веществ не ограничивается. По этой причине нами на посевах сахарной свёклы со всех вариантов опыта взяты почвенные пробы с нижних слоёв почвы до одного метра во второй срок отбора в конце июня.

Как показали результаты анализов в более глубоких слоях почвы тоже имеются в наличии большие запасы минерального азота, что подтверждает положение о высокой подвижности при переходе его в жидкую почвенную фракцию (Таблица 6).

Для сахарной свёклы слой почвы 40-60 см также является корнеобитаемым на его долю приходится до 25-30 % усвоения питательных веществ почвы. В этом слое при анализе полученных данных по вариантам опыта запасы азота по глубокой отвальной обработке почвы составили 23-41 кг/га. Разница между делянками в данном варианте с различными комбинациями азотных удобрений несколько сглаживаются.

Отметим, что в этом слое почвы аналогичны полученным по глубокой вспашке также с отсутствием достоверного различия по вариантам удобрённости при использовании в технологии возделывания мелкой обработки почвы абсолютные значения запасов минерального азота. Это явление можно интерпретировать подвижностью азотных соединений и их фиксирование в нижней зоне гумусового горизонта чернозёма типичного.

Таблица 6 – Запасы минерального азота в почве под посевами сахарной свёклы при различных способах основной обработки почвы и уровнях удобренности. Среднее 2019-2021 гг., кг/га

Удобрения	Вспашка					Минимальная обработка почвы				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Контроль	22	30	14	12	8	35	20	20	8	6
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	39	66	23	28	12	53	43	32	10	4
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	104	89	39	43	19	131	39	37	4	6
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	92	104	26	26	12	122	30	28	12	3
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	100	93	29	29	20	137	26	26	8	4
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	123	75	36	36	22	141	51	40	16	2
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	130	99	41	41	16	139	40	43	10	4
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	119	109	30	30	26	155	49	39	15	3
НСП ₀₅	8,6	6,4	4,9	5,3	3,7	14,1	6,8	4,9	2,2	1,1

Необходимо при анализе нижележащих слоёв почвы отметить резкую дифференциацию с 60 см вариантов по способу обработки почвы в отношении запасов минерального азота. При использовании вспашки содержание азота, достигая при условии двух подкормок 50 кг/га минерального азота, повышается вместе с уровнем удобренности. Можно с уверенностью предположить, что глубокая отвальная обработка почвы создает условия для проникновения почвенной влаги с растворёнными в ней нитратными соединениями азота даже на глубину 60-80 см, поскольку данная глубина объективно не является местом внесения удобрений. Данные по аналогичным вариантам на мелкой обработке почвы могут служить подтверждением этого. Обнаруживается только не критичное присутствие в этом случае азотных соединений на этой глубине, которое выражается в единицах килограммов на гектар посевов культуры сахарной свёклы.

4.2. Дифференциация почвы по содержанию подвижного фосфора и подвижного калия

Наряду с азотным питанием для растений сахарной свёклы чрезвычайно важно обеспеченность растений достаточным количеством фосфорных и калийных соединений в доступных и усваиваемых формах.

Фосфор играет важную роль в энергообмене на всех этапах развития растений, отвечает за формирование всех органов, при достаточном фосфорном питании лучше усваивается азот и другие необходимые для полноценного роста и развития элементы.

В нашем опыте мы проанализировали содержание подвижного фосфора в фазу максимального потребления сахарной свёклы этого элемента, т.е. в конце июня. Поскольку в качестве фактора опыта выступает обработка почвы, анализ почвенных образцов производился с двух глубин- 0-20 см и 20-40 см.

Как показали результаты исследований, на вариантах без использования удобрений содержание подвижного фосфора по Чирикову оставалась на уровне низкой градации. В верхнем 20-сантиметровом слое почвы его содержание составило 36-41 мг/кг. С увеличением глубины содержание подвижных фосфатов закономерно снижается, причём при минимальной обработке почвы данный процесс носит более выраженный характер. В подпахотном слое почвы на вспашке содержание подвижного фосфора находилось на уровне 23 мг/кг, а при минимальной обработке – 17 мг/кг почвы (таблица 7).

Таблица 7 – Содержание в почве подвижного фосфора при разных способах обработки почвы и уровнях удобрённости.

Среднее 2019-2021 гг, мг/кг

Уровень удобрённости	Вспашка		Минимальная обработка	
	0-20 см	20-40 см	0-20 см	20-40 см
Контроль	36	23	41	17
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	104	93	120	36
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	123	79	138	61
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	118	104	132	54
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	115	112	144	66
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	126	103	129	73
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	119	89	140	50
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	133	94	138	69
HCP ₀₅	22,4	10,1	19,0	8,7

В опыте основным изучаемым фактором удобрённости являлись различные виды, дозы и сроки внесения азотных удобрений в весенний период по вегетации сахарной свёклы. На удобренных вариантах фоном служил уровень удобрённости N₅₀P₁₃₀K₁₃₀. Естественно, что 130 кг

действующего вещества фосфора, внесенные на гектар площади осенью под основную обработку почвы к моменту отбора почвенных проб большей частью перешли в подвижные формы, учитываемые при анализе почвы по методу Чирикова. Этим объясняется достаточно высокий фосфорный фон на всех удобренных вариантах. По вспашке этот показатель для верхнего слоя почвы составил 96-103 мг/кг, а по минимальной обработке почвы- 120-144 мг/кг почвы. Чётко прослеживается тенденция увеличения содержания подвижных фосфатов при условии весенней подкормки растений сахарной свёклы аммиачной селитрой. По видимому, дополнительные дозы азота, внесенные весной, способствовали более интенсивному переводу фосфатов в доступные соединения в виде одно- и двузамещённых анионов ортофосфорной кислоты- HPO_4^{2-} и H_2PO_4^- . Вместе с тем, это количество свежего азота послужило источником питания и стало следствием бурного развития силикатных бактерий, которые в процессе своей жизнедеятельности переводят находящиеся в чернозёме в больших количествах недоступные для растений соединения фосфора в упомянутые выше формы.

Фосфор, входящий в состав минеральных удобрений, не обладает той подвижностью и мобильностью, которая наблюдается у азота, особенно у преобладающей в чернозёме его нитратной формы. Ввиду этого, подвижные, доступные для растений и учитываемые при анализе, формы фосфора локализуются в месте внесения фосфорных удобрений. В нашем случае при глубокой вспашке с оборотом пласта подвижные фосфаты более равномерно распределились по всей глубине обработки, т.е. до 30 см и ниже. Как следствие этого, разница между содержанием подвижного фосфора в верхнем и нижнем слоях почвы при этом способе обработки почвы незначительная, особенно при условии внесения весной аммиачной селитры по упомянутым выше причинам (таблица 7). При минимальном способе обработки почвы, затрагивающим только верхний 12-15 сантиметровый слой

почвы, содержание подвижного фосфора в 2 и более раза ниже, чем в верхнем слое почвы того же варианта опыта.

Калий является элементом минерального питания, не оказывающим прямого непосредственного влияния на урожайность возделываемых культур и в частности, сахарной свёклы. Тем не менее он крайне важен для нормальной жизнедеятельности и полноценного развития культурных растений. Под воздействием достаточных запасов усвояемых соединений калия у растений повышается иммунитет против болезней, укрепляются клеточные стенки, в условиях благоприятного калийного почвенного режима активнее проявляется действие азотных и фосфорных удобрений. В метаболизме растений сахарной свёклы калий играет роль транспортного средства в трансформации физиологически активных веществ на клеточном уровне.

На вариантах без внесения удобрений содержание подвижных форм калия находилось примерно на одном уровне и составило 24-35 мг/кг с некоторым превышением значений в верхнем горизонте почвы. Согласно схемы опыта предусмотрено фоновое для азотных подкормок внесение 130 кг/га действующего вещества калия с минеральными удобрениями. Это обстоятельство позволило восполнить калийный фонд почвы до значения 100 мг/кг и выше, что говорит о хорошей обеспеченности почвы опытного поля усвояемыми соединениями калия (Таблица 8).

Необходимо отметить, что вне зависимости от способа основной обработки почвы, содержание подвижного калия в слое почвы 20-40 см значительно уступает аналогичным значениям в верхнем слое. Калийные соединения в нижних слоях подвергаются необменному поглощению твердой фазой почвы и становятся временно недоступны для питания сельскохозяйственных культур. Особенно интенсивно данный процесс происходит в конце весны- начале лета, т.е. как раз ко времени отбора почвенных образцов. Необходимо отметить, что в чернозёмных почвах,

несмотря на большой вынос калия урожаями большинства сельскохозяйственных культур, в т.ч. сахарной свёклы, запасы калия находятся на достаточном уровне благодаря обилию этого элемента в подпахотных слоях почвы и материнских породах, где он входит в состав кристаллических решеток минералов типа монтмориланита.

Таблица 8 – Содержание в почве подвижного калия при различных способах обработки почвы и уровнях удобренности.

Среднее 2019-2021 гг, мг/кг

Уровень удобренности	Вспашка		Минимальная обработка	
	0-20 см	20-40 см	0-20 см	20-40 см
Контроль	33	24	35	26
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	88	53	105	33
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	86	49	96	39
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	80	59	106	41
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	96	39	101	44
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	87	35	96	49
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	104	52	88	31
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	83	61	95	33
НСП ₀₅	9,9	5,6	10,1	4,4

Под воздействием комплекса природных факторов калий, находящийся в этих соединениях, выщелачивается и переходит в доступные для растений формы, пополняя запасы этого элемента в почвах сельскохозяйственных угодий.

4.3. Изменение показателей кислотности почвы при различных технологиях возделывания сахарной свеклы

Одним из важных показателей плодородия и эффективности агротехнологий является кислотность почвы и её изменения в процессе сельскохозяйственной эксплуатации пахотных земель. На почвах, подверженных подкислению сельскохозяйственные культуры отстают в развитии, медленнее проходят этапы онтогенеза, формируют продуктивность, далёкую от потенциальной и неэффективно расходуют питательные вещества удобрений. На сильнокислых почвах большинство возделываемых культур, в том числе и сахарная свёкла, не способна расти и развиваться.

Поэтому мы в своих исследованиях проанализировали показатели обменной и гидролитической кислотности верхнего и подпахотного горизонта в зависимости от способа основной обработки почвы и уровня удобренности. Отбор почвенных образцов производили и наиболее важный период жизнедеятельности растений сахарной свёклы- в конце июня, когда фиксируется максимальное потребление питательных элементов из почвы и формируется потенциал будущего урожая корнеплодов.

Как свидетельствуют данные таблицы 9, обменная кислотность верхнего слоя почвы чернозёма типичного опыта на контроле без применения удобрений составила 6,1-6,3 единицы, что говорит о нейтральной реакции почвенного раствора. С увеличением глубины показатель pH солевой вытяжки, хотя и несколько снижается, но остаётся в пределах значений, близких к нейтральным.

Совершенно иные значения показателей обменной кислотности можем наблюдать на удобренных вариантах. В этом случае при отвальной глубокой обработке почвы с осенним внесением $N_{50}P_{130}K_{130}$ величина pH снижается до 5,0-5,5, что указывает на слабокислую реакцию. Следует отметить

закономерность изменения обменной кислотности пропорционально количеству внесённых азотных удобрений в сторону уменьшения. Так, при фоновом уровне удобренности pH оставалась на уровне 5,5-5,7, то при весеннем внесении 70 кг/га действующего вещества азота в виде аммиачной селитры, pH снизилось до 5,0-5,2 единицы. Что касается влияния на показатель обменной кислотности способа основной обработки почвы, то при вспашке в слоях 0-20 и 20-40 см были отмечены практически равные значения, тогда как при мелкой обработке профиль почвы чётко дифференцирован по слоям. В подпахотном слое в этом случае отмечены почти равные значения pH вне зависимости от удобренности на уровне, близком к нейтральному (Таблица 9).

Таблица 9 – Обменная кислотность почвы при различных способах обработки почвы и уровнях удобренности.

Среднее 2019-2021 гг, единиц

Уровень удобренности	Вспашка		Минимальная обработка	
	0-20 см	20-40 см	0-20 см	20-40 см
Контроль	6,3	5,7	6,1	5,8
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	5,7	5,5	5,4	5,9
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	5,3	5,2	5,1	6,0
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	5,4	5,4	5,3	5,8
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	5,5	5,4	5,3	5,9
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	5,2	5,2	5,0	6,1
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	5,1	5,2	5,1	5,8
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	5,3	5,0	5,2	5,9
HCP ₀₅	0,2	0,3	0,2	0,2

В верхнем слое почвы при минимальной обработке почвы прослеживается прямая зависимость величины обменной кислотности от

вида, срока и дозы внесённых минеральных удобрений. Особенно ярко данная закономерность проявляется при использовании аммиачной селитры в дозе 70 кг/га д.в. в комплексе с карбамидно-аммиачной смесью по вегетации. На этих делянках величины обменной кислотности снижаются до 5 единиц в слое 0-20 сантиметров.

Наиболее информативным показателем, характеризующим уровень подкисления почвы является величина гидролитической кислотности, показывающая количество ионов водорода, входящее в почвенно-поглощающий комплекс. То есть обменно-поглощённый водород, являющийся частью коллоидной, наиболее агрохимически ценной части почвы.

В наших опытах гидролитическую кислотность определяли в тех же образцах и в те же сроки, что и величину рН. Необходимо отметить, что гидролитическая кислотность в своих числовых значениях хотя и коррелирует с уровнем обменной кислотности, вместе с тем по этому показателю наблюдаются индивидуальные закономерности и зависимости от факторов, изучаемых в опыте.

На контрольном варианте гидролитическая кислотность находилась на достаточно низких значениях- 1,8-2,2 мг-экв/100 г почвы с более высокими значениями в нижних слоях почвенного профиля (Таблица 10).

При осеннем внесении дозы минеральных удобрений $N_{50}P_{130}K_{130}$ под основную обработку почвы содержание ионов водорода в ППК возрастает до 3,7 мг-экв/100 г почвы. Объясняется это трансформацией минеральных веществ удобрений, усвоение питательных веществ растениями сахарной свёклы на ранних этапах развития и наличием свободных ионов водорода в виде промежуточных продуктов химических реакций, проходящих в почве под воздействием влаги, растворенной углекислоты и микробиологической деятельности почвы.

Таблица 10 – Гидролитическая кислотность почвы при различных способах обработки почвы и уровнях удобрения.

Среднее 2019-2021 гг, мг-экв/100 г почвы

Уровень удобрения	Вспашка		Минимальная обработка	
	0-20 см	20-40 см	0-20 см	20-40 см
Контроль	1,8	2,2	2,0	2,2
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	3,4	3,6	3,7	2,8
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	3,7	3,2	3,9	3,0
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	3,6	3,4	3,5	2,7
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	3,8	3,5	3,6	3,1
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	3,9	3,4	4,2	2,7
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	4,3	3,3	4,4	2,9
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	4,0	3,8	4,1	3,1
HCP ₀₅	0,3	0,4	0,4	0,4

При весеннем внесении азотных удобрений величина Нг поднимается до значений 4,0-4,4 мг-экв/100 г почвы. Несмотря на достаточно высокие значения данного показателя этот факт не вызывает серьёзных опасений в плане негативного воздействия на рост и развитие растений сахарной свёклы по причине высокой ёмкости поглощения у чернозёма типичного опытного участка. По данным лабораторных анализов ёмкость катионного обмена на делянках опыта составляет в среднем 40-45 мг-экв/100 г почвы. Таким образом, степень насыщенности основаниями чернозёма типичного даже на делянках максимального насыщения минеральными удобрениями составляет 90 и более процентов.

ГЛАВА 5. ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЯХ

5.1. Нарастание листовой поверхности растений в периоды вегетации

Листовой аппарат у растения сахарной свёклы, как и у остальных представителей этого царства формируется по мере роста и развития. Образование листовых площадей у данной культуры отличается индивидуальными особенностями. Листья образуются попарно из одной точки роста, которая находится у основания закладывающегося корнеплода. Широкие, хорошо выполненные листья благоприятствуют лучшему протеканию процесса фотосинтеза и, следовательно, интенсификации всех физиологических процессов в жизни растения. Именно этим объясняется важность полноценного развития листового комплекса сахарной свёклы. В диссертационной работе именно по этой причине мы изучили нарастание листовой поверхности в период формирования корнеплода в динамике. А именно- производили замеры в 4 срока, начиная со второй декады июля. Методика, используемая в опыте, позволяет по простой формуле вычислять площадь листьев у модельных растений, не убирая их из общности посевной структуры.

Самое медленное нарастание листьев отмечено у получающей недостаточное минеральное питание в виде удобрений сахарной свеклы. На вариантах с таким условием даже в 3-ей декаде августа на момент пиковых значений площади листьев, величина данного показателя была не более 1781 см²/растение при использовании отвального глубокого способа обработки почвы. На вариантах, где почва обрабатывалась мелко, площадь ассимиляционной поверхности была менее 900 см²/растение. В ходе визуального осмотра этих деланки были с мелкими, светло-зелёными листьями. Экспериментальные значения отражены на рисунке 7. Во время

следующего замера в предуборочный период, который выпадал на вторую декаду сентября на делянках без применения удобрений отмечено полное завершение развития и роста растений. Отмечается массовый эффект реутилизации: нижние листья полностью отмерли, а новые не начали ростовые процессы. На контроле в 4-ый срок замеров площадь поверхности листьев составила 673 и 1003 см²/растение по минимальной обработке и вспашке почвы соответственно (Рисунки 8,9).

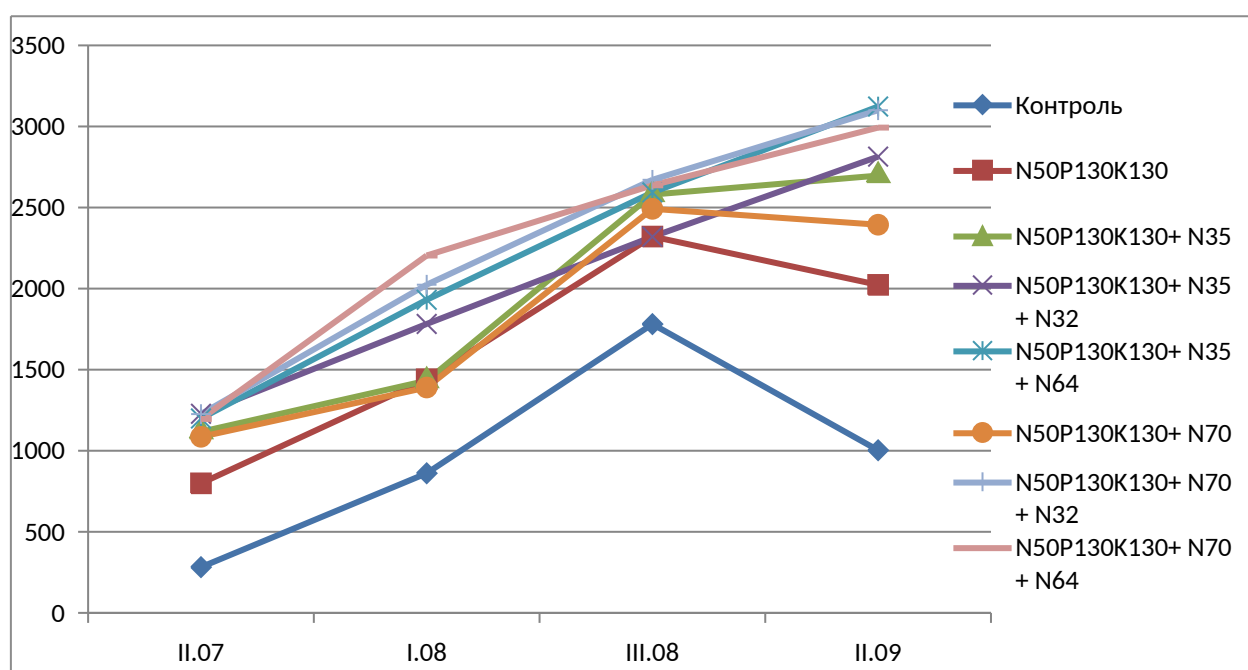


Рисунок 8. Динамика изменения фотосинтетической поверхности сахарной свёклы в зависимости от уровня удобренности при глубокой отвальной обработке, см²/растение

На 1-ом сроке замера листовой поверхности, данный показатель находился на уровне 799-963 см²/растение с предпосылками для интенсивного развития. Такая зависимость была отмечена на фоновом варианте удобренности, при котором предусмотрено только осеннее внесение всей нормы минеральных удобрений. Этот вариант позволяет получить листья хорошей сформированности и насыщенной зелёной окраски.

На 2-ом варианте удобрения листовой аппарат интенсивно нарастает, образуя новые пары листьев по мере развития культурных растений.

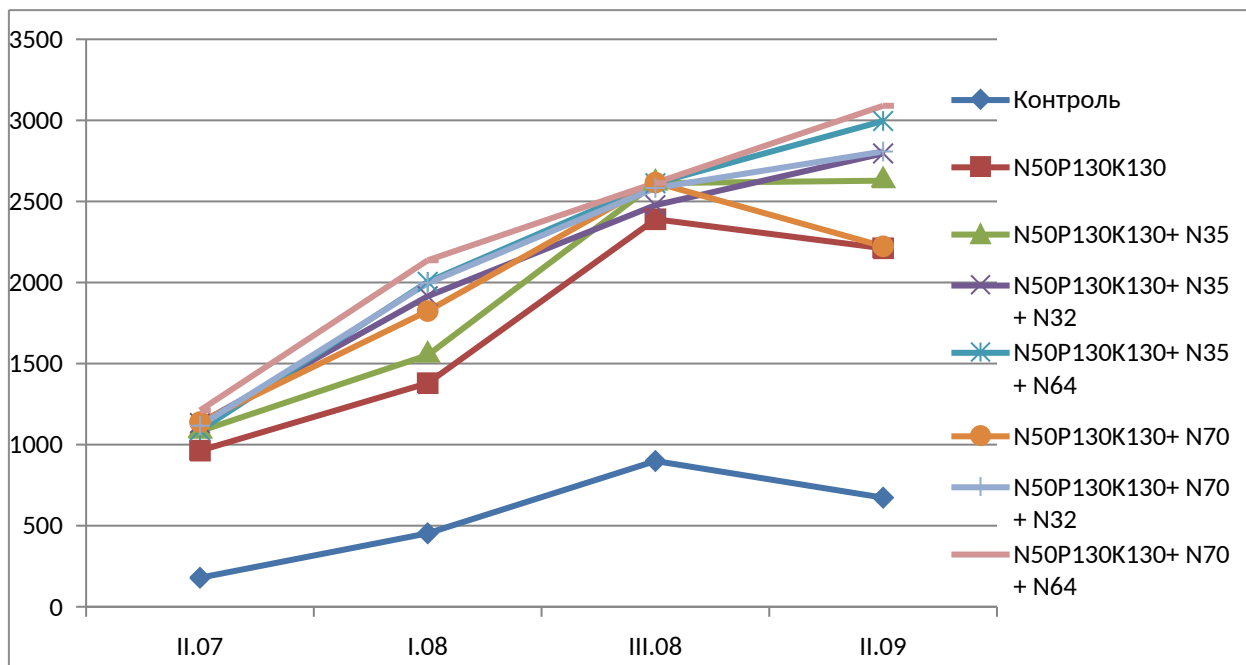


Рисунок 9. Динамика изменения фотосинтетической поверхности сахарной свёклы в зависимости от уровня удобрения при поверхностной обработке, см²/растение

Площадь листовой пластины в 1-ой декаде августа была около 1400 см²/растение при равноценном влиянии способа обработки почвы. К концу августа в последующем наблюдалась площадь листьев в размере 2300-2400 см²/растение, которая была максимальной. Нарастание листьев прекращается при последующем развитии сахарной свеклы., Нижние листья отмирают, верхушечные – не увеличиваются. Завершаясь, цикл вегетации влечет за собой отток питательных веществ в корнеплод.

Усиленный рост листьев на начальных этапах вегетации отмечается при условии введения в технологию возделывания сахарной свёклы ранневесеннего внесения аммиачной селитры как в дозе 35, так и в дозе 70 кг/га д.в.. При 1-ом сроке учетов площадь фотосинтетической поверхности

листового аппарата культуры на этих делянках уже составила 1000-1100 см²/растение и со временем активно нарастала, достигнув в 3-ей декаде августа 2500-2600 см²/растение. В следующем месяце было отмечено незначительное уменьшение площади листьев. При вспашке вышеупомянутый процесс протекал наиболее интенсивно.

При использовании КАС по вегетации сахарной свёклы отмечаются отличные закономерности. Так, на вариантах, где был применен данный агрономический приём, на всём протяжении замеров наблюдается интенсивное развитие листового аппарата. Даже ко времени уборки корнеплодов сахарной свёклы в сентябре месяце листья на данных делянках были крупные насыщенного зелёного цвета и, по всем признакам, в растениях продолжался метаболизм и бурно протекали физиологические клеточные процессы. Для технологии возделывания сахарной свёклы данный факт является неблагоприятным явлением в силу того, что большая масса зеленых листьев требует дополнительных средств на её удаление, осложняет технологические операции при механизированной уборке, понижает качество свеклосахарного сырья.

5.2. Динамика роста корнеплодов по фазам развития сахарной свёклы

Благоприятные условия для закладки, формирования и развития генеративных органов при возделывании любой сельскохозяйственной культуры являются необходимыми. Смысл труда земледельца – получить продуктивность товарной части урожая.

С точки зрения сельскохозяйственного производства сахарная свёкла представляет интерес в качестве носителя корнеплода, богатого сахаром и возможностью извлечь его посредством цикла технологических процессов. Необходимо вносить удобрительный продукт при построении системы удобрения сахарной свёклы в такие сроки и в таком количестве, чтобы

обеспечить максимальную продуктивность корнеплодов. В своих исследованиях мы на всех вариантах опыта производили учеты типичных корнеплодов и сделали расчёт среднего веса корнеплода по общепринятой методике в четыре срока вегетации.

Во 2-ой декаде июля, во время начала формирования товарной продуктивности сахарной свёклы, средний вес корнеплода на неудобренных делянках был минимальным и составил всего от 14 до 40 г. После отмечается поэтапное возрастание размеров корнеплода сахарной свёклы. Этот процесс протекал наиболее интенсивно по глубокой отвальной вспашке. Ко времени уборки в конечном итоге масса корнеплодов на минимальной обработке составила всего 199 грамм, тогда как при вспашке 340 г. (Рисунок 10,11).

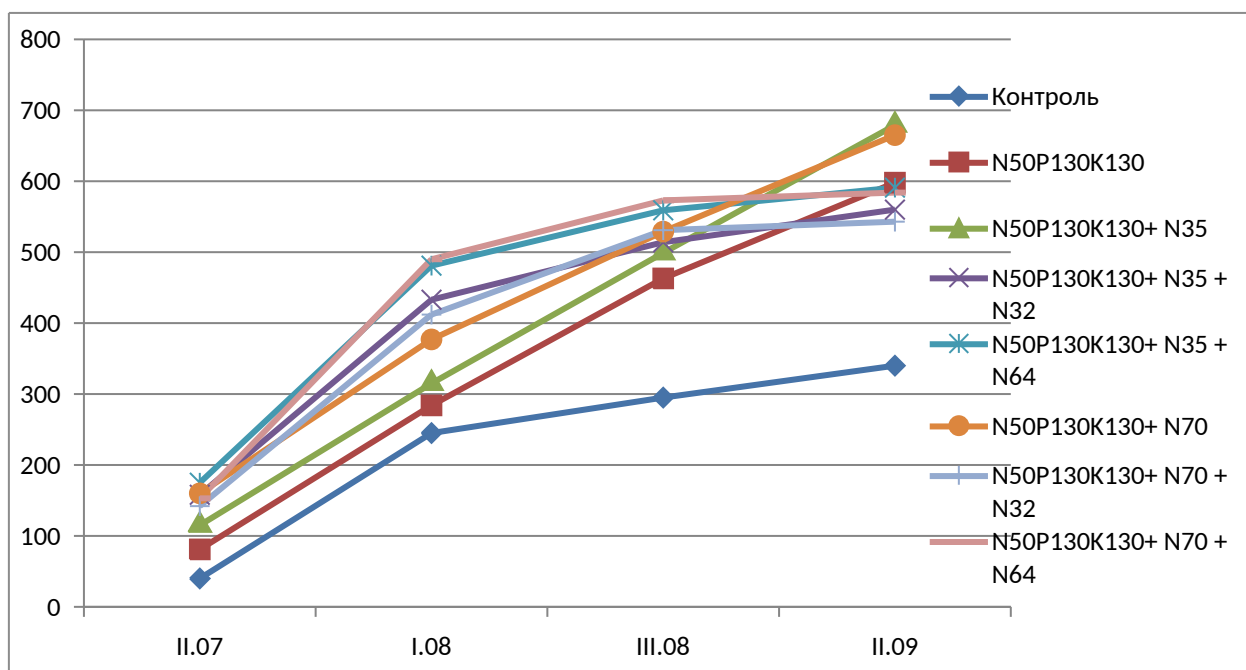


Рисунок 10. Динамика нарастания корнеплодов сахарной свёклы в зависимости от уровня удобренности при глубокой отвальной обработке, грамм на растение

Причиной этого явления с большей вероятностью стала более интенсивная минерализация органического вещества почвы, посредством

перемешивания почвенных слоев при отвальной вспашке и переводе в доступную для растений форму высвободившихся питательных элементов при дефиците их в профиле почвы.

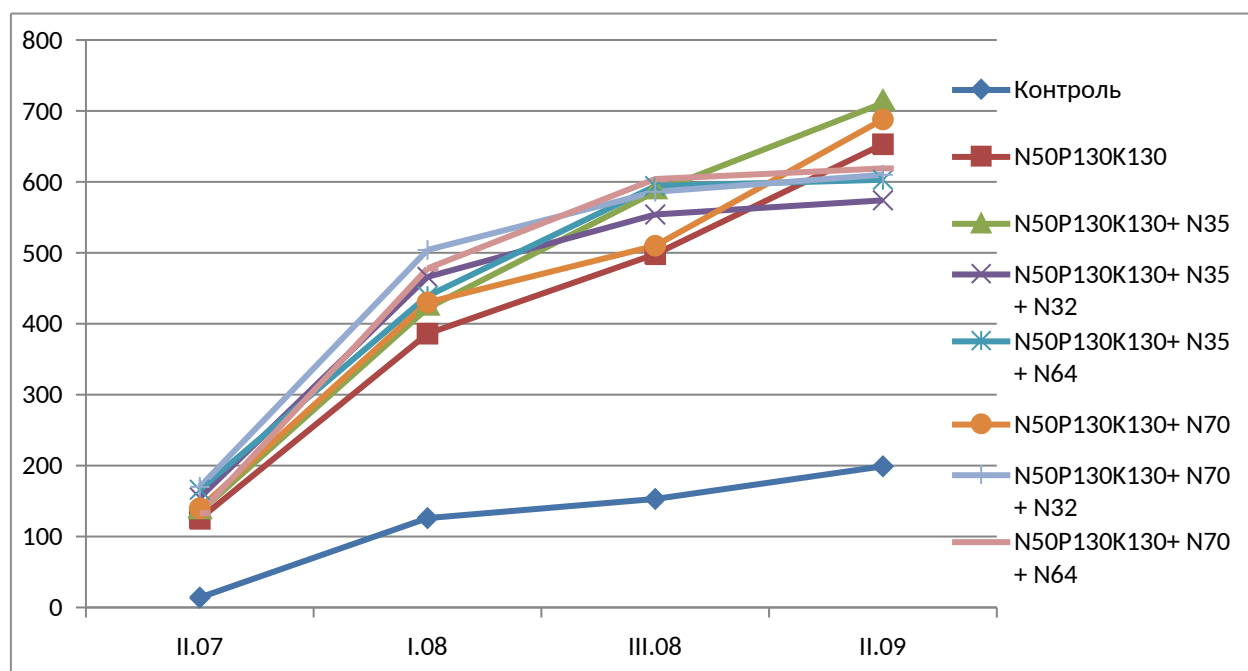


Рисунок 11. Динамика нарастания корнеплодов сахарной свёклы в зависимости от уровня удобренности при минимальной обработке, грамм на растение

Причиной более высоких значений исходного веса корнеплода при первом сроке измерения во второй декаде июня стало применение минеральных удобрений в дозе $N_{50}P_{130}K_{130}$ под основную обработку почвы. При вспашке в этой ситуации отмечены значения 81 г, а при минимальной обработке почвы все 125 г. Более высокой концентрацией питательных веществ удобрений в верхних слоях при снижении нагрузки обработки и, следовательно, более интенсивным потреблением их растущими корнями в начале вегетации сахарной свёклы может трактоваться такая довольно большая разница данного показателя.

Тенденция сохраняется при увеличении абсолютных значений и во время 2-ого срока учета. Так, в конце месяца разница снижается до 35 грамм, сохраняясь на этом уровне до конца вегетации, хотя в первой декаде августа составляет более 100 г.

Масса корнеплода в середине июля была равна 115-160 г при равной эффективности способов основной обработки почвы при условии введения в систему удобрения сахарной свёклы ранневесенней подкормки аммиачной селитрой. На росте корнеплода на всём протяжении учётов и наблюдений сказалось благоприятно внедрение при весеннем применении азота на самых ранних этапах развития. Максимальный вес корнеплода в 711 г. зафиксирован при минимальной обработке почвы и применении одного центнера аммиачной селитры во второй половине апреля параллельно посеву культуры на этих вариантах.

Формированию значительной массы корнеплода на начальных этапах формирования продуктивности сахарной свёклы способствовало при условии обработки посевов сахарной свёклы жидкими азотными удобрениями в виде карбамидно-аммиачной смеси по вегетации. На вариантах с двойным внесением азота в год вегетации масса корнеплода составила 140-180 г. и интенсивно увеличивалась до начала 1-ой декады августа. Также нарастание массы корнеплода отмечаем при следующем сроке учета до 3-ей декады августа. При минимальной обработке почвы масса увеличивается до 520-600 г. с большими значениями. На финальном этапе онтогенеза сахарной свёклы при 4-ом сроке учётов по вариантам с карбамидно-аммиачной смесью, все же, отмечается почти полное отсутствие последующего роста корня. Излишки доступного азота в этих условиях привели к провокации интенсивного роста надземной массы растения изучаемой сельскохозяйственной культуры при характерном образовании раскидистой листовой розетки посредством формирования подземной части растения.

В силу того, что главной целью возделывания сахарной свёклы является получение максимальной массы корнеплода, нарастание обширной зеленой массы не представляется ценным результатом с хозяйственной точки зрения.

ГЛАВА 6. ИЗМЕНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЕЙ УДОБРЕННОСТИ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ

6.1. Химический состав растений сахарной свёклы

При возделывании сельскохозяйственных культур необходимо ориентироваться на содержание в основной и побочной продукции питательных веществ для построения эффективной системы удобрения и более рационального использования культурами внесённых в почву азота, фосфора и калия, как основных составляющих получения высоких стабильных урожаев. Для сахарной свёклы данное утверждение особенно актуально по причине формирования большого объема как корнеплодов, т.е. отчуждаемой части продукции, так и ботвы, которая по технологии возделывания удаляется с поля для последующего использования для нужд отрасли животноводства.

Мы в своих исследованиях проанализировали структуру химического состава растений сахарной свёклы в период полной спелости, т.е. в момент уборки урожая. Такая методика позволяет нам оценить количество основных питательных элементов, формирующихся в процессе роста растений сахарной свёклы и сделать выводы об эффективности изучаемых в опыте доз, сроков и способов внесения минеральных удобрений.

По результатам химического анализа растений сахарной свёклы за годы проведения исследований можно сделать вывод о значительном влиянии минеральных удобрений на химический состав получаемого урожая. Так, на контроле без использования удобрений содержание азота в корнеплодах сахарной свёклы было наименьшим и составило 0,46-0,51 %. Лучшая обеспеченность товарной части урожая азотом зафиксирована при глубокой отвальной обработке почвы (Таблица 11).

Таблица 11 – Содержание макроэлементов в корнеплодах сахарной свёклы при различных способах основной обработки почвы и уровнях удобренности. Среднее 2019-2021 гг., %

Удобрения	Вспашка			Минимальная обработка почвы		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Контроль	0,46	0,13	0,77	0,51	0,14	0,81
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	0,55	0,17	0,78	0,59	0,18	0,79
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	0,63	0,19	0,81	0,66	0,19	0,83
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	0,71	0,16	0,75	0,63	0,19	0,80
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	0,80	0,18	0,73	0,68	0,16	0,77
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	0,66	0,19	0,78	0,64	0,18	0,79
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	0,74	0,17	0,79	0,66	0,20	0,81
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	0,79	0,16	0,80	0,73	0,18	0,83
НСП ₀₅	0,11	0,03	0,05	0,12	0,03	0,04

При внесении всей дозы минеральных удобрений осенью под зяблевую обработку почвы содержание азота в корнеплодах сахарной свёклы увеличивается на 0,08-0,09 % по сравнению с контролем без удобрений. Однако, данная величина статистически недостоверно, поскольку её значения находятся в пределах наименьшей существенной разницы. В данном случае уместнее говорить о намечающейся тенденции повышения азота в корнеплодах от минеральных удобрений в дозе $N_{50}P_{130}K_{130}$.

Самым значимым фактором, обеспечивающим увеличение концентрации азота в корнеплодах сахарной свёклы является использование азотных удобрений при их весеннем внесении. На вариантах с одной ранневесенней подкормкой содержание азота в корнеплодах сахарной свёклы увеличилось до величин 0,63-0,80 % на вспашке и до 0,66-0,68 % при минимальной обработке почвы, что составляет математически достоверную прибавку по сравнению с контролем. Причём необходимо отметить факт практически равнозначного влияния на исследуемый показатель как одинарной, так и двойной дозы аммиачной селитры.

Введение в технологию возделывания сахарной свёклы второй подкормки карбамидно-аммиачной смесью по вегетации спровоцировало дальнейшее повышение содержания азота в корнеплодах. На вариантах с применением на посевах сахарной свёклы двух подкормок по вегетации азотными удобрениями, корнеплоды имеют в своём составе до 0,79 % азота. В этом случае отмечается чёткая зависимость количества азота в товарной части урожая от количества внесённой карбамидно-аммиачной смеси. Данный факт свидетельствует о том, что растения сахарной свёклы во второй половине вегетации интенсивно усваивают питательные вещества, внесённые непосредственно в посеvy. Корреляционный анализ показывает, что между содержанием азота в корнеплодах и сахаристостью существует сильная отрицательная связь при коэффициенте корреляции -0,95 и -0,894 при вспашке и минимальной обработке соответственно (Приложение Ж).

Анализ химического состава корнеплодов сахарной свёклы был бы неполным без экспериментальных данных по содержанию в плодах фосфора и калия. Данные элементы, занимающие важное место в жизнедеятельности культурных растений, также составляют химическую структуру товарной части урожая и могут влиять на качественные показатели выходящей товарной продукции.

В наших опытах содержание фосфора и калия в корнеплодах являлось статичной величиной и практически не зависело от способа основной обработки почвы и уровня удобренности. Незначительные отклонения абсолютных значений по отдельным вариантам опыта могут быть объяснены некоторыми погрешностями при отборе образцов, подготовке к анализу и проведения химического определения этих показателей на лабораторном оборудовании. В целом, содержание фосфора в корнеплодах находилось в пределах значений 0,13-0,20 %, а калия- 0,73-0,83 %, что является типичным показателем для сахарной свёклы.

Поскольку биологический вынос при возделывании сахарной свёклы касается не только корнеплодов, идущих на переработку и посредством цикла технологических операций превращающихся в готовый продукт, но и поверхностной части растений, состоящей из верхушки корнеплода с розеткой листьев и непосредственно листового комплекса этой культуры, используемой как источник высококачественного корма для отрасли животноводства, мы в своей диссертационной работе сочли целесообразным провести исследования, касающиеся определения химического состава ботвы сахарной свёклы в зависимости от изучаемых в опыте факторов.

Как показали результаты эксперимента, содержание питательных элементов в ботве сахарной свёклы зависело главным образом от уровня удобренности культуры и, в меньшей степени, от способа обработки почвы. Так, содержание азота в ботве на неудобренных вариантах составило 0,27-0,38 % (Таблица 12).

Таблица 12 – Содержание макроэлементов в ботве сахарной свёклы при различных способах основной обработки почвы и уровнях удобрённости. Среднее 2019-2021 гг., %

Удобрения	Вспашка			Минимальная обработка почвы		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Контроль	0,38	0,24	2,30	0,27	0,29	2,26
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	0,56	0,38	2,52	0,78	0,39	3,21
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	1,11	0,42	2,02	0,99	0,47	3,07
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	1,23	0,48	2,22	1,11	0,42	3,25
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	1,20	0,44	1,96	1,33	0,44	2,98
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	1,48	0,39	2,78	1,38	0,49	3,04
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	1,56	0,43	2,26	1,46	0,38	2,86
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	1,39	0,46	2,50	1,53	0,43	3,37
HCP ₀₅	0,22	0,09	0,31	0,24	0,11	0,40

С появлением в технологии возделывания сахарной свёклы минеральных удобрений химический состав ботвы претерпевает существенные изменения. От осеннего внесения $N_{50}P_{130}K_{130}$ содержание азота в верхней части растений сахарной свёклы увеличивается до 0,56-0,78 %. Аммиачная селитра, внесённая весной в дозе 35 кг/га д.в. позволила довести показатель обеспеченности ботвы азотом до 0,99-1,11 %, а при удвоении дозы - до 1,38-1,48 %. Таким образом, можно отметить факт достоверного увеличения содержания азота в ботве от весеннего применения азотных минеральных удобрений. Вместе с тем, необходимо отметить неустойчивое влияние на этот показатель подкормки сахарной свёклы КАС-32 по вегетации. Азот этого удобрения повысил изучаемый показатель незначительно - общее превышение по сравнению с вариантом одной подкормки составил 0,09-0,14 % в зависимости от дозы карбамидно-аммиачной смеси и уровня удобренности.

В отличие от показателя обеспеченности фосфором и калием корнеплодов, практически не зависящего от факторов опыта, содержание этих элементов в ботве имеет чётко выраженную дифференциацию значений в зависимости от способа основной обработки почвы и уровня удобренности.

Если на контроле без удобрений содержание фосфора в ботве составило 0,24-0,27 %, увеличиваясь от применения $N_{50}P_{130}K_{130}$ до 0,38-0,39 % и имеющее тенденцию к повышению фосфора в ботве от весенних азотных подкормок.

Содержание калия в нетоварной части урожая сахарной свёклы составило значительную величину, даже на неудобренных вариантах этот показатель находился на уровне 2,26-2,30 %. При вспашке он увеличивался от удобрений до 2,5 % по отдельным вариантам, по другим уровням применения удобрений наблюдается снижение содержания калия в листьях.

На минимальной обработке почвы зафиксирован устойчивый рост этого показателя до 3 % и более, что объясняется лучшим усвоением этого элемента ботвой и более эффективной реутилизацией.

6.2. Вынос элементов минерального питания урожаем сахарной свёклы

С целью определения эффективности возделывания сахарной свёклы по изучаемым уровням удобренности, мы произвели расчёт выноса питательных элементов урожаем основной и побочной продукции сахарной свёклы. Одной из главных задач возделывания сельскохозяйственных культур и агропроизводства в целом является сохранение и воспроизводство плодородия почв. Помимо агрофизических, физико-химических и других свойств почвы важное место занимает наличие в пахотных землях достаточного количества питательных веществ, способных удовлетворить потребности возделываемых культур.

В этой связи определение отчуждаемого количества азота, фосфора и калия при возделывании сахарной свёклы является важным элементом оценки агротехнологии.

В наших исследованиях, сопоставив содержание питательных веществ в элементах урожая и уровень продуктивности сахарной свёклы, мы определили то количество макроэлементов, которое теряется из почвенных запасов при возделывании этой ценной технической культуры.

Главным элементом при возделывании любой сельскохозяйственной культуры в Центрально-Чернозёмном регионе России, в том числе сахарной свёклы, является азот. Применяв описанные в предыдущем разделе закономерности относительно содержания этого элемента в корнеплодах и ботве сахарной свёклы мы определили вынос этого элемента в зависимости от изучаемых факторов. На контроле без применения удобрений благодаря невысокому уровню продуктивности сахарной свёклы вынос азота составил

101-124 кг/га при учёте только корнеплодов и 121-124 кг/га при биологическом выносе (таблица 13). С ростом продуктивности сахарной свёклы на удобренных вариантах вынос закономерно увеличивается, однако при разных уровнях удобренности и способах обработки почвы наблюдаются некоторые закономерности.

При использовании ранневесенней подкормки на сахарной свёкле вынос азота с урожаем составил 432-456 кг/га при одинарной дозе и 549-556 кг/га при двойной. В этом случае необходимо отметить почти равные величины выноса азота несмотря на различия в урожайности и содержании азота в корнеплодах и ботве.

Введение в технологию возделывания сахарной свёклы подкормки КАС-32 по вегетации вынос азота отчуждаемой массой не носит характер какой-либо закономерности, а зависит исключительно от величины урожайности корнеплодов и наличия в них азота.

Фосфор, при незначительности выноса на контрольных вариантах, всё же удаляется с урожаем культуры в размере 49-54 кг/га. Данная величина значительно возрастает при осеннем внесении минеральных удобрений до 117-123 кг/га. Азотные подкормки вне зависимости от вида и дозы удобрения способствовали выносу фосфора на 147-177 кг/га, что, учитывая относительно небольшие запасы этого элемента в почве представляется фактором, требующим дополнительного изучения. Отмеченный нами факт подтверждает мнения, изложенные в научных трудах многих авторов о том, что при достаточном азотном питании усиливается поступление в растения фосфора и запускаются процессы ускоренного метаболизма, выражающиеся в сокращении сроков вегетации и формирования больших величин продуктивности.

Сахарная свёкла по своей физиологической особенности относится к калиелюбивым культурам.

Таблица 13 – Биологический вынос питательных элементов при возделывании сахарной свёклы при различных способах основной обработки почвы и уровнях удобрённости. Среднее 2019-2021 гг., кг/га

Удобрения	Вспашка			Минимальная обработка почвы		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Контроль	154	54	392	121	49	331
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	297	117	639	345	123	724
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	456	150	676	432	147	786
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	531	168	711	490	166	978
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	506	169	719	546	159	876
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	549	152	808	556	173	908
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	522	158	772	585	165	873
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	553	166	878	672	177	895

Как в корнеплодах, так и в ботве содержится значительное количество этого элемента поэтому вынос калия при возделывании сахарной свёклы достигает значительных величин. Даже на контроле без применения удобрений вынос калия с урожаем составляет 331-392 кг/га, причём по вспашке эта величина достигла максимальных значений.

Столь высокий вынос калия урожаем сахарной свёклы обусловлен значительным содержанием его в корнеплодах и особенно в ботве сахарной свёклы. На удобренных вариантах суммарный вынос калия при удалении основной и побочной продукции с поля превышает 900 кг/га. В этой связи для сохранения калийного баланса чернозёма необходима корректировка систему удобрения в сторону увеличения калийной составляющей. В нашем опыте фоновым уровнем удобренности являлось применение 130 кг/га действующего вещества калия в виде диаммофоски осенью под основную обработку почвы. На фоне этой величины дополнительные дозы азота, внесенные весной спровоцировали рост продуктивности и, соответственно, увеличение выноса калия корнеплодами и ботвой сахарной свёклы.

ГЛАВА 7. ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ

7.1. Урожайность сахарной свёклы

Интегрированным показателем, характеризующим эффективность любой составляющей части агротехнологии, будь то способ основной обработки почвы или различная насыщенность посевов минеральными удобрениями, является урожайность сельскохозяйственных культур, полученная при выполнении этих условий.

В нашем эксперименте урожайность корнеплодов сахарной свёклы на вариантах без использования удобрений при условии глубокой отвальной обработки почвы составила 27,1 т/га. При аналогичных условиях, но при минимализации механического воздействия на почву при мелкой обработке показатель урожайности зафиксирован на уровне 19,8 т/га (таблица 14). Столь существенная разница объясняется лучшей мобилизацией питательных веществ почвенных запасов для использования растениями, а также более интенсивной минерализацией органического вещества почвы при создании более рыхлого и глубокого пахотного слоя при вспашке.

В системе удобрения севооборотов для сахарной свёклы предусмотрено максимальное количество минеральных и органических удобрений. Данная культура отличается чрезвычайно высокой отзывчивостью на внесение удобрительного продукта и самой высокой окупаемостью удобрений единицей получаемой сельскохозяйственной продукцией. Подтверждением данному факту являются экспериментальные данные по урожайности сахарной свёклы на вариантах внесения $N_{50}P_{130}K_{130}$ осенью под основную обработку почвы. Прибавка урожая от данной технологии составила 14,2 т/га при отвальной обработке и 22,8 т/га, т.е. более 100 % к уровню контроля при минимальной обработке почвы. Большие величины прибавки при мелкой обработке отмечаются ввиду более полного

использования питательных веществ минеральных удобрений при их заделке в поверхностный слой почвы. В этом случае предотвращаются потери азота от вымывания и фосфора и калия от необменного поглощения и закрепления твёрдой фазой почвы.

Таблица 14 – Урожайность корнеплодов сахарной свёклы при глубокой отвальной обработке почвы.

Среднее 2019-2021 гг, т/га

Уровень удобрённости	Урожай- ность, т/га	Прибавка		
		от системы удобрения	от первой подкормки	от второй подкормки
Контроль	27,1	-	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	41,3	+14,2	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	46,4	+19,3	+5,1	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	45,0	+17,9	-	-1,4
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	47,2	+20,1	-	+0,8
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	48,8	+21,7	+7,5	
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	46,3	+19,2	-	-2,5
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	47,7	+20,6	-	-1,1
HCP ₀₅	3,5			

Основной целью наших исследований являлось определение эффективности различных азотных подкормок для получения дополнительного урожая сахарной свёклы.

Как показали результаты исследований, при внесении весной аммиачной селитры в дозе 35 кг/га д.в. азота урожайность корнеплодов сахарной свёклы составила 46,4 т/га на вспашке и 45,9 т/га при минимальной обработке почвы. Таким образом, зафиксированные прибавки от этого

агрохимического приёма превышают наименьшую существенную разность по опыту и, следовательно, достоверны.

Увеличение дозы внесения в этот срок азотного удобрения в два раза повлекло за собой дальнейший рост продуктивности сахарной свёклы. Полученная на этих вариантах прибавка составила 7,5-8,5 т/га при вспашке и минимальной обработке почвы соответственно (Таблица 15).

Таблица 15 – Урожайность корнеплодов сахарной свёклы при минимальной обработке почвы.

Среднее 2019-2021 гг, т/га

Уровень удобрённости	Урожай- ность, т/га	Прибавка		
		от системы удобрения	от первой подкормки	от второй подкормки
Контроль	19,8	-	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	42,6	+22,8	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	45,9	+26,1	+3,3	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	46,1	+26,3	-	+0,2
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	46,6	+26,8	-	+0,7
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	51,1	+31,3	+8,5	
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	49,3	+29,5	-	-1,8
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	50,5	+30,7	-	-0,6
НСР ₀₅	3,2			

Подкормка карбамидно-аммиачной смесью по вегетации сахарной свёклы в любых дозах и сочетаниях не привела к повышению урожайности корнеплодов. На вспашке прибавка от этого агроприёма отсутствовала, а на минимальной обработке почвы имела слабopоложительную тенденцию на фоне одинарной дозы аммиачной селитры и резко отрицательную при двойной. При 70 кг/га д.в. азота аммиачной селитры недобор урожая

сахарной свёклы составил 1,1-2,5 т/га при вспашке и 0,6-1,8 т/га при минимальной обработке почвы.

7.2. Сахаристость корнеплодов

Содержание сахара в корнеплодах сахарной свёклы является важным качественным показателем свеклосахарного сырья. От этого показателя зависит объем получаемого с единицы площади конечного продукта свеклопроизводства- сахара. При низком его содержании корнеплоды становятся водянистыми, нарушаются внутренние структурные связи, они плохо хранятся и более интенсивно поражаются всеми видами гнилей.

Исследованиями многих учёных установлено, что при повышенном уровне азотного питания снижается сахаристость корнеплодов. В нашем опыте были проанализированы лабораторные данные по содержанию в корнеплодах сахара на всех вариантах полевого эксперимента и установлены зависимости сахаристости от изучаемых факторов.

Самый высокий процент сахара в корнеплодах был зафиксирован на делянках, где схемой опыта не предусматривалось внесение удобрений. На этих вариантах корнеплоды имели небольшие размеры, но плотную структуру, пониженное содержание влаги и удлинённую форму, уходящую глубоко в почву. Такие корнеплоды представляют крайне неудобное обстоятельство при механической уборке сахарной свёклы, поскольку части свекловичного комбайна, подкапывающие корнеплод, срезают нижнюю продукционную часть и, соответственно, она остаётся в земле и не попадает в объем полученного урожая. Содержание сахара на контроле без удобрений составило 19,8-20,4 % с большими абсолютными значениями при минимальной обработке почвы (Таблица 16).

Минеральные удобрения, внесённые осенью, несмотря на положительное влияние на формирование корнеплодов больших размеров,

показали достойный уровень содержащихся в них сахаров. На вспашке данный показатель составил 18,9 %, а при минимальном способе обработке почвы повысился до 19,3 %, что превышает средневзвешенный показатель по регионам Центрально-Чернозёмной зоны за годы проведения исследований.

Таблица 16 – Сахаристость корнеплодов сахарной свёклы при глубокой отвальной обработке почвы.

Среднее 2019-2021 гг, т/га

Уровень удобренности	Сахаристость, т/га	Изменения		
		от системы удобрения	от первой подкормки	от второй подкормки
Контроль	19,8	-	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	18,9	-0,9	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	18,6	-1,2	-0,3	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	17,2	-2,6	-	-1,4
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	17,4	-2,4	-	-1,2
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	18,1	-1,7	-0,8	
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	17,0	-2,9	-	-1,1
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	16,6	-3,2	-	-1,5
HCP ₀₅	0,3			

Минеральные азотные удобрения, внесенные весной, оказали умеренно негативное влияние на показатель сахаристости корнеплодов сахарной свёклы. Если от одинарной дозы снижение по сравнению с фоновым осенним внесением минеральных комплексных удобрений составило 0,1-0,3 %, что находится в пределах допустимой ошибки опыта, то при удвоении количества азота, сахаристость снижается уже на 0,5-0,8 %, что является уже достоверной величиной. Следует отметить, что данная закономерность

сильнее проявляется при глубокой отвальной обработке почвы и менее выражена при минимальном воздействии на почву.

Как уже отмечалось, азотные соединения, в избыточных количествах усваиваемые растениями, провоцируют снижение содержания в корнеплоде сахара, способного перейти в раствор при технологической обработке и стать после серии операций конечным продуктом, реализуемым в торговле и приносящим реальную прибыль товаропроизводителям.

Таблица 17 – Сахаристость корнеплодов сахарной свёклы при минимальной обработке почвы.

Среднее 2019-2021 гг, т/га

Уровень удобренности	Сахаристость, т/га	Изменения		
		от системы удобрения	от первой подкормки	от второй подкормки
Контроль	20,4	-	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	19,3	-1,1	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	19,2	-1,2	-0,1	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	18,0	-2,4	-	-1,2
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	17,7	-2,7	-	-1,5
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	18,8	-1,6	-0,5	
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	17,9	-2,5	-	-0,9
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	17,0	-3,4	-	-1,8
НСП ₀₅	0,6			

Именно этот факт и был зафиксирован в наших опытах в результате лабораторного анализа свеклосахарного сырья с вариантов, где предусматривается подкормка посевов сахарной свёклы жидким азотным удобрением. На этих делянках зафиксированы самые низкие показатели сахаристости. При использовании КАС-32 в количестве 100 кг/га по

вегетации недобор сахара в процентном отношении по сравнению с применением одной подкормки аммиачной селитрой составило 0,9-1,2 % при вспашке и 1,1-1,4 % при минимальной обработке почвы. Увеличение дозы вдвое сопровождалось дальнейшим снижением содержания сахара в корнеплодах до уровня 17,0-17,7 % при глубокой обработке и 16,6-17,4 % при мелкой, что составляет 1,2-1,8 % от вариантов, где данная подкормка не применялась.

В целом, при возделывании сахарной свёклы по современным технологиям с использованием высокоинтенсивных гибридов, высокой культуре земледелия и своевременном применении средств защиты растений от сорняков, вредителей и болезней возможно получать достойный уровень содержания сахара в подземной части растений сахарной свёклы при условии умеренного использования азотных удобрений.

7.3. Технологические качества свеклосахарного сырья

Конечным, результирующим продуктом возделывания сахарной свёклы является показатель выхода «белого» сахара на заводе. Рассчитывается данный показатель с учётом всех возможных потерь, таких как потери сахара в мелассе или содержание в корнеплодах калия и натрия, которые затрудняют кристаллообразование и содержание «вредного», альфа-аминного азота, присутствие коего в свеклосахарном сырье модифицирует сахара в трудно доступную для получения кристаллов форму.

В таблице 18 представлен выход конечного технологического продукта- того объема сахара, который получают из всей массы корнеплодов на отдельном варианте с учётом приходной и расходной части.

Согласно полученным материалам, максимальный выход сахара был получен при минимальной обработке почвы с использованием одной

подкормки посевов свёклы аммиачной селитрой в дозе 70 кг/га д.в. азота. В этих условиях получено 6,98 т/га чистого сахара.

На контроле без применения удобрений ввиду крайне низкой урожайности был получен наименьший результат- 3,77 т/га при минимальной обработке почвы и 3,98 т/га при вспашке, что вполне коррелирует с показателями урожайности и обратно пропорционально сахаристости.

Таблица 18 – Выход «белого» сахара при различных способах обработки почвы и уровнях удобренности при глубокой отвальной обработке почвы.

Среднее 2019-2021 гг, т/га

Уровень удобренности	Выход сахара, т/га	Отклонение		
		от системы удобрения	от первой подкормки	от второй подкормки
Контроль	3,98	-	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	5,96	1,98	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	6,48	2,50	+0,52	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	5,27	1,29	-	-1,19
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	5,13	1,15	-	-1,35
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	6,62	2,64	+0,66	
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	5,74	1,76	-	-0,88
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	5,06	1,08	-	-1,56

Внесение аммиачной селитры под сахарную свёклу весной положительно сказалось на заводском выходе сахара. Прибавки в получении итогового продукта составили по вспашке 0,52 и 0,66 т/га от одинарной и двойной доз удобрительного компонента. При переходе на минимальный способ основной обработки почвы данный показатель изменился

незначительно с сохранением описанной выше тенденцией относительно увеличения вносимых удобрений. В этом случае превышение выхода сахара на заводе над контрольным фоновым вариантом составило 0,24 и 0,92 т/га соответственно по одинарной и двойной дозам.

Использование комбинированного азотного удобрения, содержащего амидные и аммонийные формы этого элемента, по вегетирующим растениям сахарной свёклы создало предпосылки для резкого снижения количества получаемого сахара. Несмотря на довольно высокий уровень урожайности на этих вариантах, качество корнеплодов было плохое, химический состав не сбалансирован, что вылилось в значительный объем потерь при технологических процессах переработки корнеплодов сахарной свёклы на заводе.

Таблица 19 – Выход «белого» сахара при различных способах обработки почвы и уровнях удобренности при минимальной обработке почвы. Среднее 2019-2021 гг, т/га

Уровень удобренности	Выход сахара, т/га	Отклонение		
		от системы удобрения	от первой подкормки	от второй подкормки
Контроль	3,77	-	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	6,06	2,29	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	6,30	2,53	+0,24	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	5,99	2,22	-	-0,31
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	5,93	2,16	-	-0,37
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	6,98	3,21	+0,66	
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	6,11	2,34	-	-0,87
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	5,63	1,86	-	-1,25

На фоне N₃₅ при первой подкормке снижение количества «белого» сахара составило 0,31-30,7 т/га при минимальной обработке почвы. При условии использования под сахарную свёклу в качестве

почвообрабатывающего орудия в виде отвального плуга, потери сахара резко возрастают- до 1,19-1,35 т/га. На фоне N₇₀ данная тенденция сохраняется при примерно равном порядке потерь в абсолютных величинах.

Примечательно, что по всем удобренным вариантам повышает количество в корнеплодах «вредного» альфа-аминного азота, при усилении этого процесса при глубокой отвальной обработке почвы (таблица 20).

Таблица 20 – Содержание альфа-аминного «вредного» азота в корнеплодах сахарной свёклы при различных способах обработки почвы и уровнях удобренности при минимальной обработке почвы.

Среднее 2019-2021 гг, мг-экв/100 г почвы

Варианты опыта	1*	2	3	4	5	6	7	8
Вспашка	4,6	6,8	6,9	8,3	9,2	7,0	9,0	9,3
минимальная	4,3	5,9	6,8	6,9	8,7	6,6	7,9	8,8

*- 1. Контроль;

2. N₅₀P₁₃₀K₁₃₀;

3. N₅₀P₁₃₀K₁₃₀+ N₃₅;

4. N₅₀P₁₃₀K₁₃₀+ N₃₅ + N₃₂;

5. N₅₀P₁₃₀K₁₃₀+ N₃₅ + N₆₄;

6. N₅₀P₁₃₀K₁₃₀+ N₇₀;

7. N₅₀P₁₃₀K₁₃₀+ N₇₀ + N₃₂;

8. N₅₀P₁₃₀K₁₃₀+ N₇₀ + N₆₄.

Необходимо отметить, что даже осеннее внесение комплексных минеральных удобрений под основную обработку почвы повышает содержание «вредного» альфа-аминного азота на величину 1,6-2,2 мг-экв/100 г почвы по сравнению с неудобренными вариантами (Таблица 20).

Максимальное содержание альфа-аминного азота зафиксировано при использовании двойной дозы карбамидно-аммиачной смеси при его применении по вегетирующим растениям сахарной свёклы, уже формирующим к этому времени корнеплоды и активно потребляющим свободные и доступные соединения азота в избыточных количествах.

Таблица 21 – Потери сахара в мелассе при различных способах обработки почвы и уровнях удобренности при минимальной обработке почвы. Среднее 2019-2021 гг, %

Варианты опыта	1*	2	3	4	5	6	7	8
Вспашка	1,9	2,5	2,9	2,8	3,2	2,8	3,0	2,9
минимальная	2,0	2,2	3,0	3,1	3,4	2,7	3,4	2,7

*- 1. Контроль;

2. $N_{50}P_{130}K_{130}$;

3. $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{35}$;

4. $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{35} + N_{32}$;

5. $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{35} + N_{64}$;

6. $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{70}$;

7. $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{70} + N_{32}$;

8. $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{70} + N_{64}$.

Потери сахара ввиду наличия только вредного азота не отражают общую картину снижения эффективности технологических процессов. Необходимо учитывать еще такой важный показатель, как потери сахара в мелассе, обусловленные наличием калия и натрия, вызывающих пептизацию мелассы и мешающих очистке клеточного сока.

В целом этот показатель отражает ту же тенденцию, когда с увеличением количества азотных удобрений ухудшаются показатели качества корнеплодов.

Вместе с тем, как свидетельствуют данные таблицы 17, содержание калия и натрия в мелассе не имеет прямой зависимости от вида, дозы и сроков использования минеральных удобрений. Характер действия этого показателя лежит в плоскости сложных физиологических процессов и химических реакций, проходящих не только в самих корнеплодах, но и зоне корневой системы, а также реакций реутилизации, когда химические соединения перераспределяются из отмирающих листьев нижнего яруса розетки верхней части растений сахарной свёклы и идущих на построение соединительной ткани корнеплодов, формируя тем самым не только количественную составляющую будущего урожая, но и закладывая фундамент будущего химического состава корнеплодов сахарной свёклы.

ГЛАВА 8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОПРИЕМОВ

Расчёт экономической эффективности технологий возделывания сахарной свёклы произведён нами на полученный в опыте конечный продукт- выход «белого» сахара на заводе, посредством реализации которого и была получена прибыль.

Высокие общие затраты согласно технологической карты объясняются дорогим семенным материалов, так как в опыте использовались гибриды зарубежной селекции, необходимостью неоднократных обработок посевов средствами защиты растений (СЗР), высокой стоимостью горюче-смазочных материалов.

Расчёт производился по общепринятой методике с использованием справочной документации планово-экономического отдела ООО «Заречье», крупного многофункционального сельскохозяйственного предприятия, основной производственной деятельностью которого, кроме отрасли растениеводства, является также молочное животноводство.

Для удобства расчета и применительно к условиям конкретного хозяйства мы рассчитывали эффективность возделывания сахарной свёклы на площади 1 га.

Расчет уровня рентабельности произведен по формуле

$$\text{Урент.} = \text{Чд} / \text{З} \times 100,$$

где Урент. – уровень рентабельности, %;

Чд – чистый доход, руб.

З – затраты на 1 га, руб.

Как свидетельствуют данные таблицы 22, общие производственные затраты на возделывание сахарной свёклы на удобренных вариантах составили более 100 тыс. рублей.

Таблица 22 – Экономическая эффективность возделывания сахарной свёклы в зависимости от уровня
удобрённости при глубокой отвальной обработке почвы. Среднее 2019-2021 гг., кг/га

Удобрения	Контроль	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ ⁺ N ₃₅ + N ₆₄	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄
Выход сахара, т/га	3,98	5,96	6,48	5,27	5,13	6,62	5,74	5,06
Затраты по технологической карте, руб/га	80410	82140	83920	85090	85090	83920	85090	85090
Затраты на мин. удобрения, руб	-	15000	16200	17000	17800	17400	18200	19000
Выручка от реализации, руб	119400	178800	194400	158100	153900	198600	172200	151800
Себестоимость, руб/т	20203	16298	15450	19371	20056	15305	17994	20571
Прибыль, руб/га	38990	81660	94280	56010	51010	97280	68910	47710
Уровень рентабельности, %	48	84	94	54	49	96	66	45

Следует отметить, что все рассматриваемые технологии возделывания сахарной свёклы были рентабельными, отличались высокой эффективностью и позволили хозяйству с данных посевов хорошую прибыль. Объясняется это высоким спросом на продукт переработки сахарной свёклы, адекватной ценой реализации, которая составила в условиях 2021 года на оптовых площадках 30000 рублей за тонну сахара песка.

Затраты на минеральные удобрения составили значительную сумму по причине возросшей их стоимости и составили по различным вариантам удобренности 15-19 тыс. рублей/га.

Как показывают расчёты экономической эффективности, выручка от реализации продукции на варианте с глубокой отвальной вспашкой составила более 119 тыс. руб/га. Однако, рекомендовать экстенсивный способ выращивания сахарной свёклы мы не можем ввиду его неэкологичности. При внесении удобрений выручка от реализации сахара резко возрастает, несмотря на включение в перечень затрат статьи приобретения минеральных туков. Так, внесение всей полной дозы минеральных удобрений осенью с глубокой заделкой позволило довести показатель выручки до значений, превышающих 178 тыс. руб/га.

Даже при однократном весеннем внесении аммиачной селитры в одинарной дозе, выручка от реализации полученной продукции выросла до 194 тыс. руб/га, а при удвоении дозы- до 198 тыс. руб/га, т.е практически не изменилась. Введение же в технологию азотной подкормки КАС-32 снизило выручку от реализации сахара до 150-160 тыс. руб/га, что говорит об её невысокой эффективности по глубокой вспашке (таблица 23).

Пропорционально проанализированному выше показателю была и полученная чистая прибыль.

Таблица 23 – Экономическая эффективность возделывания сахарной свёклы в зависимости от уровня
удобрённости при минимальной обработке почвы. Среднее 2019-2021 гг., кг/га

Удобрения	Контроль	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ ⁺ N ₃₅ + N ₆₄	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄
Выход сахара, т/га	3,77	6,06	6,30	5,99	5,93	6,98	6,11	5,63
Затраты по технологической карте, руб/га	77410	79140	80920	82090	82090	80920	82090	82090
Затраты на мин. удобрения, руб	-	15000	16200	17000	17800	17400	18200	19000
Выручка от реализации, руб	113100	181800	189000	179900	177900	209400	183300	168900
Себестоимость, руб/т	20533	15534	15415	16542	16844	14085	16414	17995
Прибыль, руб/га	35690	87660	91880	80610	78010	111080	83010	67810
Уровень рентабельности, %	46	93	94	81	78	112	82	67

При условии подкормки аммиачной селитрой в дозе 70 кг/га д.в. азота этот показатель составил более 97 тыс. руб/га при рентабельности производства 96 процентов.

Отмеченные выше закономерности при несколько других значениях отмечены нами и при минимальной обработке почвы (таблица 19). При условии использования минимальной энергосберегающей обработки почвы продуктивность сахарной свёклы в виде получения конечного продукта была ниже чем на вспашке, что и предопределило ухудшение экономических показателей на этом варианте. Несмотря на снижение производственных затрат ввиду экономии средств при проведении основной обработки почвы, выручка от реализации снизилась на 6 тыс. руб/га при общем сокращении уровня рентабельности на 2 процента.

На удобренных вариантах при упрощении подхода к способу обработки почвы экономические показатели были практически равнозначны с отвальной вспашкой, а по некоторым вариантам и превосходили их. Так, при использовании азотной подкормки весной в дозе 35 кг/га д.в. уровень рентабельности, как интегральный показатель экономической эффективности, был на одном уровне вне зависимости от способа обработки почвы - 94 %, тогда как при удвоении дозы он повышался до рекордных значений 112 % против 96 % при отвальной вспашке. Необходимо отметить более высокий экономический эффект от всех видов, сроков и доз азотных подкормок при мелкой обработке почвы по сравнению со вспашкой. Даже высокие дозы азота при двукратной обработке сахарной свёклы по вегетации показали прибыль почти 68 тыс. руб/га при уровне рентабельности 67 процентов. В аналогичных условиях при глубокой отвальной обработке величины составили 47 тыс. рублей и 45 % соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенных трехлетних исследований установлено, что оптимальным вариантом удобрения сахарной свеклы является внесение $N_{50}P_{130}K_{130}$ с осени под основную обработку почвы и проведение одной весенней подкормки посевов аммиачной селитрой в дозах 35-70 кг/га д.в. азота. В этих условиях возможно получение до 7 т/га сахара при условии стабилизации основных показателей плодородия чернозема типичного.

2. Агрофизическое состояние пахотных почв при возделывании сахарной свеклы зависит главным образом от способа основной обработки почвы. При этом происходит дифференциация почвенных слоев по плотности и структуре. При вспашке и минимальной обработке в верхнем 20-сантиметровом слое почвы плотность составляет 1,12-1,15 г/см³, при коэффициенте структурности 4,8-5,3. При минимальной обработке разница между слоями увеличивается с ухудшением агрофизических свойств с глубиной. Наиболее рационально почвенная влага расходуется на формирование урожая при одной подкормке аммиачной селитрой на фоне внесения основного удобрения. В этом случае коэффициент водопотребления составляет 86-94 м³/т при практически равной эффективности способов основной обработки почвы.

3. На контроле без применения удобрений запасы минерального азота находились на низком уровне составляли 24-29 кг/га. Минеральные удобрения в дозе $N_{50}P_{130}K_{130}$ способствовало увеличению запасов азота на в 2-2,5 раза со значительным преимуществом мелкой поверхностной обработки почвы. При первой подкормке N_{30} запасы минерального азота составили 92-104 кг/га, а при увеличении количества азота удобрений вдвое, его запасы в верхнем слое почвы в конце июня составили 119-130 кг/га. При однократном внесении после посева аммиачной селитры запасы азота в верхнем слое почвы составили в конце августа 43-53 кг/га, то при

использовании КАС по вегетации они увеличиваются до 77-94 кг/га в зависимости от дозы внесения.

Содержание азота при первом сроке отбора в слое 0-20 см при мелкой обработке на всех удобренных вариантах почти в 2 раза выше аналогичных вариантов со вспашкой. Во второй срок отбора запасы минерального азота при мелкой обработке почвы в слое 0-20 см достигают 155 кг/га.

При третьем сроке отбора на удобренных вариантах различия в обеспеченности подпахотного слоя почвы минеральным азотом нивелировались при общем содержании на уровне 19-27 кг/га.

4. В верхнем 20-сантиметровом слое почве содержание подвижного фосфора составило 36-41 мг/кг. В подпахотном слое почвы на вспашке содержание подвижного фосфора находилось на уровне 23 мг/кг, а при минимальной обработке - 17 мг/кг почвы. При вспашке содержание подвижного фосфора после внесения осенью в дозе $N_{50}P_{130}K_{130}$ для верхнего слоя почвы составил 96-103 мг/кг, а по минимальной обработке - 120-144 мг/кг почвы. На вариантах без внесения удобрений содержание подвижных форм калия находилось примерно на одном уровне и составило 24-35 мг/кг с некоторым превышением значений в верхнем горизонте почвы. При использовании осеннего полного минерального удобрения, включающего 130 кг/га д.в калия содержание подвижного калия возрастает до 100 мг/кг и выше.

5. Обменная кислотность верхнего слоя почвы чернозёма типичного опыта на контроле без применения удобрений составила 6,1-6,3 единицы. На удобренных вариантах при отвальной глубокой обработке почвы с осенним внесением $N_{50}P_{130}K_{130}$ величина рН снижается до 5,0-5,5, а при весеннем внесении 70 кг/га действующего вещества азота в виде аммиачной селитры, рН снизилось до 5,0-5,2 единицы.

6. На контрольном варианте гидролитическая кислотность имела значения, 1,8-2,2 мг-экв/100 г почвы с более высокими значениями в нижних слоях почвенного профиля. При внесении под основную обработку

осенью минеральных удобрений в дозе $N_{50}P_{130}K_{130}$ содержание ионов водорода в почвенно-поглощающем комплексе увеличивается до 3,7 мг-экв/100 г почвы. При включении азотных удобрений величина Hg повышается до значений 4,0-4,4 мг-экв/100 г почвы.

7. На контрольных вариантах даже в третьей декаде августа, когда отмечается пиковые значения площади листьев, показатель не превышал 1781 см²/растение при отвальном глубоком способе обработки почвы. На минимальной обработке площадь ассимиляционной поверхности не превышала 900 см²/растение. Площадь поверхности листьев на контроле в четвёртый срок учёта составила 1003 и 673 см²/растение по вспашке и минимальной обработке почвы соответственно. В первой декаде августа площадь листовой поверхности составляла около 1400 см²/растение при равнозначном влиянии способа обработки почвы. В дальнейшем к концу августа зафиксирована максимальная площадь листьев, составляющая 2300-2400 см²/растение. При условии введения в технологию возделывания сахарной свёклы ранневесеннего внесения аммиачной селитры отмечаются усиленный рост листьев на начальных этапах вегетации. Уже при первом сроке наблюдения площадь фотосинтетической поверхности листового аппарата сахарной свёклы на этих делянках составила 1000-1100 см² и со временем интенсивно нарастала, достигнув в третьей декаде августа величин 2500-2600 см²/растение. В сентябре отмечается уменьшение площади листьев на незначительную величину. Наиболее интенсивно этот процесс протекал при вспашке. На вариантах с подкормкой КАС-32 по вегетации, отмечается бурное развитие листового аппарата на всём протяжении замеров.

8. Во второй декаде июля средний вес корнеплода на неудобренных делянках составил 14-40 грамм. Ко времени уборки вес корнеплода на вспашке был 340 г, тогда как при минимальной обработке- всего 199 грамм. Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{50}P_{130}K_{130}$ при вспашке отмены значения 81 г, тогда как при минимальной обработке почвы- 125 г. При

введении в систему удобрения сахарной свёклы ранневесенней подкормки аммиачной селитрой масса корнеплода составила в середине июля 115-160 г при равной эффективности способов основной обработки почвы. Вес корнеплода на вариантах с двойным внесением азота по вегетации составил 140-180 г и интенсивно увеличивался до начала августа. При следующем сроке также отмечаем нарастание массы корнеплода до конца августа до величин 520-600 г с большими значениями при минимальной обработке почвы.

9. На контроле без применения удобрений содержание азота в корнеплодах культуры равнялось 0,46 - 0,51 %. Содержание азота в корнеплодах сахарной свёклы повышается на 0,08 - 0,09 % в сравнении с вариантом без удобрений при внесении полной дозы минеральных удобрений осенью под основную обработку почвы. Содержание азота в корнеплодах сахарной свёклы возрастало до величин 0,63 - 0,80 % на вспашке и до 0,66 - 0,68 % при минимальной обработке почвы в случаях с только ранневесенней подкормкой. Корнеплоды имеют в своём составе до 0,79 % азота на вариантах с применением на посевах сахарной свёклы двух подкормок по вегетации удобрениями азотом.

10. Урожайность корнеплодов составила 27,1 т/га на вариантах без использования удобрений при глубокой отвальной обработке почвы, при мелкой обработке 19,8 т/га. Прибавка урожая от $N_{50}P_{130}K_{130}$ составила 14,2 т/га при отвальной обработке и 22,8 т/га при минимальной. При внесении весной аммиачной селитры в дозе 35 кг/га д.в. азота урожайность корнеплодов сахарной свёклы составила 46,4 т/га на вспашке и 45,9 т/га при минимальной обработке почвы. Подкормка карбамидно-аммиачной смесью по вегетации сахарной свёклы в любых дозах и сочетаниях не привела к повышению урожайности корнеплодов.

11. Самый высокий процент сахара в корнеплодах был зафиксирован на контроле- 19,8-20,4 % с большими значениями при минимальной обработке почвы. На вспашке при использовании $N_{50}P_{130}K_{130}$ сахаристость составила

18,9 %, а при минимальном способе обработке почвы повысился до 19,3 %. При использовании КАС-32 сахара в процентном отношении по сравнению с применением одной подкормки аммиачной селитрой составил 0,9-1,2 % при вспашке и 1,1-1,4 % при минимальной обработке почвы.

12. Максимальный выход сахара был получен при минимальной обработке почвы с использованием одной подкормки посевов свёклы аммиачной селитрой в дозе 70 кг/га д.в. азота. В этих условиях получено 6,98 т/га чистого сахара. Использование КАС-32 создало предпосылки для резкого снижения количества получаемого сахара.

13. При использовании азотной подкормки весной в дозе 35 кг/га д.в. уровень рентабельности, как интегральный показатель экономической эффективности, был на одном уровне вне зависимости от способа обработки почвы- 94 %, тогда как при удвоении дозы он повышался до значений 112 % против 96 % при отвальной вспашке.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях Центрально-Чернозёмного региона России при возделывании сахарной свёклы и недостаточном количестве минеральных удобрений необходимо применять глубокую отвальную обработку почвы. В этом случае возможно получение до 30 т/га корнеплодов с высоким уровнем сахаристости.

При условии применения осеннего внесения минеральных удобрений в дозе $N_{50}P_{130}K_{130}$ возможно использование минимального энергосберегающего способа обработки почвы.

По результатам исследований лучшей технологией возделывания сахарной свёклы является поверхностная обработка почвы при внесении комплексного минерального удобрения и использование весенней подкормки посевов на ранних этапах вегетации аммиачной селитрой в дозах 35-70 кг/га д.в. азота. Данная технология позволит получить 7 т/га готового продукта в виде сахара при чистой прибыли более 111 тыс. рублей/га и рентабельности производства выше 100 процентов.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Представляется весьма актуальным расширить номенклатуру исследований по влиянию изучаемых факторов на показатели плодородия почвы. Перспективным направлением нашей работы является включение в схему опыта вариантов с различными видами, дозами и способами заделки органо-минеральных и органических удобрений. Планирование дальнейших исследований заключается в расширении в схемы опыта, посредством добавления вариантов с различным насыщением минеральными удобрениями, увеличения количества сочетаний и комбинаций для культуры сахарной свёклы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев В. В., Подколзин А. И. Системы удобрения в севооборотах юга России : Учеб. пособие для студентов вузов агроп. специальностей / В. В. Агеев, А. И. Подколзин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ставрополь : Ставроп. ГСХА ФГУ ЦАС "Ставропольский", 2001. - 349,[1] с. : ил., карт. ; 20 см.
2. Азаров Б.Ф. О сроках внесения азотных удобрений под сахарную свеклу на орошаемых лугово-сероземных почвах Чуйской долины Киргизской ССР / Автореферат дисс...кандидата с.-. наук. Алма-Ата- 1974. 24 с.
3. Азаров В.Б. Формирование продуктивности сахарной свеклы в зависимости от условий минерального питания на черноземе типичном юго-западной части ЦЧЗ. Автореферат дисс...кандидата с.-х. наук, М., 1997, 20 с.
4. Азаров В.Б. Агроэкологический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения ЦЧЗ/Автореферат дисс...доктора с.-х. наук, Курск, 2004, 40 с.
5. Акентьева, Л. И. Влияние плоскорезной обработки и удобрений на изменение свойств черноземов и продуктивность сельскохозяйственных культур / Л. И. Акентьева // Науч. тр. ВНИИЗХ : Всесоюз. науч.-исслед. ин-т зернового хоз-ва, 1989. – С. 74-82.
6. Акулов, П.Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность черноземов / П.Г. Акулов // Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. доктора с. – х. наук. – М.: ВИУА, 1994. – 73 с.
7. Алейник С.Н., Линков С.А. Сценарии развития АПК России в условиях актуальных вызовов. Белгород. 2022.- 306 с.
8. Алексеева Е.Н. Удобрения под сахарную свёклу. / Сахарная свёкла в РСФСР. Воронеж. 1970.- с. 53-61.
9. Аникст Д.Н., Сеницын Ю.Л. «Минеральные удобрения и содержание сахара в сахарной свекле». «Агрохимия» 1998 №5,с. 88-93.

10. Андреев, В. Л. Ресурсосбережение при основной обработке почвы / В. Л. Андреев, С. Л. Демшин, Р. Р. Нуризянов // Земледелие. – 2008. – № 1. – С. 22-23.
11. Антонова О.И., Даскин В.Ю. Урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы гибрида Портланд при проведении подкормок на фоне допосевного удобрения и гербицидов // Вестн. Алтай. ГАУ. 2013. № 11 (109). С. 33–36.
12. Афендулов К.П., Ландухова А.И. Удобрение под планируемый урожай». М.: Колос, 2005 с.240.
13. Баздырев, Г. И. Почвозащитные системы обработки почвы плюс гербициды / Г. И. Баздырев // Земледелие. – 2008. – № 2. – С. 45-48.
14. Байко, В. П. Осенняя и предпосевная обработка почвы / В. П. Байко. – Москва : Россельхозиздат, 1966. – 64 с.
15. Бакиров, Ф. Г. Возможности использования ресурсосберегающих систем основной обработки черноземов южных в земледелии Оренбуржья / Ф. Г. Бакиров, А. В. Кислов // Роль современных технологий в устойчивом развитии АПК. – Курган, 2006. – С. 200-206.
16. Бараев, А. И. Система обработки почвы / А. И. Бараев // Земледелие. – 1966. – № 4. – С. 16-22.
17. Барсуков, Л. Н. Изменение условий плодородия в различных прослойках пахотного слоя в зависимости от обработки / Л. Н. Барсуков, К. М. Забавская // Почвоведение. – 1969. – № 12. – С. 18-27.
18. Бахтин, П. У. Проблемы обработки почвы / П. У. Бахтин. – Москва : Знание, 1969. – 62 с.
19. Бахтузин Н.Р. Сахарная свекла. Краткая энциклопедия Башкортостана. Уфа 1996. с. 105-106.
20. Богомазов Н.П. Влияние сочетания минеральных, органических и известковых удобрений на урожай и качество культур, продуктивность зерносвекловичного севооборота и плодородие выщелоченного чернозёма юго-западной части ЦЧЗ / Агрохимия.- 1996. № 10. С. 21-28.

21. Борин, А. А. Технология обработки почвы в севообороте / А. А. Борин, А. М. Блинов, Е. М. Ветчинина // Земледелие. – 1994. – № 2. – С. 16-17.
22. Борин А.А., Лощинина А.Э. Влияние обработки почвы в комплексе с применением удобрений и гербицидов на урожайность культур севооборота // Земледелие. 2015. № 7. С. 17–20.
23. Будённый Ю.В., Бойко Л.И. Микробиологический режим и продуктивность сахарной свёклы в зависимости от различных способов обработки почвы / Агрохимия и агропочвоведение. 1988. Выпуск 51. С. 37-40.
24. Вавилов П.П., Грищенко В.В, Кузнецов В.ВС, Лукьянюк В.И., Третьяков М.Н., Шагилов И.С. «Растениеводство». М.: 2006. с. 206-208.
25. Васильев В.Е. Влияние элементов питания на урожай и качество сахарной свеклы. Совершенствования диагностики питания сельскохозяйственных культур. М.: 1999. с.105.
26. Ватагин, А. В. Основная обработка почвы в Татарии / А. В. Ватагин, В. Ф. Кирдин // Земледелие. – 1980. – № 1. – С. 26-27.
27. Вильямс, В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения : учеб. пособие для с.-х. вузов / В. Р. Вильямс. – 4-е изд., пересмотр. и доп. – Москва : ОГИЗ Сельхозгиз, 1938. – 447 с.
28. Власенко, А. Н. Экономические аспекты минимализации основной обработки почвы [Текст] / А. Н. Власенко, И. Н. Шарков, Л. Н. Иодко // Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 18-20.
29. Гайнуллин А.З., Уразлин М.Х. Интенсивная технология возделывания сахарной свеклы в Башкирии. Уфа,1999 с. 31-36.
30. Горбачёва А.Е., Грабак Н.Х. Противозрозионная ресурсосберегающая обработка почвы в зернопропашном севообороте лесостепи УССР / Ресурсосберегающие системы обработки почвы. Киев. 1990. С. 181-186.
31. Горбунов, Н.Н. Главный фактор продуктивности / Н.Н. Горбунов, В.И. Манжесов, В.И. Кураков // Сахарная свекла. - 2004. - № 4. - С. 24-26.

32. Гречишкина Ю.И. Сохранение и воспроизводство плодородия черноземных почв для повышения продуктивности агроценозов центрального Предкавказья. Автореферат дисс...доктора с.-х. наук, М., 2020, 47 с.
33. Дворянкин, Е.А. Продуктивность сахарной свёклы в зависимости от условий питания и чистоты посева / Е.А. Дворянкин, М.С. Ярощук // Сахарная свёкла. – 2013. - №1. – С. 22 – 25.
34. Девятова, Т.А. Агрогенная динамика физико-химических и агрохимических свойств черноземов / Т.А. Девятова // Плодородие. - 2007. - №1. - С. 6-7.
35. Доманов, Н.М. Продуктивность звена зерносвекловичного севооборота в зависимости от уровня интенсификации возделываемых культур / Н.М. Доманов, П.И. Солнцев, А.С. Закараев // Сахарная свёкла. – 2012. - №1. – С. 24 – 26.
36. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. - М.: Колос, 1985.-416 с.
37. Дудкин, И.В. Энергетический анализ выращивания полевых культур при различных системах основной обработки почвы / И.В. Дудкин, Т.А. Дудкина // Управление продукционным процессом в агротехнологиях 21 века: реальность и перспективы. Материалы Международной научно-практической конференции посвященной 35-летию образования Белгородского НИИСХ 15-16 июля 2010 г. - Белгород: «Отчий край», 2010.- с. 81-82.
38. Еремина, Р.Ф. Малозатратные технологии обеспечения воспроизводства плодородия почвы и повышения урожайности сельскохозяйственных культур / Р.Ф. Еремина и др. - Агроэкологическая оптимизация земледелия: сб. Докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Россельхозакадемии и

100-летию со дня рождения С.С. Соболева, 14-16 сентября 2004 г., Курск. - с. 228 - 232.

39. Ефремова, Е.Н. Влияние способов обработки почвы и регуляторов роста на развитие сахарной свёклы / Е.Н. Ефремова // Сахарная свёкла. – 2014. - №5. – С. 37 – 39.

40. Завалин А.А. Минеральный и биологический азот в земледелии России. М.: Из-во ВНИИА, 2022. 304 с.

41. Заришняк, А.С. Как правильно распорядиться дефицитом / А.С. Заришняк // Сахарная свекла. - 2001. - № 6. - С. 5-7.

42. Зезюков Н.И. Использование соломы на удобрение для повышения плодородия почвы в свекловичном севообороте / Регулирование плодородия чернозёмов в лесостепи ЦЧЗ. М. 1989. С. 13-23.

43. Зорина, М.С. Эффективность способов основной обработки почвы и систем удобрения при возделывании сахарной свёклы в условиях Курской области / М.С. Зорина // Вестник Курской ГСХА. – 2012. - №9. – с. 48.

44. Зубенко В.Ф. Сахарная свекла. Киев 1999. 290 с.

45. Зуев Л.А. Питание растений и применений удобрений. М.: Сельхозизд., 2000. с. 187-195.

46.Иванина, В.В. Влияние норм и соотношения элементов питания на урожайность / В.В. Иванина, Н.С. Зацерковная, Н.К. Шиманская, К.А. Савчук // Сахарная свёкла. – 2013. - №4. – С. 13 – 14.

47. Иевлев Д.М., Шестакова Р.И. Многое зависит от способов обработки почвы / Сельские зори. 1995. № 9-10. С. 19-20.

48. Ильин Ю.Н., Юхин И.П. Освоение и внедрение прогрессивных технологий - залог успехов свекловодов. Уфа: Башкнигоиздат, 1996. 67 с.

49. Ионицей, Ю.С. Продуктивность гибридов в зависимости от фона питания / Ю.С. Ионицей // Сахарная свёкла. – 2013. - №3. – С. 34 – 37.

50. Ислагумов, Д.Р. Дозы азотных удобрений и технологические

качества корнеплодов / Д.Р. Ислагумов, Р.Р. Исмагилов, И.Р. Бикметов // Сахарная свёкла. – 2013. - №3. – С. 17 – 19.

51. Калинин А.Т. О способе обработки почвы под сахарную свёклу с помощью плоскореза / Научные основы интенсификации свеклосахарного производства. Воронеж. 1990. С. 64-70.

52. Карабутов, А.П. Изменение свойств чернозема типичного при длительном применении способов обработки и удобрений в Центрально-Черноземном регионе: автореферат дисс... канд. с.-х. наук: 03.02.13. / Карабутов А.П.; ВНИИЗиЗПЭ. - Курск, 2012. - 19 с.

53. Картамышев, Н.И. Удобрения в системе основной противозерозионной обработки почвы / Н.И. Картамышев, Р.Н. Кудров, А.Н. Горбачев // Сахарная свекла. - 1994. - № 2. - с. 11-12.

54. Квасников В.В. Задачи культурной обработки почвы в свете Мичуринской агробиологии и современной агрофизики / Записки Воронежского СХИ. Т. 26. Выпуск 2. 1956. С. 151-158.

55. Квасов В.А. Влияние удобрений на урожайность и качество сахарной свеклы. Химизация сельского хозяйства, 1992. №3 с. 9-11.

56. Кириллов, Н.А. Влияние сахарной свёклы на продуктивность плодосменного севооборота / Н.А. Кириллов, А.И. Волков, Л.Н. Прохорова, Л.А. Куликов // Сахарная свёкла. – 2014. - №6. – С. 42 – 44.

57. Клостер Н.И., Азаров В.Б. Технологические качества свеклосахарного сырья в зависимости от условий возделывания в ЦЧР / Н.И. Клостер, В.Б. Азаров, В.Д. Соловиченко // Сахарная свёкла.- 2012.- № 4- с. 14-17.

58. Клостер Н.И. Повышение продуктивности сахарной свёклы при органической системе удобрения в Центрально-Чернозёмной зоне / Н.И. Клостер // Инновации в АПК: проблемы и перспективы.- 2021.- № 2 (30).- с. 190-195.

59. Кравцов, А.М. Формирование продуктивности сахарной свеклы в зависимости от приемов ее возделывания на выщелоченном черноземе

Западного Предкавказья / А.М. Кравцов, Н.Г. Малюга, Е.Г. Кутняк // Тр. Куб ГАУ, 1999. - Вып. 372 (400). - С. 77-85.

60. Комаревцева Л.Г. Использование соломы в качестве дополнительного органического удобрения / Эффективность использования органических и минеральных удобрений на Урале. Ижевск. 1989. С. 42-47.

61. Коновалов, Н.Д. Роль побочной продукции урожая в обогащении почвы элементами плодородия / Н.Д. Коновалов, Р.И. Фролова // Научно-практические основы сохранения и воспроизводства плодородия почв ЦЧЗ. Материалы заседания Территориального координационного совета «Проблемы земледелия ЦЧЗ». - Каменная Степь, 2008. - С. 31-39.

62. Корниенко А.В., Ренгач П.Н. Совершенствование системы основной обработки почвы / Сахарная свёкла. 1996. № 8. С. 14-16.

63. Корнилов, И. М. Обработка почвы и сорный компонент [Текст] / И. М. Корнилов, Н. А. Нужная // Биологизация адаптивно-ландшафтной системы земледелия – повышения плодородия почвы, роста продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранении окружающей среды: мат. Всероссийской науч. практ. конф. – Т. I. – Белгород : Отчий край, 2012. – С. 122-125.

64. Костычев, П. А. Почва, ее обработка и удобрения : практическое руководство / П. А. Костычев. – 3-е изд. – Москва, 1908. – 302 с.

65. Котоврасов И.П., Павловский В.Б., Ващук В.Ф. Эффективность энергосберегающих обработок почвы в свекловичном севообороте / Ресурсосберегающие системы обработки почвы. Курск. 1990. С. 51-59.

66. Кузьмич С.И. Методика изучения динамики роста корня сахарной свёклы и некоторые результаты её применения / Научные записки по сахарной промышленности. 1934. № 2. Выпуск 1. С. 48-58.

67. Кураков В.И. Никульников В.В. Длительное применение удобрений в севообороте / Сахарная свёкла. 1996.- № 9. С. 14-16.

68. Кураков, В.И. Влияние удобрений на воспроизводство плодородия, урожайность и качество сахарной свеклы в севообороте // Автореферат дис. ... доктора с.-х. наук / В.И. Кураков. - Москва, 1992. - 36 с.
69. Лазарев, В.И. Влияние препарата БИОПАГ и микроэлементных удобрений на продуктивность сахарной свёклы и хранение корнеплодов / В.И. Лазарев, О.М. Шершнева, Е. Шкрабак // Вестник Курской ГСХА. – 2012. - №2. – с. 56.
70. Литвак Ш.И., Панкова Н.К. Основные принципы разработки системы удобрения в севообороте / Применение удобрений и расширенное воспроизводство плодородия почв. М.- 1989. С. 7-19.
71. Лоткова В.В. Трансформация агрофизических свойств чернозёма под влиянием элементов агротехнологии / Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 1 (27). С. 97-106.
72. Лукин, С.В. Влияние удобрений и погодных условий на урожайность сахарной свеклы в Белгородской области / С.В. Лукин, В.П.Сушков //Сахарная свекла. - 2004. - № 6. - с. 29-30.
73. Лукин, С.В. Экологические основы земледелия (на примере Белгородской области) / С.В.Лукин, П.Г. Акулов, В.П. Сушков и др. - Белгород: «Отчий край», 2006. - 288 с.
74. Лукин, С.В. Состояние окружающей среды и использование природных ресурсов Белгородской области в 2008 году: справ, пособие / П.М. Авраменко и др.; под ред. С.В. Лукина. - Белгород: КОНСТАНТА, 2009. - 248 с.
75. Мальцев, Т. С. О методах обработки почвы и посевов, способствующих получению высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур : докл. на Всерос. совещании / Т. С. Мальцев. – Москва, 1954. – 45 с.
76. Мартынович, Н.Н. Влияние 50-ти летнего применения органических и минеральных удобрений на плодородие чернозема

- оподзоленного центральной лесостепи правобережья Украины / Н.Н. Мартынович, Л.И. Мартынович // Агрохимия. - 1996. - № 2. - С. 38-51.
77. Матюк, Н. С. Изменение строения профиля дерново-подзолистых почв, свойств и режимов корнеобитаемого слоя под действием антропогенной нагрузки разной степени интенсивности [Текст] / Н. С. Матюк, И. Г. Платонов, В. Д. Полин // Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии: мат. Всероссийской науч.-практ. конф. – Москва : Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. – С. 113-132.
78. Менделеев, Д. И. Об углублении пахотного слоя подзолистых и черноземных почв [Текст] / Д. И. Менделеев // Работы по сельскому хозяйству и лесоводству. – Москва : Изд-во АН СССР, 1954. – С. 110-159.
79. Мерзлая, Г.Е. Влияние удобрений на кислотность почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур // Земледелие. - 2007. - с. 27-28.
80. Минакова, О.А. Факторы и приемы повышения продуктивности сахарной свеклы / О.А. Минакова, Л.В. Александрова, Л.В. Тамбовцева, А.Г. Ступаков // Сахарная свекла. - 2011. № 10. -с. 17-19.
81. Минакова О.А., Тамбовцева Л.В. Применение аммиачной селитры – фактор повышения продуктивности сахарной свеклы // Мат-лы Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 100-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии Воронеж. ГАУ. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2013. с. 157–162.
82. Минакова, О.А. Продуктивность и вынос NPK гибридами сахарной свёклы отечественной или иностранной селекции на различных фонах основной удобренности / О.А. Минакова, Л.В. Тамбовцева, Л.В. Александрова // Сахарная свёкла. – 2014. - №5. – С. 40 – 42.
83. Минеев В.Г. Агрохимия /В.Г. Минеев.- М.: МГУ, 2004.- 486 с.
84. Найенко А.К. Будущее за прогрессивными технологиями. Сахарная свекла. 1996. №11. с. 11-12.

85. Никитаева Н.Н., Никитаев С.А. Сроки внесения основного удобрения под сахарную свёклу / Научные основы интенсификации свеклосахарного производства. Курск.- 1990. С. 94-102.
86. Никитин В.В. Шаповалов Н.К. Удобрения и качество корнеплодов / Сахарная свёкла. 1998.- № 7. С. 6-8.
87. Никитин, В.В. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность севооборота и качество сельхозпродукции / В.В. Никитин // Сахарная свёкла. – 2012. - №10. – С. 21 – 23.
88. Никульников, И.М. Физико-химические свойства чернозема и продуктивность культур в системах основной обработки почвы в севообороте / И.М. Никульников, О.К. Боронтов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2009. - № 2. - с. 32.
89. Орловский Н.И. Новый метод учёта листовой поверхности растений при массовых исследованиях / Селекция и семеноводство. 1948. № 6. С. 21-24.
- Моргун, Ф.Т. Обработка почвы и урожай / Ф.Т. Моргун. – М.: Колос, 1988. – 288 с.
90. Ошкин В.А., Костин В.И., Смирнова Н.В. Влияние внекорневой подкормки на технологические качества корнеплодов // Вестник Ульяновской ГСХА. 2016. № 1. С. 72–75.
91. Павловский В.Б. Василенко И.Д. Результаты изучения элементов ресурсосберегающей технологии возделывания культур зерносвекловичного севооборота / Ресурсосберегающие технологии обработки почвы. М. 1989. С. 147-154.
92. Пилюгин В.В. Действие и последствие способов основной обработки почвы под сахарную свёклу / Регулирование плодородия чернозёмов в условиях лесостепи ЦЧЗ. Воронеж. 1989. С. 56-59.
93. Полуэктов, Р.А. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур / Р.А. Полуэктов, Э.И. Смоляр, В.В. Терлеев, А.Г. Топаж. - Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2021. - 396 с.
94. Привало, К.И. Воспроизводство плодородия почвы при

интенсивной технологии возделывания сахарной свёклы / К.И. Привало, Л.Г. Мамонова, Е.В. Малышева, Н.А. Костенко // Вестник Курской ГСХА. – 2014.- №5. – с. 48.

95. Ревут И.Б. Вопросы теории обработки почвы / Материалы научно-практической конференции «Теоретические вопросы обработки почвы. М.- 1969. С. 13-18.

96. Родионов В.Я., Клостер Н.И. Удобрения в современном земледелии/ В.Я. Родионов.- Белгород, 2013.- 213 с.

97. Рымарь, С.В. Биоэнергетическая оценка применяемых агроприемов в условиях ЦЧЗ // Научно-практические основы сохранения и воспроизводства плодородия почв ЦЧЗ. Материалы заседания Территориального координационного совета «Проблемы земледелия ЦЧЗ». -Каменная Степь, 2008.-С. 125-126.

98. Сидоренко В.И. Разработка оптимальных параметров плодородия чернозёма типичного в полевом севообороте / Труды Кубанского СХИ. Краснодар. 1988.- с. 57-63.

99. Смуров С.И. Питательный фон и продуктивность сахарной свеклы /Смуров С.И., Чурсин А.С.// Сахарная свекла.- 2006.- № 5.- 14-20.

100. Соловиченко, В.Д. Воспроизводство плодородия почв и рост продуктивности сельскохозяйственных культур Центрально-Черноземного региона / В.Д. Соловиченко, С.И. Тютюнов, Г.И. Уваров. – Белгород: «Отчий край», 2012. – 256 с.

101. Ступаков, А.Г. Эффективность последствий удобрений / А.Г. Ступаков, А.П. Чернышова, М.А. Куликова, Д.А. Зиятдинов // Сахарная свекла. - 2007. №4. -с. 19-21.

102. Сурков Н.А. Свеклопроизводство. /Сурков Н.А., Турьянский А.В. и др./ Изд. «Крестьянское дело»- Белгород.- 2002.- 160 с.

103. Трофимова Т.А., Коржов С.И., Гулевский В.А., Образцов В.Н. Оценка степени физической деградации и пригодности черноземов к минимизации

- основной обработки почвы // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1125–1131.
<https://doi.org/10.1134/S0032180X18090125>
104. Турусов, В.И. Резервы повышения плодородия черноземов и урожайности сельскохозяйственных культур / В.И. Турусов // Пути сохранения плодородия почвы и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья. Материалы заседания координационного совета «Проблемы земледелия ЦЧЗ» Каменная Степь. - Воронеж.: Истоки, 2019. – С. 3-8.
105. Турьянский А.В. и др. Технологический регламент возделывания основных сельскохозяйственных культур в Белгородской области/ А.В. Турьянский, 2012, Белгород, 687 с.
106. Тютюнов, С.И. Эффективность интенсификации технологий возделывания сахарной свёклы / С.И. Тютюнов, Н.К. Шаповалов, П.И. Солнцев // Сахарная свёкла. – 2014. - №9. – С. 36 – 37.
107. Тютюнов С.И., Никитин В.В., Соловиченко В.Д. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность и качество сахарной свеклы // Международ. научн.-исслед. журн. 2016. № 6–5 (48). С. 198–203.
108. Филимонов, И.Н. Ресурсосберегающие приемы выращивания сахарной свеклы в условиях Белгородской области / И.Н. Филимонов, О.Г. Котлярова // Бюллетень научных работ. Вып. 25. – Белгород: Бел ГСХА, 2011. – С. 61-66.
109. Хмельницкий, А.А. Опыты и результаты / А.А. Хмельницкий, М.В. Черкашин // Сахарная свекла. - 1984. - № 10. - с. 21.
110. Черный А.Г. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от степени биологизации земледелия и способов основной обработки почвы /Черный А.Г., Смуров С.И.// Материалы научно-практической конференции «Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения, Белгород.- БелГСХА.- 2005.-С. 41-42.

111. Шеуджен А.Х. Агрохимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – Майкоп: «Полиграф-Юг», 2013. – 572 с.
112. Шикула, Н.К. Ответ оппонентам бесплужного земледелия / Н.К. Шикула // Земледелие. – 1990. - № 11. – С. 11-17.
113. Юхин И.П. Удобрения в зерносвекловичном севообороте / Сахарная свекла. 1995. №9. с. 10-11.
114. Balota, E.L. Soil enzyme activities under long – term tillage and crop rotation systems in subtropical agro-ecosystems / E.L.Balota, M. Kanashiro, A.C. Filho, A.S. Andrade, R.P.Dic // Braz. J. Microbiol. – 2004. – V. 35. - № 4. – P. 300-306.
115. Bernhardt H. Verfahren einer qualitäts gerechten Strohdungung Fiedwirtschafft. 2017. N. 8.- s. 370-372.
116. Brandt R. Handbook of Organic Husbandry. Wihtshire. Crowood Press, 2007. 221 p.
117. Campbell C.A. Effect of manure and fertilizer on properties of a black chernozem in southern Saskachewan// Canada J. Soil Sc. 1986.- p. 601-614.
118. Collins H.P., Elliot L.F., Papendick R.I. Wheat straw decomposicion and changes in decomposiciotability during field exposure. Soil.Sc. Amerika J. 2005. N 4. P. 1013-1016.
119. Diez T. Einfluens reeduzierter Bodenbearbeitung auf Bodengutuge, Wasserhaushalt und Ertrag. Fieldwirchaft. 2011. N 8- s. 347-349.
120. Grant R.E., Izaualde R.S., Chanasick D.S. Soil temperature under cinventionable and minimum tillage, simulation and experimental verification . Canada J. Soil. Sc. 2018.- p. 289-304.
121. Elliot E.T. Aqqreqate structure and carbon, Nitrogen, and phosphorus in Native and cultivated soils / E.T.Elliot // Soil Sci. Sos. Am J. – 1986 – V. 50. – P. 627-633.

122. Harper S. Decomposition de la paille production de toxines au champ. *Perspect agro.* 2014.- p. 22-32.
123. Jordan A., Zavala L.M., Gil J. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain // *Catena.* 2010. V. 81. P. 77–85.
124. Islamzada R. Kh. Influence of sowing rates and fertilizers on the dynamics of the content of phosphorus and potassium in the soil, depending on the development phases of winter barley on light-chestnut soils in the conditions of bogara / R. Kh. Islamzada // 2021. – No 3. – P. 30-38. – DOI 10.51886/1999-740X_2021_3_30. – EDN JUGWYO.
125. Kahlon M.S., Lal R., Varughese M.A. Twenty-two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio // *Soil Tillage Res.* 2013. V. 126. P. 151–158 <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.08.001>
126. Kesten, E. Saatbettbereitung in modernen Zuckerrübenanbau. - Land. Wechenbl. - 2015. - p. 26-27.
127. Karamanous, R.E. Extractability of added lead in soils using lead-210 / R.E. Karamanous, J.R. Bettany, D.A. Rennie // *Canadian J. of Soil Sci.* 2017. - V.56.-p.37-42.
128. Kunze, A. Höhere Bodenfruchtbarkeit und Aufwandsminderung durch schonende Bodenbearbeitung / *Feldwirtschaft.* 2015- № 4. - p. 179-181.
129. Montgomery D.R. Soil erosion and agricultural sustainability // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2007. V. 104(33). P. 13268–13272.
130. Mulumba L.N., Lal R. Mulching effects on selected soil physical properties // *Soil Tillage Res.* 2008. V. 98. P. 106–111.
131. Neider R., Richter J. Wie tief soil man stroch einarbeiten DLG mint/. 2010. N 13 s. 710-713.
132. Parmelle R.W., Beare M.N., Cheng W. Earthworms and enchytraeids in conventional and no-tillage agroecosystems. *Biol. Fertil. Soils.* 2016. N 1.- p. 1-10.

133. Pikul J.L. N jr. Soil properties and crop yield among four tillage systems in wheat-pea rotation / J.L. N jr. Pikul, R.E. Ramig, D.E. Wilkins // *Soil & Tillage Research*. – 1993. – Vol. 26. – P. 151-162.
134. Pelgrin F. The influence of tillage methods on soil physical properties and water balance for a typical crop rotation in SW Spain / F. Pelgrin, F. Moreno, J. Martin-Aranda, M. Camps // *Soil & Tillage Research*. – 1990. – Vol. 16. – P. 345-358.
135. Russell E.W. Studies in soil cultivation: VII. The effect of cultivation on crop yield / E.W. Russell, B.A. Keen // *The Journal of Agricultural Science*. – 1998. – Vol. 28. – Issue 2. – P. 8-38.
136. Rid H. Uber der Komplex wirkung der Untergrundlockening / H. Rid // *Zeitschrift fur Acker und Pflanzenbau*. – 1990. – № 4. – S. 17-21.
137. Rochette P. Spatial and temporal variability of soil respiration in agriculture fields// *Can.J. Soil Sci.* 1991. V 71.- N 2. P. 189.
138. Shipitalo M.J. Comparison of morphology and porosity of a soil under conventional and zero tillage / M.J. Shipitalo, R. Protz // *Canadian Journal of Soil Science*. – 1997. – Vol. 67. – P. 445-456/
139. Steven E. Ullrich Barley in the production of food crops and the Ministry of Soil Science, University of Washington Pullman, WA 99164-6420, CIIIA Published in № 12.2010 г.) [Electronic resource]/ - Access mode: p=11610.
140. Teipel R. Weitere Versuche mit Untergrundlockening und Tieplugen / R. Teipel, R. German // *Deutsche Landwirtschaft*. – 2005. – № 3. – S. 24-28.
141. Weill A.N. Effect of tillage reduction and fertilizer type on soil properties during production / A.N. Weill, G.R. Mehuys, E. Mckyes // *Soil & Tillage Research*. – 1990. – Vol. 17. – P. 63-76.
142. Wilkinson B. Soil types and durit drilling a professional assessment. *Ontlook of agriculture/ 2010.N. 8- p. 233-235.*

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Объемы применения удобрений в земледелии Белгородской области

годы	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Минеральные удобрения в пересчете на 100 % действующего вещества, тыс. тонн	103,8	98,2	105,2	112,0	118,0	115,3	116,2	117,1	119,0
Органические удобрения всех видов, тыс. тонн	6337	9343	8519	7911	9112	9878	10996	11213	11770

Метеорологические данные 2019 года

Месяц	Средняя t°	Норма	Отклоне- ние, +,-	Сумма осадков, мм	Норма	В % к норме
январь	-6,5	-8,5	+2,0	0	36,0	0
февраль	+11,9	-6,4	+18,3	14,0	32,0	43,8
март	-1,0	-2,5	+1,5	0	34,0	0
апрель	+8,5	+7,5	+1,0	27,0	41,0	65,9
май	+18,0	+14,6	+3,4	0	47,0	0
июнь	+20,4	+17,9	+2,5	0	63,0	0
июль	+23,0	+19,9	+3,1	70,3	69,0	101,9
август	+21,5	+18,7	+2,8	0	56,0	0
сентябрь	+15,4	+12,9	+2,5	0	40,0	0
октябрь	+8,2	+6,4	+1,8	27,5	46,0	59,8
ноябрь	-1,0	+0,3	-1,3	0	46,0	0
декабрь	+0,7	-4,7	+5,4	49,4	43,0	114,9
за год	+9,9	+6,3	+3,6	188,2	553,0	34,0

Приложение В

Метеорологические данные 2020 года

Месяц	Средняя t°	Норма	Отклоне- ние, +,-	Сумма осадков, мм	Норма	В % к норме
январь	-5,6	-8,5	+2,9	39,6	36,0	110,0
февраль	-10,6	-6,4	-4,2	20,6	32,0	64,4
март	-1,6	-2,5	+0,9	11,3	34,0	33,2
апрель	+13,8	+7,5	+6,3	27,5	41,0	67,1
май	+20,7	+14,6	+6,1	29,5	47,0	62,8
июнь	+21,5	+17,9	+3,6	49,2	63,0	78,1
июль	+23,4	+19,9	+3,5	77,9	69,0	112,9
август	+22,0	+18,7	+3,3	110,5	56,0	197,3
сентябрь	+16,5	+12,9	+3,6	22,5	40,0	56,3
октябрь	+10,0	+6,4	+3,6	156,2	46,0	339,6
ноябрь	+4,0	+0,3	+3,7	0	46,0	0
декабрь	-5,9	-4,7	-1,2	45,9	43,0	106,7
за год	+9,0	+6,3	+2,7	590,7	553,0	106,8

Метеорологические данные 2021 года

Месяц	Средняя t°	Норма	Отклоне- ние, +,-	Сумма осадков, мм	Норма	В % к норме
январь	-4,1	-8,5	+4,4	53,6	36,0	148,9
февраль	-1,5	-6,4	+4,9	27,7	32,0	86,6
март	-2,0	-2,5	+0,5	80,7	34,0	237,4
апрель	+11,5	+7,5	+4,0	4,6	41,0	11,2
май	0,0	+14,6	-14,6	0	47,0	0
июнь	+23,0	+17,9	+5,1	67,0	63,0	106,3
июль	+22,3	+19,9	+2,4	59,5	69,0	86,2
август	+21,4	+18,7	+2,7	19,0	56,0	33,9
сентябрь	+11,7	+12,9	-1,2	128,3	40,0	320,8
октябрь	+7,5	+6,4	+1,1	55,3	46,0	120,2
ноябрь	+4,9	+0,3	+4,6	0	46,0	0
декабрь	-1,8	-4,7	+2,9	7,2	43,0	16,7
за год	+7,7	+6,3	+1,4	502,9	553,0	90,9

Характеристика гибрида сахарной свёклы, используемого в опыте

Разновидность: *saccharifera*

Регионы допуска: ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНЫЙ (5), СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ (6)

гибрид первого поколения

БТС 980 - гибрид свеклы сахарной (*Beta vulgaris L. ssp. vulgaris var. saccharifera Alef.*). Одноростковый диплоидный гибрид на стерильной основе N типа. Тип растения: урожайно-сахаристый-среднеспелый.

Характеристика гибрида:

- Включен в Госреестр по Центрально-Черноземному (5) и Северо-Кавказскому (6) регионам. Рекомендован для возделывания в Краснодарском крае и Курской области.
- В ЦЧР средняя урожайность корнеплодов **610** ц/га, содержание сахара 16,5%, сбор сахара 100,4 ц/га, у стандарта соответственно 563 ц/га, 16,4% и 92,9 ц/га. Масса корнеплода 666 г.
- В Курской области урожайность корнеплодов 602 ц/га, содержание сахара 17,1%, сбор сахара 103 ц/га, у стандарта соответственно 436,5 ц/га, 17,2% и 74,9 ц/га. За годы испытаний в полевых условиях региона отмечено слабое поражение корневыми гнилями, корнеедом, мучнистой росой, среднее - церкоспорозом.
- В Северо-Кавказском регионе средняя урожайность корнеплодов 533 ц/га, содержание сахара 14,6%, сбор сахара 78,2 ц/га, у стандарта соответственно 463 ц/га, 15,0% и 69,9 ц/га. Масса корнеплода 593 г.
- В Краснодарском крае урожайность корнеплодов 682 ц/га, сбор сахара 101 ц/га, у стандарта соответственно 571 и 82,9 ц/га. За годы испытаний в полевых условиях региона отмечено среднее поражение церкоспорозом.

Приложение Е

Корреляционный анализ зависимости урожайности сахарной свеклы
от запасов продуктивной влаги

Вариант	Запасы продуктивной влаги при вспашке, мм		Урожайность, т/га	Запасы продуктивной влаги при минимальной обработке, мм		Урожайность, т/га
	посев	уборка		посев	уборка	
Контроль	143	34	27,1	125	38	19,8
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	156	43	41,3	140	49	42,6
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	170	49	46,4	148	56	45,9
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	168	55	45,0	155	59	46,1
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	171	49	47,2	147	55	46,6
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	159	55	48,8	155	61	51,1
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	166	57	46,3	151	53	49,3
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	168	60	47,7	159	58	50,5
Коэффициент корреляции (r)	0,867	0,869	-	0,931	0,923	-
Доверительный интервал r при уровне вероятности 95%	0,368-1,365	0,376-1,363	-	0,566-1,295	0,54-1,307	-
Коэффициент регрессии (b _{yx})	0,644	0,724	-	0,874	1,281	-
Доверительный интервал b _{yx} при уровне вероятности 95%	0,274-1,014	0,313-1,136	-	0,532-1,217	0,749-1,812	-
Коэффициент детерминации, %	75,1	75,5	-	86,7	85,3	-

Приложение Ж

Корреляционный анализ зависимости сахаристости от содержания азота в корнеплодах сахарной свеклы

Удобрения	Вспашка		Минимальная обработка почвы	
	Азот, %	Сахаристость, т/га	Азот, %	Сахаристость, т/га
Контроль	0,46	19,8	0,51	20,4
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	0,55	18,9	0,59	19,3
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	0,63	18,6	0,66	19,2
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	0,71	17,2	0,63	18,0
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	0,80	17,4	0,68	17,7
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	0,66	18,1	0,64	18,8
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	0,74	17,0	0,66	17,9
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	0,79	16,6	0,73	17,0
Коэффициент корреляции (r)	-0,95		-0,894	
Доверительный интервал r при уровне вероятности 95%	от -1,261 до -0,639		от -1,341 до -0,446	
Коэффициент регрессии (b _{yx})	-8,78		-14,90	
Доверительный интервал b _{yx} при уровне вероятности 95%	от -11,65 до -5,91		от -22,36 до -7,44	
Коэффициент детерминации, %	90,3		79,9	

Приложение 3

Урожайность ботвы сахарной свёклы в зависимости от изучаемых факторов, Вспашка. ц/га. Средние данные 2019-2021 гг.

Уровень удобренности	Урожайнос ть, ц/га	Изменения		
		от системы удобрения	от первой подкормки	от второй подкормки
Контроль	80	-	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	126	46	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	148	68	+22	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	173	93	-	+47
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	191	111	-	+65
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	154	74	+28	
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	180	100	-	+54
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	199	119	-	+73

Приложение И

Урожайность ботвы сахарной свёклы в зависимости от изучаемых факторов, Минимальная обработка почвы. ц/га. Средние данные 2019-2021

гг.

Уровень удобренности	Урожайно сть, ц/га	Изменения		
		от системы удобрения	от первой подкормки	от второй подкормки
Контроль	76	-	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	121	45	-	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅	132	56	+11	-
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₃₂	181	105	-	+49
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₃₅ + N ₆₄	173	97	-	+41
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀	166	90	+45	
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₃₂	178	102	-	+67
N ₅₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀ + N ₇₀ + N ₆₄	201	125	-	+80

Акт

Внедрения в производство научно-технических разработок и передового опыта

1. **Наименование внедренного мероприятия:** Возделывание сахарной свеклы с применением дифференцированного минерального питания.
2. **Разработка внедрена выполнил НИР по хоздоговору**
(хоздоговору или госбюджету, № темы и ее наименование)
Применение Увеличение урожайности сахарной свеклы с использованием дифференцированного применения минеральных удобрений.
3. **Какие научные учреждения мероприятие предложено к внедрению**
Кафедре земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры БелГАУ.
4. **Наименование хозяйства (организации), его адрес** ИП Глава КФХ Ерошенко В.И., Белгородская обл., Грайворонский район, с. Ивановская Лисица.
5. **Календарные сроки внедрения (начало-окончание)** 30 марта - 20 августа
6. **Объем внедрения мероприятий (по плану и фактически)** 10 га
7. **Экономический эффект от внедрения на единицу (га.) на весь объем внедрения в рублях**
Производственные затраты на 1 га 70 000.00 рублей
Стоимость продукции с 1 га 200 000.00 рублей
Чистый доход с 1 га 130 000.00 рублей
Уровень рентабельности 18,5%
Чистый доход с площади внедрения (8 га) 1 040 000.00 рублей
8. **Долевое участие университета в полученном экономическом эффекте составляет**
9. **Фамилия, и.о. должность работников, ответственный за внедрение научной разработки от университета и хозяйства**
Доктор с.-х. наук, профессор Азаров В.Б., аспирант Горбунов В.В.
Глава ИП Глава КФХ Ерошенко Владимир

Председатель комиссии:
ИП Глава КФХ

Ответственный за внедрение

Акт составлен « 15 » октября 2022

Ерошенко В.И.

Горбунов В.В.

