

На правах рукописи

ГОРБУНОВ Василий Васильевич

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

Специальность 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин
растений

**Автореферат диссертации
на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Москва 2026

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»

Научный руководитель:

Азаров Владимир Борисович

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Официальные оппоненты:

Долгополова Наталья Валерьевна

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ФГБОУ ВО Курский ГАУ имени И.И. Иванова,
кафедра растениеводства, селекции и
семеноводства, профессор кафедры

Цыкалов Александр Николаевич

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора
Петра I, кафедра растениеводства, доцент
кафедры

Ведущая организация:

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л.
Мазлумова»

Защита диссертации состоится 26 февраля 2026 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.006.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» по адресу: 127434, Россия, г. Москва., ул. Прянишникова, д.31а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» и на сайте https://www.vniia-pr.ru/upload/iblock/05f/lsvu3loukdr6iycotgmxyzb7218n33js/gorbunov_diss_30_09_2025.pdf

Автореферат разослан «__»_____2026 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 127434, Россия, г. Москва., ул. Прянишникова, д.31а., ученому секретарю диссертационного совета, e-mail: dissovet_vniia@mail.ru

Учёный секретарь
диссертационного совета

Никитина Любовь Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В современных условиях сельскохозяйственное производство, наряду с эффективностью, должно строиться на принципах экологизации, энергосбережения и рационального использования средств возделывания сельскохозяйственных культур. Данные постулаты нашли своё отражение в разработанной национальной стратегии устойчивого развития России, утвержденной Государственной Думой Российской Федерации, в которой обозначены мероприятия по созданию оптимальной среды обитания и материального благополучия населения, обеспечению продовольственной и экологической безопасности, сбалансированного природопользования (Турьянский А.В., 2012).

В Белгородской области оптимизации всех технологических операций, применяемых в агротехнологиях, уделяется особое внимание. Правительством Белгородской области осуществляется систематический контроль за исполнением принятого Постановления. Особую актуальность приобретают вопросы поиска наиболее эффективной системы удобрения, обеспечивающей получение высоких стабильных урожаев и сохранение плодородия пахотных земель при возделывании энергоёмких пропашных культур, в числе которых сахарная свёкла занимает приоритетное положение. Сахарная свёкла является центральной 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 грамотном использовании агрохимических средств. Таким образом, всесторонние исследования по совершенствованию доз, сроков и способов заделки минеральных удобрений под эту культуру позволят при формировании устойчивых урожаев корнеплодов создать условия для расширенного воспроизводства плодородия чернозёмов (Азаров А.В., 2023).

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. В нашей стране и, особенно, в Центрально-Чернозёмном экономическом регионе, вопросами оптимизации минерального питания и способов обработки почвы при возделывании сахарной свёклы и сохранения почвенного плодородия занимались многие учёные сельскохозяйственного профиля.

В Белгородской области поиск оптимальных вариантов агротехнологий возделывания сахарной свёклы и других культур освещали в своих трудах П.Г. Акулов (1994), В.Б. Азаров (2004), А.Г. Ступаков (2007), Н.И. Клостер (2012), В.В. Лоткова (2023) и другие учёные.

Однако, в вышеперечисленных научных публикациях авторы акцентировали своё внимание на отдельных элементах, представляющих только часть комплексной агротехнологии.

Научные разработки, направленные на всестороннее изучение основных составляющих технологии возделывания, таких как способ основной обработки почвы и насыщенность минеральными удобрениями, при различных дозах и сроках внесения в различных сочетаниях и комбинациях при возделывании сахарной свёклы при комплексном анализе воздействия этих факторов на динамику запасов минерального азота в почве и формирования продуктивности этой культуры в условиях Центрально-Чернозёмного региона России в современных реалиях не проводились, что и предопределяет актуальность и значимость наших исследований.

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 свёклы 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 удобренности 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 являются основой создания научно-обоснованных технологий возделывания сахарной свёклы. Материалы диссертации использовались при написании статей в специализированных изданиях, а также при подготовке рекомендаций по эффективному применению минеральных удобрений в свеклосеющих предприятиях Центрального Черноземья. Экспериментальные данные ежегодно используются при чтении лекций на курсах повышения квалификации специалистов агрономического профиля.

Результаты исследований находят отражение при составлении практических рекомендаций для стабилизации и воспроизводства плодородия черноземных почв в сельхозпредприятиях Белгородской области.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на анализе и обобщении достижений науки и передовой научно-технической информации, на принципах системного подхода к решению поставленных задач. В работе использованы аналитически обобщающие, экспериментальные (полевой опыт, лабораторные исследования почвенных и растительных образцов), статистические (математическая обработка полученных данных) и экономические расчеты.

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.

Степень достоверности и апробации результатов. Обоснованность выводов и достоверность рекомендаций производству обусловлены большим количеством полевых, камеральных и лабораторных исследований, комплексным подходом, точностью лабораторных анализов и подтверждены математической обработкой полученных данных, публикациями основных результатов в журналах из перечня ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, апробацией материалов на конференциях различных уровней (п. майский, Белгородский ГАУ, 2021, 2022, 2023 гг.). Достоверность полученных данных обеспечена применением методик, входящих в базу общероссийских ГОСТов.

Личный вклад соискателя состоит в участии в выборе темы исследований, постановке целей и формировании задач, содержания исследовательской работы; непосредственном участии в проведении полевых и лабораторных опытов; сборе, научном анализе и камеральной обработке экспериментальных данных; написании диссертации и автореферата, публикации статей и подготовке выступлений с докладами на различных конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена 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, иллюстрирована 23 таблицами и 11 рисунками.

Публикации результатов исследований. Материалы диссертации докладывались ежегодно на заседаниях ученого совета агрономического факультета в Белгородском ГАУ (2017-2023 г.). Основные результаты диссертации докладывались на региональных, всероссийских и международных научно-практических конференциях. По материалам работы соискателем в соавторстве готовится к публикации учебное пособие по свеклопроизводству, опубликованы 10 печатных работ, включая 3 статьи в рецензируемых журналах, определенных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

Благодарности. Считаю своим долгом выразить глубокую благодарность декану агрономического факультета кандидату сельскохозяйственных наук, доценту Акинчину Александру Владимировичу за оказанную поддержку и всем сотрудникам и преподавателям факультета, оказавшим помощь в проведении полевых экспериментов, а также своему научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Азарову Владимиру Борисовичу за помощь в работе и ценные советы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор литературы

В трех разделах литературного обзора проанализированы материалы работ российских и зарубежных ученых о значении, состоянии и перспективах возделывания сахарной свёклы, роли способов основной обработки почвы в повышении плодородия почвы и урожайности, а также отзывчивость изучаемой культуры на применение минеральных удобрений при их дробном внесении.

Глава 2. Условия, объекты и методика проведения исследований

Климат места проведения исследований умеренно-континентальный, с жарким летом и сравнительно холодной зимой. Самым теплым месяцем в году является июль, самым холодным – январь.

Средняя температура воздуха июля составляет 18.3-21.2°C. Абсолютный максимум температуры воздуха в этом месяце достигает 36-41°C тепла, а абсолютный минимум -36-38°C. Средняя температура воздуха самого холодного месяца составляет -9.2-7.8°C. В зимнее время часто бывают оттепели. Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха выше 0°C составляет 225-240 дней. Средняя температура воздуха составляет 6°C, сумма эффективных температур выше + 5°C – 1960, выше 10°C – 1086.

Сумма осадков, выпадающих за год, составляет 450-590 мм. Осадки распределяются неравномерно. В теплый период выпадает 240-290 мм осадков.

Данные климатические параметры в целом благоприятны для возделывания сахарной свёклы.

Экспериментальные исследования проводились в юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона России на опытном поле, расположенном в границах территории землепользования ООО «Заречье» Грайворонского района Белгородской области.

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

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.

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

В полевом опыте по разработке научных основ применения 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 и с их перемешиванием.

На два варианта основной обработки почвы накладываются 8 вариантов удобренности.

Схема опыта с удобрениями представлена следующими вариантами:

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.

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).

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 x 25). повторность трехкратная. Защитный коридор между блоками делянок составлял 10 м для удобства разворота сельскохозяйственной техники и во избежание краевого эффекта при действии факторов опыта.

Программой исследований предусматривалось выполнение следующих учётов, наблюдений и анализов:

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

В.Г., 2004).

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

- 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 и в ботве 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 удобрённости

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. 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. запасы продуктивной влаги в почве весной находились на уровне 125-143 мм на варианте без внесения удобрений и от 140 до 170 мм на удобренных

вариантах. При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{50}P_{130}K_{130}$, запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы значительно повышались до величин 156 мм при вспашке и 140 мм при минимальной обработке почвы. при отсутствии в системе возделывания минеральных удобрений, запасы влаги перед уборкой составили примерно равную величину вне зависимости от факторов опыта- 34-38 мм. При внесении минеральных удобрений отчётливо проявляется положительная роль во влагоудержании минимализации обработки почвы по сравнению со вспашкой. Различия по севооборотам между минимальной обработкой почвы и вспашкой составили 6-8 мм. Минимальное количество влаги расходуется на контроле без использования удобрений и выражается величиной 3865-4058 м³/га, что объясняется невысокими показателями урожайности корнеплодов на этих вариантах. Большие значения водопотребления на удобренных делянках отмечены при вспашке.

При условии внесения минеральных удобрений суммарное водопотребление на единицу площади значительно возрастает, доходя до 4470 м³/га при глубоком отвальном способе обработки почвы. Уменьшение глубины воздействия на почву способствовало более экономному расходованию почвенной влаги.

Оптимальным вариантам с точки зрения влагосбережения является внесение минеральных удобрений с осени и одна азотная подкормка по вегетации. В этом случае даже при значительно возросшей продуктивности сахарной свёклы суммарное водопотребление оставалось на уровне контрольного удобренного варианта.

Глава 4. Динамика элементов минерального питания под посевами сахарной свеклы

Выбор способа основной обработки почвы не оказал влияние на запасы минерального азота в слое 0-20 см. На контроле без применения удобрений они находились на низком уровне и составляли 24-29 кг/га. Иная картина складывается при введении в технологию возделывания сахарной свёклы минеральных удобрений в дозе $N_{50}P_{130}K_{130}$, внесённых под основную обработку почвы осенью (Рисунки 1,2).

Это способствовало увеличению запасов азота на этих вариантах в 2-2,5 раза со значительным преимуществом мелкой поверхностной обработки почвы. Ко второму сроку отбора на всех удобренных по этой схеме делянках запасы минерального азота в слое 0-20 см значительно возросли. 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 уже 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.

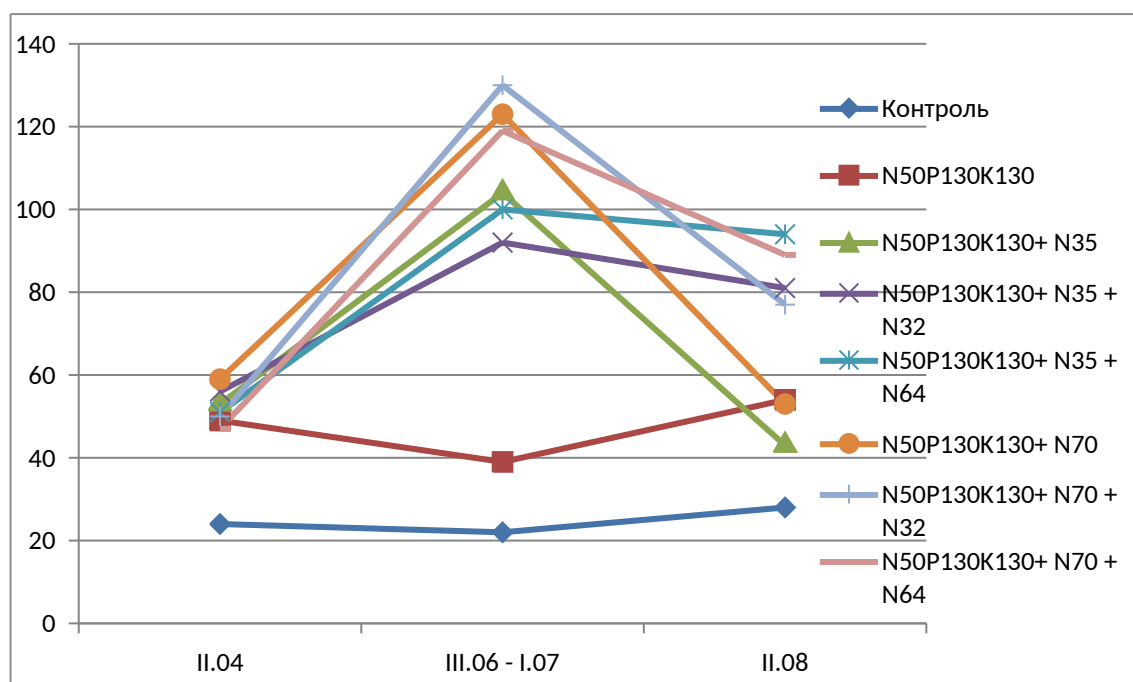


Рисунок 1. Запасы минерального азота в почве в зависимости от уровня удобрения при отвальной обработке в слое почвы 0-20 см

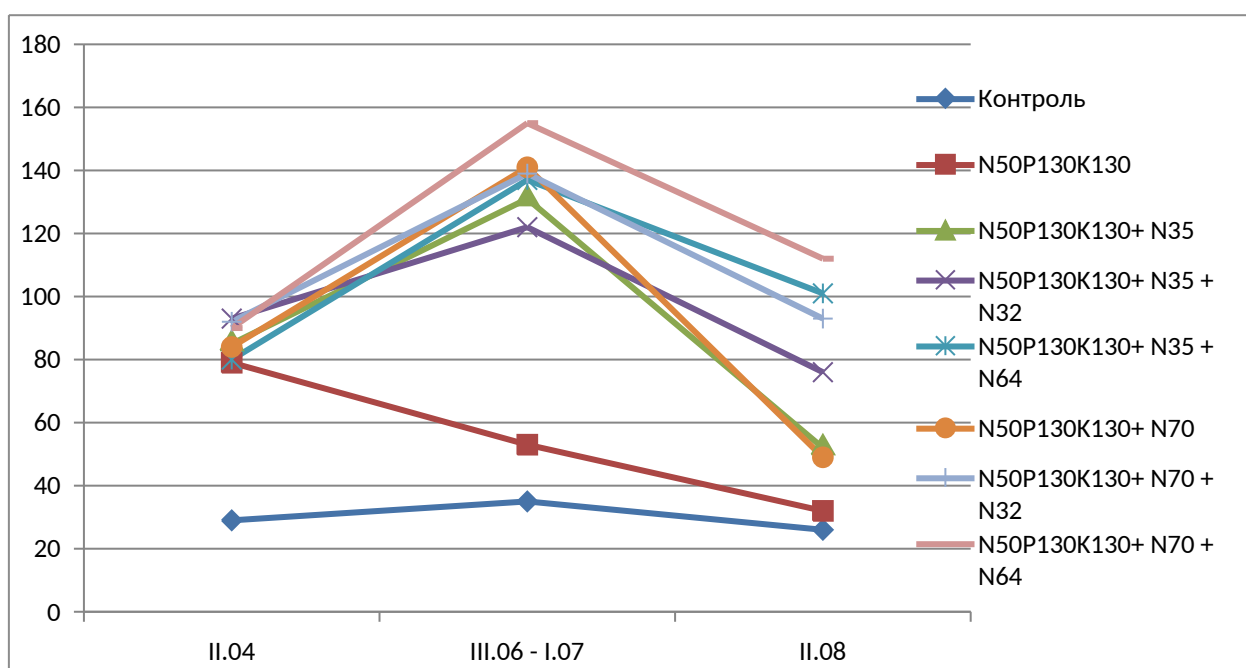


Рисунок 2. Запасы минерального азота в почве в зависимости от уровня удобрения при поверхностной обработке в слое почвы 0-20 см

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 (Рисунок 2).

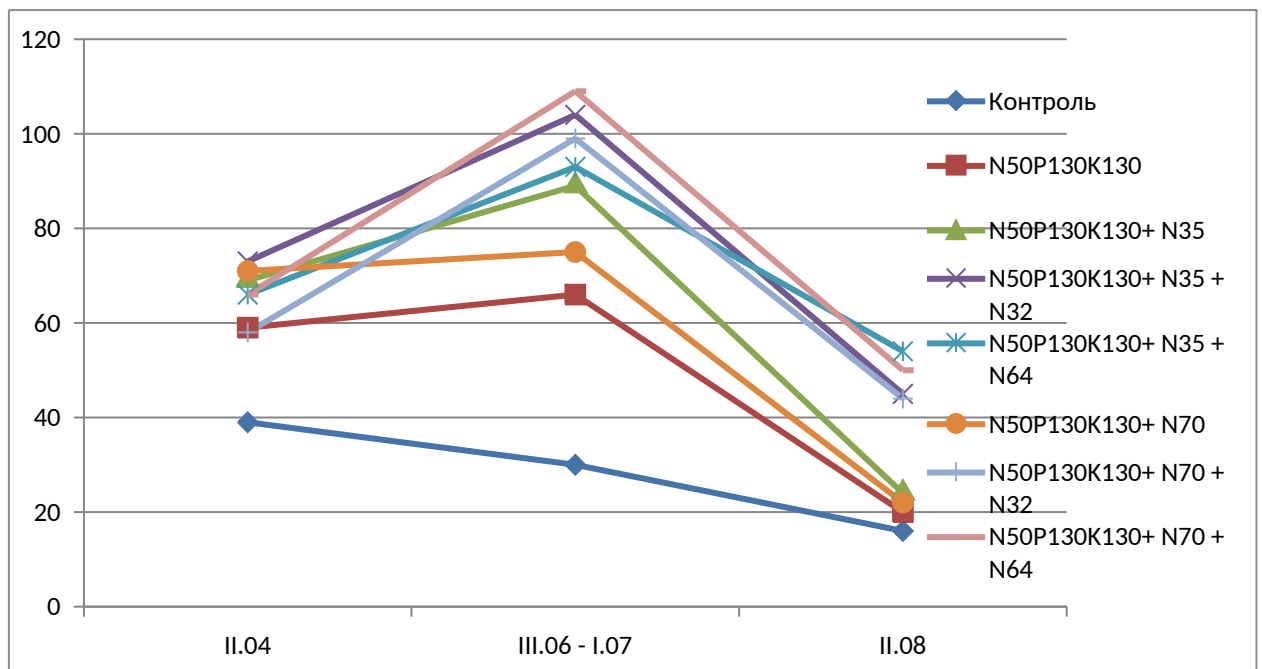


Рисунок 3. Запасы минерального азота в почве в зависимости от уровня удобрения при отвальной обработке в слое почвы 20-40 см

Во второй срок отбора запасы минерального азота при мелкой обработке почвы в слое 0-20 см достигают значительных величин- до 155 кг/га. Азот аммиачной селитры, используемой в мае при посеве сахарной свёклы, в виде ионов нитрата переходит в почвенный раствор, а катионы аммония закрепляются в почвенно-поглощающем комплексе почвы. В третий срок отбора лимитирующим фактором, положительно влияющим на увеличение концентрации минерального азота в верхнем слое почвы является наличие второй подкормки карбамидно-аммиачной смесью. На этих вариантах запасы минерального азота в конце августа в поверхностном слое почвы достигают величин 100 кг/га, что представляется избыточным на этом этапе вегетации сахарной свёклы.

Увеличение к концу июня содержания азота в почве, отмеченное нами при отвальной глубокой обработке почвы (Рисунок 3), зафиксировано и при минимальной обработке с гораздо меньшими абсолютными величинами. Запасы минерального азота в слое 20-40 см при мелкой обработке на вариантах удобрения $N_{50}P_{130}K_{130} + N_{35} + N_{64}$ составили всего 26 кг/га (Рисунок 4).

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.

В верхнем двадцатисантиметровом слое почвы 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.

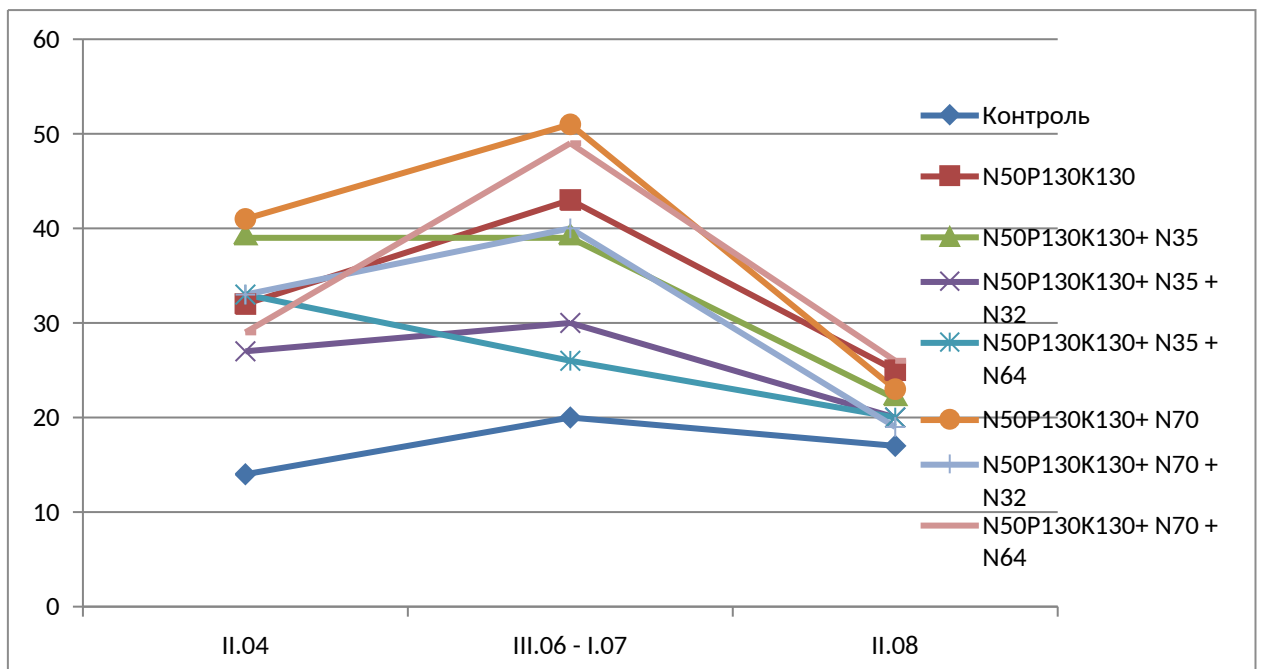


Рисунок 4. Запасы минерального азота в почве в зависимости от уровня удобрений при поверхностной обработке в слое почвы 20-40 см

По вспашке содержание подвижного фосфора при использовании осенью $N_{50}P_{130}K_{130}$ для верхнего слоя почвы составил 96-103 мг/кг, а по минимальной обработке почвы — 120-144 мг/кг почвы. При минимальном способе обработки почвы содержание подвижного фосфора в 2 и более раза ниже, чем в верхнем слое почвы того же варианта опыта.

На вариантах без внесения удобрений содержание обменных 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 обменного калия возрастает до 100 мг/кг и выше. Вне зависимости от способа основной обработки почвы, содержание обменного калия в слое почвы 20-40 см значительно уступает аналогичным значениям в верхнем слое.

Обменная кислотность верхнего слоя почвы чернозёма типичного в опыте 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. На удобренных вариантах при отвальной глубокой обработке почвы с осенним внесением $N_{50}P_{130}K_{130}$ величина pH снижается до 5,0-5,5 (Таблица 1).

При фоновом уровне удобрённости pH оставалась на уровне 5,5-5,7, а при весеннем внесении 70 кг/га действующего вещества азота в виде аммиачной селитры pH снизилось до 5,0-5,2 единицы.

Таблица 1 – 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

На контроле без использования удобрения гидролитическая кислотность находилась на низких значениях 1,8-2,2 мг-экв/100 г почвы с более высокими показателями в нижних слоях почвенного профиля. При внесении осенью дозы минеральных удобрений N₅₀P₁₃₀K₁₃₀ под основную обработку почвы содержание ионов водорода в ППК увеличивается до 3,7 мг-экв/100 г почвы. При весеннем внесении азотных удобрений величина Нг поднимается до значений 4,0-4,4 мг-экв/100 г почвы.

Глава 5. Особенности роста и развития сахарной свёклы при различных агротехнологиях

Хуже всего нарастают листья у растений сахарной свёклы, не получающей достаточное минеральное питание в виде удобрений. На этих вариантах даже в третьей декаде августа, когда отмечаются пиковые значения площади листьев, этот 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 (Рисунки 5,6).

На фоновом варианте удобренности, при котором предусмотрено только осеннее внесение всей нормы минеральных удобрений, на первом сроке учёта листовой поверхности, данный показатель находился на уровне 799-963 см²/растение с предпосылками для интенсивного развития. 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.

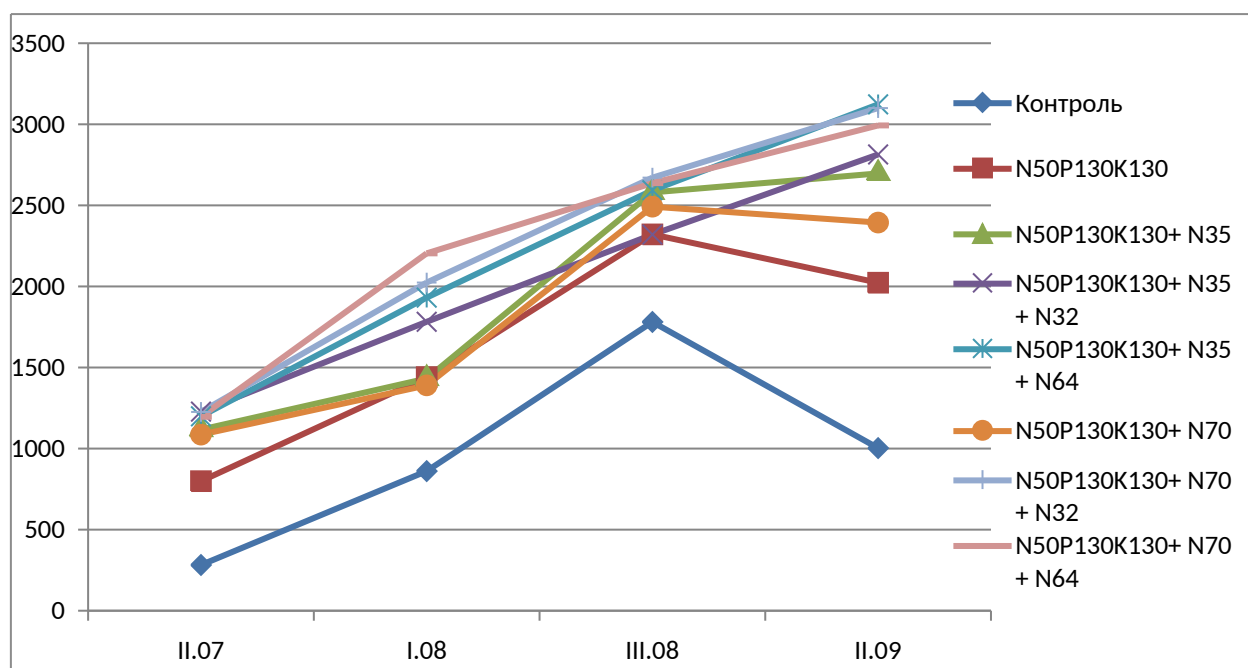


Рисунок 5. Динамика фотосинтетической поверхности сахарной свёклы в зависимости от уровня удобрения при отвальной обработке, см²/растение

При дальнейшем развитии растений нарастание листьев прекращается, отмирают нижние и не увеличиваются верхушечные. Происходит отток питательных веществ в корнеплод и завершается цикл вегетации.

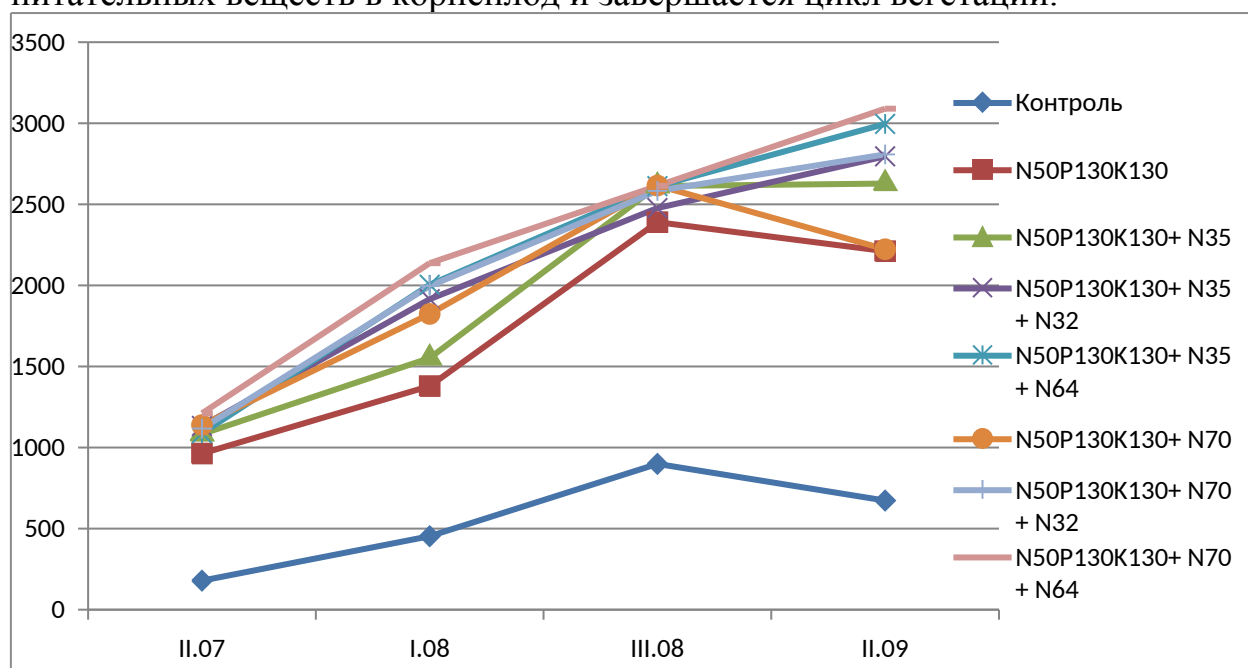


Рисунок 6. Динамика фотосинтетической поверхности сахарной свёклы в зависимости от уровня удобрения при мелкой обработке, см²/растение

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. 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/растение 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.

Во второй декаде июля средний вес корнеплода на неудобренных делянках был незначительным и составил всего 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 N₅₀P₁₃₀K₁₃₀ при вспашке отмечены значения 81 г, тогда как при минимальной обработке почвы- 125 грамм. При втором сроке учёта данная тенденция сохраняется при увеличении абсолютных значений. Так, в первой декаде августа разница составляет более 100 г, а в конце месяца- снижается до 35 г, сохраняясь на этом уровне до конца вегетации. 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. Добавление при весеннем внесении азота на самых ранних этапах развития благоприятно сказалось на росте корнеплода на всём протяжении учётов и наблюдений. На этих вариантах зафиксирован максимальный вес корнеплода, составляющий 711 г при минимальной обработке почвы и применении одного центнера аммиачной селитры во второй половине апреля одновременно с посевом культуры.

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. Однако, на заключительном этапе онтогенеза сахарной свёклы при четвертом сроке замера по вариантам с КАС отмечается практически полное отсутствие дальнейшего роста корня.

Глава 6. Изменение количества питательных веществ в продукции в зависимости от обработки почвы и уровня удобрённости

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. 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. 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. На вариантах с применением на посевах сахарной свёклы двух подкормок по вегетации азотными удобрениями корнеплоды имеют в своём составе до 0,79 % азота.

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.

Глава 7. Продуктивность сахарной свёклы

Урожайность корнеплодов сахарной свёклы на вариантах без использования удобрений при условии глубокой отвальной обработки почвы составила 27,1 т/га (Таблица 2).

При минимализации механического воздействия на почву при мелкой обработке показатель урожайности зафиксирован на уровне 19,8 т/га (Таблица 3). Прибавка урожая от внесения осенью $N_{50}P_{130}K_{130}$ под основную обработку почвы составила 14,2 т/га при отвальной обработке и 22,8 т/га при минимальной обработке почвы.

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.

Таблица 2 – Урожайность корнеплодов сахарной свёклы при различных способах обработки почвы и уровнях удобренности при глубокой отвальной обработке почвы. Среднее 2019-2021 гг, т/га

Уровень удобренности	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			

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.

Таблица 3 – Урожайность корнеплодов сахарной свёклы при различных способах обработки почвы и уровнях удобрённости 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
HCP ₀₅	3,2			

Самый высокий процент сахара в корнеплодах был зафиксирован на делянках, где схемой опыта не предусматривалось внесение удобрений, и составило 19,8-20,4 % с большими абсолютными значениями при минимальной обработке почвы. На вспашке при использовании только фонового минерального удобрения сахаристость составила 18,9 %, а при минимальном способе обработке почвы повысилось до 19,3 %. При использовании КАС-32 в количестве 100 кг/га по вегетации недобор 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. 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.

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 (Таблица 4).

В этих условиях получено 6,98 т/га чистого сахара. На контроле без применения удобрений был получен наименьший результат- 3,77 т/га при минимальной обработке почвы и 3,98 т/га при вспашке. Внесение аммиачной селитры под сахарную свёклу весной положительно сказалось на заводском выходе сахара.

Прибавки в получении сахара составили по вспашке 0,52 и 0,66 т/га от одинарной и двойной доз удобрительного компонента (Таблица 5).

Использование комбинированного КАС-32 создало предпосылки для резкого снижения количества получаемого сахара. На фоне N₃₅ при первой подкормке снижение количества «белого» сахара составило 0,31-0,37 т/га при минимальной обработке почвы.

При вспашке потери сахара резко возрастают- до 1,19-1,35 т/га.

Таблица 4 – Выход «белого» сахара на в при различных способах обработки почвы и уровнях удобрённости при минимальной обработке почвы. Среднее 2019-2021 гг, т/га

Уровень удобрённости	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

Таблица 5 – Выход «белого» сахара при различных способах обработки почвы и уровнях удобрённости при глубокой отвальной обработке почвы. Среднее 2019-2021 гг, т/га

Уровень удобрённости	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

Глава 8. Экономическая эффективность возделывания сахарной свеклы в зависимости от агроприемов

Выручка от реализации продукции на варианте с глубокой отвальной вспашкой составила более 119 тыс. руб/га. 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. 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.

Заключение

1. В результате проведенных трехлетних исследований установлено, что оптимальным вариантом удобренности 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 Нг 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 отменяет 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

В дальнейших наших исследованиях планируется включить в схему опыта варианты с различным насыщением минеральными удобрениями, увеличить количество сочетаний и комбинаций для сахарной свёклы. Также представляется весьма актуальным расширить номенклатуру исследований по влиянию изучаемых факторов на показатели почвенного плодородия. Представляется перспективным включить в схему опыта варианты с различными видами, дозами и способами заделки органических удобрений.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах из перечня ВАК России

1. Горбунов В.В. Урожайность сахарной свеклы и технологические качества свеклосахарного сырья при различной обработке почвы в ЦЧР /В.В. Горбунов, В.В. Лоткова, В.Б. Азаров // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. - 2023. №4(40).- с. 65-72.
2. Горбунов В.В. Динамика запасов минерального азота при различном уровне питания сахарной свеклы в ЦЧР /В.В. Горбунов, В.В. Лоткова, В.Б. Азаров // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. - 2023. №3(39).- с. 42-47.
3. Горбунов В.В. Особенности продукционного процесса сахарной свёклы при дифференциации минерального питания в Центральном Черноземье / Горбунов В.В., Клостер Н.И., Азаров В.Б., Лоткова В.В. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2023. – №08(192). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2023/08/pdf/01.pdf>

Статьи в журналах, сборниках и материалах конференций

4. Горбунов В.В. Динамика запасов минерального азота в чернозёме при различных технологиях возделывания зерновых культур / В. Б. Азаров, В. В. Лоткова, Г. О. Борисенко, В.В. Горбунов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2022. – № 3(35). – С. 117-124.
5. Клостер Н.И. Трансформация агрофизических свойств чернозёма под влиянием элементов агротехнологии / Н. И. Клостер, В. В. Лоткова, В.В.

Горбунов [и др.] // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2023. – № 1(27). – С. 97-106. – DOI 10.24888/2541-7835-2023-27-97-106.

6. Азаров, В. Б. Урожай и качество сахарной свеклы в зависимости от применения микроудобрений / В. Б. Азаров, В. В. Горбунов // Вопросы современной генетики, селекции и ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур : Сборник докладов национальной научной конференции, Белгород, 12 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. – С. 247-249.

7. Клостер, Н. И. Условия повышения качества сахарной свёклы при её возделывании по биологическим технологиям / Н. И. Клостер, В. Б. Азаров, В. В. Горбунов // Вопросы современной генетики, селекции и ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур : Сборник докладов национальной научной конференции, Белгород, 12 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. – С. 162-164.

8. Азаров, В. Б. Продуктивность сахарной свёклы при её возделывании по биологическим технологиям / В. Б. Азаров, В. В. Горбунов // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVI Международной научно-производственной конференции, Майский, 25 мая 2022 года. Том 1. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2022. – С. 85-86.

9. Горбунов, В. В. Биологические технологии возделывания сахарной свёклы в Белгородской области / В. В. Горбунов, В. Б. Азаров // Инновационные технологии в агрономии, ландшафтной архитектуре и землеустройстве: Материалы Международной студенческой научной конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения Василия Яковлевича Горина, Майский, 26 октября 2022 года. – Майский: Горин, 2022. – С. 11-12.

10. Горбунов, В. В. Продукционный процесс сахарной свёклы при её возделывании в ЦЧР / В. В. Горбунов, В. Б. Азаров // Материалы национальной научно-практической студенческой конференции "Наука и молодёжь: актуальные вопросы и пути инновационного развития АПК", посвящённой 45-летию ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, 06 июня 2023 года. – п. Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – С. 61-62

Подписано в печать 19.12.2025 г.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Гарнитура «Times». Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 33421

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии «Принт-Мастер»,
г. Белгород, ул. Костюкова, 16а, тел.: +7 (4722) 555-929, 554-818