

На правах рукописи



Калинин Олег Сергеевич

**ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ
И НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
В ЗЕРНОПРОПАШНОМ СЕВОБОРОТЕ НА ЧЕРНОЗЕМЕ
ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» в 2018–2022 гг.

Научный руководитель: **Кравченко Роман Викторович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой общего и орошаемого земледелия ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Официальные оппоненты:

Логвинов Алексей Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, директор ФГБНУ «Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свёклы»

Исламгулов Дамир Рафаэлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения, агрохимии и точного земледелия ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «**Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А. Л. Мазлумова**»

Защита диссертации состоится 22 декабря 2023 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета 35.2.036.01 при ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, Ставропольский край, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12, аудитория № 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» <http://www.stgau.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2023 г. и размещен на сайтах ВАК Министерства науки и высшего образования РФ: <http://vak.minobrnauki.gov.ru> и ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ: <http://www.stgau.ru>.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Ю. А. Безгина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последнее время набирает значимость мониторингового изучения в многолетнем стационарном опыте влияния основной обработки почвы на агрофизические и водно-физические свойства чернозема выщелоченного, возможности снижения производственных затрат в технологиях возделывания полевых культур в зернопропашных севооборотах в степном равнинном агроландшафте Краснодарского края.

Сахарная свекла является культурой с большим потенциалом продуктивности, с высоким хозяйственным значением, так как является основным сырьем для получения важнейшего продукта – сахара, который является не только продуктом питания человека, но и сырьем для пищевой промышленности. Сахарная свекла как сельскохозяйственная пропашная культура обладает существенным агротехническим значением. Она повышает общую интенсификацию сельского хозяйства, предъявляя повышенные требования к удобрениям и обработке почвы.

В мире сахарную свеклу выращивают на площади более 9 млн га в 119 странах. В настоящее время сахарная свекла возделывается на площади свыше 1 т млн га на территории более чем 30 республик, краев и областей нашей страны. При этом Северный Кавказ является основной зоной свеклосеяния. Ведущий свеклосеющий регион нашей страны – Краснодарский край, 25 % производства сахарной свеклы от общего объема приходится на его долю. В 2019 году в Краснодарском крае площадь посева составила 204 тыс. га, из которых около 98 % занимали гибриды зарубежной селекции. В 2022 году посевная площадь уменьшилась и составила 171 тыс. га. По данным краевого министерства сельского хозяйства, запасы сахара, оставшиеся с прошлого года, составляют 600 тыс. тонн, при ежегодном потреблении населением края 200 тыс. тонн. В условиях перепроизводства продукта цены продолжают падать, поэтому сокращены посевные площади свеклы.

В связи с меняющимися условиями внешней среды (повышение температуры воздуха, неравномерность выпадения осадков и т. д.), размножением устойчивых к пестицидам вредных организмов и выведением новых, устойчивых к болезням и вредителям сортов и гибридов сельскохозяйственных культур встал вопрос о разработке для них сортовой агротехники.

Вопросами улучшения технологических параметров выращивания сахарной свеклы, обеспечивающих ее максимальную продуктивность, занимались многие авторы. В основном это касалось сроков посева, густоты стояния, ширины междурядий, влияния минеральных удобрений только на глубоких обработках в условиях лучшего увлажнения центрально-черноземной зоны. И никто из них не изучал физические параметры почвы, а ведь на них завязаны вопросы взаимодействия и использования растениями тепла, воздуха и воды. По данной теме были исследования для условий центрально-черноземной зоны и только на фоне глубоких обработок, что не отвечает задачам энергосбережения и минимизации агротехнических мероприятий, так актуальных в последнее время. Большая работа в этом плане проделана и другими авторами, которые дополнительно рассмотрели вопросы влияния поверхностной обработки почвы, но для низинно-западного агроландшафта в зерно-травяно-пропашном севообороте.

Основными элементами сортовой агротехники являются основная обработка почвы и система питания (в частности – применение минеральных удобрений). Поэтому удобрения и соблюдение технологий обработки почвы необходимы для формирования высокой урожайности сахарной свеклы.

Многие авторы считают, что минимизация почвообработки не ведет к снижению урожая зерновых культур, но негативным образом сказывается на урожайности сахарной свеклы. Поэтому в вопросах основной обработки почвы необходимо учитывать индивидуальные особенности культуры и складывающиеся погодные условия.

Диссертация выполнена в соответствии с тематическим планом научно-исследовательской работы КубГАУ на 2018–2022 гг.

Цель и задачи исследований. Цель работы – изучить влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений в технологии возделывания сахарной свеклы в зернопропашном севообороте на черноземе выщелоченном в природно-климатических условиях Западного Предкавказья.

В задачи исследований входило:

- проанализировать динамику основных агрофизических параметров чернозема выщелоченного в контексте основной обработки почвы в длительном стационарном опыте;
- определить специфику прохождения фаз роста и развития растений сахарной свеклы;
- изучить технологические и агробиологические параметры сахарной свеклы при рационализации приемов основной обработки почвы и норм удобрений применительно к условиям центральной зоны Краснодарского края;
- установить продуктивные параметры сахарной свеклы в зернопропашном севообороте;
- рассчитать экономическую и биоэнергетическую эффективность внедрения изучаемых приемов основной обработки почвы и норм удобрений в технологии возделывания сахарной свеклы.

Научная новизна исследований. Впервые в условиях Западного Предкавказья в зернопропашном севообороте определены основные элементы агротехники сахарной свеклы высокоурожайного гибрида Кариока. При этом проведен агроэкологический мониторинг взаимного влияния ведущих приемов основной обработки почвы (глубоких отвальной (вспашка) и безотвальной (чизелевание), мелкой (дисковое лушение) обработок) и норм удобрений (по рекомендуемой и интенсивной агротехнологиям) в едином долговременном стационарном опыте на эффективность ее возделывания. Обоснована технология возделывания сахарной свеклы, базирующаяся на классических и современных концепциях и принципах целостности, экономической и биоэнергетической целесообразности возделывания культуры. Разработаны рекомендации по эффективному применению минеральных удобрений в зависимости от приема основной обработки почвы.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в научном обосновании выбора приемов основной обработки почвы и норм удобрений в технологии выращивания сахарной свеклы. По итогу осуществлённых исследований экспериментально доказано, что выбор вспашки и

чизелевания в качестве приема основной обработки почвы демонстрирует положительное действие на основные агрофизические показатели почвы, рост, развитие и урожайность сахарной свеклы. На основе полученных экспериментальных данных для эффективного получения высококачественной продукции сахарной свеклы рекомендован комплекс агротехнических элементов ее технологии возделывания, предоставляющий возможность брать на вооружение не только агробиологическую, но и технологическую индивидуальность культуры, обеспечивающую дальнейшее совершенствование технологии ее возделывания сообразно условиям сельскохозяйственной зоны, максимально приближенной к практике (степной агроландшафт, зернопропашной севооборот, минеральные удобрения).

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на Международной научной экологической конференции «Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения» и Международной конференции «Год науки и технологий 2021» в 2021 году.

Публикации по материалам диссертации. По материалам исследований опубликовано 9 статей, в которых отражено основное содержание диссертации, в том числе 5 из которых в изданиях перечня ВАК.

Основные положения, выносимые на защиту:

- интенсивные приемы основной обработки почвы (вспашка и чизелевание) и нормы удобрений положительно влияют на рост и развитие растений сахарной свеклы в зернопропашном севообороте;
- интенсивные приемы основной обработкой почвы (вспашка и чизелевание), оптимизирующие агрофизические параметры чернозема выщелоченного в течение всего вегетационного периода растений сахарной свеклы, улучшают ее агробиологические показатели;
- продуктивность и качество сахарной свеклы находятся в положительной зависимости от интенсивности приемов основной обработки почвы и норм удобрений;
- минеральные удобрения экономически эффективны только на фоне вспашки, а биоэнергетически – по вспашке и чизелеванию при совокупном действии приемов обработки почвы и норм удобрений.

Методология и методы исследований. При планировании и проведении исследований в виде источников информации использовались информационные издания, научные статьи, монографии, книги производственной тематики и другие материалы. При проведении исследований применялся системный подход. Теоретико-методологическую основу исследований составили методы планирования и проведения полевых опытов, лабораторные исследования.

Степень достоверности результатов. Научные положения, результаты экспериментальных исследований, выводы по диссертации оригинальны, обоснованы и получены в результате использования современных методик, лабораторных и полевых опытов. Достоверность результатов работы подтверждается статистической оценкой экспериментальных данных методом дисперсионного анализа. Данные первичной документации отвечают требованиям, предъявленным к регистрации научных результатов, и соответствуют представленной научной работе.

Личный вклад соискателя. Личный вклад соискателя диссертационной работы заключался в разработке и закладке полевых опытов, отборе образцов растений, осуществлении учетов и наблюдений, математической, экономической и графической обработке анализируемых данных, описании и публикации полученных результатов, оформлении выводов и рекомендации производству.

Структура и объем диссертации. Научный труд оформлен на 145 страницах машинописного текста и состоит из введения, 4 глав, заключения, предложения по использованию результатов исследований в производстве, списка литературы, который включает в себя 150 источников, в том числе 12 иностранных авторов, содержит 16 рисунков, 24 таблицы в тексте и 75 в приложениях.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Сделано обоснование актуальности научной темы исследования, степень ее проработки, поставлена цель, определены задачи исследований, выявлена научная новизна работы, подчеркнуты теоретическая и практическая значимость полученных данных, показаны положения, которые выносятся на защиту, уровень достоверности и апробация результатов исследований, личный вклад соискателя и структурные сведения диссертации.

Обзор литературы (агротехнологические аспекты получения стабильных урожаев сахарной свеклы). В первой главе диссертации отражена проблема и состояние изученности вопроса. Обосновано совместное действие приемов основной обработки почвы и норм удобрений на продуктивность и качество сахарной свеклы.

Условия проведения исследований и их методика. Полевые опыты были осуществлены с 2018 по 2022 год в стационарном опыте, заложенном на опытной станции Кубанского государственного аграрного университета, расположенной в центральной равнинной части Краснодарского края. Территория проведения опытов представлена преимущественно степным агроландшафтом и входит в зону неустойчивого увлажнения. Годовое количество осадков составляет 644 мм, по годам их количество колеблется от 444 до 878 мм. За вегетационный период сумма эффективных температур составляет 3565 °С. Чаще всего выпадающие осадки носят кратковременный характер, в виде ливней, за вегетационный период их выпадает около 50 %, или 340 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в мае и июне, а наименьшее в августе и сентябре. Таким образом, описываемый климат обладает короткой и мягкой зимой, продолжительным безморозным периодом с достаточной суммой положительных температур, что обеспечивает благоприятные условия для роста и развития большинства полевых культур, в том числе и сахарной свеклы.

Погодные условия в годы проведения исследований были оптимальными как для подготовки почвы к посеву культуры, так и в период вегетации. Посев был произведен во все годы в оптимальные сроки для центральной зоны Краснодарского края. Наиболее благоприятные погодные условия сложились в 2019 сельскохозяйственном году.

Почвы опытного участка – чернозёмы выщелоченные слабогумусные сверхмощные, которые характеризуются высокой прomorphicностью от карбонатов кальция и имеют средний по мощности гумусовый горизонт 147 см. Характерными морфологическими признаками чернозема выщелоченного являются: зернистая, комковатая, комковато-зернистая структура, рыхлое, слабо уплотнённое сложение по всему профилю, черная или темно-серая окраска верхнего горизонта, которая с глубиной постепенно буреет, однородный механический состав, наличие карбонатов кальция в почвообразующей породе и по профилю в зависимости от выщелачивания. Появление карбонатной плесени наблюдается с 70 см, а «белоглазки» – со 130 см. В черноземе выщелоченном присутствуют основные элементы минерального питания – это P_2O_5 и K_2O . Отмечается повышенное содержание подвижных форм фосфора в почвенном профиле, составляющее в среднем 27,2 мг/100 г почвы. Содержание калия по профилю – 331,2 мг на 100 г почвы. Физическая глина (сумма <0,01) изменяется по профилю, и с глубиной идет ее уменьшение до материнской породы (горизонт С). Уменьшение составляет от 64,3 до 62,7 %. В горизонте С – 63,8 %. В основном почвы имеют нейтральную реакцию, которая составляет 6,9–7,0, что способствует потери кальция и приводит к потере структуры почвы. Агрегатный состав близок к глыбисто-комковатому. Водопрочные агрегаты в пахотном слое составляют 55 %, а в слое 40–80 см – 57 %. Такая почва относится к плодородной почве, хотя она обладает тяжелым механическим составом. Содержание глинистой фракции доходит до 59–65 %, ила – 35–41 %, а песка практически не содержит, его содержание не превышает 2 %. Это приводит к заплыванию почвы при обильных осадках и образованию на поверхности плотной корки, а в результате к ее высыханию и трещинам.

Опыты проводились в 11-польном зернопропашном севообороте. Объект исследований – сахарная свекла, гибрид Кариока. Стационарный двухфакторный опыт представлен следующими факторами:

Фактор (А) – прием основной обработки почвы:

A_0 – вспашка (контроль) (30–32 см);

A_1 – чизелевание (30–32 см);

A_2 – дисковое лушение (10–12 см).

Фактор (В) – норма минерального удобрения:

B_0 – без внесения удобрений (контроль);

B_1 – по рекомендуемой агротехнологии ($N_{80}P_{80}K_{80}$);

B_2 – по интенсивной агротехнологии ($N_{120}P_{120}K_{120}$).

Опыт закладывался в трехкратной повторности, расположение вариантов – рендомизированное. Общая площадь делянки составляла 105 м², учетная – 50 м².

В опыте использовались общепринятые методики для проведения полевых опытов с сахарной свеклой (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1985; Методические указания по организации производственных испытаний гибридов сахарной свёклы, 2016).

По блок-компоненту «почва» определялась твердость и плотность почвы (ГОСТ 5180–84), ее агрегатный состав и водопрочность (ГОСТ 5180–84), влажность (ГОСТ 28268–89).

По блок-компоненту «растение» были включены фенологические наблюдения, определение густоты стояния растений и площади ассимиляционной поверхности, определение засоренности посевов, учет урожая, его качественная оценка (Орловский, 1984; Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1985; Методические указания по организации производственных испытаний гибридов сахарной свёклы, 2016).

Проводилась статистическая корреляционная обработка результатов исследований (Доспехов, 2004), оценка экономической эффективности (Методические рекомендации..., 1986; Рентабельность производства..., 2006) и биоэнергетической (Биоэнергетическая оценка..., 1995; Биоэнергетическая оценка..., 2004).

Характеристика исходного материала. В опыте использовался гибрид сахарной свеклы Кариока (селекции английской фирмы LION SEEDS LTD, внесен в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2015 г.). Высота растений – средняя. Лист – зеленый, прямостоячий. Корнеплод конический, светло-бежевый. Vegetационный период – 175–185 дней. Средняя сахаристость – 17–19 %. Обнаружено наличие у гибрида сахарной свёклы устойчивости, или толерантности, к основным болезням листового аппарата, а также к корневому и корневой гнили.

Агротехника в опыте. После уборки предшественника – озимой пшеницы (начало июля) – проводится дисковое лущение стерни в два следа на глубину 6–8 см. Основная обработка почвы и минеральные удобрения – согласно схеме опыта. Вариант 1 – глубокая отвальная обработка почвы плугом (вспашка) на глубину 30–32 см. Вариант 2 – глубокая безотвальная обработка плугом-чизелем (чизелевание) на глубину 30–32 см. Вариант 3 – мелкая обработка почвы (дисковое лущение) на 10–12 см. Предпосевная обработка почвы проводится в день посева на глубину 3–4 см. Посев в оптимальные сроки (третья декада марта – первая декада апреля). Норма высева из расчета 100 тыс. шт/га. После посева почва прикапывалась. Для уничтожения сорняков в фазе белой ниточки и предотвращения появления почвенной корки и создания благоприятных условий для появления всходов проводилось слепое боронование легкими зубовыми боронами на 4–5 день после появления всходов. Для борьбы с сорной растительностью и поддержания почвы в рыхлом состоянии были проведены три междурядные культивации культиватором. Система защиты – общепринятая для посевов сахарной свеклы. Уборку сахарной свеклы проводили в фазу технической спелости, вручную.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Динамика изменения твердости и плотности почвы. Для оптимального роста и развития растений сахарной свеклы необходимы хорошо оструктурированные почвы с плотностью на уровне 1,15–1,20 г/см³, но не более 1,27 г/см³. В наших опытах в фазу 1-я п. н. л. этому показателю отвечали все обработки почвы – по вспашке плотность почвы в пахотном горизонте в среднем составила 1,12 г/см³, на чизелевании – 1,18 (выше на 5,4 %), по дисковому лущению – 1,20 (выше на 7,1 %) (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика плотности сложения почвы под посевами сахарной свёклы, г/см³

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см			
	0–10	10–20	20–30	0–30
1-я пара н. л.				
Вспашка (контроль)	1,10	1,10	1,14	1,12
Чизелевание	1,16	1,17	1,23	1,18
Дисковое лушение	1,12	1,25	1,22	1,20
Смыкание листьев в ряду				
Вспашка (контроль)	1,23	1,25	1,26	1,25
Чизелевание	1,27	1,29	1,30	1,28
Дисковое лушение	1,23	1,35	1,32	1,30
Техническая спелость				
Вспашка (контроль)	1,28	1,31	1,33	1,31
Чизелевание	1,31	1,34	1,36	1,34
Дисковое лушение	1,29	1,48	1,43	1,40
НСР ₀₅	0,03			

В середине вегетации сахарной свеклы (фаза смыкания листьев в ряду) на вспашке плотность почвы (вспашке) в слое от 0 до 30 см возрастала до 1,25 г/см³, на чизелевании – до 1,28 (выше на 2,4 %), на дисковом лушении плотность уже выходила за рамки оптимума, так как возросла до 1,30 г/см³.

Перед уборкой сахарной свеклы значение плотности почвы уже было минимальным ввиду окончания формирования корнеплодов, но ближе к оптимуму она была на вспашке – 1,31 г/см³, на чизелевании – 1,34 г/см³ (выше на 2,3 %), на дисковом лушении – 1,40 г/см³ (выше на 6,9 %).

Показатель твёрдости почвы по ходу вегетации растений сахарной свеклы увеличивался на варианте со вспашкой и чизелеванием с 9,9 и 11,8 до 23,1 и 24,7 кг/см². На варианте с дисковым лушением он вырос на 39,4 % (с 13,8 кг/см² до 25,1 кг/см²) (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика твёрдости почвы под посевами сахарной свёклы, кг/см² (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Период отбора проб (фаза развития растений сахарной свеклы)		
	после всходов культуры (1-я пара н. л.)	в период вегетации (смыкание листьев в ряду)	перед уборкой (техническая спелость)
Вспашка (к)	9,9	17,9	23,1
Чизелевание	11,8	20,2	24,7
Дисковое лушение	13,8	23,7	25,1
НСР ₀₅	0,12		

Влажность почвы и запасы доступной влаги. К концу периода влагонакопления и в начале вегетации сахарной свеклы в слое почвы 0–100 см влажность и запасы продуктивной влаги были несколько ниже, чем при НВ (таблица 3).

Таблица 3 – Влажность ($B_{0,0}$, %) и запасы продуктивной влаги ($W_{пр.,}$ мм) в зависимости от приема основной обработки почвы в течение вегетации сахарной свеклы (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см							
	0–20		20–60		60–100		0–100	
	$B_{0,0}$, %	$W_{пр.,}$ мм	$B_{0,0}$, %	$W_{пр.,}$ мм	$B_{0,0}$, %	$W_{пр.,}$ мм	$B_{0,0}$, %	$W_{пр.,}$ мм
Начало вегетации сахарной свеклы (1 пара н. л.)								
Вспашка (к)	26,7	31	25,1	128	23,2	127	23,6	284
Чизелевание	25,9	29	24,9	126	23,5	126	23,7	281
Дисковое лущение	22,5	21	24,0	116	22,4	105	24,0	242
Середина вегетации (фаза смыкания листьев в ряду)								
Вспашка (к)	17,7	8	16,2	17	18,7	53	17,7	78
Чизелевание	17,9	9	16,3	18	19,0	56	17,9	83
Дисковое лущение	19,4	13	16,9	27	19,0	57	18,0	97
Конец вегетации (перед уборкой)								
Вспашка (к)	14,2	–	16,3	15	17,3	25	16,8	40
Чизелевание	14,6	–	16,9	18	17,8	34	18,2	52
Дисковое лущение	15,2	–	17,0	21	18,2	36	18,6	57

В среднем в метровом слое почвы больше всего продуктивной влаги накопилось на вариантах с глубокими обработками (вспашкой и чизелеванием) – 284 и 281 мм соответственно. Меньше продуктивной влаги было на варианте с дисковым лущением – 242 мм. В середине вегетации (фаза смыкания листьев в ряду) запасы продуктивной влаги были в большом недостатке. В среднем в метровом слое почвы больше всего продуктивной влаги оставалось на варианте с дисковым лущением – 97 мм, что на 19 мм больше, чем по вспашке, где оно составило 78 мм. Минимальное количество продуктивной влаги оставалось также по чизелеванию на глубину 30–32 см и составляло 83 мм, что несколько больше (на 5 мм) контроля. В конце вегетации сахарной свеклы в метровом слое почвы больше всего продуктивной влаги оставалось на варианте с дисковым лущением почвы, где количество продуктивной влаги составляло 57 мм, что на 17 мм больше, чем по вспашке, где оно составило 40 мм. Малое количество продуктивной влаги оставалось на чизелевании на глубину 30–32 см и составляло 52 мм, что несколько больше (на 12 мм) по сравнению со вспашкой.

Влияние приемов основной обработки на водопрочность агрегатов почвы. Водопрочность структуры почвы в нашем стационарном опыте характеризуется по Бахтину и Долгову как «отличная» и «хорошая». Вместе с тем она различается по приемам обработки почвы, а также изменяется по фазам развития сахарной свеклы.

В начале вегетации сахарной свеклы (1 пара н. л.) водопрочность ниже по сопоставлению со сроком смыкания рядков и перед уборкой (рисунок 1). На варианте, где проводилась вспашка, в среднем за время проведения опыта она была самой низкой – 55,1 %, на варианте, где проводили чизелевание, водопрочность была больше, чем на вспашке, на 2,6 %, и составляла 57,7 %, на делянках с дисковым лушением водопрочность агрегатов составляла 63,8 %.

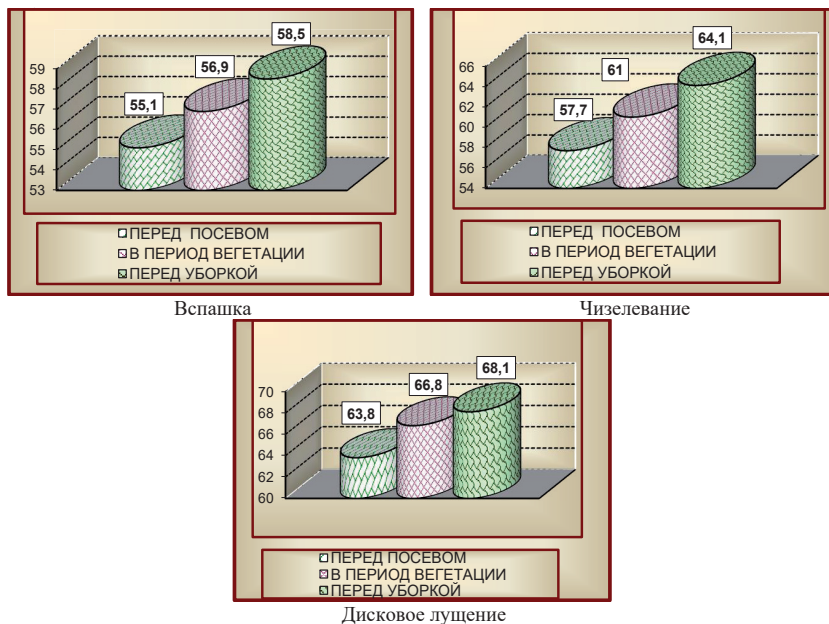


Рисунок 1 – Динамика водопрочности агрегатов под посевами сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы, % (2019–2021 гг.)

В дальнейшем в течение вегетации сахарной свеклы происходило увеличение водопрочности почвенных агрегатов до самой уборки ее урожая. Этот показатель составлял в среднем 58,5 % на варианте со вспашкой и 64,1 % на чизельной обработке. На дисковом лушении водопрочность увеличилась до 68,1 %.

Эти данные позволяют сделать вывод, что почва сразу после проведения обработки подвержена распылению и обладает более низкой водопрочностью, особенно по вспашке вследствие вовлечения в пахотный слой менее гумусированной почвы нижележащих горизонтов, а также более сильной аэрацией почвы, что усиливало процесс минерализации органического вещества. В процессе же вегетации растения сахарной свеклы развивали мощную корневую систему, которая делила почву на мелкие комки, уплотняла их, а по мере отмирания корней и образования гуминовых веществ придавала им прочность.

Влияние приемов основной обработки на агрегатный состав почвы.

Самый высокий процент агрономически ценных агрегатов в наших исследованиях на фоне различных приемов основной обработки почвы формировался на чизелевании, их содержание в начале вегетации (1 пара н. л.) сахарной свеклы составило 72,5 %. Достаточно высокий процент таких агрегатов был на вспашке, который составил 67,5 %. Самое меньшее количество таких агрегатов было на дисковом лушении – 65,5 % (таблица 4).

Таблица 4 – Структура почвы в слое 0–30 см в зависимости от приема ее основной обработки

Прием основной обработки почвы	Содержание агрегатов 0,25–10,0 мм, %		Коэффициент структурности	
	начало вегетации	конец вегетации	начало вегетации	конец вегетации
Вспашка (контроль)	67,5	63,0	2,21	1,70
Чизелевание	72,5	69,7	2,61	2,21
Дисковое лушение	65,5	63,0	1,89	1,70
НСР ₀₅	2,1			

Глыбистых агрегатов (более 10 мм) больше всего было на чизелевании – 18,2 %, т. к. на этой обработке не было интенсивных физических действий, которые приводили бы к крошению почвы.

Максимальное содержание пылевидной фракции (размером до 0,25 мм) было на отвальной вспашке (14,3 %) и дисковом лушении (19,1 %) в связи с тем, что эти обработки приводили к интенсивному крошению агрегатов.

Перед уборкой культуры коэффициент структурности по вспашке и дисковому лушению составлял 1,7, и самым высоким коэффициент структурности был на чизельной обработке, который составил 2,21.

Пористость пахотного слоя почвы. На варианте со вспашкой из-за перемены из нижних слоев почвы более оструктуренного, с высокой биологической активностью слоя вверх пористость максимальная – 57,1 %. По чизельному рыхлению и дисковому лушению – это 56,5 и 55,1 % соответственно, что по шкале Н. А. Качинского можно считать отличным (таблица 5).

Перед севом сахарной свеклы строение пахотного слоя на всех вариантах основной обработки почвы соответствовали требованиям, предъявляемым культурой сахарной свеклы к своему возделыванию – пористость более 50 %.

При этом проведение любых обработок почвы создавало оптимальное строение пахотного слоя почвы, гарантировавшее получение дружных всходов возделываемой культуры, – пористость более 55 % при соотношении капиллярной пористости и пористости аэрации (не капиллярной) от 1,15 до 1,32 при лучших показателях по вспашке.

Далее в течение вегетации сахарной свеклы происходило ухудшение показателей строения пахотного слоя почвы (снижение общей пористости) в основном за счет некапиллярной пористости (пористости аэрации). По вспашке и чизелеванию в течение всей вегетации данный параметр оставался в пределах оптимума, хоть и нижнего. К уборке и по дисковому лушению сформировались

уже негативные для возделывания сахарной свеклы почвенные условия – общая пористость менее 50 % при росте (т. е. ухудшении) показателя соотношения капиллярной пористости и пористости азрации (некапиллярной).

Таблица 5 – Динамика пористости пахотного слоя почвы под посевами сахарной свеклы

Прием основной обработки почвы	Срок отбора проб	Пористость, %		
		общая	капиллярная	некапиллярная
Вспашка	Перед севом	57,1	30,9	26,2
	Середина вегетации	53,6	30,5	23,1
	Перед уборкой	51,3	29,7	21,5
Чизелевание	Перед севом	56,5	31,2	25,3
	Середина вегетации	52,3	29,7	22,7
	Перед уборкой	50,6	29,2	21,4
Дисковое лущение	Перед севом	55,1	31,4	23,7
	Середина вегетации	51,6	29,8	20,7
	Перед уборкой	49,2	28,8	20,4
НСР ₀₅		1,3		

Засоренность посевов сахарной свеклы. Минимальная засоренность была на варианте со вспашкой на глубину 30–32 см. Количество сорняков по сравнению с вариантом опыта, где обработка почвы была без оборота пласта (чизелевание), было ниже на 29,9 %, а их количество составляло 47,6 шт/м², что на 22,3 сорняка меньше, чем на самом засоренном варианте (чизелевании). Количество злаковых сорняков на всех вариантах опыта было в два раза больше, чем двудольных. На всех обработках почвы прослеживалась тенденция увеличения засоренности с увеличением нормы минеральных удобрений.

Специфика процессов роста и развития растений сахарной свеклы. Общий период вегетации растений сахарной свеклы от всходов до размыкания листьев в междурядьях находился в зависимости как от приема основной обработки почвы, так и от норм удобрений (рисунок 2).

Если сравнивать обработки почвы без учета минеральных удобрений, то всходы и первая пара настоящих листьев на всех обработках появились одновременно, в среднем за три года мы отмечаем 21 апреля и 4 мая соответственно. Это же характерно и при рассмотрении влияния удобрений на рост и развитие растений сахарной свеклы.

Вторая пара настоящих листьев появилась на всех вариантах, где проводили вспашку, заметно раньше на 1–2 дня, чем на варианте, где проводили чизелевание и дисковое лущение и удобрения не вносили. Эта же тенденция сохранялась и при наступлении следующих фаз вегетации сахарной свеклы. В итоге период вегетации растений сахарной свеклы «всходы – размыкание листьев в междурядьях» продлился на три дня при внесении рекомендованной нормы удобрения ($N_{80}P_{80}K_{80}$) и на шесть дней при внесении интенсивной нормы удобрения ($N_{120}P_{120}K_{120}$) на всех вариантах основной обработки почвы. Уменьшение интенсивности основной обработки почвы от вспашки

до чизелевания и дискового лущения приводило к сокращению периода вегетации сахарной свеклы на 3 и 11 дней соответственно.

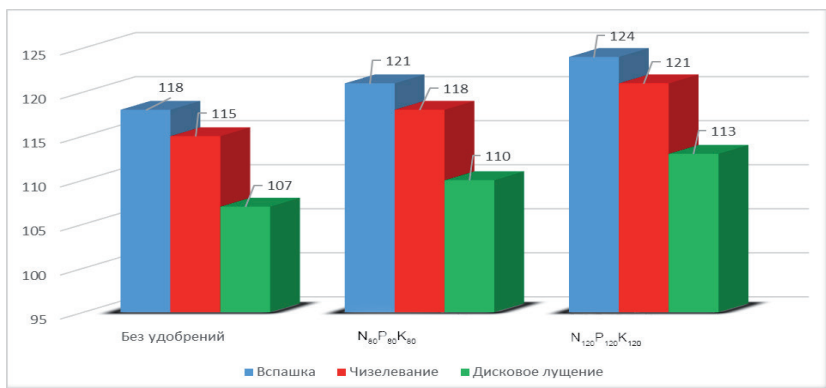


Рисунок 2 – Период вегетации сахарной свеклы от всходов до размыкания листьев в междурядьях, дней

Специфика динамики густоты стояния растений и качество корнеплодов сахарной свеклы. Оптимальная густота посевов формировалась при посеве сахарной свеклы по таким обработкам, как вспашка – 86,0–87,6 тыс. шт/га, чизелевание – 85,2–86,4 тыс. шт/га. По дисковому лущению этот показатель был ниже и составил 84,4–85,7 тыс. шт/га. К уборке по чизелеванию по сравнению со вспашкой количество корнеплодов было меньше в среднем на 1,0–2,8 тыс. шт/га (что сопоставимо с контролем), при дисковом лущении – на 12,5–14,0 тыс. шт/га (на 15,7–17,1 %).

Больше всего сахара было получено на вспашке – от 5,63 до 7,51 т/га, на чизельной обработке – 5,64–6,55 т/га, на дисковом лущении – 3,94–4,07 т/га. Минеральные удобрения оказывали влияния на сбор сахара в большей мере по вспашке – в среднем на 26,6 и 33,4 %, в меньшей мере на чизельной обработке – на 11,0 и 16,1 % соответственно при внесении рекомендованной ($N_{80}P_{80}K_{80}$) и интенсивной ($N_{120}P_{120}K_{120}$) норм удобрений. Влияния минеральных удобрений на варианте с дисковым лущением не выявлено.

Динамика нарастания сырой массы растений сахарной свеклы. Процесс нарастания биологической массы растений в наших исследованиях находился в прямой зависимости от приема основной обработки почвы и от норм минеральных удобрений и продолжался на протяжении всего процесса вегетации, достигнув своего максимума к концу вегетации. В среднем за вегетацию на вспашке сырая масса растений составила 5,82 кг/м², при чизелевании этот показатель был 5,02 кг/м², что на 0,80 кг/м², или 13,7 %, ниже в сравнении с контрольным вариантом опыта. По дисковому лущению почвы показатель составил 3,17 кг/м², что на 2,65 кг/м², или 45,5 %, ниже в сравнении с контрольным вариантом опыта.

Урожайность корнеплодов сахарной свеклы. Прием основной обработки почвы оказывал влияние на фракционный состав корнеплодов и их

среднюю массу. На варианте, где проводилась вспашка на глубину 30–32 см выход кондиционных корнеплодов размером от 400 до 800 г был максимальным по опыту и составлял 63 %, на чизельной обработке их было 53 %, на дисковом лушении – только 38 %. Средняя масса корнеплодов при этом составила 532, 480 и 350 г соответственно. Если рассматривать фактор «норма минерального удобрения», то максимальное количество кондиционных корнеплодов размером 400–800 г мы отмечаем на варианте, где применяли удобрения в интенсивной норме ($N_{120}P_{120}K_{120}$), таких корнеплодов было 43 %, что на 7 % больше, чем на варианте без применения минеральных удобрений, и на 2 % больше, чем на варианте, где применяли удобрения в рекомендуемой норме ($N_{80}P_{80}K_{80}$). Средняя масса корнеплода на неудобренном фоне составила 403 г, при внесении рекомендуемой нормы ($N_{80}P_{80}K_{80}$) его масса возросла на 68 г (или на 16,9 %) до 471 г, а при внесении интенсивной нормы ($N_{120}P_{120}K_{120}$) – на 88 г (или на 21,8 %) до 491 г.

Самую высокую урожайность в среднем по опыту мы получили на вариантах, где проводили глубокую обработку почвы с оборотом пласта (вспашку) – 40,63 т/га (таблица 6).

Таблица 6 – Урожайность корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы и норм удобрений, т/га (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы (фактор А)	Норма удобрения (фактор В)	Урожайность			Средняя	По фактору	
		2019	2020	2021		А	В
Вспашка	Б/удобр. (κ)	34,24	31,03	30,46	31,91	40,63	28,82
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	46,31	43,14	42,64	44,03		34,56
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	47,77	45,40	44,71	45,96		35,99
Чизельное рыхление	Б/удобрений	34,87	31,24	31,09	32,40	36,08	
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	39,24	36,12	34,53	36,63		
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	41,89	39,46	36,31	39,22		
Дисковое лушение	Б/удобрений	24,48	21,36	20,58	22,14	22,66	
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	25,18	22,54	21,37	23,03		
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	25,25	22,50	20,65	22,80		
НСР ₀₅ А		0,40	0,36	0,35			
НСР ₀₅ В		0,39	0,31	0,30			
НСР ₀₅ АВ		0,69	0,63	0,60			

Самая высокая урожайность в среднем по опыту была сформирована на делянках со вспашкой – 40,63 т/га. Проведение в основную обработку почвы чизелевания и мелкой обработки почвы (дискового лушения) приводило к снижению уровня урожайности до 36,08 и 22,66 т/га, что ниже контрольных показателей на 11,2 и 44,2 % соответственно.

Внесение по рекомендуемой агротехнологии нормы минеральных удобрений ($N_{80}P_{80}K_{80}$) в среднем по опыту способствовало увеличению урожайности корнеплодов сахарной свеклы на 19,9 % (34,56 против 28,82 т/га на контроле). Увеличение нормы минеральных удобрений до уровня интенсивной агротехнологии ($N_{120}P_{120}K_{120}$) приводило к росту данного показателя на 24,9 % (35,99 против 28,82 т/га на контроле).

На контроле (без удобрений) максимальную урожайность корнеплодов сахарной свеклы обеспечивали такие приемы основной обработки почвы, как вспашка и чизелевание – 31,91 и 32,40 т/га соответственно (т. е. глубокие обработки). Проведение мелкой обработки почвы (дискового лущения) приводило к уменьшению уровня урожайности корнеплодов сахарной свеклы на 45,1 %, или на 18,17 т/га.

На фоне внесения нормы минеральных удобрений по рекомендуемой агротехнологии ($N_{80}P_{80}K_{80}$) максимальную урожайность (в 44,03 т/га) корнеплодов сахарной свеклы обеспечивал только такой прием основной обработки почвы, как вспашка. Проведение глубокой безотвальной обработки почвы (чизелевания) приводило к снижению данного показателя на 16,8 %, что соответствует 7,40 т/га. Дисковое лущение в основную обработку почвы вызывало более существенное уменьшение уровня урожайности корнеплодов сахарной свеклы – до 23,03 т/га, что ниже контроля на 47,8 %, или на 21,00 т/га.

На фоне внесения нормы минеральных удобрений по интенсивной агротехнологии ($N_{120}P_{120}K_{120}$) максимальную урожайность (в 45,96 т/га) корнеплодов сахарной свеклы обеспечивал только такой прием основной обработки почвы, как вспашка. Проведение глубокой безотвальной обработки почвы (чизелевания) приводило к снижению данного показателя на 14,7 %, что соответствует 6,74 т/га. Дисковое лущение в основную обработку почвы вызывало более существенное уменьшение уровня урожайности корнеплодов сахарной свеклы – до 22,80 т/га, что ниже контроля на 87,9 %, или на 4,038 т/га.

На фоне проведения в качестве основной обработки почвы глубокой вспашки внесение нормы минеральных удобрений по рекомендуемой агротехнологии ($N_{80}P_{80}K_{80}$) способствовало росту урожайности корнеплодов сахарной свеклы на 1,212 т/га, или 38,0 %. Дальнейшее увеличение нормы минеральных удобрений до уровня интенсивной агротехнологии ($N_{120}P_{120}K_{120}$) приводило к росту данного показателя на 14,05 т/га, или на 44,0 %.

На фоне проведения в основную обработку почвы глубокого безотвального рыхления (чизелевания) внесение нормы минеральных удобрений по рекомендуемой агротехнологии ($N_{80}P_{80}K_{80}$) способствовало росту урожайности корнеплодов сахарной свеклы на 4,23 т/га, или 13,1 %. Дальнейшее увеличение нормы минеральных удобрений до уровня интенсивной агротехнологии ($N_{120}P_{120}K_{120}$) приводило к дальнейшему росту данного показателя на 6,82 т/га, или 21,0 %.

На фоне проведения в основную обработку почвы мелкой обработки (дискового лущения) внесение как нормы минеральных удобрений по рекомендуемой агротехнологии ($N_{80}P_{80}K_{80}$), так и по интенсивной агротехнологии ($N_{120}P_{120}K_{120}$) не приводило к росту данного показателя.

В значительной мере превышение урожайности обеспечено при НСР₀₅ от 0,30 до 0,69 т/га. По фактору А и В получены достоверные прибавки уро-

жая в 2019 году при $HCP_{05} = 0,40$ и $0,39$ т/га соответственно; в 2020 году при $HCP_{05} = 0,36$ и $0,31$ т/га соответственно; в 2021 году при $HCP_{05} = 0,35$ и $0,30$ т/га соответственно. Взаимодействие факторов А и В было при уровне HCP_{05} в $0,69$ т/га в 2019 году; при уровне HCP_{05} в $0,63$ т/га в 2020 году; при уровне HCP_{05} $0,60$ т/га в 2021 году.

Экономическая и биоэнергетическая эффективность возделывания сахарной свеклы в зависимости от приемов обработки почвы и норм минеральных удобрений. При урожайности на контроле в $31,91$ т/га стоимость валовой продукции составила 102300 руб. с 1 га, а при урожайности на вариантах с внесением рекомендованной ($N_{80}P_{80}K_{80}$) и интенсивной ($N_{120}P_{120}K_{120}$) норм удобрений в $44,03$ и $45,96$ т/га – 132090 и 137880 руб. с 1 га, что соответственно выше контроля на $38,0$ и $44,0$ % (таблица 7).

Таблица 7 – Экономическая эффективность изучаемых приемов основной обработки почвы и норм удобрений в технологии выращивания сахарной свеклы

Прием основной обработки почвы (фактор А)	Норма удобрения	Производственные затраты на 1 га, руб.	Урожайность, т/га	Стоимость валовой продукции с 1 га, руб.	Себестоимость, руб/т	Прибыль с 1 га, руб.	Уровень рентабельности, %
Вспашка	Б/уд (к)	56651	31,91	102300	1775	45649	80,6
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	72418	44,03	132090	1645	59672	82,4
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	79936	45,96	137880	1739	57944	72,5
Чизелевание	Б/уд	52795	32,40	106920	1629	54125	102,5
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	68613	36,63	115385	1873	46772	68,2
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	74489	39,22	119621	1899	43424	57,0
Дисковое лущение	Б/уд	51135	22,14	77490	2309	26355	51,5
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	66599	23,03	78302	2892	11703	17,6
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	73921	22,80	77520	3242	3599	4,9

На варианте со вспашкой, несмотря на возросшие производственные затраты на внесение рекомендованной ($N_{80}P_{80}K_{80}$) нормы удобрения и вывоз дополнительной продукции, себестоимость продукции снизилась на $7,3$ % при увеличении чистого дохода на $30,7$ % и уровня рентабельности на $2,4$ %. Дальнейшее увеличение производственных затрат на внесение интенсивной ($N_{120}P_{120}K_{120}$) нормы удобрения при росте чистого дохода на $26,9$ % себестоимость продукции осталась на том же уровне, а уровень рентабельности уменьшился на $8,1$ %.

Проведение чизелевания без внесения удобрений обеспечивало получение сопоставимой стоимости валовой продукции с одного гектара, как и по варианту отвальной вспашки – 106920 рублей против 102300 рублей на контроле. Но достигалось это меньшими производственными затратами (52795 против 56651 руб/га на контроле), что делало возможным получение продукции с меньшей (на $8,2$ %) себестоимостью (самой низкой по опыту) при

большем чистым доходе (на 18,6 %) и уровне рентабельности (на 21,9 % – максимальном по опыту).

Эффективность минеральных удобрений по чизелеванию значительно ниже таковой по вспашке. Так, при урожайности на неудобренном варианте в 32,40 т/га стоимость валовой продукции составила 106920 руб. с 1 га, а при урожайности на вариантах с внесением рекомендованной ($N_{80}P_{80}K_{80}$) и интенсивной ($N_{120}P_{120}K_{120}$) норм удобрений в 36,63 и 39,22 т/га – 115385 и 119621 руб. с 1 га, что соответственно выше неудобренного варианта на 7,9 и 11,9 % и существенно ниже контроля (вспашки) – на 12,6 и 13,2 % соответственно. Себестоимость продукции по чизелеванию при внесении минеральных удобрений только возрастала на 15,0 и 16,6 % соответственно, в отличие от таковой по вспашке, где отмечалось ее снижение либо соответствие контролю. Прибыль и уровень рентабельности также снижались при внесении минеральных удобрений на 13,9 и 19,8 % соответственно, а также 34,3 и 45,5 %, что ниже даже контроля (вспашка без удобрений).

По сравнению со вспашкой вариант с дисковым лущением (с внесением интенсивной нормы удобрения) был минимальным по опыту, так как стоимость валового продукта с одного гектара (77490 руб/га) едва покрывал производственные затраты (73921 руб/га), приводя к минимальной прибыли (3599 руб/га) и уровню рентабельности в 4,9 %. При дисковом лущении в основную обработку почвы, для рентабельного возделывания сахарной свеклы (51,5 %), необходимо отказаться от удобрений ввиду их неэффективности на данной обработке почвы. Внесение рекомендованной ($N_{80}P_{80}K_{80}$) нормы удобрения обеспечивало только 17,6 % уровня рентабельности.

По энергетическим показателям наиболее оптимальным в технологии возделывания сахарной свеклы является проведение вспашки в основную обработку почвы. Здесь, несмотря на большие затраты энергии на 1 га, затраты энергии на 1 тонну продукции минимальны при максимальных объеме полученной энергии, чистом энергетическом доходе (приращенной энергии) и коэффициенте энергетической эффективности (таблица 8).

Таблица 8 – Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на биоэнергетическую эффективность выращивания сахарной свеклы

Прием основной обработки почвы (фактор А)	Норма удобрения (фактор В)	Урожайность, т/га	Затраты энергии на 1 га, ГДж	Затраты энергии на 1 т корнеплодов, ГДж	Получено энергии, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
Вспашка	Б/уд (к)	31,91	39,8	1,25	115,48	75,68	2,90
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	44,03	48,2	1,09	159,34	111,14	3,31
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	45,96	52,4	1,14	166,33	113,93	3,17
Чизелевание	Б/уд	32,40	37,5	1,16	117,26	79,76	3,13
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	36,63	45,9	1,25	132,56	86,66	2,89
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	39,22	50,1	1,28	141,94	91,84	2,83

Прием основной обработки почвы (фактор А)	Норма удобрения (фактор В)	Урожайность, т/га	Затраты энергии на 1 га, ГДж	Затраты энергии на 1 т корнеплодов, ГДж	Получено энергии, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
Дисковое лушение	Б/уд	22,14	33,8	1,53	80,12	46,32	2,37
	$N_{80} P_{80} K_{80}$	23,03	42,2	1,83	83,35	41,15	1,98
	$N_{120} P_{120} K_{120}$	22,80	46,4	2,04	82,51	36,11	1,78

Исключение: в отсутствие удобрений более энергетически эффективно проведение чизелевания в основную обработку почвы. Минеральные удобрения энергетически эффективны только при внесении под вспашку. Наиболее энергетически эффективным является вариант с внесением рекомендуемой нормы минеральных удобрений ($N_{80} P_{80} K_{80}$) под вспашку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показатель плотности почвы в пахотном горизонте в начале вегетации растений сахарной свеклы был оптимальным на всех вариантах приемов основной обработки почвы – по вспашке он составил 1,12 г/см³, по чизелеванию – 1,18 (выше на 5,4 %), по дисковому лушению – 1,20 (больше на 7,1 %). В середине вегетации сахарной свеклы (фаза смыкания листьев в ряду) плотность почвы в слое от 0 до 30 см соответствовала предъявляемым требованиям сахарной свеклой на вспашке и чизелевании, где она возросла до 1,25 и 1,28 г/см³ соответственно. На дисковом лушении плотность уже выходила за рамки оптимума, так как возросла до 1,30 (выше на 5,0 %).

Показатель твёрдости почвы в процессе вегетации растений сахарной свеклы был оптимальным на вариантах со вспашкой и чизелеванием и увеличивался соответственно с 9,9 и 11,8 до 23,1 и 24,7 кг/см². На варианте с мелкой обработкой почвы (дисковое лушение) он был больше на 39,4 % (на 13,8 кг/см²), а в конце вегетации разница уменьшилась и составила 8,6 % (25,1 кг/см²).

Оптимальные условия возделывания сахарной свеклы в течение всей вегетации по строению пахотного слоя почвы обеспечивали только глубокие обработки почвы на глубину 30–32 см – вспашка и чизелевание с общей пористостью 51–57 и 50,6–56,5 % при оптимальном соотношении капиллярной пористости и пористости аэрации (некапиллярной) в 1,11 и 1,23 соответственно. Минеральные удобрения на данный показатель влияния не оказывали.

Процент агрономически ценных агрегатов в начале вегетации (1 пара н. л.) сахарной свеклы был максимальным на обработке, где физическое воздействие на почву было глубоким и минимальным (чизелевание) и составил 72,3 %. Достаточно высокий, но значительно ниже, процент таких агрегатов был на обработках, которые приводили к интенсивному крошению почвенных агрегатов, – вспашке (67,5 %) и дисковом лушении (65,5 %). В дальнейшем в течение вегетации сахарной свеклы происходило снижение количества агрономически ценных агрегатов до самой уборки ее урожая – до 63,0 % на обработках, которые приводили к интенсивному крошению по-

чвенных агрегатов – вспашке и дисковом лущении. По чизельной обработке снижение было меньшим – до 69,7 %.

Почва в процессе ее обработки подвержена распылению и обладала более низкой водопрочностью. Минимально низкой она была на варианте, где проводилась вспашка (55,1 %), на чизелевании водопрочность была больше на 2,6 % (57,7 %), а максимальной она была на варианте дискового лущения – 63,8 % (на 8,7 % выше контроля). В дальнейшем в течение вегетации сахарной свеклы происходило увеличение водопрочности почвенных агрегатов до самой уборки ее урожая, где этот показатель составляет 58,5 % на варианте со вспашкой и 64,1 % на чизельной обработке, а максимальной она была на варианте дискового лущения, где водопрочность составила 68,1 %.

Процессы влагонакопления более интенсивно проходили на глубоких обработках почвы, где в начале вегетации сахарной свеклы в слое почвы 0–100 см влажность и запасы продуктивной влаги были максимальными по вспашке и чизелеванию – 284 и 281 мм соответственно. Минимум продуктивной влаги был на варианте с дисковым лущением – 242 мм. Процессы сохранения влаги лучше протекали при меньшем воздействии обработок на почву. Перед уборкой наибольшее количество продуктивной влаги оставалось на варианте с мелкой обработкой почвы (дисковом лущении) – 57 мм, а по чизелеванию и вспашке – 52 и 40 мм соответственно.

Период вегетации растений сахарной свеклы «всходы – размыкание листьев в междурядьях» увеличивался на три дня при внесении по рекомендованной агротехнологии нормы удобрения ($N_{80}P_{80}K_{80}$) и на 6 дней при внесении по интенсивной агротехнологии нормы удобрения ($N_{120}P_{120}K_{120}$) на всех вариантах основной обработки почвы по сравнению с вариантом без внесения удобрений. Уменьшение интенсивности основной обработки почвы от вспашки до чизелевания и дискового лущения приводило к сокращению периода вегетации сахарной свеклы на 3 и 11 дней соответственно.

Минимальная засоренность была на варианте со вспашкой на глубину 30–32 см. Количество сорняков по сравнению с вариантом опыта, где обработка почвы была без оборота пласта (чизелевание), была ниже на 29,9 %, а их количество составляло 47,6 шт/м², что на 22,3 сорняка меньше, чем на самом засоренном варианте (чизелевании). Количество злаковых сорняков на всех вариантах опыта было в два раза больше, чем двудольных. На всех обработках почвы прослеживалась тенденция увеличения засоренности с увеличением нормы минеральных удобрений.

Обработка почвы и минеральные удобрения оказывали влияние на фракционный состав корнеплодов и их среднюю массу. По вариантам вспашки выход кондиционных корнеплодов был максимальным и составил 63 %, на чизельной обработке – это 53 % и на дисковом лущении – 38 %. Средняя масса корнеплодов при этом составила 532, 480 и 350 г соответственно. Средняя масса корнеплода на неудобренном фоне составила 403 г, при внесении рекомендуемой нормы ($N_{80}P_{80}K_{80}$) его масса возросла на 68 г (или на 16,9 %) до 471 г, а при внесении интенсивной нормы ($N_{120}P_{120}K_{120}$) – на 88 г (или на 21,8 %) до 491 г.

Оптимальная густота посевов формировалась при посеве сахарной свеклы по вспашке (86,0–87,6 тыс. шт/га), по чизелеванию она была на уровне 85,2–86,4 тыс. шт/га и минимальной по дисковому лущению (84,4–

85,7 тыс. шт/га). К уборке только по чизелеванию и вспашке количество корнеплодов было оптимальным. При мелкой обработке почвы дисковым луцильником происходит существенное снижение густоты посевов на 12,5–14,0 тыс. шт/га (на 15,7–17,1 %).

Максимальная урожайность сахарной свеклы в опыте получена при проведении глубокой основной обработки почвы с оборотом пласта (вспашки на 30–32 см) – 40,63 т/га. Проведение в качестве основной обработки почвы глубокой вспашки без оборота пласта (чизелевание на 30–32 см) и мелкой (дисковое лушение на 10–12 см) приводило к снижению ее урожайности на 11,2 и 44,2 % соответственно. Внесение рекомендуемой нормы минерального удобрения ($N_{80}P_{80}K_{80}$) способствовало увеличению урожайности сахарной свеклы на 19, %. Увеличение нормы минеральных удобрений до интенсивного уровня ($N_{120}P_{120}K_{120}$) приводило к росту данного показателя на 24,9 %.

Экономически целесообразным являлось проведение чизелевания на 30–32 см без внесения удобрений, обеспечивающее максимальную отдачу от вложенных средств (102,5 копеек на каждый вложенный рубль), при минимальной себестоимости в 1629 руб/т продукции. Для получения максимальных урожайности и денежной выручки необходимо в технологии возделывания сахарной свеклы вносить интенсивную ($N_{120}P_{120}K_{120}$) норму удобрения под вспашку. Для выхода на максимальный уровень прибыли необходимо вносить рекомендованную ($N_{80}P_{80}K_{80}$) норму удобрения под вспашку. Мелкая основная обработка почвы (дисковое лушение) в технологии выращивания сахарной свеклы экономически неэффективна ввиду отсутствия прибыли и рентабельности.

По энергетическим показателям наиболее оптимальным в технологии возделывания сахарной свеклы является проведение вспашки в основную обработку почвы. Здесь, несмотря на большие затраты энергии на 1 га, затраты энергии на 1 тонну продукции минимальны при максимальных объеме полученной энергии, чистом энергетическом доходе (приращенной энергии) и коэффициенте энергетической эффективности. Исключение: в отсутствие удобрений более энергетически эффективно проведение чизелевания в основную обработку почвы. Минеральные удобрения энергетически эффективны только при внесении под вспашку. Наиболее энергетически эффективным является вариант с внесением рекомендуемой нормы минеральных удобрений ($N_{80}P_{80}K_{80}$) под вспашку.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях Западного Предкавказья на черноземе выщелоченном в технологии возделывания сахарной свеклы рекомендуется:

- в качестве приема основной обработки почвы проводить вспашку или чизелевание на глубину 30–32 см;
- для достижения максимальной урожайности и денежной выручки вносить интенсивную норму удобрения ($N_{120}P_{120}K_{120}$) под вспашку на глубину 30–32 см;
- для получения максимальной прибыли вносить рекомендованную норму удобрения ($N_{80}P_{80}K_{80}$) под вспашку на глубину 30–32 см.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ:

1. Кравченко, Р. В. Влияние основной обработки на агрофизические свойства почвы в технологии возделывания сахарной свеклы / Р. В. Кравченко, А. В. Загорюлько, **О. С. Калинин** // Труды КубГАУ. – 2019. – № 81. – С. 97–102.
2. Кравченко, Р. В. Роль основной обработки почвы и минеральных удобрений в технологии возделывания сахарной свеклы / Р. В. Кравченко, **О. С. Калинин** // Труды КубГАУ. – 2021. – № 92. – С. 106–114.
3. Калинин, О. С. Роль минеральных удобрений в формировании продуктивности сахарной свеклы, возделываемой при минимализации основной обработки почвы / **О. С. Калинин**, Р. В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 172. – С. 50–65.
4. **Калинин, О. С.** Влияние обработки почвы и минеральных удобрений на агрофизические свойства почвы под посевами сахарной свеклы / О. С. Калинин, Р. В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 173. – С. 61–75.
5. **Калинин, О. С.** Совершенствование отдельных элементов технологии возделывания сахарной свеклы / О. С. Калинин, Р. В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 175. – С. 101–118.

Научные статьи в других отечественных изданиях:

6. Кравченко, Р. В. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от доз минеральных удобрений при минимизации основной обработки почвы в условиях Западного Предкавказья / Р. В. Кравченко, **О. С. Калинин** // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. конф. / сост. В. В. Корунчикова, Л. С. Новопольцева ; под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2021. – С. 43–44.
7. **Калинин, О. С.** Влияние основной обработки почвы на урожайность сахарной свеклы / О. С. Калинин, Р. В. Кравченко // Год науки и технологий 2021 : сб. тезисов по материалам Междунар. конф. / отв. за выпуск А. Г. Кошаев. – Краснодар, 2021. – С. 406.

Научные статьи в зарубежных изданиях:

8. **Калинин, О. С.** Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от основной обработки почвы и доз минеральных удобрений / О. С. Калинин, Р. В. Кравченко // Colloquium-journal. – 2020. – № 1-2 (53). – С. 33–35.
9. Кравченко, Р. В. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от доз минеральных удобрений при минимализации основной обработки почвы в условиях Западного Предкавказья / Р. В. Кравченко, **О. С. Калинин** // Colloquium-journal. – 2021. – № 6-1 (93). – С. 42–43.

Подписано в печать 19.10.2023.

Формат 60x84^{1/16}. Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0. Заказ № 464. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ «АГРУС», г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.

