

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И. Т. ТРУБИЛИНА»

На правах рукописи

Калинин Олег Сергеевич

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

4.1.1 – общее земледелие и растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
Кравченко Роман Викторович
доктор с.-х. наук, профессор

Ставрополь – 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНЫХ УРОЖАЕВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	11
1.1 Требования растений сахарной свеклы к факторам внешней среды.....	11
1.2 Физические свойства почвы.....	15
1.3 Значение способа основной обработки почвы.....	21
ГЛАВА 2 МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	32
2.1 Почвенно-климатические условия.....	32
2.2 Схема, методики исследований, агротехника в опыте.....	39
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	42
3.1 Влияние приема основной обработки почвы на ее агрофизические показатели.....	42
3.1.1 Плотность и твердость почвы.....	42
3.1.2 Влажность почвы, запасы доступной влаги и коэффициент водопотребления.....	49
3.1.3 Агрегатный состав и водопрочность агрегатов почвы...	55
3.1.4 Пористость пахотного слоя почвы.....	65
3.2 Засоренность посевов сахарной свеклы.....	72
3.3 Специфика процессов роста и развития растений сахарной свеклы.....	76
3.3.1 Наступление фаз вегетации сахарной свеклы.....	76
3.3.2 Специфика динамики густоты стояния растений сахарной свеклы.....	80

3.3.3 Динамика нарастания сырой массы растений сахарной свеклы.....	84
3.3.4 Урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы...	95
ГЛАВА 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И НОРМ УДОБРЕНИЙ.....	108
4.1 Экономическая эффективность выращивания сахарной свеклы.....	108
4.2 Биоэнергетическая эффективность выращивания сахарной свеклы.....	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	123
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	127
ЛИТЕРАТУРА.....	128
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	146

ВВЕДЕНИЕ

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 является акту.

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 млн. га на территории более чем 30-ти 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 (Трубилин, Малюга, Василько, 2005).

Более высокая урожайность корнеплодов сахарной свеклы 54 гибридов иностранной селекции является причиной их широкого распространения в с/х производстве РФ. Гибриды отечественной селекции формировали больше ботвы, они лучше реагировали на повышенную норму минудобрений на безнавозном фоне, увеличение доз удобрений способствовало повышению урожайности их ботвы. Отечественные гибриды имели на 0,6-0,8 % более низкую сахаристость корнеплодов, удобрения способствовали значительному снижению этого показателя, тогда как содержание сахара в иностранных гибридах было более стабильно. С посевов иностранных гибридов собрано на 1,49-4,18 т/га больше сахара, под действием удобрений увеличился сбор сахара на 19,7-37,3 % (отечественных – на 6,97-21,0 %). Наибольшую урожайность иностранных гибридов обеспечивало применение $N_{120}P_{120}K_{120}$, а также применение $N_{135}P_{135}K_{135}$, отечественных – $N_{190}P_{190}K_{190}$ (без навоза) и $N_{20}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза (Минакова, Александрова, Подвигина, 2020).

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

Вопросам улучшения технологических параметров выращивания сахарной свеклы, обеспечивающей ее максимальную продуктивность, занимались многие авторы. В основном это касалось сроков посева, густоты стояния, ширины междурядий (Субботин, 2005), органических и минеральных удобрений (Афонченко, 2000; Бражник, 2009; Гаврин, 2017; Гаркуша, 2002, 2006; Гвоздев, 2005; Даскин, 2014; Ерезенко, 2009; Мамсиров, 2004; Жуковский, 2004; Малютина, 2006; Халимбеков, 2022), гербицидов (Даскин, 2014; Мамсиров, 2004), регуляторов роста (Халимбеков, 2022).

Д. А. Дьяков (2017) в своих исследованиях изучал влияние 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. Данной теме посвятил свои исследования М. Н. Елфимов (2019) 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. Большую работу в этом плане проделала Т. В. Почепень (2010), которая дополнительно рассмотрела вопросы влияния поверхностной обработки почвы, но для низино-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. Между основными элементами питания должен быть баланс. Необходимо применять микроэлементы (Горбунов, 2004; Заришняк, Иванина, Шиманская, 2011; Цвей, Присяжнюк, Бондарь и др., 2019; Кравченко, Терехова, Гречищев, 2022).

Многие авторы считают, что минимизация почвообработки не ведет к снижению урожая зерновых культур, но негативным образом сказывается на урожайности сахарной свеклы. Необходимость минимизации обработки почвы обуславливается снижением энергетических и трудовых затрат на ее выполнение. В современных технологиях возделывания культур на обработку приходится до 40 % энергетических и 25 % трудовых затрат (Уваров, Журавлева, Журавлев и др., 2007 и др.).

Таким образом, технология с традиционной обработкой включает десять основных агрономических приёмов, с минимальной – семь и с нулевой – только пять. На современном этапе минимальная и нулевая обработка почвы

изучены не достаточно. Среди учёных нет единого мнения в оценке этих приёмов. Поэтому в вопросах основной обработки почвы необходимо учитывать индивидуальные особенности культуры и складывающиеся погодные условия.

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

Задачи исследований:

– 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 зерно-пропашном 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, обладающего устойчивостью к основным болезням листового аппарата, а также к корневому и корневой гнили. 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 приема основной обработки почвы и нормы удобрений в технологии выращивания сахарной свеклы. По итогу осуществлённых исследований экспериментально доказано, что выбор вспашки или чизелевания в качестве приема основной обработки почвы демонстрирует положительное действие на основные агро-физические 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 условий с/х зоны, максимально приближенной к практике (степной агроландшафт, зернопропашной севооборот, система питания основана на минеральных удобрениях).

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

Публикации по материалам диссертации. По теме диссертации опубликовано 9 статей, в которых отражено ее основное содержание, 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 зерно-пропашном 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;

– особенности экономических и биоэнергетических показателей на фоне совокупного действия приемов основной обработки почвы и норм удобрений в технологии возделывания сахарной свеклы.

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. Соискатель лично под руководством научного руководителя заложил полевой опыт, проводил отбор полевых и растительных образцов и их анализ, выполнял наблюдения и учеты, осуществлял математическую и экономическую обработку

экспериментальных данных, приводил их описание и опубликовывал результаты полевых опытов, оформлял выводы и рекомендации производству.

Структура и объем диссертации. Работа написана на 145 страницах машинописного текста, состоит из введения, 4 глав, заключения, предложения производству, списка использованных литературных источников, включает 16 рисунков, 24 таблицы в тексте и 75 в приложении.

ГЛАВА 1 АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНЫХ УРОЖАЕВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Требования сахарной свеклы к факторам внешней среды

Сахарная свекла – сравнительно засухоустойчивая культура. Она экономно использует влагу (ТК – 350-450 л на 1 кг синтезированного сухого вещества), но общее влагопотребление у нее в 1,5-2 раза выше, чем у большинства зерновых культур. В создании урожая сахарной свеклы огромную роль играет влага, скопленная в нижних слоях почвы за счет атмосферных осадков осеннего и зимнего периодов, потому что она имеет отлично сформированные корни и потребляет воду, которая находится на глубине 2-3 см. Неблагоприятный период в отношении к влаге у сахарной свеклы сходится с быстрым ростом корнеплода. В условиях Кубани это июль-август. То как относится сахарная свекла к воде, так же, как и к остальным факторам внешней среды, изменяется по мере прохождения вегетации растений. Расходование влаги сахарной свеклы на Кубани по периодам вегетации от общего потребления воды в общем за вегетацию таковы:

- в момент усиленного роста листьев (по июнь месяц) – 20 %;
- в момент усиленного роста корнеплодов (по август месяц) – 50–55 %;
- в момент усиленного накопления сахара – 25– 28 %.

Сахарная свекла – растение умеренно теплых климатических условий. Семена прорастают при наступлении положительных температур с +5 °С. Наивысшие подходящие условия для ее растений и аккумуляция сахаров в корнеплодах формируются при температуре 18 – 23 °С. Но рост сахарной свеклы может происходить и в более большом интервале температур от 8 до 30 °С. Набухание и прорастание семян может происходить уже при 2–3 °С (Нещадим, Михайлова, Малюга и др., 2009).

При температуре 6–8 °С напряжённость прорастания семян существенно ускоряется. Более подходящие обстоятельства для этого формируются при

температуре 15–20 °С. Отношение сахарной свеклы к низким температурам в разные периоды вегетации неодинакова. В период проростков и всходов она может быть устойчива при снижении температуры до –4 – 5 °С. В наиболее поздние фазы вегетации заморозки –1, –2 °С могут вызывать повреждение листьев и даже угнетение растений. Осенью рост и развитие сахарной свеклы заканчивается с появлением температуры 2–4 °С.

Сахарная свекла относится к группе растений длинного дня. При повышении периода светового дня не только становится быстрее развитие растений, но и наиболее возрастают темпы роста листьев, корнеплодов и возрастает количество сахара в них. Более сильней отток сахаров из листьев в корнеплод производится, в тот момент, когда ясная солнечная погода меняется с облачной.

Азот – важнейший элемент питания растений сахарной свеклы, необходимый на протяжении всего периода вегетации – от прорастания семени и до уборки, особенно в начальный период развития культуры (Сушков, 2016).

При этом не оказывают на количество основных элементов питания приемы и способы основной обработки почвы влияния (Цховребов, Шеховцов, Лысенко, 2012).

Недочёт азота провоцирует приостановку роста ботвы. Листья обретают бледно-зеленую хлоротичную расцветку, делаются толще и грубее. В различии от вирусной желтухи пожелтение начинается с жилок и примыкающих к ним тканей. Некоторые листья отмирают. Корни формируются более мелкие, что проявляется на урожае.

Недочёт фосфора также задерживает рост растений. Возникающие листья маленькие, кожистые темно-зеленой расцветки. На наиболее старых листьях, начиная с вершины, возникают темно-бурые пятнышки. Такие листья высыхают (Минакова, Путилина, Александрова и др., 2020).

Недочёт калия в начальный период вегетации вызывает усиленное развитие листьев. Пластинки их делаются тонкими, волнистыми, с курчавыми

краями. Позднее по краям листьев образуются сухие темно-бурые или сероватые пятнышки, потому болезнь временами называют чё-краелистным некрозом. После такие пятна появляются в центре листьев и на черешках, что провоцирует их отмирание. При недоборе калия корни сформировываются мелкими и имеют плохо развитые боковые корни (Боронтов, Косякин, Манаенкова, 2018).

Формирование продукционных показателей сахарной свеклы надлежащим образом идет при применении внекорневой подкормки микроудобрениями (Шамсутдинова, 2016)

Особенно, сахарная свекла относится к культурам, которые чувствительны к недостатку бора. При его недочёте прогрессирует гниль, понижается сахаристость, уменьшается урожай. Недочёт бора вызывает угнетение точки роста и молодых частей растений. Юные внутренние листочки розетки привядают, чернеют и отмирают. После привядают, порастают бурыми пятнами и угнетаются более взрослые листья. Недостаток бора содействует появлению сухой гнили (Костин, Мударисов, Решетникова и др., 2020).

Более всего пригодны для возделывания сахарной свеклы черноземы, которые обладают сильным гумусовым горизонтом, нейтральной или слабокислой реакцией и отличными водно-физическими свойствами. Для ее вегетации более подходящими являются структурные почвы с доминированием водопрочных агрегатов размером 1–3 мм. По механическому составу приемлемее суглинки. На песчаных и тяжелых почвах ритмы роста сахарной свеклы снижаются. Эффективная объемная масса почвы – 1,0–1,2 г/см³. Сахарная свекла не особо хорошо переносит переувлажнение и тесное залегание грунтовых вод.

Наилучшая кислотность (рН) почвы, для того чтобы культура развивалась – 6–7. При рН менее 5 рост и развитие растений запаздывает, их атакует корнеед и ещё некоторые болезни, ущемляется фотосинтез, уменьшается продуктивность (Сурков и др., 2012).

Долгое время занимаются вопросами культивирования сахарной свеклы научные сотрудники Первомайская СОС сахарной свеклы А. В. Логвинов, В. А. Логвинов, А. Г. Шевченко, Д. Н. Записоцкий, А. В. Моисеев в содружестве с сотрудником Кубанского ГАУ В. В. Моисеевым (2016). По их мнению, при переходе на энерго- и ресурсосберегающие технологии биологического направления по выращиванию сахарной свеклы в трех- и четырехпольных севооборотах экономически эффективно проводить в основную обработку почвы чизелевания. При этом полученная рентабельность выращивания сахарной свёклы составила по вспашке – 53,4 %, по чизелеванию – 62,5 % и по поверхностная обработке почвы – 33,0 %.

К важнейшим лимитирующим факторам погодно-климатических условий, ограничивающих рост рентабельности, относится недостаток продуктивной влаги в почве, что определяющих временную и пространственную нестабильность производства сахарной свёклы (Каштанов, 2011; Закшевский, Печеневский, 2017).

Также плотность почвы должна адекватна оптимальным параметрам физиологии растений сахарной свёклы (Логвинов, Мищенко, Логвинов, Шевченко, Шувалов, Батракова, Моисеев, 2016).

Снижали плотность почвы те агротехнологии, которые предусматривали внесение органических удобрений под отвальную и безотвальную обработки почвы под посев сахарной свеклы (Татур, Ботько, Гуляка и др., 2016).

При этом формируемый урожай сахарной свёклы при проведении чизелевания был стабильно по годам выше по отношению ко вспашке на 14,0 %, а на варианте с поверхностной обработкой почвы урожайность составила 93 % от контроля (Логвинов, Мищенко, Логвинов и др., 2020).

По мнению Н. И. Мамсирова (2004) в неорошаемых (богарных) условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии на выщелоченном черноземе (гумус не более 2,7 %, общий азот не превышал 0,1 8%, подвижный фосфор на уровне 18,6 мг/100 г почвы, обменный калий не более 23,6 мг/100 г почвы)

оптимальным было внесение минеральных удобрений с нормой $N_{120}P_{120}K_{60}$. Данная норма удобрений способствовала образованию 27,0 тыс.м²/га, площади листовой поверхности посевов сахарной свеклы гибрида Дружба МС-34, аккумулярованию 217,7 г/раст. сухого вещества, что в конечном счете привело к формированию 36,1 т/га корнеплодов сахарной свеклы. Контрольные показатели при этом были значительно хуже и находились на уровне 19,4 тыс.м²/га, 143,0 г/раст. и 24,3 т/га, соответственно.

А. С. Жуковский (2004) проведя свои исследования в почвенно-климатических условиях Белгородской области на каштановых и черноземных почвах показал, что азотные удобрения, примененные с осени под основную обработку почвы в полной норме N_{120} на каштановых почвах и N_{150} на черноземных почвах на фоне $P_{90}K_{90}$, обеспечивали достаточный уровень минерального азотного питания в период активного листообразования растений сахарной свеклы (первая половина вегетации), что гарантировало получение максимального урожая корнеплодов сахарной свеклы на черноземных почвах на уровне 45,9–49,5 и каштановых почвах на уровне 42,4–43,8 т/га, при сахаристости 15,3–14,9 и 16,9–16,7%, соответственно. Сбор сахара при этом составил, соответственно, 7,0–7,38 и 7,2–7,3 т/га. В тоже время повышение нормы азотных удобрений до 150 и 180 кг.д.в./га, соответственно на черноземных и каштановых почвах, а также проведение подкормок приводит к превышению допустимого содержания нитратного азота в почве во второй половине вегетации с перерастанием листовой поверхности свекловичных растений вплоть до сентября месяца, что приводит к сдерживанию роста корнеплодов на 25–30% с ухудшением качества корнеплодов (их сахаристости на 1,5–2,0 %) и, как следствие, уменьшением общего сбора сахара.

Н. В. Гвоздев (2005) проведя свои работы на кафедре химии Воронежского ГАУ им. К. Д. Глинки, а также в отделе агрохимии ГНУ НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева РАСХН подчеркивал, что на черноземах обыкновенных мало эффективно внесение высоких (двойных) норм

минеральных удобрений ($N_{240}P_{240}K_{240}$) под сахарную свеклу, рост урожайности которой по отношению к минеральным удобрениям в норме $N_{120}P_{120}K_{120}$ составил только 7,0 %, в то время как одинарная норма на черноземе обыкновенном по отношению к неудобренному фону способствует росту урожая корнеплодов сахарной свеклы на 31,6 % — с 37,11 до 48,85 т/га.

Ю. А. Любченко (2011) проведя свои опыты на почвах черноземного типа установил, что глубокое безотвальное рыхление (чизелевание) по влиянию на величину урожая корнеплодов сахарной свеклы соответствовало вспашке, а по отношению к мелкой обработке была эффективней и обеспечивала сверх того сбор 2,24 т/га корнеплодов свеклы сахарной, что при $НСР_{05}$ в 0,81 т/га выше на 10,8 %. При этом сектор ответственности за реализацию продукционных показателей сахарной свеклы фактора «удобрения» была на уровне 23 %, что превышало уровень влияния фактора «плодородие почвы» (15%) и способа основной обработки почвы (12%).

1.2 Физические свойства почвы

Главная задача земледельца – так обрабатывать землю, чтобы были созданы оптимальные условия для произрастания культурных растений и в результате, получить максимально высокий урожай. Многие проблемы, связанные с обработкой почвы, пока остаются нерешенными. Часто это определяется тем, что у теоретических посылов нет координации с практическим земледелием. Системы земледелия должны быть скоррелированы с условиями агроклиматических зон, и даже более меньших таксонов (конкретных хозяйств) применительно к конкретным культурам и севооборотам, соответствовать идеи уменьшения материально-денежных издержек, а также обеспечивать защиту почвы от эрозионно-дефляционных макро- и микропроцессов (Манейлов, Богомазов, 2005).

Сахарная свекла – сравнительно засухоустойчивая культура. Она экономно использует влагу (ТК – 350-450 л на 1 кг синтезированного сухого вещества), но общее влагопотребление у нее в 1,5-2 раза выше, чем у

большинства зерновых культур. В создании урожая сахарной свеклы огромную роль играет влага, скопленная в нижних слоях почвы за счет выпавших осадков осенне-зимнего периода, потому что она имеет отлично развитую корневую систему и использует воду, которая находится на глубине 2-3 м. Неблагоприятный период в отношении к влаге у сахарной свеклы сходится с быстрым ростом корнеплода. В условиях Кубани это июль-август. То как относится сахарная свекла к воде, так же, как и к остальным факторам внешней среды, изменяется по мере прохождения вегетации растений (Шеуджен, 2013).

Более всего пригодны для возделывания сахарной свеклы черноземы, которые обладают мощным гумусовым горизонтом, нейтральной или слабокислой реакцией и отличными водно-физическими свойствами. Для ее вегетации более подходящими являются структурные почвы с доминированием водопрочных агрегатов размером 1–3 мм. По механическому составу приемлемее суглинки. На песчаных и тяжелых почвах ритмы роста сахарной свеклы снижаются. Эффективная объемная масса почвы – 1,0–1,2 г/см³. Сахарная свекла не особо хорошо переносит переувлажнение и тблизкое залегание грунтовых вод (Никитин, Воронин, Навальнев и др., 2013).

Наилучшая реакция почвенного раствора почвы (рН), для того чтобы культура развивалась – 6–7. При рН менее 5 рост и развитие растений запаздывает, их атакует корнеед и ещё некоторые болезни, снижается интенсивность работы фотосинтеза, уменьшается продуктивность.

Для спецификации почвы применяют такую характеристику, как строение почвы в ее пахотном слое, то есть части, подверженной воздействию почвообрабатывающих агрегатов. Его определение дал еще в 1986 году профессор А. Г. Дояренко. Согласно его трактовке дословно: «Строение почвы – соотношение объемов твердой фазы и различных видов пор, которые характеризуют не только степень плотности или рыхлости почвы, но и характер ее порозности». Основными показателями строения почвы являются скважность (общая, капиллярная и некапиллярная) и плотность. Скважность

(или как ее еще называют – порозность или пористость) представляет собой сумму всех пор промеж частиц твердой фазы почвы (объем свободного пространства) и есть соотношение объема пор к объему твердой почвенной фазы. Этот показатель есть отражение суммы скважин (пор) в конкретном объеме почвы и выражается в %.

На скважность минеральных почв приходится от 25 до 80 % всего объема, а торфяных – от 80 до 90 %. Классификация пор: агрегатная, межагрегатная, аэрации, некапиллярная и капиллярная.

Агрегатная пористость представляет собой соотношение размера пор в конкретном агрегате почвы к общему размеру агрегата. Аэрационная пористость представляет собой весь объем пор, заполненных воздухом (применим для конкретного отрезка времени). Межагрегатная пористость представляет собой совокупный объем полостей, расположенных в промежутках между почвенными агрегатами. Для сельскохозяйственных растений в первую очередь имеет значение капиллярные поры, при ограничительном факторе в 20–25 % наличия некапиллярной пористости.

При наименьшей влагоемкости капиллярная пористость соответствует объему капилляров, заполненных водой, а некапиллярная – воздухом. Совокупность некапиллярной и капиллярной пористостей представляет собой общую пористость почвы.

В своих работах Н. А. Качинский (1963) определял как «отличную» порозность для культурного пахотного слоя в интервале от 60 до 65 %, как «хорошую» – в интервале от 55 до 60 %, как «удовлетворительную» – в интервале от 50 до 55 %, как «неудовлетворительную» – в интервале от 40 до 50 % и чрезмерно низкую – в интервале от 24 до 40 %.

Соотношение капиллярной и некапиллярной порозности в широком диапазоне меняется по профилю в разных почвах и в зависимости от способа обработки почвы. Иногда такое соотношение может быть 1/0, чаще всего это можно видеть на тяжелых почвах южной зоны Краснодарского края. На севере края, соотношение капиллярной и некапиллярной скважности может

составлять 3:1 (Маковеев, Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, Е. Г. Поливар, 2022).

Характеризовать капиллярную скважность может такой показатель, как активные и неактивные поры. К неактивным порам относятся те, которые наполнены связанной водой, вода при этом имеет большую плотность, в связи с высокими сорбционными силами. Такая влага теряет свою подвижность является непроницаемым барьером для корней культуры. Такие полости заполняются связанной водой настолько, что их диаметр уменьшается до диаметра корневых волосков, то есть меньше 10 микрон. Все перечисленное снижает доступность почвенной влаги для растений. Кроме этого в такие поры не может проникать воздух, и не развиваются микроорганизмы, которые способны развиваться только в таких порах которые имеют диаметр больше 30 микрон (Калинин, Кравченко, 2021; Кравченко, Лучинский, Прохода, Габараев, 2021)

Активные поры – крупные в диаметре десятки микрон. Они могут быть заполнены капиллярными формами влаги, или быть вместилищем почвенного воздуха. В таких порах концентрируется микробиота. Именно они являются вместилищем той громадной массы микроорганизмов, которая на почвах Кубани может достигать веса 7 т на гектаре, и поставляет растениям подвижные формы питательных веществ. По ним продвигается гравитационная влага (Тарасенко, Найденов, Бардак, Терещенко, 2015).

От скважности почвы (суммарного объема пор) зависит одно из главных физических свойств почвы – плотность почвы, или ее еще называют объемный вес. Плотность почвы – это вес абсолютно сухой почвы в естественном ее сложении (с порами) единицы объема, или вес 1 см³ в граммах сухой почвы.

Плотность почвы выражается соотношением абсолютно сухой массы почвы взятой в ненарушенном ее состоянии к занимаемой ею объему. Плотность на разных почвах Краснодарского края колеблется в пределах от 0,8 до 1,6 г/см³. Почвы, плотность которых колеблется в пределах от 0,8 до 1,1 г/см³, считаются рыхлыми. Плотными, можно считать почвы, плотность

которых имеет значение более 1,3 и очень плотными – свыше 1,4 – 1,5 см³. Плотность почвы используется для расчета общей скважности, запасов продуктивной, не продуктивной и общей влаги, и валовых запасов питательных веществ (Кравченко, Терехова, Бардак, Гречищев, 2022).

Многие исследователи, изучая плотность почвы, отмечают ее влияние на плодородие. Работы исследователей кафедры общего и орошаемого земледелия Кубанского аграрного университета В. В. Терещенко и Н. И. Бардака (1995) указывают, что с увеличением плотности сложения почвы растет непродуктивный запас влаги. Б. И. Тарасенко (1981) отмечал, что уплотнение выщелоченных черноземов до 1,26 г/см³ не влияет на рост и развитие с.-х. культур.

Это получило подтверждение и в работах М. М. Васютина (1991), где на выщелоченных черноземах Кубани оптимальной плотностью для многих культур является величина плотности 1,26 г/см³, при которой получен наибольший урожай кукурузы. Изменение объемной массы на 0,01–0,02 г/см³ (с 1,35 до 1,37 г/см³) приводит к уменьшению пористости и ухудшению аэрации, что является причиной снижения урожайности сельскохозяйственных культур. Лучше всего они развиваются при какой-то оптимальной плотности. Таким образом, для роста и развития большинства культурных растений на черноземах Кубани оптимальной плотностью почвы можно считать 1,15–1,30 г/см³.

По сообщению И. Б. Ревута (1969), на разных типах почв сельскохозяйственные культуры по-разному реагируют на плотность сложения и оптимальную ее величину. Поэтому плотность сложения имеет зональный характер и требует в каждом случае ее уточнения

Одним из первых, кто сделал попытку разработать методику и определить критическую плотность почвы, был С. И. Долгов с сотрудниками (Модина, Долгов, 1966; Долгов, Модина, 1969). Они исходили из того, что содержание воздуха в почве, даже при наименьшей влагоемкости, не должно

быть меньше 15 % от объема почвы, и предложили общее уравнение, которое определяет величину максимально.

По мнению И. А. Вольтерс, Л. В. Трубачевой и А.И. Тивикова (2012), для улучшения плодородия почвы существенную роль играют агрофизические факторы, которые характеризуют сложение пахотного слоя.

А. Н. Сухов (2011) в своей работе «Агрофизические показатели светло-каштановых почв и их регулирование приемами основной обработки» утверждает, что обработка почвы сказывается на таких её агрофизических свойствах, как твёрдость, плотность, структурно-агрегатное состояние и порозность,.

Сахарная свекла предъявляет повышенные требования к объемной массе почвы, и особенно в период прорастания семян. В самом начале в рост трогается, углубляется в почву зародышевый корешок. В это время важно, формирование плотного ложа для семян, наличие влаги, и чтобы был рыхлым верхний слой почвы (Кислов А.В., Черных М.В., 2007).

А. Г. Бондарев (2004) определил, что частые проходы сельскохозяйственной техники по полю разрушает структуру, как сухой почвы, так и влажной. А после выпадения осадков, такая почва заплывает, а после высыхания формируются крупные глыбы. После чего плотность почвы увеличивается и достигает не приемлемой величины 1,3-1,5 г/см³ а иногда и больше.

В. А. Николаев, Н. И. Паулкин, А. В. Савченко (2012) считают, что фактор, который стабилизирует уплотнение пахотного слоя карбонатной почвы, является отвальная вспашка, на которой отмечается уменьшение плотности в слое (0–20 см) на 0,06 г/см³ и в слое (20–30 см) на 0,03 г/см³.

Приемы отвальной обработки почвы, способствуют снижению плотности почвы в слое 0-10 см с 1,12 до 1,09 г/см³. Перегуда Т.И. объясняет созданием бездефицитного баланса гумуса, путем периодического оборота пласта, и улучшению условий образования агрегатов (Перегуда, 2008).

Исследования Г. Н. Черкасова (2011) выявили влияние изучаемых им обработок почвы на агрофизические показатели типичного чернозема. Самые лучшие показатели плотности почвы, формировались при отвальной вспашке, при поверхностной и нулевой обработке, плотность почвы была хуже. Водопрочность агрегатов уменьшались в ряду: нулевая обработка → поверхностная обработка → обработка с оборотом пласта.

Н. В. Гвоздев (2005) проводя свои работы в отделе агрохимии ГНУ НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева РАСХН, а также на кафедре химии Воронежского ГАУ им. К. Д. Глинки пришел к выводу, что минеральные удобрения и кальцийсодержащие соединения повышают эффективность использования воды из почвы за счет обеспечения более благоприятных для роста и развития растений сахарной свеклы агрофизических и химических свойства почвы. Карбонат кальция способствуют более экономному 28,2 % относительно контролю расходу почвенной влаги. Совокупное действие полной нормы удобрения ($N_{120}P_{120}K_{120}$) с карбонатом кальция способствовало уменьшению коэффициент расхода воды на 35,4 %. При двойной норме NPK (по 240 кг.дв./га) фиксировался минимальный коэффициент расхода воды (145).

1.3 Приемы основной обработки почвы

Обработка почвы относится к числу наиболее энергоемких и дорогостоящих операций в сельском хозяйстве. Ее доля составляет около 40% затрат энергии и труда. С процессом обработки почвы сопряжено использование различных технических средств, почвообрабатывающих орудий, которые различны по производительности и гектарному расходу топлива (Макаров, 2015).

В полевых экспериментах и на практике показано, что минимальная обработка почвы более успешна, чем нулевая. При использовании этого метода на поверхности почвы создается защитный мульчирующий слой из

растительных остатков. Так создается подобие естественного процесса дернового формирования почвы (Картамышев, 2010).

Но, надо понимать, что коэффициент полезного действия минимизации агромероприятий устанавливается не только и не столько параметрами климата, но и агрофизическими почвенными показателями в вегетационном промежутке сельскохозяйственной культуры. Поэтому вопросы выглубления и уменьшения числа агромероприятий по почвенному профилю согласующиеся со стабильность проявления продукционных показателей полевых культур будут иметь благоприятный исход только на почвах, обладающих равновесной плотностью сопоставимой с благоприятной для произрастания культурных растений, а именно – $1,1-1,3 \text{ г/см}^3$ при величине общей пористости находящейся на уровне 55–60 % (Агеев, пПодколзин, 2005).

В своих работах В. Ф. Вальков, Ю. Н. Штомпель, И. Т. Трубилин и др. (1996) показали, что приемы минимизации обработки почвы при проведении поверхностных и мелких обработок чернозема выщелоченного, а также оставление почвы вообще без обработки (no-till при прямом посеве культуры) в отличие от отвальной вспашки обеспечивали существенное изменение агрофизических показателей почвы. Так, при длительном в течение более 7 лет применении системы no-till объемная масса верхнего пахотного слоя почвы уже в конце периода влагонакопления составляла величину в $1,35 \text{ г/см}^3$, а твердость превышала показатель в 37 кг/см^2 . На фоне отвальной вспашки эти показатели были хуже на $0,04 \text{ г/см}^3$ и 9 кг/см^2 , соответственно. При этом в подпахотных горизонтах почвы ее объемная масса находилась на уровне $1,42-1,45 \text{ г/см}^3$, что конечно выше показателей оптимума для большинства полевых культур.

Исследованиями таких авторов, как Г. Р. Дорожко, О. И. Власова и В. С. Цховребов (2017) было убедительно доказано, что безотвальные обработки почвы способствуют снижению плотности сложения пахотного горизонта до величины в $1,06 \text{ г/см}^3$. При том, что при долговременном проведении отвальной вспашки старопахотных земель эта величина была на

уровне 1,17 г/см³. При этом безотвальные обработки (чизелевание, плоскорезная и др.) сводят к минимуму большинство и других негативных моментов, возникающих при проведении отвальной вспашки, а именно – верхний органоминеральный слой вкупе со стерней снижает твердость почвы, исключает появление плужной подошвы, защищает почву от эрозионных и дефляционных разрушительных процессов, обеспечивает лучшее удержание влаги и много другое.

Э. Д. Адиньяев с соавтором Н. Л. Адаевым (2006) указывали, что для сорных растений нужны такие-же условия жизни, что и для культур в посевах которых они существуют. А J. P. Caussanel и его соавторы G. Barralis и C. Vacher дополняли, что по этой причине они являются конкурентами культур за основные факторы жизни, что резко снижает продуктивность.

Многие исследователи считают, что сорняки в сельскохозяйственном производстве стоят на первом месте среди факторов, которые наносят ущерб урожаю культур. Потери урожая от сорных растений превышают потери от совокупного действия болезней и вредителей (Стрижков, Лебедев, Каменченко, 2010; Полоус, 2011).

В створе классического миропонимания, как указывал R. Cousens (1987), согласно основным канонам земледелия для посевов сельскохозяйственных культур популяции сорных растений являются враждебным элементом.

В процессе выращивания культурных растений со временем видоизменялись концепции представлений о роли сорной растительности в агроэкоценозах и позиция сельхозтоваропроизводителей к засоренности посевов. На смену выражения «уничтожение», «искоренение», приходят новые понятия регулирования и управления численностью сорняков. Основанием для этого является не только возрастающая угроза загрязнения окружающей среды химическими средствами борьбы (гербицидами) с сорняками, но и осознание того, что сорная растительность являет опасность своим количеством в посевах, а не наличием и видовым разнообразием как таковым (Hurle, 1993).

В свое время еще в 1988 году J. Krzymuski с коллегами пришли к мысли, что цель «полное уничтожение сорняков» (что в принципе невыполнимо) должна быть заменена целью ограничения их массового расплода по полям уменьшением их числа до экономически безопасного уровня.

По мнению, как отечественных (Гродзинский, 1991), так и зарубежных (Marshall, 1987; Oliver, 1988; Gerhards, 1997) авторов в агрофитоценозе сорняки, как один из элементов, организуют так называемое самодостаточное, независимое от культурных элементов агрофитоценоза, сегетальное сообщество, ввиду наличия в почве достаточного количества семян и вегетативных растительных частей.

В учебном пособии «Защита сельско-хозяйственных культур от сорных растений» написано: «Формирование широкого видового разнообразия сорных растений агрофитоценозов обуславливается, в частности, наличием в почве определенного, а зачастую очень высокого, потенциального запаса семян и органов вегетативного размножения сорняков» (Баздырев, 2004).

По мнению В. D. Maxwell с С. T. Colliver (1995) и R. J. Snaniforth с Р. В. Savers (1979) особенностью сорной растительности является их биологическая способность незрелых семян при благоприятных условиях набирать необходимые кондиции биологической зрелости и, впоследствии, достаточно долгое время сохранять свою жизнеспособность.

Каким способом обрабатывать почву в основном находится в зависимости от агрофизических параметров пахотного слоя почвы, погодноклиматических, видового состава сорных растений, степенью засоренности. В зависимости от этого, предусматриваются использовать те или иные почвообрабатывающие орудия и машины, определенная последовательность технологических операций. Важно использовать энергосберегающие, почвозащитные технологии с применением безотвальных почвообрабатывающих комплексов, а также чередование в севообороте безотвальных и обработок с оборотом пласта (Лукомец, Пивень, Тишков, 2011; Caussanel, 1989; Kuhne, Jahn, Wick etc., 2001; Rahmann, 2011).

Такие ученые, как А. В. Яловой (2004), а также В. М. Жидков с А. Н. Гришичкин (2011) указывают. Что основными засорителями посевов сахарной свеклы в Краснодарском крае являются двудольные малолетние сорняки: амброзия полыннолистная (*Ambrósia artemisiifólia*), щирица запрокинутая (*Amarantus retroflexus*), марь белая (*Chenopodium album*), канатник Теофраста (*Abutilon theophrasti*), горчица полевая – (*Sinapis arvensis*), паслен черный – (*Solanum nigrum*) дурнишник зобовидный – (*Xanthium strumarium*). Большой вред в виду иссушения почву наносят малолетние злаковые сорняки, такие как просо куриное (*Echinochloa crus-galli*), щетинник зеленый (*Setaria viridis*), щетинник сизый (*Setaria glauca*).

Существует мнение С. В. Гаркуши, Е. П. Божко, А. П. Петрякова и др. (2013), С. В. Еськова с О. В. Еськовой (2013), Н. А. Зеленского с И. А. Келигов (2009), Е. И. Хрюкиной с М. М. Наумовым (2013), что сахарная свекла особенно в начале вегетации очень слабо конкурирует с сорняками, в результате медленного ее роста. По этой причине необходимо уделять особую заинтересованность в технологии ее выращивания делу защиты ее посевов от сорняков. Наибольшая опасность грозит растениям сахарной свеклы в первый месяц вегетации ввиду очень медленного начального роста растений сахарной свеклы. И здесь присутствует прямая тесная корреляционная зависимость урожайности от засоренности посевов именно в этом промежутке времени.

Такие сорняки, как марь белая (*Chenopodium album*), канатник Теофраста (*Abutilon theophrasti*), горчица полевая (*Sinapis arvensis*), амброзия полыннолистная (*Ambrósia artemisiifólia*) тоже могут представлять значительную угрозу молодым растениям всходов сахарной свеклы. Немного позже начинают вредить такие малолетние злаковые сорняки, как щетинник сизый (*Setaria glauca*), щетинник зеленый (*Setaria viridis*), просо куриное (*Echinochloa crus-galli*) (Плескачѳв, Антонникова, 2013),

С. В. Рымарь (2007) отмечает, что верное решение в выборе способа основной обработки почвы – это залог успеха с грамотным распределением в пахотном слое семян и уничтожением вегетативных органов размножения

сорняков. Помимо этого, он подчеркивает, что обработка с оборотом пласта плугом с предплужником по сравнению с безотвальным рыхлением почвы чизелем обеспечивает снижение воздушно-сухой массы сорняков на 45 %.

Концепция минимизации обработок почвы сталкивается с проблемой сохранности посевов культурных растений от вредоносного влияния сорняков болезней и вредителей (Романенко, Васюков, Кильдюшкин, 2011).

Поверхностная обработка почвы при использовании ресурсосберегающих технологий в земледелии, способствует увеличению засоренности культур, поражению их болезнями и вредителями. Поэтому важно использовать химические, биологические и агротехнические средства защиты растений (Мансуров, 2010),

К такому же выводу приходит и А. М. Пестряков (2007). В своих публикациях он делает акцент на рост в 1,5–2 раза засоренности культур с увеличением на 30–32 % сухой массы сорняков на фоне систематического и многолетнего проведения в основную обработку почвы ее мелкой и, особенно, поверхностной модификации в сравнении с классической оборотной обработкой.

В. М. Гармашов вместе А. Ф. Виттер (2008) проводили в динамике изучение различных приемов основной обработки почвы на засоренность полей в течении 2-х ротаций севооборота. Выявили, что меньше всего сорняков было после вспашки, где они составляли 8,9 шт./м², из которыхна долю многолетних сорняков приходилось 2,8 шт./м², на поверхностной обработке 36,8 и 9,3 шт./м², соответственно (Гармашов, Виттер, 2008).

На обработке почвы без оборота пласта в технологии возделывания пропашных культурах количество и масса сорняков была выше, чем при обработке с оборотом пласта, а на комбинированной обработке засоренность занимала промежуточное положение. Причем в начале закладки севооборота такая разница была более существенна (Борин, 2009).

Чередования безотвальных обработок и обработок с оборотом пласта незначительно уступала проведение ежегодной вспашке на разную глубину,

так как регулировка их количества давала возможность семена сорных растений заделывать разноглубинно (Божко, Баршадская, Вышегородцева, 2005).

В условиях республики Татарстан, исследователи М. М. Ильясов и А. Х. Яппаров (2010) показали, что на ежегодной мелкой, поверхностной и обработке без оборота пласта в севообороте была самая высокая засоренность посевов по сравнению с отвальной вспашкой. А лучшей эффективностью по борьбе с сорняками, отличилась система, ярусной обработки.

Переход к основной минимальной обработке почвы, приводит к сильному увеличению засоренности посевов поздними злаковыми и двудольными сорняками, которые, даже при применении гербицидов, успевают в результате конкурентной борьбы за основные факторы жизни, значительно ослабить культурные растения, которые в итоге существенно снижают урожайность (Шарков, 2009).

Некоторые исследователи в производственных опытах определили возможность качественного удаления сорной растительности из посевов культуры осуществляя только механические обработки в основную и предпосевную обработку почвы (Чурзин, Калмыков, 2010).

Снижать засоренность поля по мнению некоторых исследователей, возможно только в системе обработки почвы с оборотом пласта. При этом происходит перемещение осыпавшихся на поверхность почвы семян сорняков на значительную глубину, где они теряют всхожесть. Потом они вновь выносятся на поверхность почвы, но способных к прорастанию их становится значительно меньше. А которые сохранили всхожесть наиболее активно прорастают ране весной, давая возможность с ними бороться при помощи предпосевной культивацией, что снижает засоренность полей (Смирнов, 2009).

Уничтожение сорной растительности в посевах сахарной свеклы хорошей эффективности достигает только тогда, когда берется во внимание не только видовой состав сорняков, но и качество применяемой системы защиты

полей от сорной растительности. Это касается не только к основной обработки почвы, но и к сокращению численности в период вегетации культуры сорной растительности в и уходе за посевами (Медведев, Екатериничева, Камышанов, 2010).

На обыкновенном черноземе трудно возделывать сахарную свеклу при сокращении интенсивности обработок почвы (no-till, strip-till, поверхностные и мелкие обработки). Такое возделывание без применения гербицидов и удобрений проблематично. Засоренность посевов на таких вариантах, по сравнению со вспашкой с оборотом пласта, возрастает более чем в 2,0 раза (Шурупов, Полоус, 2009; Полоус, 2010).

В опытах Т. А. Трофимовой (2010) указано, что отход от отвальных обработок в сторону безотвальных, мелких и поверхностных или no-till увеличивает риск засорения полей при росте пестицидной нагрузки на пашню. Засоренность полей является сдерживающим фактором внедрения энергосберегающих технологий.

На это указывают и другие авторы подчеркивая, что резко увеличивается значение гербицидов при использовании плоскорезных обработок почвы и снижется при проведении отвальных обработок почвы (Гнатовский, Лихачёв, Назаренко и др., 2008).

Достаточную конкуренцию культуре составляют злаковые и двудольные поздние сорняки. По мнению Е. И. Хрюкиной с М. М. Наумовым (2013) одно растение просо куриного или щетинники способно снизить урожайность подсолнечника на 0,23 ц/га, а одно растение бодяка полевого – даже на 0,94 ц/га. А ведь в посевах произрастают еще щирица запрокинутая, марь белая, пикульник обыкновенный, горчица полевая, чистец однолетний, осот полевой, вьюнок полевой и др.

В исследованиях И. Я. Пигорева (2004) убедительно доказано, что глубокие основные обработки почвы обеспечивают получение более дружные и ровные всходы полевых культур при меньшей их засоренности в сравнении с безотвальным рыхлением увеличивая при этом период вегетации и листовую

поверхность. Внедрение no-till, strip-till, поверхностных и мелких обработок способствовали увеличению численности сорной растительности, особенно в начале вегетации культуры.

Максимум численности сорной растительности к уборке по мнению Г. А. Медведева, Н. Г. Екатериничева, С. И. Камышанова (2010) наблюдалось при проведении поверхностной основной обработки почвы бороной БДТ-7.

В. С. Полоус (2011) определила, что в сорные растения в своем организме содержали 1,53 % азота, 0,59 % фосфора и 2,0 % калия.

В исследованиях В. М. Лукомца, В. Т. Пивня и Н. М. Тишковой (2011), показано, что одно достаточно взрослое сорное растение потребляет из почвы 0,4–0,06 кг/га азота, 0,2 кг/га фосфора и до 1,0 кг/га калия, что сравнимо с потребностями такой полевой культуры, как подсолнечник.

И, как следствие, даже небольшая по количеству популяция сорной растительности по культурной вспашке, имеющая достаточно низкую массу к концу вегетации потребляет из почвы до 73 кг азота, 28 кг фосфора и 96 кг калия с каждого гектара площади посева культуры.

Наибольшим выносом фосфора (2800–3800 мкг/г) характеризовались марь белая, щетинник сизый и просо куриное, серы - бодяк полевой (3700 мкг/г), ромашка непахучая и марь белая (2300–2500 мкг/г), магнолия – бодяк полевой и марь белая (4700–4800 мкг/г), кремния – просо куриное, марь белая, пырей ползучий (1000 мкг/г).

Таким образом, к снижению потерь основных элементов питания растений из почвы в процессе утилизации их сорной растительностью, рекомендуется осуществлять целенаправленные операции по уменьшению количества тех видов сорняков, которые приводят к максимальному выносу питательных веществ из почвы (Мельникова, 2008).

А при высоких затратах на пестициды, неизбежность приобретения допоборудования, трудоемкость и высокую энергоемкость процессов химзащиты посевов приводит к существенному росту затрат на фоне

уменьшения рентабельности производства и сведение на нет конечных экономических показателей (Чурзин, Калмыков, 2010).

Полученные результаты анализа литературных источников послужили в качестве исходных материалов для формирования основных аспектов наших исследований.

ГЛАВА 2 МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Почвенно-климатические условия

Территория проведения опытов представлена преимущественно степным агроландшафтом и входит в зону неустойчивого увлажнения. Годовое количество осадков составляет 644 мм. По годам их количество могут колебаниями 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-июне месяце, а наименьшее в августе-сентябре. Количество дней, когда дует сильный ветер (скорость превышает 15 м/с), не превышает 15 дней в году. Такие ветра являются суховеями, которые снижают урожайность полевых культур, иссушают почву. Число дней, когда дуют суховеи, составляет в среднем в году 75. Т.о., описуемый климат обладает короткой и мягкой зимой, продолжительным безморозным периодом с достаточной суммой положительных температур, что обеспечивает вызревание большинства полевых культур, в том числе и сахарной свеклы.

Почвы опытного участка – чернозёмы выщелоченные слабогумусные сверхмощные, который характеризуется высокой промытостью от карбонатов кальция и имеет 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 и составляет в среднем 27,2 мг/100 г почвы. Содержание обменного 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 потере кальция и приводит к потере структуры почвы. Агрегатный состав близок к глыбисто-комковатому. Водопрочные агрегаты в пахотном слое составляет 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 ее высыхания и трещин.

Погодные условия в годы проведения исследований представлены в 1 и 2 рисунках и приложении 2.

В январе 2019 года температурный режим был с резкими колебаниями который был выше на $4,6^{\circ}C$ среднемноголетних показателей. Вторая декада января была отмечена как самая теплая. В этот период температура воздуха превысила многолетние показатели на $5,3^{\circ}C$ в отдельные дни она достигала $+16^{\circ}C$. Месяц был влажный с небольшим количеством осадков в виде дождя и мокрого снега. Количество их за месяц достигло 65 мм, что составило 125 % от нормы.

В январе был отмечен снежный покров в первой и третьей декаде месяца. Максимальная высота снега составила 14–25 см.

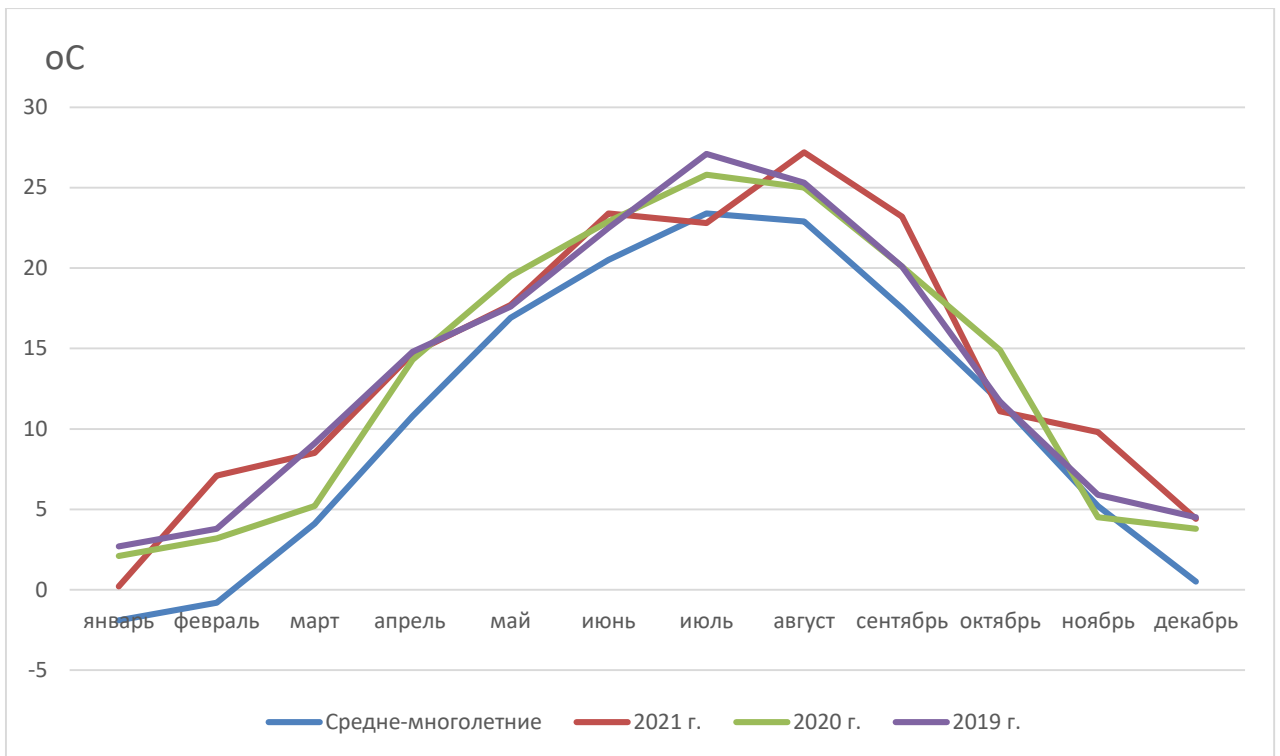


Рисунок 1 – Температура воздуха, °С

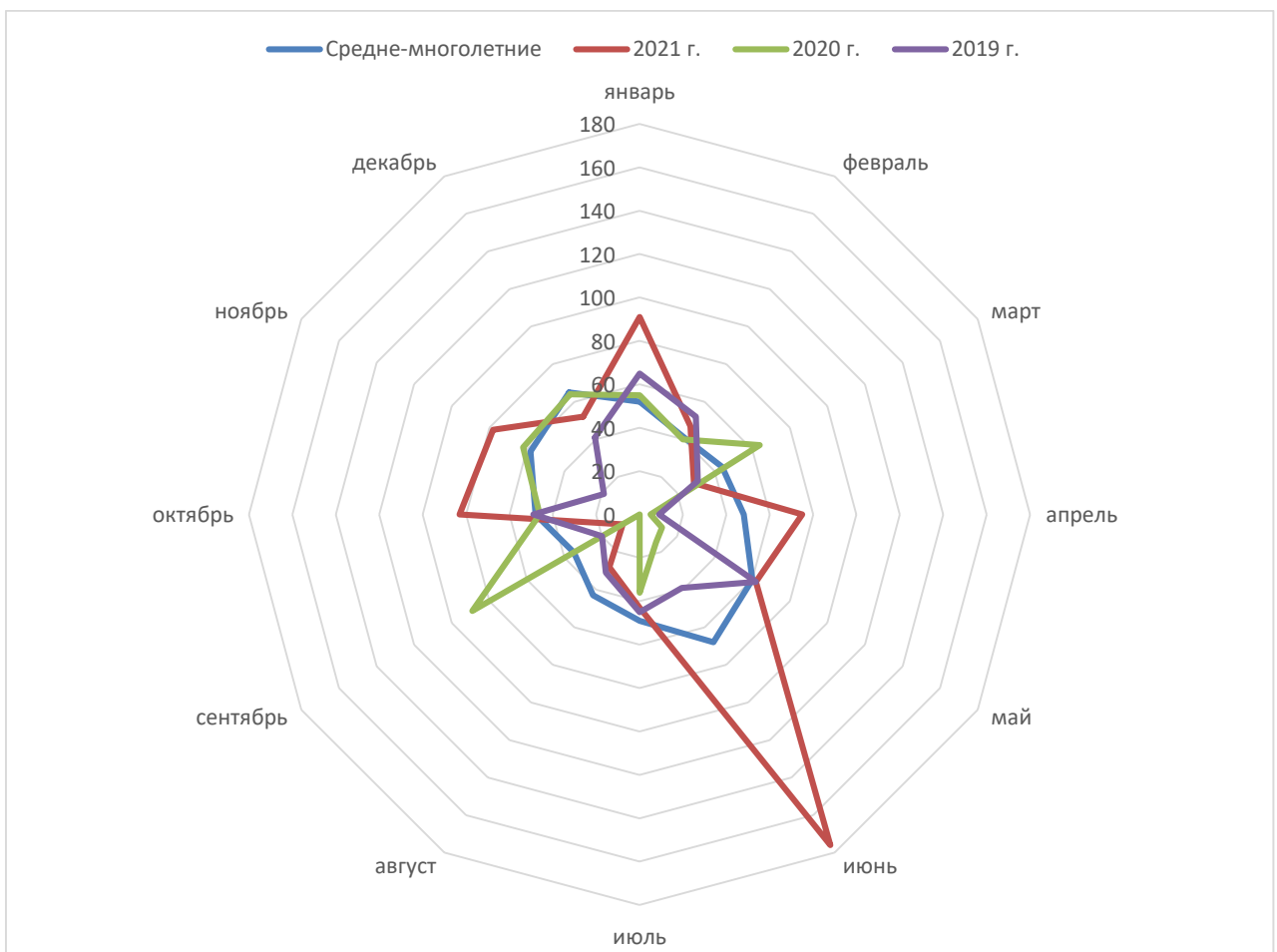


Рисунок 2 – Осадки, мм

В феврале преобладала теплая погода. Температура воздуха поднялась до +3,8 °С, что превышает норму на 4,6 °С. Это является рекордом за все годы наблюдения. Количество выпавших осадков соответствовало средне-многолетним показателям.

Март был жарким (+5,0°С к норме) с недостатком влаги. Объем осадков составил 31 мм, против 44 мм по норме.

Апрель месяц был теплым, температура воздуха составила за месяц 14,8 °С, что на 4,0 °С больше среднемесячных показателей и сухим – количество осадков выпало всего 9 мм.

В мае, количество выпавших осадков соответствовало норме, то есть среднему многолетнему значению – 62 мм. Температурный режим превышал средние показатели на 0,7 °С.

Начало первого месяца лета было теплым и суховатым – всего 39 мм осадков против 68 мм по норме. Температура воздуха поднялась до +22,5°С, что на 2,0 градуса превысила средне многолетнее значения.

Количество осадков, которые выпали в начале июля составило 45 мм, что соответствовало месячной норме. Температура воздуха была экстремально жаркая, особенно вторая декада месяца, которая превысила среднее значение на 3,7°С среднемноголетний показатель.

Август характеризовался умеренно жаркой и сухой погодой (31 мм осадков против 43 мм нормы). Температура воздуха поднялась до +25,3°С что на 2,4 °С выше нормы.

Условия сентября года были удовлетворительными. Количество выпавших осадков не превышало среднемноголетнюю норму (20 мм). А среднесуточная температура была выше на 2,6°С средне многолетних показателей.

Условия октября были удовлетворительными, на уровне нормы. Под конец первой декады октября температура значительно понизилась. Объем осадков был около нормы.

Ноябрь, особенно первая половина месяца, была теплой. Температура воздуха в этот период, не превышала средне многолетние показатели. Осадки были в дефиците – выпало на 33 % от нормы.

Декабрь можно характеризовалась как теплый с небольшим объемом осадков составившего всего 41 мм против 65,1 мм по норме (на 59 % меньше нормы), а температура воздуха опустилась до +4,5 °С при норме +0,5°С.

В январе 2020 года температуры была выше на 4,0°С среднемноголетних показателей. Вторая декада января была отмечена как самая теплая. В этот период температура воздуха превысила многолетние показатели на 5,1°С в отдельные дни она достигала +17°С. Месяц был влажный с небольшим количеством осадков в виде дождя и мокрого снега. Количество их за месяц достигло 55 мм, что составило 103% от нормы.

В январе был отмечен снежный покров в первой и третьей декаде месяца. Максимальная высота снега составила 10-20 см.

В феврале преобладала теплая достаточно погода. Средняя температура составила 3,2 °С против, что выше нормы на 4,0 °С. Это является рекордом за все годы наблюдения. Количество выпавших осадков было близко к норме.

Погодные условия марта были приближены к среднемноголетним показателям.

Апрель месяц был теплым, температура воздуха составила за месяц 14,3 °С, что на 3,5 °С больше среднемесячных показателей. А количество осадков выпало всего 5 мм.

В мае, количество выпавших осадков не соответствовало норме, то есть среднему многолетнему значению – всего 12 мм. Температурный режим превышал средние показатели на 2,6 °С.

Начало первого месяца лета было, прохладным и сухим – всего 15 мм осадков. Температура воздуха поднялась до +22,9 °С, что на 2,4 градуса превысила средне многолетнее значения.

Количество осадков, которые выпали в начале июля составило 36 мм, что в 1,4 раза меньше месячной нормы. Температура воздуха была умеренно жаркая, но вторая декада месяца жаркая, которая превысила среднее значение на 2,4°C среднемноголетнее значение.

Август – жаркий и сухой, осадков не наблюдали. Температура воздуха поднялась до +25,0°C что на 2,1 °C выше норму. Аномально высокая температура отмечалась в первой и второй декаде месяца Максимальная температура доходила до отметки 37,7°C.

Условия сентября года были удовлетворительными. Количество выпавших осадков в 2,5 раза превышало среднемноголетнюю норму (89 мм). А среднесуточная температура была выше на 2,6 °C средне многолетних показателей.

Условия октября были удовлетворительными, на 0,7 градусов ниже нормы. Под конец первой декады октября температура значительно понизилась.

Ноябрь, особенно первая половина месяца, была теплой. Температура воздуха в этот период, не превышала средне многолетние показатели. Осадков выпало на 34% больше нормы. Особенно дождливой была вторая декада, когда выпало 62,4 мм осадков, при месячной норме 58 мм. А за месяц количество выпавших составило 78,1 мм.

Декабрь можно характеризовать как теплый с небольшим количеством осадков, их выпало 52,7 при норме 65,1 мм, а температура воздуха опустилась всего до +3,8 °C, при норме +0,5°C.

Температурный режим января 2021 года был выше на 2 °C среднемноголетних показателей. Месяц был влажный с большим количеством осадков в виде дождя и мокрого снега. Количество их за месяц достигло 90,8 мм, что составило 173% от нормы. В январе был отмечен снежный покров в первой и третьей декаде месяца. Максимальная высота снега составила 10–20 см.

В феврале преобладала теплая погода. Температура воздуха, в среднем за месяц составила 7,1 °С, что выше нормы в 8 раз. Это является рекордом за все годы наблюдения. Количество выпавших осадков было близко к норме.

Март был теплым и сухим. Количество выпавших осадков составило 29,2 мм, при норме 44 мм.

Апрель месяц был теплым, температура воздуха поднялась до +14,7 °С, что на 3,9 °С выше нормы. А объем осадков был на 27,4 мм больше нормы.

В мае, количество выпавших осадков и температурный режим соответствовал норме, то есть среднему многолетнему значению.

Начало первого месяца лета было прохладным с частыми ливнями, не редко сильными. Количество осадков, выпавших в июне было в 2,2 раза больше нормы. Температура воздуха поднялась до +23,4° С, что на 3,1 градус превысила средне многолетнее значения.

Количество осадков, которые выпали в начале июля составило 152 мм, что в 2,5 раза превысило месячную норму. Температура воздуха был умеренно жаркая, но вторая декада месяца жаркая, которая превысила среднее значение на 4,2°С среднемноголетнее значение. Но в среднем за месяц была в пределах нормы.

Август был экстремально жарким и сухим. Среднемесячная температура воздуха поднялась до +27,2°С что на 4,3 °С превысила норму. Аномально высокая температура отмечалась в первой и второй декаде месяца. Максимальная температура доходила до отметки 38,6 °С.

Условия сентября были хорошими. При дефиците осадков (9 мм против 38 среднемноголетних) среднесуточная температура была выше на 5,7 °С средне многолетних показателей.

Условия октября были удовлетворительными. Количество выпавших осадков в 3,8 раза было ниже среднемноголетней нормы (9 мм). А среднесуточная температура была выше на 5,7°С средне многолетних показателей. Под конец первой декады октября температура значительно понизилась. Переход среднесуточной температуры ниже +15 °С было

зафиксировано 7-8 октября, что позже на 9-16 дней обычных сроков по температурных показателях.

Ноябрь, особенно первая половина месяца, была теплой. Температура воздуха в этот период, превышала средне многолетние показатели на 3,3°C. Осадков выпало на 34% больше нормы. Особенно дождливой была вторая декада, когда выпало 62,4 мм осадков, при месячной норме 58 мм. А за месяц количество выпавших составило 78,1 мм.

Декабрь можно характеризовалась как теплой с не большим количеством осадков, их выпало 52,7 при норме 65,1 мм, что меньше нормы на 19%, а температура превышала 4°C, при норме 0,4°C.

Таким образом, в наличие повышение среднесуточной температуры воздуха с 10,9 °С среднемноголетних показателей до 13,4 °С в 2020 году, до 13,8 °С, в 2021 году и до 14,2 °С в 2019 году. Налицо также на фоне неравномерности выпадения осадков (отсутствие в апреле месяце и превышение в 2-3 раза в другие месяцы) их общий дефицит. Так только в 2019 году выпало достаточное количество годовых осадков 773 мм против 611 в среднем по многолетним данным, что больше на 26,5 %. В 2020 и 2021 года их количество составило 488 и 463 мм, соответственно, что меньше среднемноголетних показателей на 20,1 и 24,2 %.

2.2 Схема, методики исследований, агротехника в опыте

Опыты проводились в 11-и польном зерно-пропашном севообороте. Объект исследований – сахарная свекла, сорт Кариока (приложение 1).

Опыт двухфакторный:

фактор А – прием основной обработки почвы:

- 1 – вспашка на 30-32 см;
- 2 – чизелевание на 30-32 см;
- 3 – дисковое лушение на 10-12 см.

Фактор В – норма минерального удобрения:

1 – без удобрений (к);

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

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

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).

Учеты и наблюдения (приложение 2).

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 (Методические рекомендации..., 1986; Рентабельность производства..., 2006) и биоэнергетической эффективности (Биоэнергетическая оценка..., 1995; Биоэнергетическая оценка..., 2004).

Агротехника общепринятая для данной зоны и культуры. В начале июля – на поле для измельчения пожнивных остатков проводится дисковое лушение стерни на 6-8 см. Далее – согласно схемы опыта.

Вариант 1 – глубокая отвальная обработка почвы плугом (вспашка) на 30–32 см (МТЗ-1221+ПО-4-35);

Вариант 2 – глубокая безотвальная обработка плугом-чизелем (чизелевание) на 30–32 см (МТЗ-1025+ПЧ-3,2).

Вариант 3 – мелкая обработка почвы (дисковое лушение) на 10–12 см (МТЗ-1221+БДН-2400).

Предпосевная обработка проводится в день посева. Посев в оптимальные сроки (третья декада марта–первая декада апреля). Норма высева из расчета 100 тыс. шт./га. После посева почва прикатывается.

Система защиты посевов сахарной свеклы от сорняков представлена в приложении 74.

Для уничтожения сорняков в фазе белой ниточки и предотвращения появления почвенной корки и создания благоприятных условий для появления всходов проводилось слепое боронование легкими зубowymi боронами на 4–5 день после появления всходов. Для борьбы с сорной растительностью и поддержания почвы в рыхлом состоянии было проведено три междурядных культивации культиватором. Уборку сахарной свеклы проводят в фазу технической спелости, вручную.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Влияние приема основной обработки почвы на ее агрофизические показатели

3.1.1 Плотность и твердость почвы

Из агрофизических показателей почвы самой важной является ее плотность. От этого показателя зависит тепловой, воздушный, водный, режимы почвы, интенсивность микробиологических и химических процессов, способствует формированию условий для роста корневой системы, и поступление в растения минерального питания (Мамаева, 2002; Поминов, 2008).

По итогам наших исследований определена зависимость плотности почвы от приемов ее обработки в динамике. При этом верхний пахотный слой наиболее зависим по показателю плотности почвы и незначительно – более глубокие слои, где агротехнические приемы возделывания оказывают меньшее влияние (приложения 3-5).

В слое почвы 0–10 см показатель ее плотности в фазу 1-й пары настоящих листьев растений сахарной свеклы находилась в интервале от 1,10 на вспашке до 1,16 г/см³ на чизелевании. Такая плотность является оптимальной для всходов семян сахарной свеклы. На варианте с дисковым лущением плотность почвы не выходила за пределы данных значений (1,12 г/см³), что, впрочем, также относится к оптимуму для растений сахарной свеклы (таблица 1).

В слое почвы 10–20 см на вариантах со вспашкой и чизелеванием плотность почвы оставалась на уровне плотности слоя 0–10 см и составляла 1,10 и 1,17, соответственно.

На дисковом лущении плотность почвы в среднем за весь период исследования значительно возросла – на 0,13 г/см³ и составила 1,25 г/см³.

Таблица 1 – Плотность почвы в фазу 1-й пары настоящих листьев сахарной свеклы в зависимости от приемов основной ее обработки и норм удобрений, г/см³, (2019-2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Слой почвы см.			В среднем по пахотному слою
		0-10	10-20	20-30	
Вспашка	б/уд (контроль)	1,10	1,15	1,17	1,14
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,09	1,09	1,12	1,10
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,09	1,08	1,13	1,10
	<i>среднее</i>	<i>1,10</i>	<i>1,10</i>	<i>1,14</i>	<i>1,12</i>
Чизелевание	б/уд	1,17	1,18	1,21	1,18
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,18	1,19	1,23	1,20
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,14	1,15	1,24	1,17
	<i>среднее</i>	<i>1,16</i>	<i>1,17</i>	<i>1,23</i>	<i>1,18</i>
Дисковое лущение	б/уд	1,11	1,27	1,24	1,20
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,14	1,25	1,20	1,19
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,12	1,26	1,23	1,20
	<i>среднее</i>	<i>1,12</i>	<i>1,25</i>	<i>1,22</i>	<i>1,20</i>
НСР ₀₅		0,03			

Это объясняется тем, что дисковые рабочие органы уплотняли почву ниже 12 см.

Слой почвы глубиной 20–30 см на контроле (вспашка) был более уплотненный – 1,14 г/см³. По чизельной обработке почва была плотнее на 0,06 г/см³, и составила 1,23 г/см³. Что, впрочем, сравнялось с показателями на варианте с дисковым лущением (1,22 г/см³), где почва была более рыхлая, чем на глубине 10–20 см на 0,3 г/см³.

Минеральные удобрения на плотность почвы в основном влияния не оказали. Только по вспашке с увеличения нормы минерального удобрения

зафиксирована тенденция к уменьшению плотности почвы с 1,17 до 1,12 г/см³.

Следующий раз определяли плотность почвы в середине периода вегетации (смыкание листьев в ряду, приложения 6-8). Исследования показали, что плотность почвы на всех вариантах ее обработки возросла на 0,10–0,13 г/см³ от исходной ее величины в фазе 1-й пары настоящих листьев растений. Максимальное повышение плотность почвы было отмечено на вспашке (на 0,13 г/см³) – с 1,12 до 1,25 г/см³ (таблица 2).

Таблица 2 – Плотность почвы в период вегетации сахарной свеклы (смыкание листьев в ряду), г/см³ (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Слой почвы см.			В среднем по пахотному слою
		0-10	10-20	20-30	
Вспашка	Б/уд (контроль)	1,23	1,24	1,27	1,24
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,24	1,25	1,28	1,25
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,23	1,26	1,25	1,26
	<i>среднее</i>	<i>1,23</i>	<i>1,25</i>	<i>1,26</i>	<i>1,25</i>
Чизелевание	Б/уд	1,27	1,28	1,30	1,28
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,29	1,29	1,31	1,29
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,25	1,27	1,29	1,27
	<i>среднее</i>	<i>1,27</i>	<i>1,29</i>	<i>1,30</i>	<i>1,28</i>
Дисковое лущение	Б/уд	1,22	1,36	1,33	1,30
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,24	1,35	1,30	1,29
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,22	1,36	1,31	1,30
	<i>среднее</i>	<i>1,23</i>	<i>1,35</i>	<i>1,32</i>	<i>1,30</i>
НСР ₀₅		0,03			

Однако на данной обработке почвы на всей глубине пахотного слоя плотность была оптимальной для роста культуры сахарной свеклы.

При этом она была на уровне $1,23 \text{ г/см}^3$ в верхнем слое почвы (0–10 см) и $1,26 \text{ г/см}^3$ – в слое почвы 20–30 см, что является приемлемой для культуры.

Также приемлемой для роста растений сахарной свеклы плотность почвы была и на варианте, где проводили чизелевание, средние показатели которой составляли $1,28 \text{ г/см}^3$ с максимальной плотностью в слое 20–30 см – $1,30 \text{ г/см}^3$.

На варианте, где проводили дисковое лушение, оптимальная плотность для развития растений сахарной свеклы была только в самом верхнем слое почвы 0–10 см – $1,23 \text{ г/см}^3$. Самым плотным слой почвы на этом варианте был 10–20 см, здесь он составлял $1,35 \text{ г/см}^3$. Слой почвы 20–30 см был менее плотным – $1,32 \text{ г/см}^3$, однако и эта плотность превышает оптимальную величину благоприятную для развития культурных растений.

В период вегетации свеклы влияние минеральных удобрений на плотность почвы нами не обнаружено.

Плотность почвы также определяли перед уборкой сахарной свеклы в фазу ее технической спелости (приложения 9-11). Исследования показали, что плотность на всех вариантах обработки возросла на $0,05\text{--}0,10 \text{ г/см}^3$. Максимальное уплотнение почвы было на дисковом лушении и составляло в среднем (в слое 0–30 см) – $0,1\text{--}0,09 \text{ г/см}^3$ (таблица 3).

На варианте, где проводили чизелевание, плотность почвы по всей глубине пахотного слоя повысилась на $0,06 \text{ г/см}^3$ и составила $1,34$.

Самая высокая плотность была в слое 10–20 см на дисковом лушении ($1,48 \text{ г/см}^3$). А в слое 0–30 см – также на дисковом лушении, где плотность составила $1,43 \text{ г/см}^3$.

В конце вегетационного периода сахарной свеклы просматривалась тенденция увеличения плотности почвы с увеличением нормы внесения минеральных удобрений на всех вариантах приемов обработки почвы.

В целях выявления характера сопряженности связи между плотностью почвы и величиной урожая корнеплодов сахарной свеклы проведен

корреляционный анализ парной связи по данным наших опытов (приложение 12, рисунок 3).

Таблица 3 – Плотность почвы перед уборкой сахарной свеклы (техническая спелость), г/см³ (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Слой почвы см.			В среднем по пахотному слою
		0-10	10-20	20-30	
Вспашка	Б/уд (контроль)	1,27	1,29	1,32	1,29
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,28	1,31	1,33	1,31
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,29	1,33	1,35	1,32
	<i>среднее</i>	<i>1,28</i>	<i>1,31</i>	<i>1,33</i>	<i>1,31</i>
Чизелевание	Б/уд	1,30	1,32	1,33	1,32
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,31	1,34	1,37	1,34
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,33	1,35	1,39	1,36
	<i>среднее</i>	<i>1,31</i>	<i>1,34</i>	<i>1,36</i>	<i>1,34</i>
Дисковое лущение	Б/уд	1,28	1,47	1,42	1,39
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,28	1,48	1,44	1,40
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,30	1,49	1,44	1,41
	<i>среднее</i>	<i>1,29</i>	<i>1,48</i>	<i>1,43</i>	<i>1,40</i>
НСР ₀₅		0,03			

Связь тесная, обратная, близка к функциональной зависимости.

$$r_{xy} = \frac{-6.026}{0.129 \times 49.19} = -0.95$$

При изменении плотности почвы в диапазоне 1.29 ± 0.037 , урожайность изменяется в диапазоне 26.143 ± 14.83 . Чем выше плотность почвы, тем меньше урожайность корнеплодов сахарной свеклы.

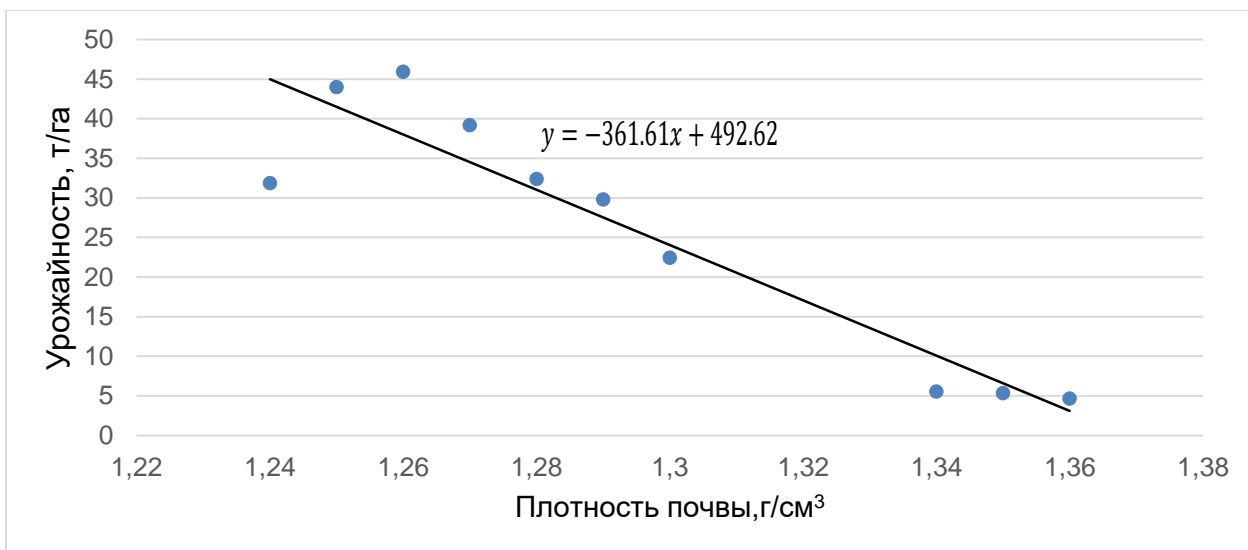


Рисунок 3 – Корреляционная зависимость урожайности корнеплодов сахарной свеклы от плотности почвы

Одним из агрофизических показателей, на который оказывает влияние обработка почвы, является ее твердость. В наших опытах это и было подтверждено (приложения 13-15, таблица 4).

За время роста и развития растений сахарной свеклы такой показатель почвы, как ее твердость в слое 0–30 см, в динамике имел склонность к росту своих данных: на контроле (вспашка) и чизелевании в среднем с 9,9 и 11,8 кг/см² до 23,1 и 24,7 кг/см², соответственно. На дисковом лушении он рос с больших на 39,4 % показателей (13,8 кг/см²), до 25,1 кг/см².

Влияния минеральных удобрений на данный показатель не выявлено.

В целях выявления характера сопряженности связи между твердостью почвы и величиной урожая корнеплодов сахарной свеклы проведен корреляционный анализ парной связи по данным наших опытов (приложение 16, рисунок 4).

Связь тесная, обратная.

$$r_{xy} = \frac{-132.624}{3.26 \times 49.19} = -0.82$$

При изменении твердости почвы в диапазоне $24.625 \pm 0,89$ урожайность изменяется в диапазоне 26.143 ± 14.83

Таблица 4 – Динамика твёрдости почвы в слое 0–30 см, кг/см² (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Время отбора проб (фаза роста растений сахарной свеклы)		
		после всходов культуры (1-я пара настоящих листьев)	в период вегетации (смыкание листьев в ряду)	перед уборкой (техническая спелость)
Вспашка	Б/уд (к)	10,0	18,0	23,2
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	9,9	17,9	23,1
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	9,8	17,8	23,0
Чизелевание	Б/уд	11,9	20,3	24,8
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	11,8	20,2	24,7
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	11,7	20,1	24,6
Дисковое лушение	Б/уд	13,9	23,8	25,2
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	13,8	23,7	25,1
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	13,7	23,6	25,0
НСР ₀₅		0,12		

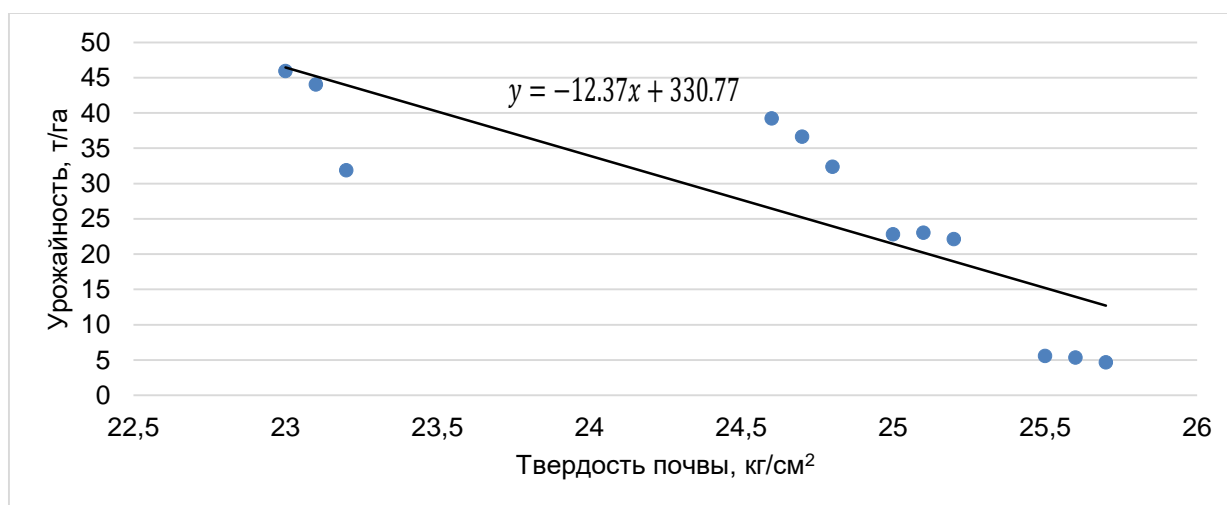


Рисунок 4 – Корреляционная зависимость урожайности корнеплодов сахарной свеклы от твердости почвы

Чем выше твердость почвы, тем меньше урожайность корнеплодов сахарной свеклы.

3.1.2 Влажность почвы, запасы доступной влаги и коэффициент водопотребления

Для чернозема выщелоченного в условиях Западного Предкавказья в слое почвы 0–100 см при наименьшей влагоемкости запасы продуктивной влаги находятся на уровне 276 мм (Блажний, 2008). По нашим данным в начале вегетации сахарной свеклы (1 пара настоящих листьев) влажность и запасы продуктивной влаги в почве в слое 0–100 см соответствовали норме при НВ (приложения 17-19, таблица 5).

Таблица 5 – Влажность (B_0) и запасы продуктивной влаги ($W_{пр.}$) в почве в начале вегетации сахарной свеклы, 1 пара настоящих листьев (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см							
	0-20		20-60		60-100		0-100	
	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм
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 лушение	22,5	21	24,0	116	22,4	105	24,0	242

В начале вегетации сахарной свеклы (1 пара настоящих листьев) объем продуктивной влаги в верхнем слое (0–20 см) был максимальным на вариантах с чизелеванием и вспашкой и составил, соответственно, 29 и 31 мм. Минимум в пахотном слое он был на варианте с дисковым лушением – 21 мм.

В подпахотном горизонте сохранились те же закономерности: продуктивная влага в слое 20–60 см была наивысшей на вариантах с

чизелеванием и вспашкой и составила, соответственно, 126 и 128 мм. Минимум в подпахотном горизонте она составила на варианте с дисковым лушением – 116 мм.

В слое почвы от 60 до 100 мм наибольшее количество продуктивной влаги накопилось на вариантах с глубокими обработками (вспашкой и чизелеванием) – 126 и 127 мм, соответственно. Меньше всего продуктивной влаги накопилось по дисковому лушению – 105 мм.

В среднем в метровом слое почвы больше всех продуктивной влаги накопилось на вариантах с глубокими обработками (вспашкой и чизелеванием) – 284 и 281 мм, соответственно. Меньше запасов продуктивной влаги фиксировалось при проведении дискового лушения – 242 мм.

В середине вегетации (фаза смыкания листьев в ряду) запасы продуктивной влаги были в большом недостатке (приложения 20-22, таблица б).

Таблица 6 – Влажность (B_0) и запасы продуктивной влаги ($W_{пр.}$) в почве в середине вегетации (фаза смыкания листьев в ряду) сахарной свеклы (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см							
	0-20		20-60		60-100		0-100	
	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм
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 лушение	19,4	13	16,9	27	19,0	57	18,0	97

В пахотном слое на всех вариантах приемов основной обработки почвы продуктивная влага была в дефиците.

В подпахотном горизонте сохранилась та же закономерность: продуктивная влага в слое 20–60 см была наивысшей на варианте с дисковым лущением и составила – 27 мм. В слое почвы 20–60 см минимальное количество продуктивной влаги было на варианте, где проводили вспашку – ее количество составило 17 мм, а на чизельной обработке – 18 мм.

В слое почвы от 60 до 100 мм больше всех продуктивной влаги оставалось на варианте, где проводили дисковое лущение почвы – 57 мм. На чизельной обработке почвы запасы продуктивной влаги составили 56 мм. Меньше всего продуктивной влаги оставалось на варианте, где проводили вспашку – 53 мм.

В среднем в метровом слое почвы от 0 до 100 мм больше всех продуктивной влаги фиксировалось при дисковом лущении. В этом слое количество продуктивной влаги составило 80 мм, на 6 мм меньше было по чизелеванию и оно составило 97 мм. Меньший объем продуктивной влаги сохранился по вспашке и составил 78 мм.

Перед уборкой сахарной свеклы проводили последний отбор проб для определения запасов продуктивной влаги и влажности почвы (приложения 23-25, таблица 7). В пахотном слое на всех вариантах основной обработки почвы продуктивная влага отсутствовала.

В подпахотном горизонте сохранилась та же закономерность: продуктивная влага в слое 20–60 см была наивысшей на вариантах с дисковым лущением и чизельной обработкой почвы и составила, соответственно, 21 и 18 мм. В слое почвы 20–60 см минимальное количество продуктивной влаги было на варианте, где проводили вспашку – 15 мм.

В слое почвы от 60 до 100 мм больше всех продуктивной влаги оставалось на варианте, где проводили дисковое лущение почвы – 36 мм. На чизельной обработке почвы запасы продуктивной влаги составили 34 мм. Меньше всего продуктивной влаги оставалось на варианте со вспашкой – 25 мм.

Таблица 7 – Влажность (B_0) и запасы продуктивной влаги ($W_{пр.}$) в почве перед уборкой (фаза технологической спелости) сахарной свеклы (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см							
	0-20		20-60		60-100		0-100	
	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм
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 лушение	15,2	-	17,0	21	18,2	36	18,6	57

Такую закономерность мы объясняем нарастанием биологической массы сахарной свеклы и ее водопотреблением, где на вариантах с минимальным остаточным запасом продуктивной влаги в итоге сформировался большой урожай корнеплодов.

В метровом слое почвы максимум запасов продуктивной влаги фиксировался по дисковому лушению – 57 мм, на 5 мм меньше было по чизелеванию – 52 мм. Минимум запасов продуктивной влаги фиксировался по вспашке – 40 мм.

Растения сахарной свеклы достаточно засухоустойчивы ввиду возможности потреблять влагу глубинных горизонтов почвы (за счет хорошо развитой, внушительной корневой системы) и использовать поздне-летние осадки. Ее транспирационный коэффициент существенно ниже такового у злаковых культур и сравним с кукурузным. Но, поскольку сахарная свекла формирует достаточно значительную массу органического вещества, следовательно, в общем потребность ее в воде довольно значительна – от 3000 до 4000 т/га воды при урожае 40-50 т/га. И это без учета 1000 т/га воды, которое испаряет почва и растения. Отсюда следует, что коэффициент

водопотребления – это рациональность использования влаги растениями сахарной свеклы (таблица 8).

Таблица 8 – Коэффициент водопотребления сахарной свеклы (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Запасы продуктивной влаги до посева в слое почвы 0–100 см, т/га	Количество осадков за вегетационный период, т/га	Запасы продуктивной влаги в почве в конце вегетации, т/га	Средняя урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления (K_B)
Вспашка	б/уд (к)	2550	2520	420	31,91	146
	$N_{80}P_{80}K_{80}$				44,03	106
	$N_{120}P_{120}K_{120}$				45,96	101
Чизелевание	б/уд	2520	2520	520	32,40	140
	$N_{80}P_{80}K_{80}$				36,63	123
	$N_{120}P_{120}K_{120}$				39,22	115
Дисковое лушение	б/уд	2210		630	22,14	186
	$N_{80}P_{80}K_{80}$				23,03	178
	$N_{120}P_{120}K_{120}$				22,80	180

На основе анализа водопотребления растений сахарной свеклы в наших опытах можно сказать, что более рационально тратилась вода при внесении минеральных удобрений под вспашку по рекомендованной агротехнологии (норма – $N_{80}P_{80}K_{80}$) и интенсивной агротехнологии (норма – $N_{120}P_{120}K_{120}$). Коэффициент водопотребления при этом составил 106 и 101, соответственно. Это ниже контрольных показателей (вспашка без удобрений) на 40 и 45 единиц (на 27,4 и 30,8 %), соответственно.

По чизелеванию данный показатель изменялся от 140 до 115. Без удобрения он составил 140, с внесением удобрения с нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ этот показатель снизился и составил 123, что на 17 единиц или 12,1 % ниже по сравнению с неудобренным вариантом. На фоне интенсивной нормы удобрения ($N_{120}P_{120}K_{120}$) коэффициент водопотребления уменьшался на 25 единиц или на 17,9 % в сравнении с вариантом без удобрений и составил 115.

На дисковом лущении почвы этот показатель варьировал от 178 до 186 и фактически не зависел от нормы удобрения.

На неудобренном фоне коэффициент водопотребления минимальным был при проведении чизелевания – 140 единиц, что ниже контроля (вспашки) на 6 единиц или 4,1 %. Проведение дискового лущения в основную обработку почвы приводило к росту данного показателя на 40 единиц или на 27,4 %, соответственно.

На фоне рекомендованной ($N_{80}P_{80}K_{80}$) нормы удобрения коэффициент водопотребления был минимальным на контроле (вспашке) и составил 106 единиц. Проведение чизелевания или дискового лущения в основную обработку почвы приводило к росту данного показателя на 17 и 72 единиц или на 16,0 и 67,9 %, соответственно.

На фоне интенсивной ($N_{120}P_{120}K_{120}$) нормы удобрения коэффициент водопотребления был минимальным на контроле (вспашке) и составил 101 единицу. Проведение чизелевания или дискового лущения в основную обработку почвы приводило к росту данного показателя на 14 и 79 единицу или на 13,9 и 78,2 %, соответственно.

3.1.3 Агрегатный состав и водопрочность агрегатов почвы

Значительное воздействие на агрегатный состав и водопрочность почвенных агрегатов демонстрирует основная обработка почвы. Важнейшей агрофизической характеристикой почвы является ее структурное состояние, которое считается номером один из факторов ее плодородия. Ее оптимальное

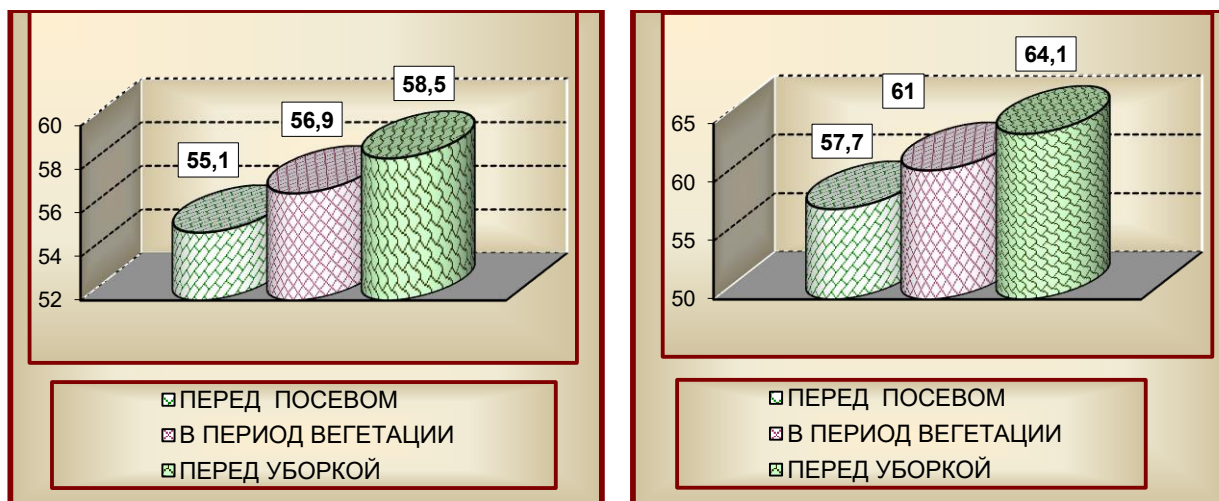
состояние создает предпосылки для наиболее благоприятного водного, воздушного и теплового режимов почвы (Шеин, 2005; Черкасов, 2011).

Водопрочность агрегатов – это их способность к сопротивлению разрушаться под действием воды. Она приобретается за счет скрепления первичных частиц почвы органическими и минеральными коллоидами. Эти коллоиды должны обладать способностью необратимо коагулировать, в результате чего агрегаты приобретают способность не размываться под влиянием воды. Это могут быть двувалентные (кальций и магний) и трехвалентные (железо и алюминий) катионы. Катионы натрия (как одновалентные) такими свойствами не обладают и под их влиянием водопрочная структура не формируется. Самая водопрочная структура формируется под воздействием гуминовых кислот. Менее водопрочные агрегаты могут формироваться при взаимодействии с кремниевой кислотой, кварцем и каолинитом. В результате этого можно заключить, что по водопрочности агрегатов возможно определить наличие органического вещества в почве (Дорожко, Передериева, Власова, 2008).

Так в опытах А. Н. Сухова (2011) было выявлено, что продолжительная мелкая обработка почвы способствовала снижению числа водопрочных агрегатов в слое почвы 10 сантиметром и было на уровне 21,0 % против 45,0 % при регулярной вспашке на 25–27 сантиметров. В более глубоком слое почвы (20–30 см) содержание таких агрегатов на данном варианте было практически одинаковым.

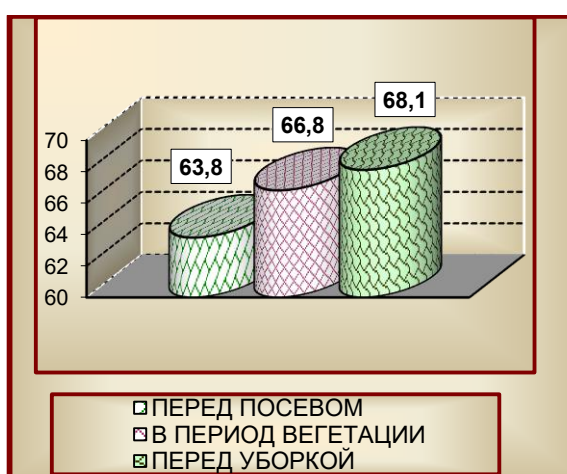
В наших опытах водопрочность почвенных агрегатов по С. И. Долгову и П. У. Бахтину (1966) характеризуется как «отличная» и «хорошая» (Почвоведение, 2012), дифференцируясь по вариантам опыта в зависимости от времени отбора проб в течение вегетации сахарной свеклы (приложения 26–28).

Водопрочность агрегатов в течение вегетации сахарной свеклы постепенно возрастала (рисунок 5).



вспашка

чизелевание



дисковое лушение

Рисунок 5 – Динамика водопрочности агрегатов под посевами сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы, % (2019–2021гг.)

На варианте, где проводилась обработка почвы с оборотом пласта (вспашка) в среднем за время проведения опыта водопрочность почвенных агрегатов была самой низкой – 55,1 %. На варианте с чизелеванием водопрочность была больше, чем на обработке почвы с оборотом пласта (вспашке) на 2,6 % и составила – 57,7 %. На делянках с мелкой обработкой почвы (дисковое лушение) водопрочность агрегатов составляла – 63,8 %.

Невысокая водопрочность на варианте, где проводили вспашку (30–32 см) объясняется более сильной аэрацией почвы, повышенной

минерализацией органического вещества, а также тем, что вовлекается в пахотный слой менее гуммированная почва нижнего горизонта.

К середине вегетации сахарной свеклы (смыкание рядков) фиксировался рост водопрочности почвенных агрегатов на 1,8–3,3 %.

Также на варианте, где проводилась обработка почвы с оборотом пласта (вспашка), в среднем за время проведения опыта водопрочность была самой низкой – 56,9 %. На варианте, где проводили чизелевание, водопрочность была больше, чем на вспашке на 4,1 % и составила 61,0 %. На делянках с мелкой обработкой почвы (дисковое лушение) водопрочность агрегатов была максимальной и составила 66,8 %.

Увеличение водопрочности почвенных агрегатов зафиксирован и в период уборки урожая сахарной свеклы. Этот показатель составил в среднем 58,5 % на варианте со вспашкой и 64,1 % на чизельной обработке. На варианте, где проводили мелкую обработку почвы (дисковое лушение), водопрочность была максимальной и составила 68,1 %.

Любая дополнительная обработка почвы ухудшает ее структурное состояние и ведет к снижению ее плодородия. Лучшие результаты агрегатного состояния почвы многими исследователями были получены при минимальном количестве проводимых операций при обработке почвы (Щукин, 2007).

Определение агрегатного состава почвы на участке, где проводили вспашку, показало (приложения 29-31), что самая оптимальная структура почвы была сформирована в начале вегетации сахарной свеклы (1 пара настоящих листьев). Количество агрономически ценных агрегатов здесь составило 67,5 % (таблица 9).

При этом агрегатов размером более 10 мм было 16,2 %, а менее 0,25 мм – 14,3 %. Коэффициент структурности составил 2,21.

Необходимо отметить тенденцию уменьшения агрономически ценных агрегатов с увеличением нормы внесения минеральных удобрений.

Таблица 9 – Динамика структурно-агрегатного состава пахотного слоя почвы под посевами сахарной свеклы после вспашки (2019–2021 гг.)

Срок отбора	Норма удобрения	Агрегаты размером, мм			Коэффициент структурности
		0,25–10	более 10	менее 0,25	
Начало вегетации (1 пара настоящих листьев)	б/уд (контроль)	68,3	17,4	14,3	2,21
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	67,7	15,9	16,4	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	66,5	15,3	18,2	
	<i>среднее</i>	67,5	16,2	14,3	
Середина вегетации (смыкание листьев в ряду)	б/уд	65,8	18,2	16,0	1,88
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	64,2	17,5	18,3	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	65,9	15,3	18,8	
	<i>среднее</i>	65,3	17,0	17,7	
Перед уборкой (техническая спелость)	б/уд	64,0	17,8	18,3	1,70
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	62,9	17,3	19,8	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	62,1	17,4	20,5	
	<i>среднее</i>	63,0	17,5	19,5	
НСР ₀₅		2,1			

Увеличение нормы минеральных удобрений приводило к росту количества агрегатов менее 0,25 мм с 14,3 % на участках, где удобрения не применяли, до 18,2% на варианте, где применяли удобрения с нормой N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.

Количество агрегатов размером более 10 мм наоборот – снижалось с 17,4 % на неудобренном варианте до 15,3 % на варианте, где применялись удобрения с нормой N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.

Установлено, что в середине вегетации сахарной свеклы (смыкание листьев в ряду) количество агрономически ценных агрегатов (размером 0,25–10 мм) по сравнению с периодом, когда отбирали почву на определения

агрегатного состава перед посевом сахарной свеклы, уменьшилось в среднем на 2,2 % – с 67,5 % до 65,3 %.

Если доля агрегатов размером более 10 мм увеличилась всего на 0,8 % – с 16,2 до 17,0 %, то доля частиц менее 0,25 мм увеличилась на 4,4 % – с 14,3 % до 17,7 %. Коэффициент структурности в период смыкания листьев в ряду снизился с 2,21 в начале вегетации до 1,88 в данный период.

Ухудшение агрегатного состава на вспашке в дальнейшем продолжилось. Количество агрономически ценных агрегатов перед уборкой сахарной свеклы составило 63,0 % – сократилось по сравнению с предыдущим отбором на 2,3 %. Доля агрегатов, размер которых был более 10 мм, наоборот, увеличился на 0,5%. А доля агрегатов размером менее 0,25 – увеличилась на 1,8 %. Коэффициент структурности при этом снизился до 1,70.

В опытах И. А. Дегтяревой, М. М. Ильясова и Д. С. Дмитричевой (2011) при чизелевании отмечался существенный рост доли агрономически ценных частиц. Длительное использование мелкой обработки почвы приводило к ухудшению данного показателя с увеличением доли пылевидных частиц. В наших исследованиях мы также прослеживаем эту тенденцию (приложения 32-34). Количество агрономически ценных агрегатов на чизельной обработке в начале вегетации сахарной свеклы (1 пара настоящих листьев) составляло 72,3 %, что больше, чем в период вегетации растений культуры (смыкание рядков) на 1,8 %, а перед уборкой на 2,6 % (таблица 10).

Минимальное количество агрегатов более 10 мм мы отмечали перед севом культуры – 18,2 %.

В середине вегетации культуры (смыкание листьев в ряду) доля таких агрегатов увеличилась на 0,8 % и достигла 19,0 %, а перед уборкой сахарной свеклы увеличение составило еще на 1,2 % и достигло 20,2 %. Влияние минеральных удобрений на чизельной обработке на структурообразование нами не отмечено.

Таблица 10 – Динамика структурно-агрегатного состава пахотного слоя почвы под посевами сахарной свеклы после чизелевания (2019–2021 гг.)

Сроки отбора	Норма удобрения	Агрегаты размером			Коэффициент структурности
		0,25 – 10 мм	более 10 мм	менее 0,25 мм	
Начало вегетации (1 пара настоящих листьев)	б/уд (контроль)	73,5	17,7	8,8	2,61
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	72,1	18,5	9,4	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	71,3	18,4	10,3	
	<i>среднее</i>	72,3	18,2	9,5	
Середина вегетации (смыкание листьев в ряду)	б/уд	70,9	19,4	9,7	2,39
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	70,2	19,1	10,7	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	70,4	18,5	11,1	
	<i>среднее</i>	70,5	19,0	10,5	
Перед уборкой (техническая спелость)	б/уд	70,3	19,9	9,8	2,27
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	70,0	20,4	9,6	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	68,8	20,3	10,9	
	<i>среднее</i>	69,7	20,2	10,5	
НСР ₀₅		2,1			

Количество агрегатов менее 0,25 мм в течение всего вегетационного периода сахарной свеклы колебалось в пределах 9,5–10,5 %.

При этом некоторая тенденция на увеличение таких агрегатов при увеличении нормы минеральных удобрений прослеживается.

Коэффициент структурности за период вегетации сахарной свеклы снизился с 2,61 до 2,27. Однако, даже в конце вегетационного периода сахарной свеклы он оставался достаточно высоким в оптимальном диапазоне.

Агрегатный состав почвы, который складывался на мелкой обработке почвы (дисковое лушение), представлен в приложениях 35-37 и таблице 11.

Таблица 11 – Динамика структурно-агрегатного состава пахотного слоя почвы под посевами сахарной свеклы после дискового лушения (2019–2021 гг.)

Сроки отбора	Норма удобрения	Агрегаты размером			Коэффициент структурности
		0,25–10 мм	более 10 мм	менее 0,25 мм	
Начало вегетации (1 пара настоящих листьев)	б/уд (контроль)	66,2	15,8	19,4	1,89
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	65,2	15,2	18,8	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	65,1	15,2	19,1	
	<i>среднее</i>	<i>65,5</i>	<i>15,4</i>	<i>19,1</i>	
Середина вегетации (смыкание листьев в ряду)	б/уд	62,8	16,5	19,9	1,72
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	63,4	16,1	20,3	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	63,4	16,9	20,7	
	<i>среднее</i>	<i>63,2</i>	<i>16,5</i>	<i>20,3</i>	
Перед уборкой (техническая спелость)	б/уд	63,7	16,2	20,7	1,70
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	63,4	16,4	19,7	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	62,5	16,9	21,1	
	<i>среднее</i>	<i>63,0</i>	<i>16,5</i>	<i>20,5</i>	
НСР ₀₅		2,1			

При мелкой основной обработке почвы (дисковом лушении) количество агрономически ценных агрегатов в нашем опыте отмечалось в начале вегетации сахарной свеклы (1 пара настоящих листьев) – 65,5 %.

При росте нормы минеральных удобрений можно отметить тенденцию снижения таких агрегатов на 1,0–1,1 %.

Коэффициент структурности по этой обработке почвы в начале вегетации сахарной свеклы (1 пара настоящих листьев) составил 1,89.

В середине вегетации культуры (смыкание листьев в ряду) доля агрономически ценных агрегатов сократилась на 2,3 % и составила 63,2 %. В этот промежуток времени мы не наблюдали влияния минеральных удобрений на образование таких агрегатов.

При этом отмечался рост доли глыбистых агрегатов (размером свыше 10 мм) более чем на 1,0 % – с 15,4 до 16,5 % и на 0,8 % – агрегатов размером менее 0,25 мм – с 19,1 до 20,3 %. Коэффициент структурности при этом снизился на 0,17 – с 1,89 до 1,72.

Отбор почвенных образцов для определения ее агрегатного состава перед уборкой культуры показал, что структура почвы изменилась незначительно.

Количество агрономически-ценных агрегатов снизилось на 0,2 % и на 0,2 % увеличилось доля агрегатов мельче 0,25 мм, а коэффициент структурности снизился с 1,72 до 1,70 по сравнению с показателями, которые были в середине вегетации сахарной свеклы.

Самый высокий процент агрономически-ценных агрегатов в наших исследованиях на фоне различных приемов основной обработки почвы зафиксирован на чизелевании – их содержание в начале вегетации (1 пара настоящих листьев) сахарной свеклы составляло 72,5 %, в середине вегетации (смыкание листьев в ряду) – 70,5 % и перед уборкой (техническая спелость) – 69,7 % (рисунок 6).

Высока была доля таких агрегатов на контроле (вспашке), которая составила от 67,5 % в начале вегетации до 63,0 % в конце вегетации растений сахарной свеклы. Самое меньшее количество таких агрегатов было на мелкой обработке почвы (дисковое лушение) и составляло от 65,5 % в начале вегетации до 63,0 % в конце вегетации растений сахарной свеклы.

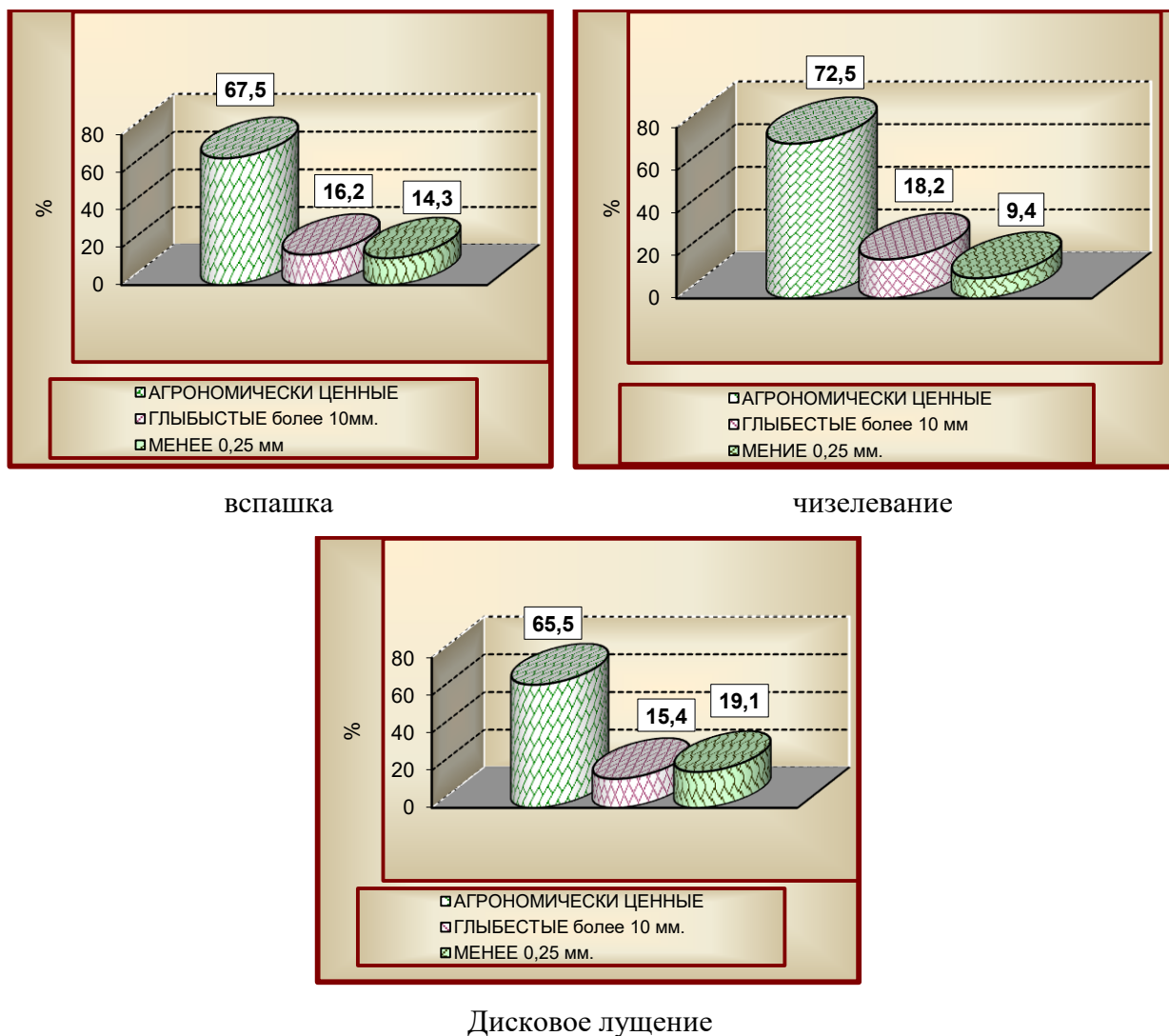


Рисунок 6 – Содержание агрономически-ценных агрегатов почвы до посева сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы (2019–2021 гг.)

Глыбистых агрегатов, размер которых превышал 10 мм, больше всего было на чизелевании (процент содержания составил 18,2 %). На этой обработке максимальное количество данной фракции было по той причине, что на данной обработке было мало физических действий, которые приводили к крошению почвы. Близко к этому показателю по содержанию глыбистой фракции было на вспашке, где содержание данной фракции составило 16,4 %.

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

Коэффициент структурности в течение вегетационного периода под посевами сахарной свеклы в зависимости от приема основной обработки почвы представлен на рисунке 7.

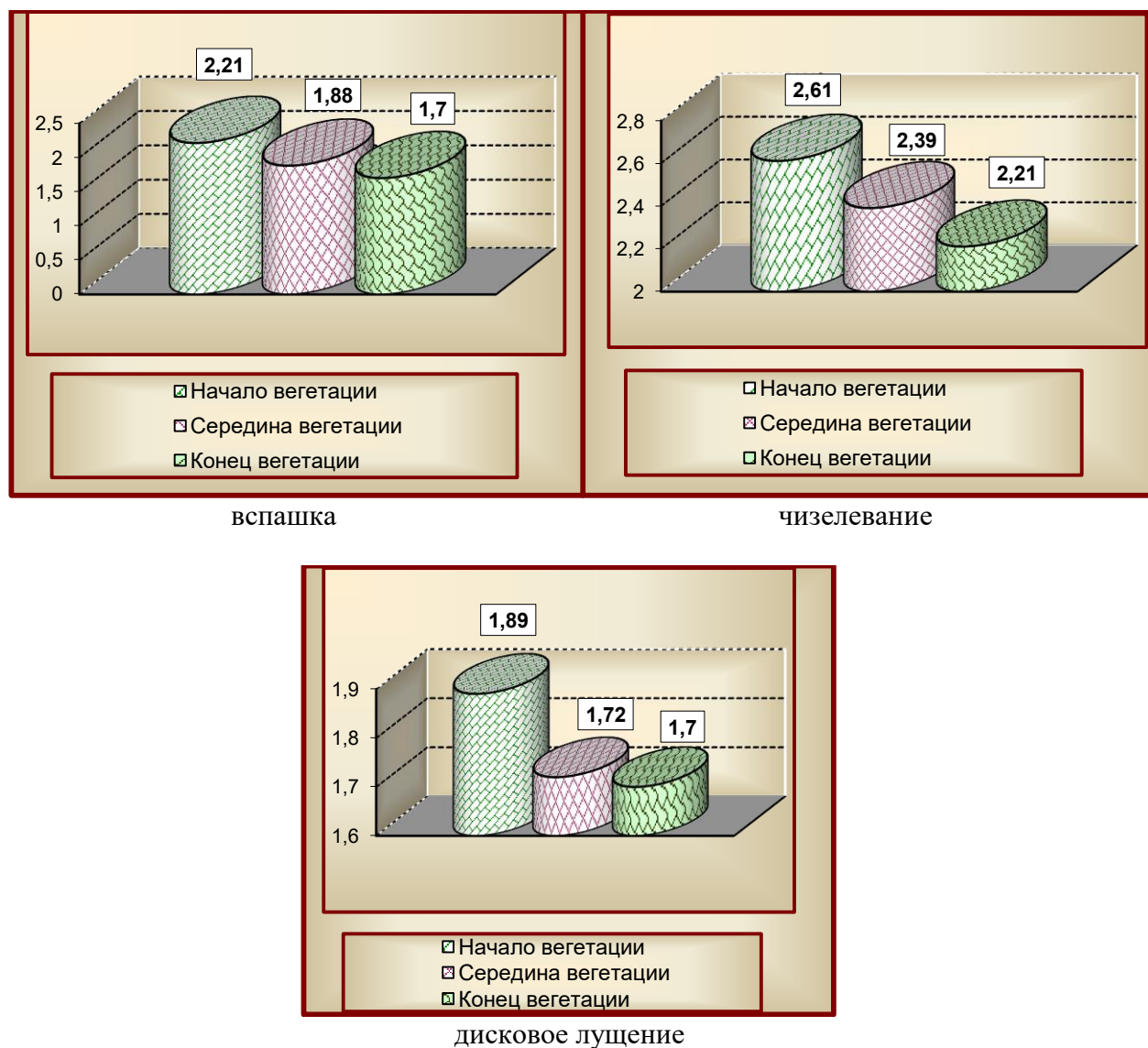


Рисунок 7 – Динамика коэффициента структурности почвы под посевами сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы (2019–2021 гг.)

Максимальным коэффициент структурности был на чизельной обработке почвы в начале вегетации сахарной свеклы (1 пара настоящих

листьев), который составил 2,61. На 0,72 и 0,40 меньше он был на мелкой обработке (дисковом лущении) и вспашке и составил, соответственно 1,89 и 2,21.

В середине вегетации сахарной свеклы (смыкание листьев в рядах) максимальный коэффициент структурности так же был на чизельной обработке почвы и составил 2,39, на отвальной обработке (вспашке) он был тоже высоким – 1,88, а самый низкий коэффициент структурности в этот период отмечался на мелкой обработке (дисковом лущении) – 1,72.

Перед уборкой культуры коэффициент структурности по вспашке и мелкой обработке (дисковом лущении) составлял 1,7. И максимальным коэффициент структурности был по чизелеванию – 2,27.

3.1.4 Пористость пахотного слоя почвы

Объём в сумме всех пустот почвы, которые находятся между твердыми частицами почвы – это ее пористость. Этот показатель выражается в процентах от всего объёма почвы. Пористость почвы зависит от гранулометрического (механического) состава почвы: чем мельче частицы входящие в состав почвы, тем выше этот показатель. Еще пористость зависит от структуры почвы, деятельности микроорганизмов, количества в данной почве органического вещества, от регулярности и способов обработки почвы.

В своих работах В. В. Докучаев (Значение научных..., 1955), К. К. Гедройц (1955) и А. Г. Дояренко (1986) указывали на оптимум для полевых культур в 50–60 % общей пористости от всего почвенного объёма пахотного слоя.

При этом при возделывании сахарной свеклы необходима высокая именно капиллярная пористость при пористости аэрации от всего объёма пор от 15 % и выше.

А. Г. Дояренко (1986) подчеркивал, что оптимальным строение пахотного слоя почвы можно считать при отношении некапиллярной

пористости и капиллярной в пределах от 1:1 до 1:3. Другие пропорции некапиллярной пористости и капиллярной могут негативным образом приводить к более интенсивному перемещению влаги по профилю почвы и значительной ее непродуктивной потере.

В наших опытах строение пахотного слоя почвы зависело от глубины основной обработки почвы, но находилось в фазу 1-й пары настоящих листьев сахарной свеклы в оптимуме при некоторых различиях (приложения 38-40).

Показатель пористости был в максимуме (56,8-57,2 %) при проведении вспашки. По шкале Н. А. Качинского (1963) такую пористость можно считать отличной (таблица 12).

Таблица 12 – Пористость пахотного слоя почвы в фазу 1-й пары настоящих листьев сахарной свеклы, % (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Пористость		
		общая	капиллярная	некапиллярная
Вспашка	б/уд (контроль)	56,8	30,7	26,1
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	57,3	31,2	26,1
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	57,2	30,8	26,4
	<i>среднее</i>	<i>57,1</i>	<i>30,9</i>	<i>26,2</i>
Чизелевание	б/уд	56,8	31,0	25,8
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	56,7	30,8	25,9
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	56,0	31,5	24,5
	<i>среднее</i>	<i>56,5</i>	<i>31,2</i>	<i>25,3</i>
Дисковое лущение	б/уд	54,7	31,7	23,0
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	54,7	31,4	23,3
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	55,9	31,9	24,0
	<i>среднее</i>	<i>55,1</i>	<i>31,4</i>	<i>23,7</i>
НСР ₀₅		1,3		

Пористость на вспашке в среднем на 0,6 % выше, чем на чизельной обработке, где в среднем общая пористость составляла 56,5 %, что по шкале Н. А. Качинского (1963) тоже характеризуется как «отличная». По сравнению с мелкой обработкой (дисковым лушением), пористость на контроле (вспашка) была выше на 2,0 %. Пористость по чизелю превалирует на 1,4 % по отношению к дисковому лушению, проводимого на 10–12 см.

Самая низкая пористость была на мелкой обработке (дисковом лушении) и составляла 55,1 %.

Некапиллярная пористость (которую еще называют пористостью аэрации) на контроле (вспашка) была на уровне 26,2%, что было сверх таковой на 1,4 % и 2,5 % по отношению к чизелеванию и дисковому лушению, соответственно. Это значит, что перед посевом сахарной свеклы самая высокая аэрация почвы была на варианте со вспашкой.

Самая высокая капиллярная пористость 31,4 % была на варианте с мелкой обработкой (дисковое лушение), а самая низкая – 30,9 % – на вспашке.

Промежуточное место занимает чизелевание – 31,2 %.

Соотношение капиллярной и некапиллярной пористости на вспашке составляет – 1,18, на чизелевании – 1,23 и на дисковом лушении – 1,32. По определению А. Г. Дояренко (1986) такое соотношение входит в диапазон оптимальных параметров, необходимых для эффективного роста и развития растений сахарной свеклы.

В наших опытах показатель пористости почвы (и общей, и капиллярной, и некапиллярной) не зависел от применяемых минеральных удобрений.

В середине вегетационного периода (третья декада июня) отбирали образцы почвы под посевами сахарной свеклы по глубине пахотного слоя на всех вариантах опыта (приложения 41-43). Расчеты строения пахотного слоя почвы показали, что на всех вариантах общая пористость снизилась – на вспашке на 3,5 % и составила 53,6 %, на чизельной обработке на 2,0 % и составила 52,3 %, на дисковом лушении на 3,5 % и составила 51,6 % (таблица 13).

Таблица 13 – Пористость пахотного слоя почвы в середине вегетации сахарной свеклы, % (2019-2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Пористость		
		общая	капиллярная	некапиллярная
Вспашка	б/уд (контроль)	53,4	30,2	23,2
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	53,7	30,6	23,1
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	53,7	30,6	23,1
	<i>среднее</i>	<i>53,6</i>	<i>30,5</i>	<i>23,1</i>
Чизелевание	б/уд	52,1	29,9	22,2
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	52,4	29,5	22,9
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	52,6	29,7	22,9
	<i>среднее</i>	<i>52,3</i>	<i>29,7</i>	<i>22,7</i>
Дисковое лущение	б/уд	50,2	29,4	20,8
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	51,4	30,0	21,4
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	50,3	30,2	20,1
	<i>среднее</i>	<i>51,6</i>	<i>29,8</i>	<i>20,7</i>
НСР ₀₅		1,3		

По шкале Н. А. Качинского (1963) пористость почвы в середине вегетации сахарной свеклы на вспашке, чизельной обработке и дисковом лущении можно считать удовлетворительной.

Незначительно снизилась капиллярная пористость на вспашке, на чизелевании она осталась в тех же пределах, что и перед посевом культуры, а на дисковом лущении снижение составило 1,4 %.

Максимальное снижение коснулось некапиллярной пористости. На вспашке и на дисковом лущении снижение составило 3,1–3,0 %, а на чизелевании оно составило 2,6 %.

Нами определялось строение пахотного слоя почвы под посевами сахарной свеклы в конце вегетационного периода культуры (третья декада августа). Для этого были отобраны образцы почвы в слое 0–30 см (приложения 44-46). Расчеты показали, что общая пористость в среднем по опыту уменьшилась на 2,5–3,5 % (таблица 14)

Таблица 14 – Пористость пахотного слоя почвы в конце вегетации сахарной свеклы, % (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Пористость		
		общая	капиллярная	некапиллярная
Вспашка	б/уд (контроль)	51,5	28,8	22,7
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	51,3	30,1	21,0
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	51,2	30,2	21,0
	<i>среднее</i>	<i>51,3</i>	<i>29,7</i>	<i>21,5</i>
Чизелевание	б/уд	50,2	29,5	20,7
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	50,4	29,2	21,2
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	51,3	29,0	22,3
	<i>среднее</i>	<i>50,6</i>	<i>29,2</i>	<i>21,4</i>
Дисковое лущение	б/уд	48,9	28,3	20,6
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	49,2	28,9	20,3
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	48,7	29,2	19,5
	<i>среднее</i>	<i>49,2</i>	<i>28,8-</i>	<i>20,4</i>
НСР ₀₅		1,3		

По шкале Н. А. Качинского (1963) по общей пористости удовлетворительными для роста сахарной свеклы были две обработки – это вспашка, где пористость составила 51,3 %, и чизелевание, с общей пористостью 50,6 %. Дисковое лущение с общей пористостью 49,2 % в конце

вегетации сахарной свеклы по данному показателю было неудовлетворительным.

Капиллярная пористость снизилась по сравнению с учетом в середине вегетации сахарной свеклы от 1,0 % на варианте, где проводили дисковое лущение, до 0,5 % – на чизелевании.

Некапиллярная пористость (или пористость аэрации) снизилась более интенсивно. На вспашке снижение составило 1,6 % и достигло 21,5 % от общей пористости. Отношение капиллярной к некапиллярной пористости на этой обработке составило 1/1,38 при придельной по определению А. Г. Дояренко (1986) – 1/3.

На чизелевании снижение составило 1,3 % и достигло 21,4 %. И соотношение составило 1/1,36.

На обработке дисковым лущильником некапиллярная пористость снизилась всего на 0,4 %, а ее значение составило 20,4 %.

Таким образом, пористость пахотного слоя почвы перед севом сахарной свеклы по всем приемам обработки почвы соответствовала 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 скважности и скважности аэрации (не капиллярной) от 1/1,15 до 1/1,32 при лучших показателях по вспашке.

Далее в течение вегетации сахарной свеклы происходило ухудшение показателей пористости пахотного слоя почвы (снижение общей скважности) в основном за счет некапиллярной скважности (скважности аэрации). И если по вспашке и чизельному рыхлению в течение всей вегетации данный параметр оставался в пределах оптимума (хоть и нижнего), то по мелкой обработке (дисковому лущению) к концу вегетации сахарной свеклы строение пахотного слоя почвы не отвечало требованиям, предъявляемым данной культурой к своему возделыванию – общая пористость менее 50 % при

соотношении капиллярной скважности и скважности аэрации (некапиллярной) равной 1/1,42.

В целях выявления характера сопряжённости связи между общей пористостью почвы и величиной урожая корнеплодов сахарной свеклы проведен корреляционный анализ парной связи по данным наших опытов (приложение 47, рисунок 8).

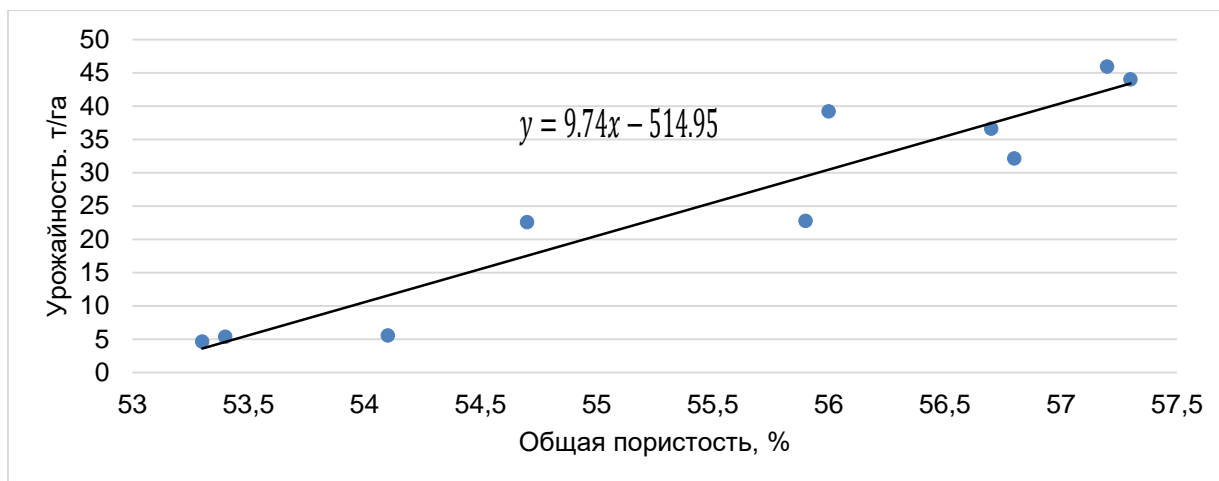


Рисунок 8 – Корреляционная зависимость урожайности корнеплодов сахарной свеклы от общей пористости почвы

Связь тесная, прямая, близка к функциональной зависимости.

$$r_{xy} = \frac{224.72}{4.8 \times 49.19} = 0.95$$

При изменении общей скважности почвы в диапазоне 55.575 ± 0.89 , урожайность изменяется в диапазоне 26.143 ± 14.83 .

Чем выше общая пористость почвы, тем выше урожайность корнеплодов сахарной свеклы.

3.2 Засоренность посевов сахарной свеклы

Сорняки, конкурируя с культурными растениями за свет, затеняют их, тем самым ограничивают их в свете. Они способны более интенсивно потреблять влагу из почвы, лишая культуру воды, и поглощать минеральные

вещества из почвы, ограничивая ими культурные растения. Сорняки также доставляют в почву свои вредные корневые выделения, которые могут быть токсичными для культуры. Это приводит к снижению продуктивности культурных растений (Фисюнов, 1984).

Из общих потерь урожая сахарной свеклы на долю сорняков приходится больше третьей части. Высокая степень развития земледелия, внедренные научно обоснованные севообороты, передовые системы обработки почвы не могут гарантировать отсутствие сорняков в посевах сахарной свеклы.

По нашим данным посевы сахарной свеклы в основном были засорены злаковыми сорняками, такими как малолетние щетинник зеленый (*Setaria viridis*) и просо куриное (*Echinochloa crus-galli*). Также в посевах встречались двудольные сорняки, такие как малолетние марь белая (*Chenopodium album*), щирица запрокинутая (*Amarantus retroflexus*), амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia*), канатник Теофраста (*Abutilon Theophrasti*), горчица полевая (*Sinapis arvensis*), паслен черный (*Solanum nigrum*), дурнишник зобовидный (*Xanthium strumarium*).

Учет засоренности по двудольным сорнякам проводился в начале третьей декады апреля (всходы), а по злаковым сорнякам – в середине первой декады мая (1 пара настоящих листьев сахарной свеклы).

Прием основной обработки почвы влияет на численный и видовой состав сорной растительности (приложения 48-50). В большей мере это относится к вариантам вспашки. Эффективность чизелевания была ниже вспашки на 30,2 %. Засоренность посевов сахарной свеклы однолетними сорняками до обработки гербицидами составляла 67,9 шт./м², в то время как на вспашке засоренность сахарной свеклы была на уровне 47,6 шт./м² (таблица 15).

Дисковое лушение повышало общую засоренность культуры на 23,9 % по сравнению с деланками, где проводилась классическая обработка почвы (вспашка) – количество сорных растений на этом варианте составило 64,4 шт./м².

Таблица 15 – Засоренность посевов сахарной свеклы однолетними сорняками до обработки гербицидами (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Двудольные сорняки		Злаковые сорняки		Всего сорняков	
		шт./м ²	% к контролю	шт./м ²	% к контролю	шт./м ²	% к контролю
Вспашка	б/удобрения (к)	14,4	-	31,5	-	45,9	-
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	15,2		32,5		47,7	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	16,0		33,1		49,1	
	<i>среднее</i>	15,2		32,4		47,6	
Чизелевание	б/удобрения	20,7	129,3	45,2	130,2	65,9	129,9
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	21,9		46,3		68,2	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	23,4		46,4		69,8	
	<i>среднее</i>	22,0		45,9		67,9	
Дисковое лущение	б/удобрения	19,7	124,6	42,4	123,9	61,1	122,7
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	21,1		43,3		64,4	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	22,8		43,8		66,6	
	<i>среднее</i>	21,2		43,2		64,4	

Количество злаковых сорняков в опыте в среднем было в 2,0 раза больше, чем двудольных. Это общая закономерность, так как злаковые сорняки в большинстве случаев в условиях Краснодарского края преобладают над двудольными сорняками.

На всех приемах основной обработки почвы прослеживалась тенденция увеличения засоренности с увеличением нормы минерального удобрения. Аналогичные показатели наблюдались в опытах В. С. Полоус (2010), где внесение минеральных удобрений способствовало увеличению засоренности культуры не зависимо от других элементов технологии возделывания. Это

связано с большей эффективностью сорняков потреблять минеральные удобрения.

Кроме малолетних сорняков, которые засоряли сахарную свеклу, нами учитывалась ее засоренность и многолетними сорняками. Засоренность поля бодяком полевым (*Cirsium arvense*) до проведения обработки, в середине вегетации (смыкание рядков у культуры) и перед уборкой урожая представлены в приложениях 51–53 и таблице 16.

Таблица 16 – Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на засоренность посевов сахарной свеклы бодяком полевым (*Cirsium arvense*) (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки и почвы	Норма удобрения	До обработки	В период вегетации		Перед уборкой	
		шт./м ²	шт./м ²	% от исходного	шт./м ²	% от исходного
Вспашка	б/уд (контроль)	1,15	0,55	47,8	0,80	69,5
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,18	0,58	49,2	0,82	69,5
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,20	0,61	50,8	0,85	70,8
	<i>среднее</i>	<i>1,17</i>	<i>0,58</i>	<i>49,6</i>	<i>0,82</i>	<i>70,1</i>
Чизелевание	б/уд	1,05	0,77	66,9	0,93	88,6
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,08	0,81	75,0	1,01	93,5
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,04	0,75	72,1	0,94	90,4
	<i>среднее</i>	<i>1,06</i>	<i>0,78</i>	<i>73,6</i>	<i>0,96</i>	<i>90,5</i>
Дисковое лущение	б/уд	1,11	1,25	112,6	1,41	127,0
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,15	1,32	114,7	1,50	130,4
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,12	1,34	119,6	1,52	135,7
	<i>среднее</i>	<i>1,13</i>	<i>1,30</i>	<i>115,0</i>	<i>1,47</i>	<i>130,0</i>

Как показали исследования, вспашка при учете засоренности многолетним сорняком бодяком полевым (*Cirsium arvense*) в середине вегетации сахарной свеклы приводила к снижению засоренности ее посевов на 50,4 %, так как оставалось 49,6 % от исходной в среднем по варианту.

Количество растений многолетнего сорняка бодяка полевого (*Cirsium arvense*) с увеличением нормы минерального удобрения увеличивалась от 47,8 % от первоначального на неудобренных вариантах до 50,8 % при внесении удобрений с интенсивной нормой $N_{120}P_{120}K_{120}$

В конце вегетационного периода сахарной свеклы количество растений сорняка бодяка полевого (*Cirsium arvense*) увеличилось до 0,8–0,85 шт./м², что составило в среднем по обработке – 70,1 %

Чизелевание снижало засоренность многолетним сорняком бодяком полевым (*Cirsium arvense*) в фазу смыкания рядков у сахарной свеклы на 26,4 %. На этой обработке бодяка полевого (*Cirsium arvense*) было от 0,75 до 0,81 шт./м².

При чем, четкой зависимости по засоренности бодяком полевым (*Cirsium arvense*) с увеличением нормы минерального удобрения мы не отмечали. Мы предполагаем, что минеральные удобрения при данной обработке только частично попадали в зону активной корневой системы сорного растения бодяка полевого (*Cirsium arvense*).

В конце вегетации сахарной свеклы засоренность многолетним сорняком бодяком полевым (*Cirsium arvense*) возросла до 0,93–1,01 шт./м², что составило в среднем по данной обработке 90,5 % от исходной.

Если сравнивать две глубокие обработки – отвальную (вспашку) и безотвальную (чизелевание) в подавлении многолетних сорняков, то более эффективной является вспашка, которая снижала засоренность данным сорняком перед уборкой урожая сахарной свеклы на 29,9 %, а чизелевание – на 9,5 %.

Мелкая обработка почвы (дисковое лушение) была не эффективна в борьбе бодяком полевым (*Cirsium arvense*), а наоборот, в результате его

естественного вегетативного размножения приводила к увеличению засоренности поля. На данной обработке увеличение засоренности происходило с разной интенсивностью. Количество многолетнего сорняка бодяка полевого (*Cirsium arvense*) сильнее возрастало на дисковом лущении. В период вегетации сахарной свеклы количество таких сорняков увеличилось на 15,0 % от исходной засоренности, а перед уборкой культуры количество бодяка полевого (*Cirsium arvense*) увеличилось на 30,0 %.

Мы объясняем это тем, что, проводя мелкую обработку дисковыми орудиями, частично срезается растения сорняка, что пробуждает спящие почки на корневых отпрысках у бодяка полевого (*Cirsium arvense*).

На этой обработке почвы, как и на вспашке и чизелевании, сохраняется тенденция увеличения засоренности многолетним сорняком на удобренных вариантах опыта.

3.3 Специфика процессов роста и развития растений сахарной свеклы

3.3.1 Наступление фаз вегетации сахарной свеклы

Основная обработка почвы и внесение разной нормы минеральных удобрений оказали влияние на наступление сроков основных фаз вегетации и продолжительность межфазных периодов изучаемой культуры (приложения 54–56). Продолжительность межфазных периодов в разные годы изучения сахарной свёклы зависела от факторов внешней среды конкретного года и, прежде всего, от температурного режима и условий влагообеспечения. В нашем опыте специфика процессов роста и развития растений сахарной свеклы находилась в контексте приемов основной обработки почвы и норм удобрений (таблица 17).

Посев сахарной свёклы в годы исследований проводился с 30 марта по 4 апреля и через 19–20 дней (в зависимости от года исследований) появлялись

всходы. Первая пара настоящих листьев фиксировалась через 12–13 дней после всходов (в зависимости от года проведения опытов вне корреляции с изучаемыми факторами), ещё через 2–6 дней – вторая пара, и через 3–4 дней после второй – третья пара настоящих листьев.

Таблица 17 – Специфика процессов роста и развития растений сахарной свеклы, дней (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Посев – всходы	Межфазный период			
			всходы – 1 пара настоящих листьев	1 пара настоящих листьев – смыкание листьев в междурядьях	смыкание листьев в междурядьях – размыкание листьев в междурядьях	всходы – размыкание листьев в междурядьях
Вспашка	Б/уд (к)	20	12	51	55	118
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	20	12	49	59	121
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	20	12	47	65	124
Чизелевание	Б/уд	20	12	54	49	115
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	20	12	52	54	118
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	20	12	50	59	121
Дисковое лушение	Б/уд	20	12	57	38	107
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	20	12	55	43	110
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	20	12	53	48	113

Следом, с промежутком в 2–3 дня, четвертая и пятая пары листьев. При этом более раннее их наступление характерно при внесении удобрений и проведение более интенсивных обработок (вспашки и чизелевания).

Далее листья (поодиночке) вырастали с промежутком в два–три дня. При этом активный их рост способствовал смыканию листьев в рядах, которое происходило еще через 27–33 дня. При этом на фоне применения удобрений и

более интенсивных обработок почвы оно наступало на 2–4 дня раньше, чем на неудобренных делянках и по мелкой основной обработке почвы. (дисковом лущении)

Смыкание листьев в междурядьях происходило еще через 20–24 дня.

Продолжительность межфазного периода «смыкание листьев в рядах-смыкание листьев в междурядьях» уже в большей мере определялась приемом основной обработки почвы нежели нормой удобрений.

На удобренных вариантах при отвальной обработке почвы (вспашке) смыкание листьев в междурядьях наступило с 18 по 25 июня, а на мелкой обработке почвы (дисковое лущение) – с 24 июня по 1 июля, т.е. смыкание листьев в междурядьях при внесении удобрений наступало на 2–4 дня раньше, а в зависимости от приемов основной обработки почвы – на 3–6 дня в пользу отвальной обработки (вспашки).

На заключительном этапе вегетации сахарной свеклы при анализе межфазного периода «смыкание листьев в междурядьях-размыкание листьев в междурядьях» ситуация меняется – более продолжительным он становится при внесении удобрений и проведении более интенсивных обработок почвы. Минимальным он был на варианте с мелкой обработкой почвы (дисковое лущение) без внесения минеральных удобрений – 38 дней. При внесении по рекомендованной агротехнологии нормы удобрения ($N_{80}P_{80}K_{80}$) он удлинялся на 5 дней – до 43 дней, а при внесении по интенсивной агротехнологии нормы удобрения ($N_{120}P_{120}K_{120}$) – на 10 дней, до 48 дней. На варианте с чизелеванием почвы в зависимости от нормы удобрений от составил от 49 до 59 дней и по вспашке – от 55 до 65 дней.

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 нормы удобрения (рисунок 9).

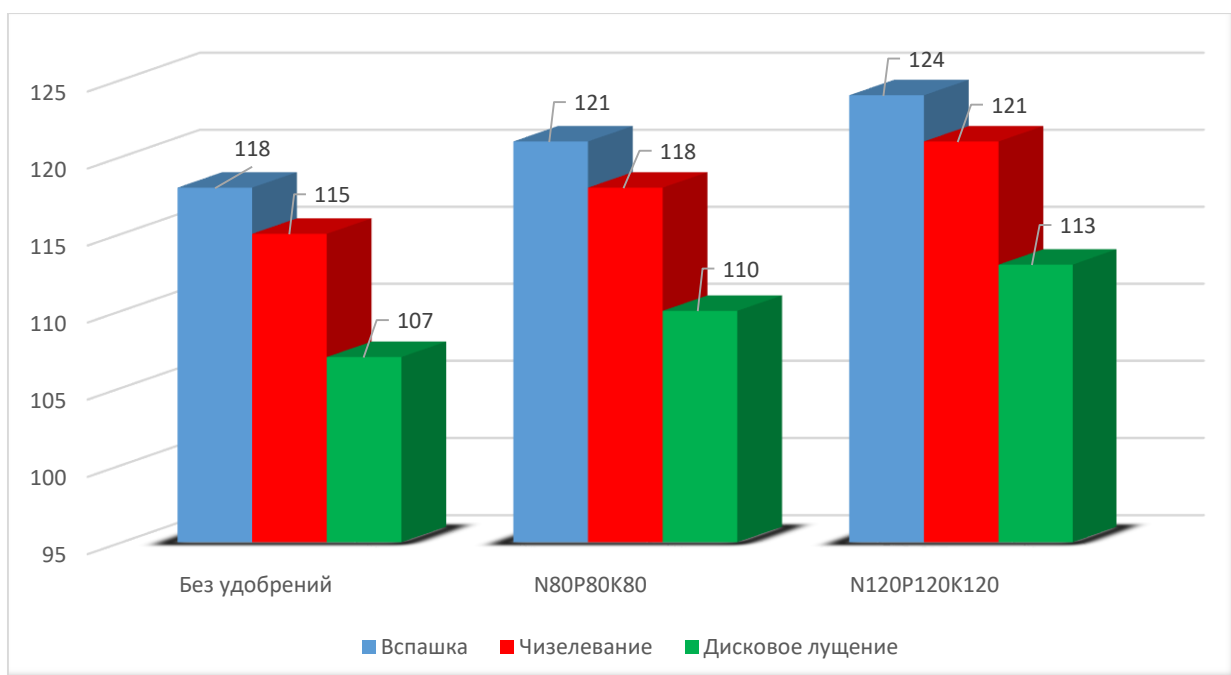


Рисунок 9 – Период вегетации сахарной свеклы от всходов до размыкания листьев в междурядьях, дней

Если сравнивать приемы основной обработки почвы, без учета норм минеральных удобрений, то всходы и первая пара настоящих листьев на всех вариантах появились одновременно – в среднем за три года мы отмечаем 21 апреля и 4 мая, соответственно.

Это же характерно и при рассмотрении влияния на рост и развитие растений сахарной свеклы удобрений.

Вторая пара настоящих листьев появилась на всех вариантах, где проводили вспашку, раньше на 1–2 дня, чем на варианте, где проводили дисковое лушение и удобрения не вносили.

Третья пара настоящих листьев так же появилась на всех вариантах, где проводили вспашку, раньше – на 1–2 дня, чем на вариантах, где проводили дисковое лушение 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 по рекомендованной агротехнологии нормы удобрения (N₈₀P₈₀K₈₀) и на 6 дней –

при внесении по интенсивной агротехнологии нормы удобрения ($N_{120}P_{120}K_{120}$) на всех вариантах приемов 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.

3.3.2 Специфика динамики густоты стояния растений сахарной свеклы

Проведение учета густоты стояния растений сахарной свеклы на 1 га в фазу всходов показало преимущество глубоких обработок почвы (вспашки и чизелевания) (приложения 57–59). Несколько выше густота стояния растений была на контроле (вспашка) – 86,0–87,6 тыс. шт./га. На чизелевании на такую же глубину густота стояния растений сахарной свеклы была несколько ниже и отмечалась в пределах 85,2–86,4 тыс. шт./га, что ниже контроля на 0,8 тыс. шт./га. По дисковому лущению густота стояния растений сахарной свеклы была еще ниже и отмечалась в пределах 84,4–85,7 тыс. шт./га, что ниже, чем на вспашке на 1,6–1,9 тыс. шт./га (рисунок 10).

Если рассматривать густоту стояния сахарной свеклы на фоне внесения минеральных удобрений, то наблюдается тенденция незначительного увеличения густоты стояния растений культуры с повышением нормы удобрений.

Если на вспашке на варианте без применения минеральных удобрений густота культуры составила 86,0 тыс.шт./га, то на варианте с применением нормы удобрения в $N_{80}P_{80}K_{80}$ густота стояния культуры составила уже 86,9 тыс.шт/га.

При увеличении нормы минерального удобрения до $N_{120}P_{120}K_{120}$ густота стояния растений сахарной свеклы увеличилась до 87,6 тыс. шт./га.

Эта же тенденция отмечается и на чизельной обработке, а также по дисковому лущению, где густота стояния растений сахарной свеклы увеличилась, соответственно, с 85,2 и 84,4 тыс. шт./га на варианте без

применения минеральных удобрений, до 86,4 и 85,7 тыс. шт./га при внесении удобрений с нормой $N_{120}P_{120}K_{120}$.

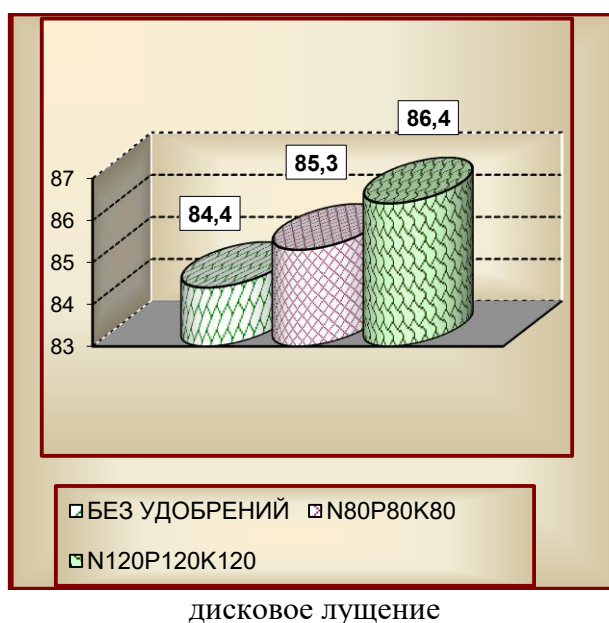
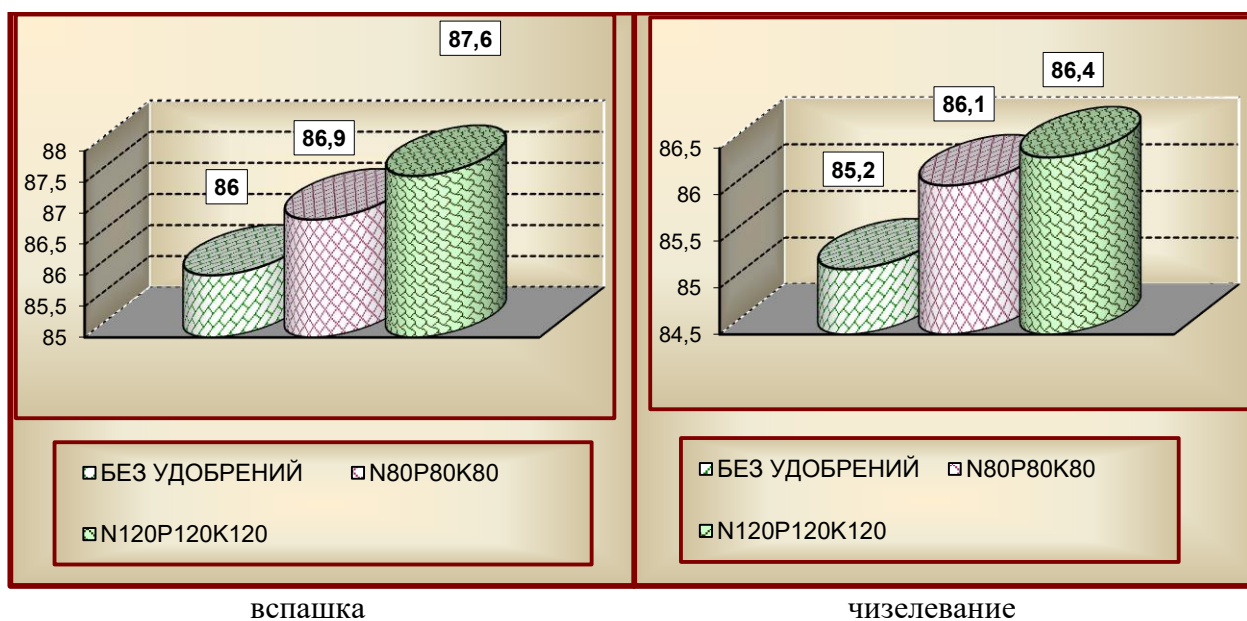


Рисунок 10 – Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на густоту стояния растений сахарной свеклы, фаза полных всходов, тыс.шт./га (2019–2021 гг.)

При учете густоты стояния сахарной свеклы перед уборкой урожая было отмечено, что показатель густоты культуры на всех вариантах опыта имел тенденцию к уменьшению. На вспашке снижение составляло от 6,8 до 8,6 %. На варианте без удобрений густота стояния культуры в среднем за время проведения опыта составила 79,3 тыс. шт./га, а на вариантах, где применялись минеральные удобрения густота стояния культуры была несколько выше – 80,0 и 82,0 тыс. шт./га (рисунок 11). То есть тенденция к увеличению густоты стояния сахарной свеклы при большей норме минеральных удобрений сохранилась.

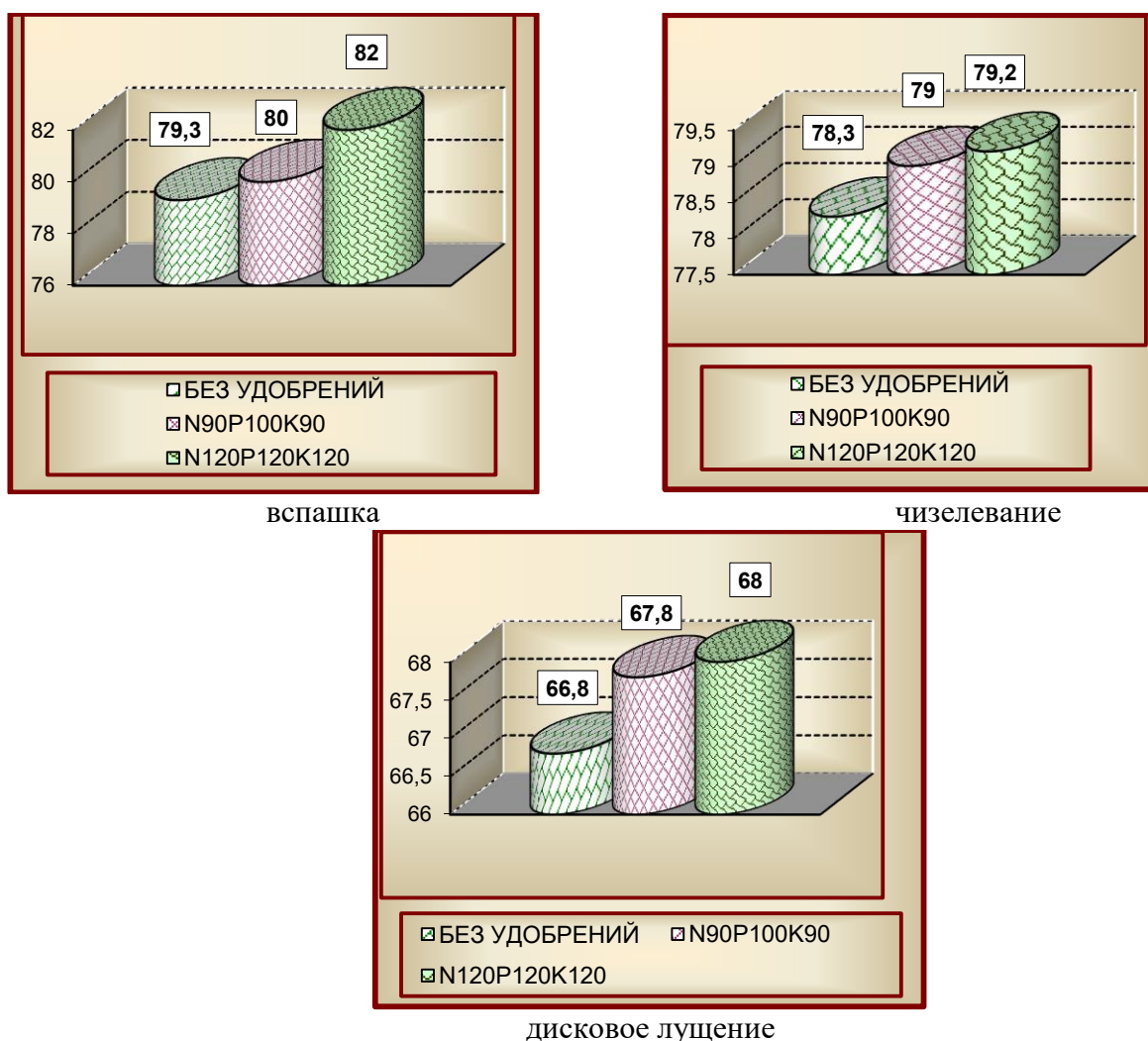


Рисунок 11 – Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на густоту стояния растений сахарной свеклы перед уборкой культуры, тыс. шт./га (2019–2021 гг.)

На вариантах, где проводили чизельную обработку почвы и дисковое лущение с применением всех изучаемых норм минеральных удобрений, густота стояния была одинаковая и составляла, соответственно, 79,0–79,2 и 67,8–68,0 тыс.шт./га. Мы считаем, что густота стояния растений культуры здесь не менялась в зависимости от нормы удобрений потому, что внесенные удобрения при такой обработке оказываются в верхнем слое почвы и не проникают в корнеобитаемый слой, особенно это касается фосфорных удобрений.

В целях выявления характера сопряженности связи между густотой стояния растений и величиной урожая корнеплодов сахарной свеклы проведен корреляционный анализ парной связи по данным наших опытов (приложение 60, рисунок 12).

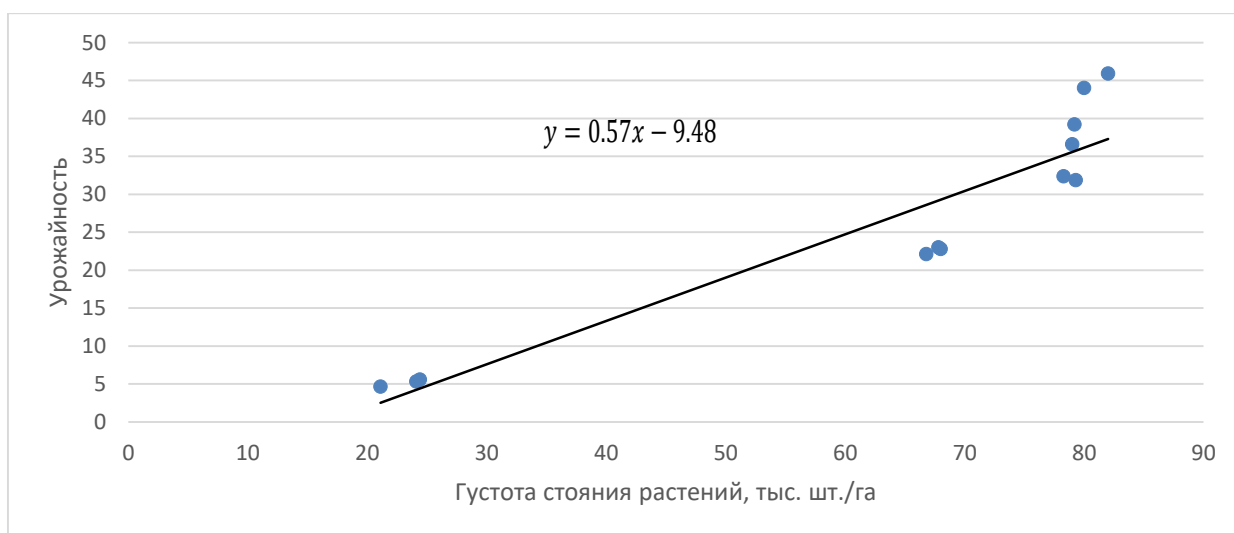


Рисунок 12 – Корреляционная зависимость урожайности сахарной свеклы от густоты стояния растений

Связь тесная, прямая.

$$r_{xy} = \frac{3704.42}{80.54 \times 49.19} = 0.935$$

При изменении густоты стояния растений в диапазоне 62.5 ± 24.28 , урожайность изменяется в диапазоне 26.143 ± 14.83 .

Чем выше густота стояния растений, тем выше урожайность корнеплодов сахарной свеклы.

3.3.3 Динамика нарастания сырой массы растений сахарной свеклы

Динамика нарастания сырой массы растений сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы и нормы минеральных удобрений приведена в приложениях 61–63 и таблице 18.

Процесс нарастания биологической массы растений в наших исследованиях находился в прямой зависимости от приема основной обработки почвы и норм минеральных удобрений, и продолжался на протяжении всего процесса вегетации, достигнув своего максимума к концу вегетации.

Таблица 18 – Динамика нарастания сырой массы растений сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы и норм удобрений, кг/м² (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Дата определения				За вегетацию, %
		1.06	1.07	1.08	1.09	
1	2	3	4	5	6	7
Вспашка	лист					
	б/удобрений (к)	1,29	2,99	1,82	1,27	85,15
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,66	3,73	2,84	1,77	100,80
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,21	3,36	2,83	1,56	79,80
	корнеплод					
	б/удобрений	0,50	1,65	3,04	3,39	678,00
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,51	1,85	3,17	4,57	896,07
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,53	1,87	3,29	4,91	926,42
	растение					
	б/удобрений	1,79	4,64	4,86	4,66	260,34
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	2,17	5,58	6,01	6,34	292,17
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,74	5,23	6,12	6,47	236,61

1	2	3	4	5	6	7
Чизелевание	лист					
	б/удобрений	1,16	2,90	1,90	1,09	92,96
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,47	3,38	2,35	1,23	83,07
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,88	3,76	2,62	1,39	85,64
	корнеплод					
	б/удобрений	0,47	1,25	2,76	3,40	723,40
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,49	1,43	2,90	3,84	783,67
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,53	1,69	3,19	4,12	777,36	
Чизелевание	растение					
	б/удобрений	1,63	4,15	4,66	4,49	275,46
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,96	4,81	5,25	5,07	258,67
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,41	5,45	5,81	5,51	228,63
Дисковое лушение	лист					
	б/удобрений	0,68	1,58	0,96	0,67	98,53
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,84	1,90	1,44	0,90	107,14
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,94	1,77	1,38	0,79	84,04
	корнеплод					
	б/удобрений	0,26	0,87	1,60	2,32	892,31
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,24	0,94	1,61	2,42	1008,33
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,24	0,83	1,46	2,41	1004,17
	растение					
	б/удобрений	0,94	2,45	2,56	2,99	318,09
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,08	2,84	3,05	3,32	307,41	
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,18	2,60	2,84	3,20	271,19	

Наращение сырой биологической массы листьев на первое июня по вспашке варьировало от 1,29 до 2,21 кг/м². На контрольном варианте без удобрения этот показатель составил 1,29 кг/м², с внесением удобрения с

нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ этот показатель составил $1,66 \text{ кг/м}^2$, что на $0,37 \text{ кг/м}^2$ или на $28,7 \%$ выше относительно контроля. При увеличении нормы удобрения до $N_{120}P_{120}K_{120}$ нарастание сырой массы листьев увеличилось относительно контроля на $0,92 \text{ кг/м}^2$ или $71,3 \%$ и составило $2,21 \text{ кг/м}^2$.

На чизельной обработке почвы в этот период показатель варьировал от $1,16$ до $1,88 \text{ кг/м}^2$. Без удобрения нарастание сырой биологической массы листьев составило $1,16 \text{ кг/м}^2$, с внесением удобрения с нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ этот показатель возрос и составил $1,47 \text{ кг/м}^2$, что на $0,31 \text{ кг/м}^2$ или $26,7 \%$ выше, по сравнению с контрольным вариантом.

При увеличении нормы удобрения до $N_{120}P_{120}K_{120}$ нарастание сырой массы листьев возросло по сравнению с контролем на $0,41 \text{ кг/м}^2$ или $62,1 \%$ и составило $1,88 \text{ кг/м}^2$.

На дисковом лушении почвы в этот период показатель варьировал от $0,68$ до $0,94 \text{ кг/м}^2$. Без удобрения нарастание сырой биологической массы листьев составило $0,68 \text{ кг/м}^2$, с внесением удобрения с нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ этот показатель возрос и составил $0,84 \text{ кг/м}^2$, что на $0,16 \text{ кг/м}^2$ или $23,5 \%$ выше, по сравнению с контрольным вариантом.

При увеличении нормы удобрения до $N_{120}P_{120}K_{120}$ нарастание сырой массы листьев возросло по сравнению с контролем на $0,26 \text{ кг/м}^2$ или $38,2 \%$ и составило $0,94 \text{ кг/м}^2$.

До начала августа прослеживалось наиболее интенсивное нарастание сырой биологической массы листьев. Первого июля этот показатель на вспашке варьировал от $2,99$ до $3,73 \text{ кг/м}^2$. Без удобрения сырая масса листьев составила $2,99 \text{ кг/м}^2$, с внесением удобрения с нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ данный показатель повысился по сравнению с контролем на $0,74 \text{ кг/м}^2$ или $24,7 \%$, и составил $3,73 \text{ кг/м}^2$. При норме удобрения $N_{120}P_{120}K_{120}$ увеличение по сравнению с контролем составило $0,37 \text{ кг/м}^2$ или $12,4 \%$.

На чизельной обработке почвы показатель по сырой массе листьев варьировал от $2,9$ до $3,76 \text{ кг/м}^2$, на контрольном варианте этот показатель

составил 2,9 кг/м², с внесением удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ оптимальной сырая масса составила 3,38 кг/м², что на 0,48 кг/м² или 16,6 % выше, чем на контрольном варианте опыта. При норме минерального удобрения согласно интенсивной агротехнологии (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) сырая биологическая масса листьев составила 3,76 кг/м², что на 0,86 кг/м², или 29,7 % выше, по сравнению с контролем.

На дисковом лущении почвы в этот период показатель варьировал от 1,58 до 1,90 кг/м², без удобрения нарастание сырой биологической массы листьев составило 1,58 кг/м², с внесением удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ этот показатель возрос и составил 1,90 кг/м², что на 0,32 кг/м² или 20,3 % выше, по сравнению с контрольным вариантом. При увеличении нормы удобрения до N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ нарастание сырой массы листьев возросло по сравнению с контролем на 0,19 кг/м² или 12,0 % и составило 1,77 кг/м².

По мере роста и развития растений сахарной свеклы прирост сырой массы листьев растений имел тенденцию к уменьшению. На первое августа показатель сырой массы растений на вспашке варьировал от 1,82 кг/м² до 2,84 кг/м². На контрольном варианте без удобрения этот показатель составил 1,82 кг/м², с внесением удобрений с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ произошло увеличение сырой массы до 2,84 кг/м², что на 1,02 кг/м² или 56,0 % больше контроля. При норме минерального удобрения N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ сырая масса составила 2,83 кг/м², что выше на 1,01 кг/м² или 55,5 % по сравнению с контролем.

При чизельной обработке почвы в этот период сырая масса листьев варьировала от 1,90 до 2,62 кг/м², на контроле этот показатель составил 1,90 кг/м², с внесением удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ сырая масса листьев возросла до 2,35 кг/м², что на 0,45 кг/м² или 23,7 % выше, по сравнению с контролем. С внесением удобрения с нормой N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ показатель повысился на 0,72 кг/м² или 37,9 % и составил 2,62 кг/м².

На дисковом лущении почвы в этот период показатель варьировал от 0,96 до 1,44 кг/м², без удобрения нарастание сырой биологической массы

листьев составило 0,96 кг/м², с внесением удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ этот показатель возрос и составил 1,44 кг/м², что на 0,48 кг/м² или 50,0 % выше, по сравнению с контрольным вариантом. При увеличении нормы удобрения до N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ нарастание сырой массы листьев возросло по сравнению с контролем на 0,42 кг/м² или 43,8 % и составило 1,38 кг/м².

К первому сентября динамика нарастания сырой массы листьев начала снижаться и варьировала на отвальной обработке от 1,27 кг/м² до 1,77 кг/м². На контрольном варианте без удобрений этот показатель составил 1,27 кг/м², с внесением удобрения с нормами N₈₀P₈₀K₈₀ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ увеличение сырой массы листьев произошло на 0,5 кг/м² или 39,4 % и на 0,29 кг/м² или 22,8 % соответственно.

При чизельной обработке почвы в этот период сырая масса листьев варьировала от 1,09 до 1,39 кг/м², на контроле этот показатель составил 1,09 кг/м², с внесением удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ сырая масса листьев возросла до 1,23 кг/м², что на 0,14 кг/м² или 12,8 % выше, по сравнению с контролем. С внесением удобрения с нормой N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ показатель повысился на 0,30 кг/м² или 27,5 % и составил 1,39 кг/м².

На дисковом лушении почвы в этот период показатель варьировал от 0,67 до 0,90 кг/м², без удобрения нарастание сырой биологической массы листьев составило 0,67 кг/м², с внесением удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ этот показатель возрос и составил 0,90 кг/м², что на 0,23 кг/м² или 34,3 % выше, по сравнению с контрольным вариантом. При увеличении нормы удобрения до N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ нарастание сырой массы листьев возросло по сравнению с контролем на 0,12 кг/м² или 17,9 % и составило 0,79 кг/м².

За вегетацию показатель по динамике нарастания сырой массы листьев на варианте со вспашкой без удобрения составил 85,15 %. С внесением удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ увеличение динамики нарастания сырой массы листьев за вегетации произошло на 15,65 %, с внесением удобрения с нормой N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ показатель снизился на 5,35 %. На чизельной обработке без

удобрения показатель составил 92,96 %, с внесением удобрения с нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ динамика нарастания сырой массы листьев за вегетации снизилась на 9,89 %, с внесением удобрения с нормой $N_{120}P_{120}K_{120}$ показатель снизился на 7,32 %. На дисковом лущении без удобрения показатель составил 98,53 %, с внесением удобрения с нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ динамика нарастания сырой массы листьев за вегетации возросла на 8,69 %, с внесением удобрения с нормой $N_{120}P_{120}K_{120}$ показатель снизился на 12,49 %.

В среднем за вегетацию на отвальной обработке почвы (вспашке) сырая масса листьев составила 88,6 %, при чизельной обработке почвы данный показатель составил 87,2, что сопоставимо с контролем. При дисковом лущении этот показатель составил 96,6 %, что на 8,0 % выше, в сравнении с контрольным вариантом опыта.

Наращение сырой биологической массы корнеплодов на первое июня при отвальной обработке почвы (вспашке) варьировало от 0,50 до 0,53 кг/м², на контрольном варианте без удобрения этот показатель составил 0,50 кг/м², с внесением удобрения с нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ этот показатель составил 0,51 кг/м², что на 0,1 кг/м² или 0,01 % больше, в сравнении с контролем. С внесением удобрения с нормой $N_{120}P_{120}K_{120}$ наращение сырой массы корнеплодов возросло по сравнению с контролем на 0,03 кг/м² или 6,0 % и составило 0,53 кг/м².

На чизельной обработке почвы этот показатель варьировал от 0,47 до 0,53 кг/м², на неудобренном варианте опыта сырая масса корнеплодов составила 0,47 кг/м², с внесением удобрения с нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ этот показатель возрос на 0,02 кг/м² или 4,3 %. С внесением удобрения с нормой $N_{120}P_{120}K_{120}$ показатель возрос на 0,06 кг/м² или 12,7 % и составил 0,53 кг/м².

На дисковом лущении этот показатель варьировал от 0,24 до 0,26 кг/м².

Первого июля показатель сырой массы корнеплодов на вспашке варьировал от 1,65 до 1,87 кг/м². Без удобрения сырая масса корнеплодов составила 1,65 кг/м², с внесением удобрения с нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ данный

показатель повысился по сравнению с контролем на 0,2 кг/м² или 12,2 %, и составил 1,85 кг/м². С внесением удобрения с нормой N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ увеличение по сравнению с контролем составило 0,22 кг/м² или 13,3 %.

На чизельной обработке почвы показатель по сырой массе корнеплодов варьировал от 2,9 кг/м² до 3,76 кг/м², на неудобренном варианте этот показатель составил 2,9 кг/м², с внесением удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ сырая масса составила 3,38 кг/м², что на 0,48 кг/м² или 16,6 % выше, чем на неудобренном варианте опыта. С внесением удобрения с нормой N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ сырая биологическая масса корнеплодов составила 3,76 кг/м², что на 0,86 кг/м², или 29,7 % выше, по сравнению с неудобренным вариантом.

На дисковом лущении этот показатель варьировал от 0,87 до 0,94 кг/м².

Масса корнеплодов на 1 августа при отвальной обработке почвы (вспашке) варьировала от 3,04 до 3,29 кг/м². Без удобрения этот показатель составил 3,17 кг/м², что на 0,13 кг/м² или 4,3 % выше, в сравнении с неудобренным вариантом. С внесением удобрений с нормой N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ масса корнеплодов возросла на 0,25 кг/м² или 8,2 %.

При чизельной обработке почвы варьирование массы корнеплодов происходило в пределах от 2,76–3,19 кг/м², без удобрения масса корнеплодов составляла 2,76 кг/м², с внесением удобрений с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ этот показатель возрос на 0,14 кг/м² или 5,1 % и составил 2,90 кг/м². При увеличении нормы минерального удобрения до N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ показатель возрос на 0,43 кг/м² или 15,6 % и составил 3,19 кг/м².

На дисковом лущении этот показатель варьировал от 1,46 до 1,60 кг/м².

На протяжении всей вегетации наблюдалось интенсивное нарастание сырой биологической массы корнеплодов. Первого сентября были получены самые высокие показатели по сырой массе корнеплодов. На вспашке они варьировали от 3,39 до 4,91 кг/м². На контрольном варианте опыта было получено 3,39 кг/м² сырой массы. С внесением удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ показатель составил 4,57 кг/м², что на 1,18 кг/м² или 34,8 % выше, чем на

контроле. При повышенной норме минерального удобрения сырая масса корнеплодов составила 4,91 кг/м², это на 1,52 кг/м² или 44,8 % больше, чем на контроле.

При чизельной обработке почвы в этот период сырая масса корнеплодов была в пределах от 3,40 до 4,12 кг/м², на неудобренном варианте опыта было получено 3,40 кг/м², с внесением удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ сырая масса составила 3,84 кг/м², что на 0,44 кг/м² или 12,9 % выше, чем на неудобренном варианте опыта. С внесением удобрения с нормой N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ сырая биологическая масса корнеплодов составила 4,12 кг/м², что на 0,72 кг/м², или 21,2 % выше, по сравнению с неудобренным вариантом.

На дисковом лущении этот показатель варьировал от 2,32 до 2,42 кг/м².

За вегетацию динамика нарастания сырой массы корнеплодов на отвальной обработке почвы изменялась от 678,00 до 926,42 % и находилось в зависимости от норм минеральных удобрений. Так, при отсутствии удобрений данный показатель составил 678,00 %, внесение минеральных удобрений с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ увеличило данный показатель на 218,07 %, а при повышенной норме удобрения (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) увеличение показателя произошло на 248,42 %.

При чизельной обработке почвы так же наблюдается более низкий показатель по динамике нарастания сырой массы корнеплодов. Здесь на контроле он составил 723,40 %, внесение минеральных удобрений в норме N₈₀P₈₀K₈₀ положительно повлияло на этот показатель, происходил рост динамики нарастания сырой массы на 60,27 %. При увеличении нормы минерального удобрения до N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ данный показатель вырос по сравнению с неудобренным вариантом на 53,96 %.

На дисковом лущении этот показатель варьировал от 892,31 до 1008,33 %.

Динамика нарастания сырой массы растения складывается из динамики нарастания сырой массы листьев и корнеплодов. На первое июня при

отвальной обработке почвы (вспашке) без внесения удобрений сырая масса растений составила 1,79 кг/м², с внесением удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ показатель возрос на 0,38 кг/м² и на 0,94 кг/м² или 53,1 % по интенсивной агротехнологии с нормой минерального удобрения в N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.

На чизельной обработке почвы без удобрения сырая масса растений составила 1,63 кг/м², что 0,16 кг/м² или 9,8 % меньше контроля и так же наблюдалась положительная динамика данного показателя на удобренном фоне. Прибавка при внесении удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ составила 0,33 кг/м² или 20,2 %, а с нормой N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ прибавка составила 0,78 кг/м² или 47,8 %.

На дисковом лущении без удобрения сырая масса растений составила 0,94 кг/м², что 0,82 кг/м² или 87,2 % меньше контроля и так же наблюдалась положительная динамика данного показателя на удобренном фоне. Прибавка при внесении удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ составила 0,14 кг/м² или 14,9 %, а с нормой N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ прибавка составила 0,24 кг/м² или 25,5 %.

На первое июля сырая масса растения при отвальной обработке почвы (вспашке) варьировала от 4,64 до 5,58 кг/м². Самый низкий показатель был получен без удобрения, а самый высокий – при рекомендуемой норме удобрения и составил 5,58 кг/м², что на 0,94 кг/м² или 20,3 % выше, чем на контроле. На варианте с нормой удобрения N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ сырая масса растения увеличилась по сравнению с контролем на 0,59 кг/м² или 12,7 %.

На чизельной обработке почвы без удобрения сырая масса растений составила 4,15 кг/м², что 0,49 кг/м² или 11,8 % меньше контроля и так же наблюдалась положительная динамика данного показателя на удобренном фоне. Прибавка при внесении удобрения с нормой N₈₀P₈₀K₈₀ составила 0,66 кг/м² или 16,0 %, а с нормой N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ прибавка составила 1,3 кг/м² или 31,3 %.

На дисковом лущении без удобрения сырая масса растений составила 2,45 кг/м², что 2,19 кг/м² или 89,4 % меньше контроля и так же наблюдалась

положительная динамика данного показателя на удобренном фоне. Прибавка при внесении удобрения с нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ составила $0,39 \text{ кг/м}^2$ или $15,9 \%$, а с нормой $N_{120}P_{120}K_{120}$ прибавка составила $0,15 \text{ кг/м}^2$ или $6,1 \%$.

На первое августа при отвальной обработке почвы сырая масса корнеплодов варьировала от $4,86$ до $6,12 \text{ кг/м}^2$. Без удобрения этот показатель составил $4,86 \text{ кг/м}^2$, с внесением по рекомендуемой агротехнологии нормы минеральных удобрений ($N_{80}P_{80}K_{80}$) прибавка составила $1,15 \text{ кг/м}^2$ или $23,7 \%$. При увеличении нормы удобрения до $N_{120}P_{120}K_{120}$ масса растений возрастала на $1,26 \text{ кг/м}^2$ или $25,9 \%$.

При чизельной обработке почвы варьирование массы растений происходило в пределах от $4,66$ до $5,81 \text{ кг/м}^2$. Без удобрения масса растений составляла $4,66 \text{ кг/м}^2$, с внесением удобрения с нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ этот показатель возрос по сравнению с контролем на $0,59 \text{ кг/м}^2$ или $12,7 \%$ и составил $5,25 \text{ кг/м}^2$. При увеличении нормы минерального удобрения до $N_{120}P_{120}K_{120}$ показатель возрос на $1,15 \text{ кг/м}^2$ или $24,7 \%$ и составил $5,81 \text{ кг/м}^2$.

При дисковом лущении варьирование массы растений происходило в пределах от $2,56$ до $3,05 \text{ кг/м}^2$. Без удобрения масса растений составляла $2,56 \text{ кг/м}^2$, с внесением удобрения с нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ этот показатель возрос по сравнению с контролем на $0,49 \text{ кг/м}^2$ или $19,1 \%$ и составил $3,05 \text{ кг/м}^2$. При увеличении нормы минерального удобрения до $N_{120}P_{120}K_{120}$ показатель возрос на $0,28 \text{ кг/м}^2$ или $10,9 \%$ и составил $2,84 \text{ кг/м}^2$.

Интенсивное нарастание сырой массы растений наблюдалось на протяжении всей вегетации, достигнув своего максимума к 1 сентября. На вспашке показатель составил $4,66 \text{ кг/м}^2$ без удобрения, $6,34 \text{ кг/м}^2$ – при рекомендуемой норме удобрения и $6,47 \text{ кг/м}^2$ – при повышенной норме удобрения. Прибавка по сравнению с контролем составила соответственно $1,68 \text{ кг/м}^2$ или $36,1 \%$ и $1,82 \text{ кг/м}^2$ или $38,8 \%$.

При чизельной обработке почвы сырая масса растений составила $4,49 \text{ кг/м}^2$ без удобрения, $5,07 \text{ кг/м}^2$ – по рекомендуемой агротехнологии с

нормой удобрения ($N_{80}P_{80}K_{80}$) и $5,51 \text{ кг/м}^2$ – по интенсивной агротехнологии с нормой удобрения в $N_{120}P_{120}K_{120}$. Прибавка по сравнению с контролем составила соответственно $0,58 \text{ кг/м}^2$ или $12,9 \%$ и $1,02 \text{ кг/м}^2$ или $22,7 \%$.

При дисковом лущении варьирование массы растений происходило в пределах от $2,99$ до $3,32 \text{ кг/м}^2$. Без удобрения масса растений составляла $2,99 \text{ кг/м}^2$, с внесением удобрения с нормой $N_{80}P_{80}K_{80}$ этот показатель возрос по сравнению с контролем на $0,33 \text{ кг/м}^2$ или $11,0 \%$ и составил $3,32 \text{ кг/м}^2$. При увеличении нормы минерального удобрения до $N_{120}P_{120}K_{120}$ показатель возрос на $0,21 \text{ кг/м}^2$ или $7,0 \%$ и составил $3,20 \text{ кг/м}^2$.

За вегетацию динамика нарастания сырой массы растений варьировала от $260,34$ до $292,17 \%$ на отвальной обработке почвы (вспашке), на чизельной обработке почвы – от $228,63$ до $275,46 \%$, на дисковом лущении – от $271,19$ до $318,09 \%$.

В среднем за вегетацию на отвальной обработке почвы сырая масса растений составила $5,82 \text{ кг/м}^2$, при чизельной обработке почвы показатель составил $5,02 \text{ кг/м}^2$, что на $0,80 \text{ кг/м}^2$ или $13,7 \%$ ниже, в сравнении с контрольным вариантом опыта. По дисковому лущению почвы показатель составил $3,17 \text{ кг/м}^2$, что на $2,65 \text{ кг/м}^2$ или $45,5 \%$ ниже, в сравнении с контрольным вариантом опыта.

3.3.4 Урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы

На урожайность и фракционный состав корнеплодов сахарной свеклы в значительной мере оказывали действие как приемы основной обработки почвы, так и нормы минеральных удобрений. Фракционный состав корнеплодов в зависимости от приемов обработки почвы и норм минеральных удобрений представлен в приложениях 64–66 и таблице 19.

Классическая вспашка способствовала формированию меньшего количества мелких корнеплодов (до 400 г), чем на других обработках. Такие корнеплоды составляли всего $24,0 \%$ от всех полученных на этой обработке.

Таблица 19 – Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на фракционный состав корнеплодов сахарной свеклы (2019–2021 гг.)

Вариант	Фракционный состав корнеплодов по массе, %			Средняя масса корнеплода, г
	менее 400 г	от 400 до 800 г	более 800 г	
прием основной обработки почвы				
Вспашка	24	63	13	532
Чизелевание	38	53	9	480
Дисковое лушение	60	38	2	350
норма удобрения				
Без удобрений	59	36	5	403
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	53	41	6	471
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	50	43	7	491

А выход кондиционных корнеплодов (размером от 400 до 800 г) составлял 63 %, что больше, чем на других изучаемых нами приемах обработок почвы. Крупных корнеплодов, масса которых была более 800 г, также было максимальное количество по сравнению с другими приемами обработок почвы, и составляли такие корнеплоды 13 %. Средняя масса корнеплода составила 532 г.

На чизельной обработке на эту же глубину процентное содержание корнеплодов менее 400 г составляло 38 %, что на 14 % больше, чем на вспашке. На 10 % меньше было кондиционных корнеплодов, масса которых составлял от 400 до 800 г, их было 53 %. Крупные «корни» массой более 800 г составлял всего 9 %. Средняя масса корнеплода составила 480 г, что на 52 г (или 9,8 %) меньше, чем на варианте со вспашкой.

Несколько иные показатели были получены на вариантах с мелкой обработкой почвы (дисковом лушении). На данной обработке отмечено преимущество фракции корнеплодов менее 400 г и таких корнеплодов было

60 %. Зато крупные корнеплоды на данной обработке встречаются редко – отмечено 2 % таких корнеплодов. Средняя масса корнеплодов при этом составила 350, что соответственно на 182 г (или на 34,2 %) меньше по отношению к контролю.

Таким образом, фракционный состав корнеплодов и их средняя масса находились под прямым воздействием приема обработки почвы. И больше всего кондиционных корнеплодов было на вспашке – их доля составляла 63 % при средней массе корнеплода в 532 г, а меньше всего – на мелкой обработке (дисковом лущении) – 38 %, при средней массе корнеплода в 350 г.

Если рассматривать фактор «минеральные удобрения», то максимальное количество кондиционных корнеплодов размером 400–800 г мы отмечаем при внесении минудобрений согласно интенсивной агротехнологии ($N_{120}P_{120}K_{120}$), где их было 43 %. Это превышает контрольные показатели (без удобрений) на 7 % и их количество на делянках с внесением удобрения согласно рекомендуемой агротехнологии ($N_{80}P_{80}K_{80}$) на 2 %. Средняя масса корнеплода на неудобренном фоне составила 403 г, при норме в $N_{80}P_{80}K_{80}$ его масса возросла на 68 г (или на 16,9 %) до 471 г, а при норме в $N_{120}P_{120}K_{120}$ – на 88 г (или на 21,8 %) до 491 г.

В структуре урожая определяющими элементами являются площадь листьев и средняя масса корнеплода (приложения 57–59, таблица 20).

Площадь листьев на 1 га в нашем опыте в большей мере зависела от густоты стояния культурных растений и приема обработки почвы, и в меньшей мере зависела от минерального питания. Для получения 500–600 ц/га корнеплодов площадь листьев должна быть 30–35 тыс.м²/га. В нашем опыте при проведении отвальной глубокой обработки почвы (вспашки) она составила от 24,8 тыс. м²/га на неудобренном фоне до 32,6 и 33,2 тыс. м²/га при внесении рекомендуемой ($N_{80}P_{80}K_{80}$) и интенсивной ($N_{120}P_{120}K_{120}$) норм удобрений, что выше на 31,5 и 33,9 %, соответственно.

Таблица 20 – Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на биометрические показатели (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Площадь листьев, тыс. м ² /га	Средняя масса корнеплода, г
Вспашка	б/удобрений (к)	24,8	427
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	32,6	571
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	33,2	599
Чизелевание	б/удобрений	25,0	434
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	27,4	486
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	29,4	521
Дисковое лушение	б/удобрений	16,5	347
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	16,8	357
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	16,7	354

Замена отвальной глубокой обработки почвы (вспашки) безотвальным глубоким рыхлением (чизелеванием) приводило к снижению площади листовой поверхности растений сахарной свеклы на 15,6 и 20,8 % (только на удобренном фоне) и мелкой обработкой (дисковым лушением) – на 45,9–49,7 %. Но это влияние скорее было оказано в большей мере через изменение густоты стояния культурных растений на единице площади. Исключение: чизелевание без внесения удобрений обеспечивало формирование такой же площади листьев, как и вспашка.

Применение минеральных удобрений способствовало увеличению листовой поверхности более интенсивно по вспашке (на 31,5 и 33,9 %), в меньшей мере по чизельной обработке (на 9,6 и 17,7 %). При дисковом лушении влияния минеральных удобрений не выявлено.

В целях выявления характера сопряжённости связи между площадью листьев и величиной урожая корнеплодов сахарной свеклы проведен корреляционный анализ парной связи по данным наших опытов (приложение

67, рисунок 13).

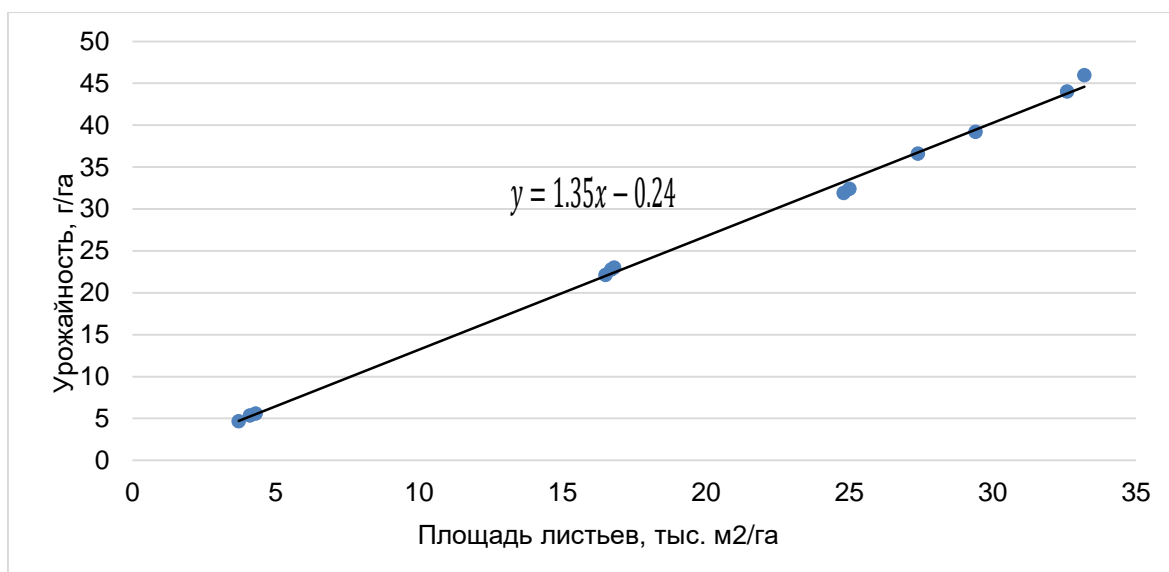


Рисунок 13 – Корреляционная зависимость урожайности корнеплодов сахарной свеклы от площади листьев

Связь тесная, прямая, функциональная зависимость.

$$r_{xy} = \frac{1784.74}{36.41 \times 49.19} = 0.997$$

При изменении площади листьев в диапазоне 19.54 ± 10.98 , урожайность изменяется в диапазоне 26.143 ± 14.83 .

Чем выше площадь листьев растений сахарной свеклы, тем выше урожайность корнеплодов.

На массу корнеплода оказывали влияние как прием обработки почвы, так и уровень минерального питания. В среднем за годы проведения исследования масса корнеплода на вариантах с различными приемами основной обработки почвы находилась на уровне: по вспашке – от 427 до 599 г, по чизелеванию – от 434 до 521 г, по дисковому лушению – от 347 до 357 г.

Замена отвальной глубокой обработки почвы (вспашки) безотвальным глубоким рыхлением (чизелеванием) способствовала снижению средней массы корнеплода сахарной свеклы на 14,9 и 19,8 % (только на удобренном фоне) и мелкой обработкой (дисковым лушением) – на 35,9–40,3 %.

Исключение: чизелевание без внесения удобрений обеспечивало формирование такой же массы корнеплода, как и вспашка.

Улучшение условий питания влияли на массу корнеплода в большей мере по вспашке – в среднем на 6,5 и 8,7 %, в меньшей мере на чизельной обработке – на 12,0 и 20,0 %, соответственно. При дисковом лущении влияния минеральных удобрений не выявлено.

В целях выявления характера сопряженности связи между средней массой корнеплода и величиной урожая корнеплодов сахарной свеклы проведен корреляционный анализ парной связи по данным наших опытов (приложение 68, рисунок 14).

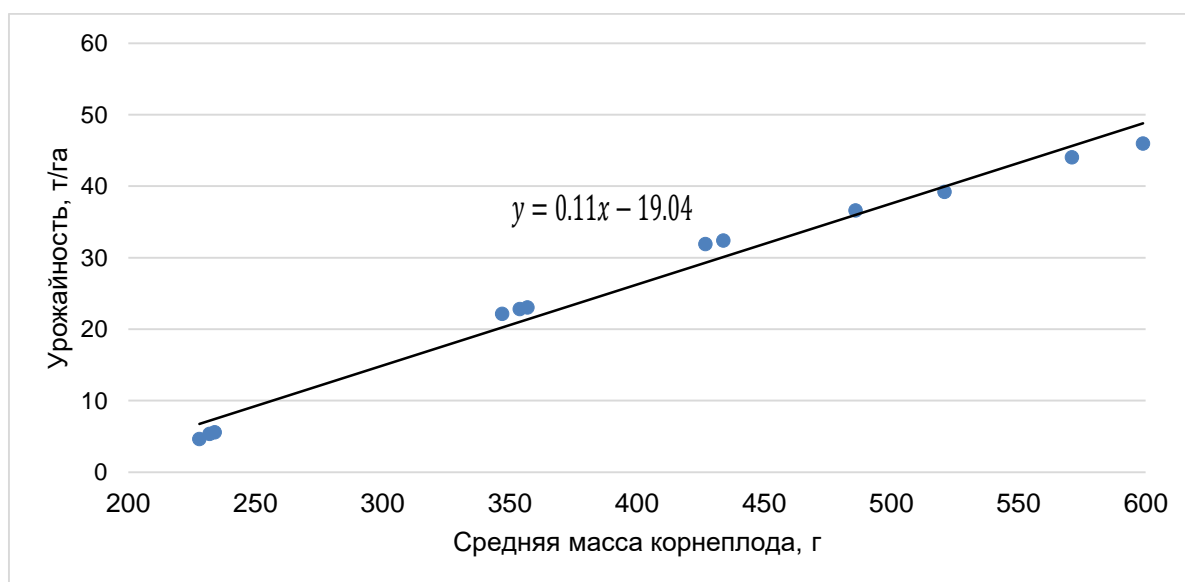


Рисунок 14 – Корреляция урожайности сахарной свеклы со средней массой корнеплода

Связь тесна, прямая, функциональная зависимость.

$$r_{xy} = \frac{20961.24}{430 \times 49.19} = 0.99$$

При изменении средней массы корнеплода в диапазоне 399 ± 129.65 , урожайность изменяется в диапазоне 26.143 ± 14.83 .

При увеличении средней массы корнеплода сахарной свеклы происходит увеличение ее урожайности.

Приемы основной обработки почвы и нормы удобрений напрямую влияют на показатель биологической урожайности корнеплодов сахарной свеклы (таблица 21).

Таблица 21 – Специфика показателей биологической урожайности и качества корнеплодов сахарной свеклы (2019–2021 гг.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Биологическая урожайность корнеплодов, кг/м ²	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га
Вспашка	Б/удобрений (к)	3,39	16,6	5,63
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	4,57	15,6	7,13
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,91	15,3	7,51
Чизелевание	Б/удобрений	3,40	16,6	5,64
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	3,84	16,3	6,26
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,12	15,9	6,55
Дисковое лушение	Б/удобрений	2,32	17,0	3,94
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	2,42	16,8	4,07
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,41	16,8	4,05

В наших исследованиях в среднем за три года показатель биологической урожайности корнеплодов сахарной свеклы на вариантах с различной обработкой почвы был на уровне: по вспашке – 3,39–4,91 кг/м², на чизельной обработке – 3,42–4,12 кг/м², по дисковому лушению – 2,32–2,42 кг/м².

Замена отвальной глубокой обработки почвы (вспашки) безотвальным глубоким рыхлением (чизелеванием) приводила к снижению биологической урожайности корнеплодов сахарной свеклы на 16,0 и 16,1 % (только на

удобренном фоне) и мелкой обработкой (дисковым лушением) – на 31,6–50,9 %.

Исключение: чизелевание без внесения удобрений обеспечивало формирование такой же биологической урожайности, как и вспашка.

Улучшение условий питания влияли на показатель биологической урожайности корнеплодов в большей мере по вспашке – среднем на 34,8 и 44,8 %, в меньшей мере на чизельной обработке – на 12,9 и 21,2 %. На фоне дискового лушения влияния минеральных удобрений не выявлено.

Наибольший сбор сахара характерен для варианта вспашки – от 5,63 до 7,51 т/га. На чизельной обработке он был на уровне 5,64–6,55 т/га и на мелкой обработке (дисковом лушении) – 3,94–4,07 т/га.

Замена отвальной глубокой обработки почвы (вспашки) безотвальным глубоким рыхлением (чизелеванием) приводила к снижению сбора сахара на 12,2 и 12,8 % (только на удобренном фоне) и мелкой обработкой (дисковым лушением) – на 30,0–46,1 %. Исключение: чизелевание без внесения удобрений обеспечивало сбор такого же количества сахара, как и вспашка.

Улучшение условий питания влияло на показатель сбора сахара в большей мере по вспашке – среднем на 26,6 и 33,4 %, в меньшей мере на чизельной обработке – на 11,0 и 16,1 %. На фоне дискового лушения влияния минеральных удобрений не выявлено.

В целях выявления характера сопряженности связи между величиной урожая корнеплодов сахарной свеклы и ее сахаристостью проведен корреляционный анализ парной связи по данным наших опытов (приложение 69, рисунок 15). Связь тесная, обратная.

$$r_{xy} = \frac{-88.32}{2.03 \times 49.19} = -0.88$$

При изменении урожайности в диапазоне 26.143 ± 14.83 , сахаристость изменяется в диапазоне 16.51 ± 0.61

Чем выше урожайность сахарной свеклы, тем меньше сахаристость корнеплодов.

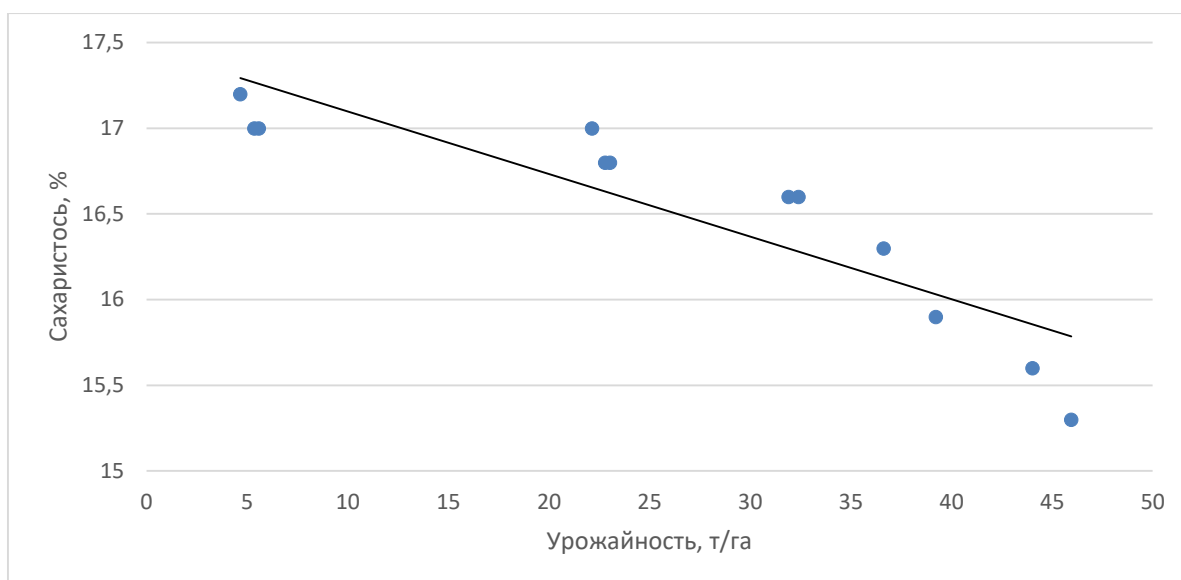


Рисунок 15 – Корреляционная зависимость сахаристости корнеплодов сахарной свеклы от ее урожайности

Специфика показателей урожайности сахарной свеклы в контексте приемов основной обработки почвы и норм удобрений приведены в приложениях 70–72 и таблице 22.

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 обработке почвы (дискового лущения) 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 почвы).

Таблица 22 – 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 г	2020 г	2021 г		А	В
Вспашка	Б/удобр. (к)	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			

Проведение мелкой обработки почвы (дискового лушения) 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 (N₈₀P₈₀K₈₀) 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 лушение 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 лушение 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 40,38 т/га.

На фоне проведения в качестве основной обработки почвы глубокой отвальной (вспашки) с внесением нормы минеральных удобрений по рекомендуемой агротехнологии ($N_{80}P_{80}K_{80}$) способствовало росту урожайности корнеплодов сахарной свеклы на 12,12 т/га или 38,0 %. 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 %. 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 лушения) 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 урожая в 2019 году при НСР₀₅ = 0,40 и 0,39 т/га, соответственно; в 2020 году при НСР₀₅ = 0,36 и 0,31 т/га, соответственно; в 2021 году при НСР₀₅ = 0,35 и 0,30 т/га, соответственно. Взаимодействие факторов А и В было при уровне НСР₀₅ в 0,69 т/га в 2019 году; при уровне НСР₀₅ в 0,63 т/га в 2020 году; при уровне НСР₀₅ 0,60 т/га в 2021 году.

Проведя множественный регрессионный анализ совместного влияния норм минеральных удобрений и приемов основной обработки почвы на урожайность корнеплодов сахарной свеклы позволил построить теоретическую модель–поверхность их взаимодействия (приложение 73, рисунок 16).

Согласно данным, приведенным в таблице 22, приложении 73 и теоретической модели (рисунок 16), наибольшая урожайность имеет место при вспашке и внесении удобрений с нормой $N_{120}P_{120}K_{120}$.

Следовательно, что наиболее полно продукционные показатели сахарной свеклы реализуются на фоне глубокой (на 30–32 см) основной обработки почвы с оборотом пласта (вспашки), обеспечивающие получение 40,63 т/га. Проведение в качестве основной обработки почвы глубокой (на 30–32 см) без оборота пласта (чизелевание) и мелкой (дисковое лушение на 10–12 см) обработок почвы приводит к снижению ее урожайности на 16,96 % и 47,8 %, соответственно.

Внесение нормы минеральных удобрений по рекомендуемой агротехнологии ($N_{80}P_{80}K_{80}$) способствует увеличению урожайности корнеплодов сахарной свеклы на 19,4 %. Дальнейшее увеличение нормы минеральных удобрений до интенсивного уровня ($N_{120}P_{120}K_{120}$) приводит к росту данного показателя на 24,9 %.

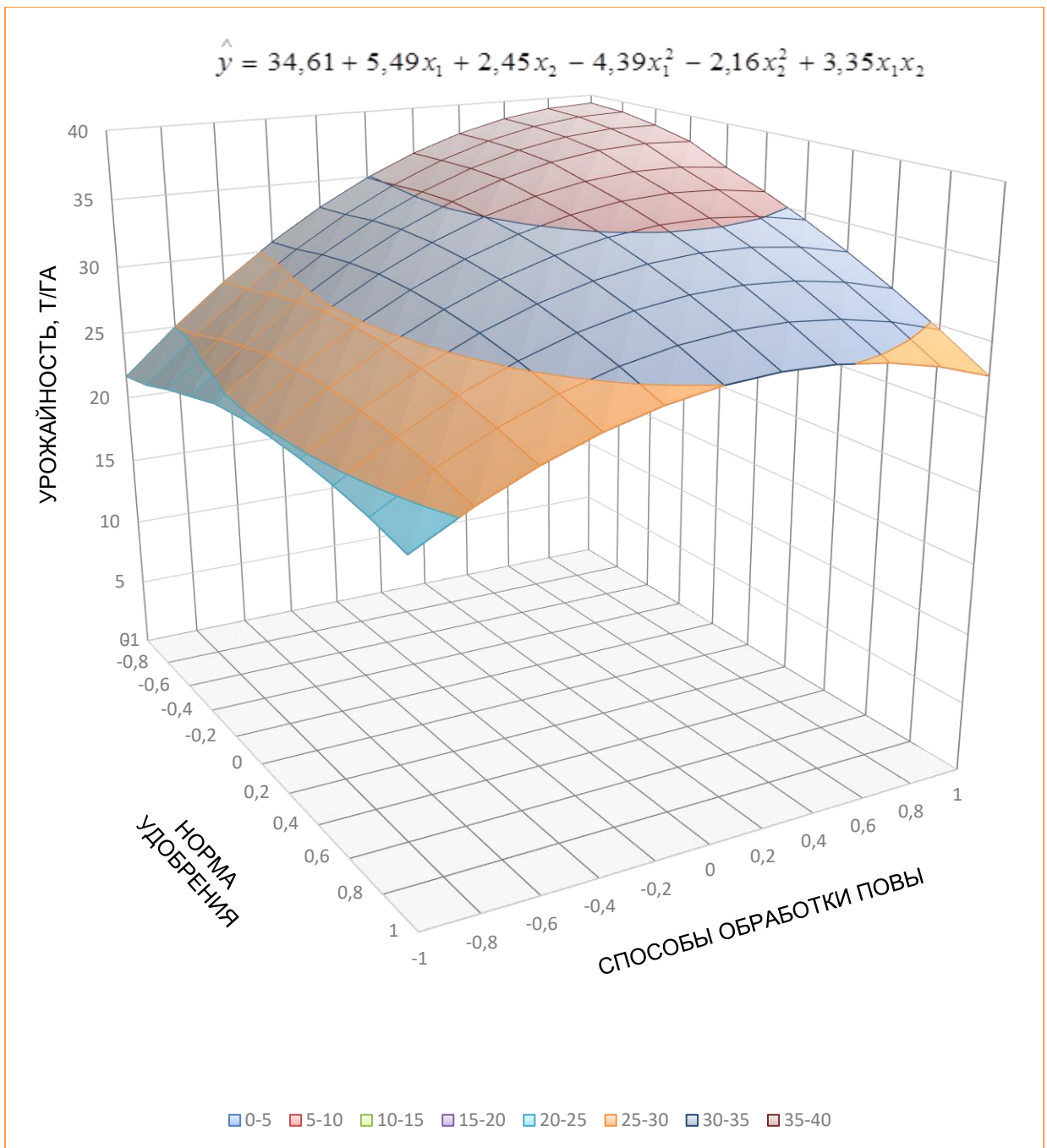


Рисунок 16 – Поверхность влияния приемов основной обработки почвы и норм удобрений на урожайность корнеплодов сахарной свеклы
 параметр x_1 – способы обработки почвы, параметр x_2 – норма удобрения

ГЛАВА 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И НОРМ УДОБРЕНИЙ

4.1 Экономическая эффективность выращивания сахарной свеклы

Рыночная экономика предполагает поиск эффективных технологий развития производства, которые бы позволяли с одной стороны обеспечить население высококачественными продуктами питания, а с другой стороны минимизировать затраты на производимую продукцию. Повысить конкурентоспособность продукции можно при помощи технологий возделывания сельскохозяйственных культур, соответствующих современным реалиям развития экономики и техники с «учетом почвенно-картографического материала, климата, рельефа, гидрографии, гидрологии и особенностей почв» (Новоселецкий, Скоробогатова, Бедирханов, 2016; Рычкова, Нежинская, Мищенко, 2021).

Проблема повышения экономической эффективности наиболее актуальна. Финансовые результаты предприятия, его экономическая устойчивость во многом зависят от степени использования производственных ресурсов, т.е. земли, трудовых ресурсов, основных и оборотных фондов (Сабитов, 2016).

При организационно-экономическом обосновании эффективности предлагаемых мероприятий используется система экономических показателей. К ним относятся такие показатели, как ресурсоотдача и рентабельность. Для расчета эффективности изучаемых агроприемов или комплекса работ мы имеем схему опыта, урожайность культуры, производственные затраты по статьям, технологическую карту по возделыванию сельскохозяйственной культуры за исследуемый период.

Результаты проведенных исследований фиксируются научным руководителем работы (Кравченко, Андреев, 2006).

Урожайность и качество продукции по вариантам опыта приводятся в среднем за период исследования, качественные показатели продукции отражаются по принятым стандартам на данный вид продукции.

Стоимость валовой продукции с 1 га по вариантам опыта исчисляется путем умножения урожайности на среднюю цену реализации с учетом качества продукции или рыночной цены, сложившейся за период исследования.

Прибавка урожая по вариантам опыта рассчитывается как разность между урожайностью по вариантам и урожайностью на контроле. Она может быть положительной при превышении урожайности и отрицательной при снижении урожайности по сравнению с контролем. Стоимость прибавки урожая определяется путем ее умножения на цену реализации, соответствующую варианту.

Производственные затраты (ПЗ) рассчитываются по технологической карте возделывания сельскохозяйственной культуры или на основе фактических затрат с учетом корректировки статей затрат, исходя из варианта опыта. Себестоимость 1 ц продукции по вариантам опыта определяется путем деления производственных затрат (ПЗ) на урожайность. Прибыль (Пр) – это стоимость продукции за вычетом затрат на производство продукции (определяется из расчета на 1 га). Окупаемость дополнительных производственных затрат определяется делением дополнительной стоимости продукции на дополнительные производственные затраты. Уровень рентабельности – это отношение прибыли к затратам на производство продукции (Кравченко, Андреев, 2004; Логвинов, Логвинов, Шевченко и др., 2016).

Расчет экономической эффективности изучаемых элементов технологии выращивания сахарной свеклы представлен в таблице 23.

Таблица 23 – Экономической эффективности изучаемых приемов основной обработки почвы и норм удобрений в технологии выращивания сахарной свеклы

Прием основной обработки почвы (фактор А)	Норма удобрения (фактор В)	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/удобр. (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/удобрений	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	76197	39,22	119621	1899	43424	57,0
Дисковое лушение	Б/удобрений	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

Производственные затраты включали затраты на семена (8,0 тыс. руб./га), удобрения (от 14 до 21 тыс. руб./га), ГСМ (от 1,5 до 3,9 тыс. руб./га), ФОТ (от 8,1 до 12,2 тыс. руб./га), текущий ремонт (от 0,46 до 0,97 тыс. руб./га), амортизацию (от 0,08 до 0,17 тыс. руб./га), услуги автотранспорта (от 0,47 до 4,6 тыс. руб./га) и др., а также стоимость пестицидов (29,13 тыс. руб./га) (приложения 77 и 78).

На 16 рисунке представлены затраты по самому затратному варианту – по вспашке в совокупности с интенсивной нормой удобрения в N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.

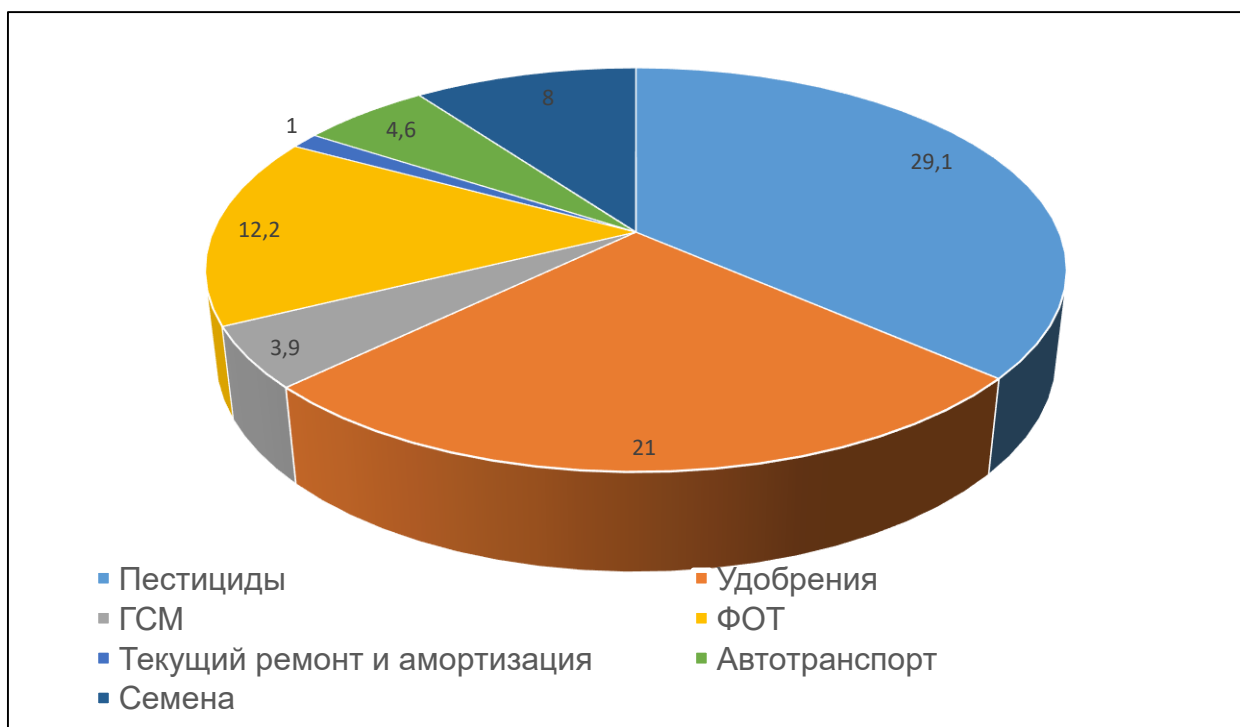


Рисунок 16 – Прямые производственные затраты, руб./га

Фоновые статьи расходов «пестициды» и «семена» составляют 46,4 %. На удобрения приходится 26,3 % – это самая варьируемая статья расходов с «вилкой» от 0,0 до 26,3 %.

На остальные статьи расходов (на которые оказывает влияние прием основной обработки почвы, в том числе и через уровень урожайности, влияющий на стоимость перевозок полученной продукции с поля – расходы на автотранспорт) хоть и приходится 27,3 %, но «вилка вариабельности» у них составляет всего 7,5 % – от 19,8 до 27,3 % (см. прямые производственные расходы на варианте с дисковым лущением и отвальной вспашкой на фоне интенсивной нормы удобрения в $N_{120}P_{120}K_{120}$ – 73921 руб./га против 79936 руб./га).

В связи с этим отмечается варьирование показателя производственных затрат на один гектар в зависимости от варианта опыта в диапазоне от 51135 рублей на дисковом лущении без удобрений до 79936 рублей со вспашкой и интенсивной нормой удобрения в $N_{120}P_{120}K_{120}$. Производственные затраты на контроле со вспашкой без внесения удобрений составили

56651 рублей. Как показывают данные таблицы 23 самые низкие производственные затраты в расчете на один гектар были на варианте с дисковым лушением без внесения удобрений – 51135 рублей.

Внесение удобрений увеличивает стоимость производственных затрат вне зависимости от приема основной обработки почвы на 14 тыс.руб./га по рекомендуемой норме удобрения и на 21 тыс.руб./га при внесении интенсивной нормы удобрения ($N_{120}P_{120}K_{120}$). Т.е., интенсификация технологии влияет на рост производственных затрат.

При расчете экономической эффективности установлено, что стоимость валовой продукции напрямую обусловлена уровнем урожайности культуры и ценой продукции (приложение 75). 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 %.

Дальнейший анализ был проведен нами по уровню рентабельности, который позволяет дать оценку как уровню производственных затрат, так и уровню прибыли. Несмотря возросшие производственные затраты на внесение рекомендованной ($N_{80}P_{80}K_{80}$) нормы удобрения и вывоз дополнительной продукции себестоимость продукции на варианте со вспашкой снизилась на 7,3 %, при увеличении прибыли 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 прибыли на 26,9 %, себестоимость продукции осталась на том же уровне, а уровень рентабельности уменьшился на 8,1 %.

Проведение чизелевания без внесения удобрений обеспечивало получение сопоставимого дохода с одного гектара (по стоимости валовой продукции), как и по варианту вспашки – 106920 рублей против 102300 рублей на контроле. Но достигается это меньшими производственными затратами (52795 против 56651 руб./га на контроле), что обеспечивало получение

продукции с меньшей (на 8,2 %) себестоимостью (самой низкой по опыту) при большей прибыли (на 18,6 %) и уровне рентабельности (на 21,9 % – максимальном по опыту).

Эффективность минеральных удобрений по чизелеванию значительно уступает 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 ($N_{120}P_{120}K_{120}$) нормах 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 %, но существенно ниже контроля (вспашки) – на 12,6 и 13,2 %, соответственно. Себестоимость продукции по чизелеванию при внесении минеральных удобрений только возросла на, соответственно, 15,0 и 16,6 %, в отличие от таковой по вспашке, где отмечалось ее снижение, либо соответствие контролю. Прибыль и уровень рентабельности также снижались при внесении минеральных удобрений на, соответственно, 13,9 и 19,8 %, а также 34,3 и 45,5 %, что ниже даже контроля (вспашка без удобрений).

По сравнению со вспашкой вариант с дисковым лушением (с внесением интенсивной нормы удобрения) является минимальным по опыту, т.к. доход, полученный от валового продукта (77520 руб./га) едва покрывал производственные затраты (73921 руб./га), приводя к минимальной прибыли (3599 руб./га) и уровню рентабельности в 4,9 %. При дисковом лушении в основную обработку почвы, чтоб возделывание сахарной свеклы было рентабельным (51,5 %) необходимо отказаться от удобрений ввиду их неэффективности на данной обработке почвы. Внесение рекомендованной ($N_{80}P_{80}K_{80}$) нормы удобрения обеспечивает только 17,6 % уровня рентабельности.

Таким образом, с экономической точки зрения (по уровню рентабельности и себестоимости продукции гибрида сахарной свеклы Кариока) наиболее целесообразным является вариант с чизелеванием на 30-32 см без внесения удобрений, т.к. именно при этом варианте наблюдается

максимальная отдача от вложенных средств (102,5 копеек на каждый вложенный рубль) при минимальной себестоимости в 1629 руб./т продукции. Для получения максимальной 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 лущение) в технологии выращивания сахарной свеклы экономически неэффективна ввиду отсутствия достаточной прибыли и рентабельности.

4.2 Биоэнергетическая эффективность выращивания сахарной свеклы

Рыночные отношения, пришедшие в России с 90-х годов прошлого века, во многом дискредитировали оценку эффективности производства методами экономического анализа посредством сопоставления затрат труда на гектар и единицу продукции, а также ее себестоимость. К практической оценке привлекаются также параметры затрат, как рентабельность, чистая и валовая прибыль, и т. п., но и на эти признаки конкретное, а в подавляющем большинстве ситуаций серьезное воздействие оказывает цена. В эпоху рыночных взаимоотношений наблюдается диспаритет цен на продукцию сельского хозяйства и цен на слагающие ее такие параметры, как затраты на пестициды, удобрения, технику и топливо. Результатом этого мы видим необходимость в постоянной регулировке рекомендаций для повышения эффективности сельскохозяйственного производства, по наличествующим методам экономической оценки и иллюзорность реального сравнения экономических параметров изучаемых и, особенно, предлагаемых к внедрению в с.-х. товарное производство модификаций полевых опытов для разных, в особенности достаточно отстоящих во времени, этапов. Поэтому в практической действительности с начала 90-х годов прошлого века вышла на

научную арену биоэнергетическая оценка как элементов, так и технологий в целом возделывания сельскохозяйственных культур, которая в реальности позволяет сравнить эффективность изучаемых приемов (Биоэнергетическая оценка..., 2004).

В сельскохозяйственном товарном производстве смысл энергетического анализа заключается в прагматизации энергетических затрат на базе всестороннего рассмотрения трафика энергии как на «входе», так и на «выходе» концепции выращивания полевых культур. При этом, совокупная энергия, расходуемая на образование сельскохозяйственной продукции, априори не должна быть больше полученной с урожаем энергии, которая аккумулирована в ходе фотосинтетической деятельности растений (Орлянский, Орлянская, 2005).

А на фоне интенсификацией производства сельскохозяйственной продукции особенно возрастает роль биоэнергетического анализа в связи с тем, что наличествует факт роста энергоемкости выращивания культурных растений, что, в свою очередь, предлагает составление тщательной сметы энергетических затрат на всех этапах технологических процессов. А данный метод делает возможным более достоверно сделать учет и однородно показать взаимосвязь затрат на производство и полученную продукцию через энергетические эквиваленты (Биоэнергетическая оценка..., 2004).

Что, несомненно, поможет найти и применить на практике наиболее энерго- и ресурсосберегающие технологии для повышения эффективности сельскохозяйственного производства (Архипова, 2004).

С учетом вышесказанного еще в 1994 году В. И. Гребенник разработал «Энергетический анализ сельскохозяйственных технологий» для целей биоэнергетической оценки эффективности возделывания сельскохозяйственных культур (Гребенник, 1994).

Затраты энергии на 1 га максимальными были по вспашке – от 39,8 до 52,4 ГДж. Переход от вспашки к чизелеванию и дисковому лушению приводил к снижению затрат энергии на 1 га в среднем по опыту на 4,4–5,8 %, 11,4–15,1

и 16,6–21,9 %, соответственно в зависимости от фона удобренности (таблица 24).

Таблица 24 – 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 на 1 га, ГДж	Коэффициент энергетической эффективности
Вспашка	Б/удобр. (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/удобрений	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
Дисковое лушение	Б/удобрений	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

Минеральные удобрения в рекомендуемой норме (N₈₀P₈₀K₈₀) в среднем по опыту способствовали увеличению затрат энергии на 1 га посевов сахарной свеклы на 8,4 ГДж/га или в зависимости от приема основной обработки почвы на 21,1 % (по вспашке), 22,4 % (по чизелеванию) и на 24,9 % (по дисковому лушению).

Увеличение нормы минеральных удобрений до интенсивного уровня (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) приводило к росту данного показателя на 12,6 ГДж/га или в зависимости от приема основной обработки почвы на 31,7 % (по вспашке), на 33,6 % (по чизелеванию) и на 37,3 % (по дисковому лушению).

Затраты энергии на 1 тонну корнеплодов сахарной свеклы в целом наименьшими были на варианте со вспашкой – от 10,9 до 1,25 ГДж. Замена отвальной глубокой обработки почвы (вспашки) безотвальным глубоким рыхлением (чизелеванием) способствовала росту затрат энергии на одну тонну корнеплодов сахарной свеклы на 12,3–14,7 %, мелкой обработкой (дисковым лущением) – на 22,4–78,9 %. Исключение: вариант с чизелеванием на неудобренном фоне, где зафиксировано снижение затрат энергии на одну тонну корнеплодов сахарной свеклы на 7,2 %.

Минеральные удобрения способствовали снижению затрат энергии на одну тонну корнеплодов по вспашке на 12,8 и 8,8 % (в основной за счет существенного роста урожайности культуры). На остальных обработках почвы минеральные удобрения приводили к росту затрат энергии на одну тонну корнеплодов: на чизельной обработке – на 7,8 и 10,3 % и по дисковому лущению – на 19,6 и 33,3 %.

Валовая полученная энергия, заключенная в урожае корнеплодов сахарной свеклы, в целом наибольшей была на варианте со вспашкой – от 115,48 до 166,33 ГДж/га. Переход от вспашки к чизелеванию и дисковому лущению приводил к снижению полученной энергии на 1 га в среднем по опыту на 14,6–26,4 и 30,6–50,4, соответственно в зависимости от фона удобренности. Исключение составил вариант с чизельной обработкой почвы на неудобренном фоне, где полученная валовая энергия соответствовала контрольным показателям.

Внесение нормы минерального удобрения по рекомендуемой агротехнологии ($N_{80}P_{80}K_{80}$) в среднем по опыту способствовало увеличению полученной энергии на 1 га посевов сахарной свеклы на глубоких обработках почвы – на 38,0 % по вспашке и на 13,1 % по чизелеванию. На фоне дискового лущения внесение минеральных удобрений по рекомендуемой норме не приводило к изменению данного показателя.

Увеличение нормы минеральных удобрений до интенсивного уровня ($N_{120}P_{120}K_{120}$) приводило к более высокому росту данного показателя на

глубоких обработках почвы – на 44,0 % по вспашке и на 21,0 % по чизелеванию. На фоне дискового лущения внесение по интенсивной норме минеральных удобрений не приводило к изменению данного показателя.

На контроле (без удобрений) наибольшая энергия, заключенная в урожае корнеплодов сахарной свеклы, была получена при проведении в основную обработку почвы глубоких обработок – вспашки и чизелания – 115,48 и 117,26 ГДж/га, соответственно. Проведение мелкой обработки почвы (дискового лущения) приводило к снижению полученной энергии – на 35,36 ГДж/га или на 30,6 %.

На фоне внесения минеральных удобрений по рекомендуемой норме ($N_{80}P_{80}K_{80}$) наибольшая валовая энергия была получена при проведении в основную глубокой отвальной обработки почвы (вспашки) – 159,34 ГДж/га. Проведение глубокой безотвальной обработки почвы (чизелевания) приводило к снижению данного показателя на 26,78 ГДж/га или на 16,8 %. По дисковому лущению отмечено снижение валовой энергии на 75,99 ГДж/га или на 47,8 %.

На фоне внесения интенсивной нормы минеральных удобрений ($N_{120}P_{120}K_{120}$) наибольшая валовая энергия была получена при проведении в основную глубокой отвальной обработки почвы (вспашки) – 166,33 ГДж/га. Проведение глубокой безотвальной обработки почвы (чизелевания) приводило к снижению данного показателя на 24,39 ГДж/га или 14,7 %. По дисковому лущению отмечено снижение валовой энергии на 23,16 т/га или 50,4 %.

На фоне проведения в основную обработку почвы глубокой вспашки внесение минеральных удобрений по рекомендуемой норме ($N_{80}P_{80}K_{80}$) способствовало росту валовой энергии на 43,56 ГДж/га или на 38,0 %. Дальнейшее увеличение нормы минеральных удобрений до интенсивного уровня ($N_{120}P_{120}K_{120}$) приводило к росту данного показателя на 50,85 ГДж/га или на 44,0 %.

На фоне проведения в основную обработку почвы глубокого безотвального рыхления (чизелевания) внесение минеральных удобрений по рекомендуемой норме ($N_{80}P_{80}K_{80}$) способствовало росту валовой энергии на 15,30 ГДж/га или 13,1 %. Дальнейшее увеличение нормы минеральных удобрений до интенсивного уровня ($N_{120}P_{120}K_{120}$) приводило к дальнейшему росту данного показателя на 24,68 ГДж/га или 21,0 %.

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

Чистый энергетический доход на 1 га (приращенная энергия) максимальным получен по вспашке – от 75,68 до 113,93 ГДж. Переход от вспашки к чизелеванию и дисковому лущению приводил к снижению чистого энергетического дохода на 1 га (приращенной энергии) в среднем по опыту на 19,4–22,0 и 63,0–68,3 %, соответственно в зависимости от фона удобренности.

Внесение минеральных удобрений по рекомендуемой норме ($N_{80}P_{80}K_{80}$) в среднем по опыту способствовало увеличению чистого энергетического дохода на 1 га посевов сахарной свеклы на глубоких обработках почвы – на 46,9 % по вспашке и на 8,7 % по чизелеванию. На фоне дискового лущения внесение рекомендуемой нормы минерального удобрения приводило к снижению данного показателя на 11,2 %.

Увеличение нормы минеральных удобрений до интенсивного уровня ($N_{120}P_{120}K_{120}$) приводило к более высокому росту данного показателя на глубоких обработках почвы – на 50,5 % по вспашке и на 15,1 % по чизелеванию. На фоне дискового лущения внесение интенсивной нормы минерального удобрения приводило к еще более сильному снижению данного показателя – на 22,0 %.

Самый высокий коэффициент энергетической эффективности в среднем по опыту мы получили на вариантах с глубокой обработкой почвы с оборотом

пласта (вспашка) – от 2,90 до 3,31. Коэффициент энергетической эффективности на этих вариантах превышал таковой, полученный на вариантах с глубокой обработкой почвы без оборота пласта (чизелевание, 2,83–3,13) и мелкой обработке почвы (дисковое лушение, 1,78–2,37) на 12,0–14,5 и 18,3–43,8 % соответственно. Исключение составил вариант с чизельной обработкой почвы на удобренном фоне, где коэффициент энергетической эффективности был выше контрольного показателя на 7,9 %.

Внесение минеральных удобрений по рекомендуемой норме ($N_{80}P_{80}K_{80}$) способствовало увеличению коэффициента энергетической эффективности только на глубокой обработке почвы с оборотом пласта (вспашке) – на 14,1 %. На всех остальных вариантах обработки почвы внесение рекомендуемой нормы минерального удобрения приводило к снижению данного показателя – на 7,7 % по чизелеванию и на 16,5 % по дисковому лушению.

Увеличение нормы минеральных удобрений до интенсивного уровня ($N_{120}P_{120}K_{120}$) приводило к более сдержанному росту данного показателя на вспашке – только на 9,3 %. На фоне чизелевания и дискового лушения внесение интенсивной нормы минерального удобрения приводило к еще большему снижению коэффициента энергетической эффективности – на 9,6 и 24,9 %.

На контроле (без удобрений) максимальный коэффициент энергетической эффективности был получен при проведении в основную обработку почвы глубоких обработок (вспашки и чизелания) – 2,90 и 3,13, соответственно. Проведение мелкой обработки почвы (дискового лушения) приводило к снижению данного показателя на 18,3 %.

На фоне внесения минеральных удобрений по рекомендуемой норме ($N_{80}P_{80}K_{80}$) максимальный коэффициент энергетической эффективности был получен при проведении в основную обработку почвы вспашки – 3,31. Проведение глубокой безотвальной обработки почвы (чизелевания) приводило к снижению данного показателя на 12,7 %. Проведение мелкой

обработки почвы (дискового лущения) приводило к еще большему снижению данного показателя – на 40,2 %.

На фоне внесения интенсивной нормы минеральных удобрений ($N_{120}P_{120}K_{120}$) максимальный коэффициент энергетической эффективности был получен при проведении в основную обработку почвы глубокой обработки (вспашки) – 3,17. Проведение глубокой безотвальной обработки почвы (чизелевания) приводило к снижению данного показателя на 8,8 %. Проведение мелкой обработки почвы (дискового лущения) приводило к еще большему снижению данного показателя – на 43,8 %.

На фоне проведения в основную обработку почвы глубокой обработки (вспашки) внесение минеральных удобрений по рекомендуемой норме ($N_{80}P_{80}K_{80}$) способствовало росту коэффициента энергетической эффективности на 14,1 %. Дальнейшее увеличение нормы минеральных удобрений до интенсивного уровня ($N_{120}P_{120}K_{120}$) приводило к росту данного показателя на более низком уровне – на 9,3 %.

На фоне проведения в основную обработку почвы глубокого безотвального рыхления (чизелевания) внесение рекомендуемой нормы минеральных удобрений ($N_{80}P_{80}K_{80}$) приводило к снижению данного показателя на 7,7 %. Дальнейшее увеличение нормы минеральных удобрений до интенсивного уровня ($N_{120}P_{120}K_{120}$) приводило к дальнейшему уменьшению данного показателя на 24,3 %.

На фоне проведения в основную обработку почвы мелкой обработки (дискового лущения) внесение минеральных удобрений как по рекомендуемой норме ($N_{80}P_{80}K_{80}$), так и по интенсивной ($N_{120}P_{120}K_{120}$) способствовало уменьшению данного показателя на, соответственно, 16,5 и 24,9 %.

Т.о., по энергетическим показателям наиболее оптимальным в технологии возделывания сахарной свеклы является проведение вспашки в основную обработку почвы. Здесь, не смотря 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.

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 $1,12 \text{ г/см}^3$, 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 $1,28 \text{ г/см}^3$, 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 $24,7 \text{ кг/см}^2$. На варианте с мелкой обработкой почвы (дисковое лушение) он был больше на $39,4 \%$ (на $13,8 \text{ кг/см}^2$), а в конце вегетации разница уменьшилась и составила $8,6 \%$ ($25,1 \text{ кг/см}^2$).

Оптимальные условия возделывания сахарной свеклы в течение всей вегетации по строению пахотного слоя почвы обеспечивают только глубокие обработки почвы на глубину $30\text{--}32$ см – вспашка и чизелевание с общей пористостью $51\text{--}57$ и $50,6\text{--}56,5 \%$ при оптимальном соотношении капиллярной пористости и пористости аэрации (некапиллярной) в $1/1,11$ и $1/1,23$, 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 почвенных агрегатов – вспашке и дисковом лущении. По чизельной обработке снижение было меньшим – до 69,7 %.

Почва в процессе ее обработки подвержена распылению и обладает 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 происходит 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, соответственно, 284 и 281 мм. Минимум продуктивной влаги было 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 лушения 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 (чизелевании), 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 лушении – 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 (N₈₀P₈₀K₈₀) его масса возросла на 68 г (или на 16,9 %) до 471 г, а при внесении интенсивной нормы в (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) – 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 уровне 85,2–86,4 тыс. шт./га и минимальной по дисковому лушению (84,4–85,7 тыс. шт./га). К уборке только по чизелеванию и вспашке количество корнеплодов было оптимальным. При мелкой обработке почвы дисковым лушительником происходит существенное снижение густоты посевов на, соответственно, 12,5–14,0 тыс. шт./га (на 15,7–17,1 %).

Максимальная урожайность сахарной свеклы в опыте получена при проведении глубокой (на 30–32 см) основной обработки почвы с оборотом пласта (вспашки) – 40,63 т/га. Проведение в качестве основной обработки почвы глубокой (на 30–32 см) без оборота пласта (чизелевание) и мелкой

(дисковое лушение на 10–12 см) приводит к снижению ее урожайности на 11,2 и 44,2 %, соответственно. Внесение рекомендуемой нормы минерального удобрения ($N_{80}P_{80}K_{80}$) способствует увеличению урожайности сахарной свеклы на 19, %. Увеличение нормы минеральных удобрений до интенсивного уровня ($N_{120}P_{120}K_{120}$) приводит к росту данного показателя на 24,9 %.

Экономически целесообразным является 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 низких прибыли и рентабельности.

По энергетическим показателям наиболее оптимальным в технологии возделывания сахарной свеклы является проведение вспашки в основную обработку почвы. Здесь, не смотря на большие затраты энергии на 1 га, затраты энергии на 1 тонну продукции минимальны при максимальном объеме полученной энергии, чистом энергетическом доходе (приращенной энергии) и коэффициенте энергетической эффективности. Исключение: в отсутствии 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 чизелание 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;

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев, В. В. Длительные стационары – основа теории и практики агрохимии / В. В. Агеев, А. И. Подколзин // Агрохимический вестник, 2005. – № 4. – С. 5-7.
2. Агроклиматические ресурсы Краснодарского края / Отв. ред.: 3. М. Русеева, Ш. Ш. Народецкая. – Ленинград, Гидрометеиздат, 1975. – 276 с.
3. Агрометеорологический бюллетень Краснодарского края за 2019 сельскохозяйственный год. Краснодарский краевой центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.
4. Агрометеорологический бюллетень Краснодарского края за 2020 сельскохозяйственный год. Краснодарский краевой центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.
5. Агрометеорологический бюллетень Краснодарского края за 2021 сельскохозяйственный год. Краснодарский краевой центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.
6. Адиньяев, Э. Д. Сорняки и меры борьбы с ними : учебник для вузов / Э. Д. Адиньяев, Н. Л. Адаев. – Владикавказ, 2006. – 228 с.
7. Архипова, Н. А. Эффективность применения предпосевной обработки семян стимуляторами роста и микроэлементами в составе вермикомпоста при возделывании кукурузы на силос в условиях Оренбургской области : дисс. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Архипова Надежда Александровна // Российская государственная библиотека : [Офиц. сайт]. – 2004.
8. Афонченко, Н. В. Совершенствование технологии возделывания озимой пшеницы и сахарной свеклы в Черноземье / Н. В. Афонченко // Автореф. дисс...канд. с.-х. наук. – Курск, 2000. – 20 с.
9. Баздырев, Г. И. Почвозащитные технологии и системы применения гербицидов / Г. И. Баздырев // Защита и карантин растений, 2000. – № 4. – С. 17.

10. Баздырев, Г. И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений / Г. И. Баздырев. – М.: КолосС, 2004. – 328 с.

11. Балков, И. Я. В. Как правильно заложить Демонстрационный опыт / И. Я. Балков, В. В. Беляев. – Сахарная свекла, 2009. – № 2.

12. Бардак, Н. И. Влияние агроприемов на изменение объемной массы выщелоченного чернозема в звене севооборота сахарная свекла - озимая пшеница / Н. И. Бардак, А. М. Кравцов, В. В. Терещенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2001. – № 388. – С. 29.

13. Биоэнергетическая оценка агротехнических приёмов и ресурсосберегающих технологий в растениеводстве / И. Т. Трубилин, Н. Г. Малюга, А. Г. Прудников и др. – Краснодар: КубГАУ, 1995. – 65 с.

14. Биоэнергетическая оценка технологии производства продукции растениеводства: методические указания для агрономических специальностей вузов / Сост. И. П. Барабаш, Т. Л. Верёвкина. – Ставрополь : изд-во «АГРУС», 2004. – 24 с.

15. Блажний, Е. С. Почвы равнинной и предгорностепной части Краснодарского края. Тр. Кубанского СХИ. – Вып. 4 (32). – Краснодар, 2008. – Т. 58. – С. 14–16.

16. Божко, Е. П. Система обработки почвы и удобрений в зернопропашном севообороте / Е. П. Божко, С. И. Баршадская, Л. Н. Вышегородцева // Земледелие, 2005. – № 5. – С.12–13.

17. Борин, А. А. Обработка почвы и урожайность культур севооборота / А. А. Борин // Земледелие, 2009. – № 7. – С.22–23.

18. Дорожко, Г. Р. Развитие земледелия Ставрополя / Г. Р. Дорожко, О. И. Власова, В. С. Цховребов // сб. науч. статей по матер. V Междунар. науч. конф. СтГАУ. – Ставрополь, 2017. – С. 249-251.

19. Боронтов, О. К. Вынос элементов питания и урожайность сахарной свеклы в зависимости от агротехнических приемов и метеорологических условий в ЦЧР / О.К. Боронтов, П.А. Косякин, Е.Н. Манаенкова // Сахарная

свекла, 2018. – № 4. – С. 18-21.

20. Бражник, А. П. Влияние органических и минеральных удобрений на продуктивность сахарной свеклы в условиях недостаточного увлажнения Западного Предкавказья / А. П. Бражник // Автореф. дисс...канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2009. – 24 с.

21. Вальков, В. Ф. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана: учебник / В. Ф. Вальков, Ю. Н. Штомпель, И. Т. Трубилин и др. // Изд-во СКНЦ ВШ, Ростов н/Д. – 1996. – 191с.

22. Гаврин, Д. С. Влияние внекорневых подкормок хелатными микроудобрениями на урожайность и качество семян гибридов сахарной свеклы / Д. С. Гаврин // Автореф. дисс...канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2017. – 24 с.

23. Гаркуша, С. В. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от удобрения на обыкновенном черноземе Западного Предкавказья / С. В. Гаркуша // Автореф. дисс...канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2002. – 24 с.

24. Гаркуша, С. В. Агроэкологические аспекты повышения продуктивности сахарной свеклы и колосовых культур на черноземах Западного Предкавказья / С. В. Гаркуша // Автореф. дисс...докт. с.-х. наук. – Краснодар, 2006. – 40 с.

25. Гаркуша, С. В. Изменение агрофизических свойств чернозема обыкновенного и урожайность подсолнечника в зависимости от способа основной обработки почвы в зернопропашном севообороте / С. В. Гаркуша, Е. П. Божко, А. П. Петряков, В. Н. Самодуров // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур, 2013. – № 153–154. – С. 62–69.

26. Гармашов, В. М. Засоренность посевов при различных способах обработки почвы в зернопропашном севообороте / В. М. Гармашов, А. Ф. Виттер // Земледелие, 2008. – № 5. – С. 37–38.

27. Гвоздев, Н. В. Влияние удобрений и мелиорантов на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы / Н. В. Гвоздев // Автореф. дисс...канд. с.-х. наук. – Каменная степь, 2005. – 24 с.
28. Гедройц, К. К. Избранные сочинения / К. К. Гедройц. – М. : Сельхозгиз, 1955. – Т. 1 – 560 с.
29. Гедройц, К. К. Избранные сочинения / К. К. Гедройц. – М. : Сельхозгиз, 1955. – Т. 2 – 616 с.
30. Гедройц, К. К. Избранные сочинения. Т. I–III / К. К. Гедройц. – М. : Сельхозгиз, 1955. – Т. 3 – 560 с.
31. Гнатовский, В. М. Технологические приемы выращивания подсолнечника в острозасушливой зоне алтайского края / Гнатовский В.М., Лихачёв Н.И., Назаренко П.Н., Мицурин А.М., Кириллов С.С., Кравченко В.И., Пургин Д.В. // Достижения науки и техники АПК, 2008. – № 11. – С. 18-21.
32. Горбунов, Н. Н. Продуктивность, качество и сохранность корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от пред-предшественников и основного минерального питания: автореф.дис. ... к.с.-х.н. / Н. Н. Горбунов. – Воронеж, 2004. – 24 с.
33. Гребенник, В.И. Энергетический анализ сельскохозяйственных технологий : курс лекций / В.И. Гребенник. – Ставрополь, 1994. – 103 с.
34. Гродзиский, А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление : изб. Труды / А. М. Гроздинский. – Киев : Наук. думка, 1991. – 432 с.
35. Дегтярева, И. А. Микробиологические и агрофизические критерии экологической устойчивости почвы и эффективности почвозащитных технологий / И. А. Дегтярева, М. М. Ильясов, Д. С. Дмитричева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана, 2011. – № 207. – С. 170–177.
36. Даскин, В. Ю. Эффективность листовых подкормок сахарной свеклы интермагами на разных фонах удобренности и применения гербицидов / В. Ю. Даскин // Дисс...канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2014. – 144 с.

37. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – Москва: Альянс, 2014. – 356 с.
38. Дорожко, Г. Р. Изучение агрофизических свойств почвы : методические указания / Г. Р. Дорожко, В. М. Передериева, О. И. Власова, А. И. Тивиков, И. А. Вольтерс. – Ставрополь : АГРУС, 2008. – 36 с.
39. Дояренко, А. Г. Факторы жизни растений / А. Г. Дояренко. – М.: Колос, 1986. – 280 с.
40. Дьяков, Д. А. Влияние метеорологических условий, основной обработки почвы и удобрений на продуктивность сахарной свеклы / Д. А. Дьяков // Автореф. дисс... канд. с.-х. наук. – Рамонь, 2017. – 25 с.
41. Елфимов, М. Н. Влияние основной обработки почвы, удобрений и культур плодосменного севооборота на агрофизические свойства чернозема выщелоченного в ЦЧР / М. Н. Елфимов // Автореф. дисс... канд. с.-х. наук. – Рамонь, 2019. – 25 с.
42. Ерезенко, Е. Е. Изменение агрохимических свойств чернозема выщелоченного Западного Предкавказья при длительном сельскохозяйственном использовании / Е. Е. Ерезенко // Автореф. дисс... канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2009. – 22 с.
43. Еськов, С. В. Сравнительная оценка продуктивности посевов масличных культур в Крыму / С. В. Еськов, О. В. Еськова // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: Сельскохозяйственные науки, 2013. – № 157. – С. 21–27.
44. Жидков, В. М. Способы основной обработки почвы и эффективность применения гербицидов при выращивании подсолнечника / В. М. Жидков, А. Н. Гришичкин // Аграрная наука, 2011. – № 6. – С. 20–21.
45. Жуковский, А. С. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений / А. С. Жуковский // Автореф. дисс... канд. с.-х. наук. – Белгород, 2004. – 22 с.
46. Закшевский, В. Г. Прогнозирование развития размещения сахарной

свеклы в регионах/ В.Г. Закшевский, В.Ф. Печеневский // Сахарная свекла, 2017. – № 3. – С 22-23.

47. Заришняк, А.С. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от системы органоминерального удобрения / А.С. Заришняк, В.В. Иванина, Н.К. Шиманская / Вестник аграрной науки, 2011. – № 10. – С.17.

48. Зеленский, Н. А. Урожайность подсолнечника в зависимости от сроков посева / Н. А. Зеленский, И. А. Келигов // Достижения науки и техники АПК, 2009. – № 3. – С. 35–36.

49. Значение научных идей В. В. Докучаева для борьбы с засухой и эрозией в лесостепных и степных районах СССР [Текст] : [Сборник статей] / [Отв. ред. акад. И. П. Герасимов] ; Акад. наук СССР. Ин-т географии. - Москва : Изд-во Акад. наук СССР, 1955. – 184 с., 1 л. портр. : ил.; 20 см.Ильясов, М. М. Засоренность посевов в зависимости от систем основной обработки почвы / М. М. Ильясов, А. Х. Яппаров // Плодородие, 2010. – №2. – С.48–49.

50. 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.

51. 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.

52. 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.

53. Калинин, О. С. Влияние основной обработки почвы на урожайность сахарной свеклы / О. С. Калинин, Р. В. Кравченко // В книге: Год науки и технологий 2021. Сборник тезисов по материалам Международной

конференции. Отв. за выпуск А. Г. Коцаев. – Краснодар, 2021. – С. 406.

54. 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.

55. Качинский, Н. А. Структура почвы / Н. А. Качинский / М.: Изд-во МГУ, 1963. – 99 с.

56. Костин, В. И. Внекорневая подкормка агрофитоценоза сахарной свеклы и технологические качества корнеплодов / Костин В. И., Ф. А. Мударисов, С. Н. Решетникова, И. Т. Гусева // Сахарная свекла, № 3. – 2020. – С. 26-29.

57. Кравченко, Р. В. Рентабельность производства продукции растениеводства : методические указания / Р. В. Кравченко, Е. А. Андреев, – Ставрополь : АГРУС, 2006. – 88 с.

58. Кравченко, Р. В. Влияние основной обработки на агрофизические свойства почвы в технологии возделывания сахарной свеклы / Р. В. Кравченко, А. В. Загорулько, О. С. Калинин // Труды КубГАУ, 2019. – № 81. – С.97-102.

59. 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.

60. 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.

61. 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.

62. Кравченко, Р. В. Влияние обработки почвы на агрофизические свойства почвы под посевами кукурузы / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, В. И. Прохода, Д. Б. Габараев // Труды КубГАУ, 2021. – № 93. – С.131-136.

63. Кравченко, Р. В. Влияние основной обработки почвы по предшественнику сахарная свекла на ее агрофизические показатели под посевами озимой пшеницы / Р. В. Кравченко, С. С. Терехова, Д. С. Гречищев / Труды КубГАУ, 2022. – № 96 (3). – С.123-128.

64. Кравченко, Р. В. Влияние основной обработки почвы на агрофизические показатели почвы под посевами озимой пшеницы / Р. В. Кравченко, С. С. Терехова, Н. И. Бардак, Д. С. Гречищев / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2022. – № 176. – С.96-107.

65. Кравцов, А. М. Агроэкологические основы технологий выращивания сахарной свеклы и озимой пшеницы в зернотравянопропашном севообороте на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья 2000 / А. М. Кравцов // Автореф. дисс... докт. с.-х. наук. – Краснодар, 2000. – 40 с.

66. Логвинов, А. В. Экономическая эффективность производства сахарной свеклы по вариантам основной обработки почвы / А. В. Логвинов, В. А. Логвинов, А. Г. Шевченко, Д. Н. Записоцкий, А. В. Моисеев, В. В. Моисеев // Успехи современного естествознания, 2016. – № 3. – С. 85-89.

67. Логвинов, А. В. Продуктивность гибридов сахарной свеклы Кубанской селекции / А. В. Логвинов, В. Н. Мищенко, В. А. Логвинов, А. А. Плешаков, С. В. Пацкова, Ю. В. Жабатинская, А. Н. Стерлев // Сахарная свекла, 2020. – №2. – С. 14-18.

68. Логвинов, А. В. Особенности выращивания гибридов сахарной свёклы в условиях засухи / А. В. Логвинов, В. Н. Мищенко, В. А. Логвинов, А. Г. Шевченко, А. А. Шувалов, Н. В. Батракова, В. В. Моисеев // Сахарная свёкла, 2020. – № 7. – С.16-21.

69. Лукомец, В. М. Интегрированная защита подсолнечника / В. М. Лукомец, В. Т. Пивень, Н. М. Тишков // Защита и карантин растений, 2011. – № 2. – С. 50–56.

70. Лучинский, С. И. Доминирующие сорняки и их вредоносность в посевах подсолнечника / С. И. Лучинский, Т. В. Князева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2010. – № 58. – С. 457–469.

71. Лучинский, С. И. Амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia*) и её вредоносность в посевах подсолнечника в зависимости от фона минерального питания / С. И. Лучинский, В. С. Лучинский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2010. – № 58. – С. 410–419.

72. Любченко, А. Ю. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от приемов выращивания на черноземе выщелоченном Западного предкавказья / А. Ю. Любченко // Автореф. дисс...канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2011. – 24 с.

73. Макаров. И. П. Ресурсосберегающие системы обработки почвы / И. П. Макаров // Сборник научных трудов. – М., 2015.

74. Маковеев, А. В. Влияние различных способов основной обработки почвы на её агрофизические свойства и продуктивность подсолнечника / А. В. Маковеев, Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, Е. Г. Поливара // Труды КубГАУ, 2022. – № 94. – С.108-113.

75. Малютина, Н. Л. Планирование урожайности сахарной свеклы на основе расчета доз минеральных удобрений в условиях неустойчивого увлажнения Краснодарского края / Н. ИЛ. Малютина // Автореф. дисс...канд. с.-х. наук. – Рамонь, 2006. – 23 с.

76. Мамаева, Г. Г. Сравнительная оценка влияния способа обработки почвы (глубокое рыхление, нулевая и др.) в системе озимая пшеница – парна физические свойства почв в условиях шт. Небраска, США : Результаты

многолетних полевых опытов / Г. Г. Мамаева // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал, 2002. – № 4. – С. 885.

77. Мамсиров, Н. И. Оптимизация технологических приемов возделывания сахарной свеклы в предгорной зоне КБР / Н. И. Мамсиров // Автореф. дисс...канд. с.-х. наук. – Нальчик, 2004. – 22 с.

78. Манейлов, В. В. Обработка почвы в Пензенской области / В. В. Манейлов, С. В. Богомазов // Земледелие, 2005. – № 4. – С. 12-13.

79. Манейлов, В. В. Зябь в севообороте – основа эффективного земледелия / В. В. Манейлов, С. В. Богомазов // В сборнике: Роль почв в сохранении устойчивости ландшафтов и ресурсосберегающее земледелие. Материалы Международной научно-практической конференции, 2005. – С. 119-122.

80. Мансуров, Р. Ресурсосберегающие технологии – основа решения многих проблем земледелия / Р. Мансуров // Главный агроном, 2010. – № 9. – С. 15–16.

81. Медведев, Г. А. Влияние приемов основной обработки почвы на урожайность гибридов подсолнечника на каштановых почвах Волгоградской области / Г. А. Медведев, Н. Г. Екатериничева, С. И. Камышанов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : Наука и высшее профессиональное образование, 2010. – № 2. – С. 38–42.

82. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Под ред. М. А. Федина // Общая часть. – Москва, 1985. – Вып. 1. – 263 с.

83. Методические рекомендации по определению экономической эффективности использования научных разработок в земледелии. – Краснодар, 1986. – 61 с.

84. Методические указания по организации производственных испытаний гибридов сахарной свёклы / И.В. Апасов, И.И. Бартнев, Л.Н. Путилина, М.А. Смирнов, Д.С. Гаврин, И.А. Алименко, Е.В. Козлов – Рамонь: ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова», 2016. – 38 с.

85. Минакова, О. А Поступление, вынос и баланс токсичных элементов в севообороте с сахарной свеклой в ЦЧР / О. А. Минакова, Л. В. Александрова, Д. А. Куницын, Т. Н. Подвигина и др. // Сахарная свекла, 2018. – №2. – С. 24-27.

86. Минакова, О.А. Длительное внесение удобрений – основа повышения продуктивности и технологического качества корнеплодов / О.А. Минакова, Л.Н. Путилина, Л.В. Александрова и др.// Сахарная свекла, 2020. – № 6. – С. 21-24.

87. Минакова, О. А. Продуктивность гибридов сахарной свеклы отечественной и зарубежной селекции на разных фонах основного удобрения в ЦЧР / О. А. Минакова, Л. В. Александрова, Т. Н. Подвигина // Сахарная свекла, 2020. – № 1. – С. 24-27.

88. Нещадим, Н. Н. Биологические особенности и технология выращивания сахарной свеклы : учеб. пособие / Н. Н. Нещадим, Т. П. Михайлова, Н. Г. Малюга, Г. Ф. Петрик. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – 116 с.

89. Никитин, В. В. Значение отдельных агротехнических факторов в биологизации земледелия / В. В. Никитин, А. Н. Воронин, В. В. Навальнев, А. П. Карабутов // Агрехимия, 2013. – № 8. – С. 53-59.

90. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности / А. А. Ничипорович // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. — М., 1972. — С. 511.

91. Новоселецкий, С. И. Влияние удобрений на рост и урожайность озимой пшеницы сорта Антонина / С. И. Новоселецкий, А. С. Скоробогатова, М. А. Бедирханов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2016. – С. 27-29.

92. Орловский Н. И; Новый метод учета листовой поверхности растений при массовых исследованиях / Н. И. Орловский // Селекция и семеноводство. 1984. - №6.-С. 21-24.

93. Орлянский, Н. А. Биоэнергетическая эффективность выращивания кукурузы на зерно / Н. А. Орлянский, Н. А. Орлянская // Зерновые культуры, 2005. – № 1. – С. 20-21.

94. Пестряков, А. М. На принципах разноглубинности и многовариантности / А. М. Пестряков // Земледелие, 2007. – № 2. – С.19-21.

95. Перегуда, Т. И. Влияние агротехнических приемов на агрофизические свойства дерново-подзолистой слабоглеевой почвы / Т. И. Перегуда, А. Н. Воронин, Б. А. Смирнов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2008. – № 9. – С. 33-36.

96. Пигорев, И. Я. Приемы снижения развития церкоспороза у растений сахарной свеклы / И. Я. Пигорев // В сборнике: Агрэкологические проблемы центрального черноземья. материалы всероссийской научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев, 2004. – С. 176-177.

97. Плескачѳв, Ю. Н. Совершенствование технологии возделывания подсолнечника на южных чернозѳмах Волгоградской области / Ю. Н. Плескачѳв, С. Е. Антонникова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2013. – №12 (110). – С. 12-15.

98. Полевщиков, С. И. Принципы и методы реализации производства сахарной свеклы в Северо-Восточной части Центрально-Черноземной зоны / С. И. Полевщиков // Автореф. дисс...докт. с.-х. наук. – Краснодар, 2005. – 40 с.

99. Полоус, В. С. Минимизация основной обработки почвы в звене зерно-пропашного севооборота / В. С. Полоус // Достижения науки и техники АПК, 2010. – № 12. – С. 24-26.

100. Полоус, В. С. Способы борьбы с сорняками в звене зернопропашного севооборота подсолнечник–озимая пшеница–кукуруза на зерно / В. С. Полоус // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур, 2011. – № 2. – С. 128-133.

101. Поминов, В. А. Эффективность систем и подсистем основной обработки выщелоченного чернозема Северного Зауралья : автореф. дис... канд. с.-х. наук / В. А. Поминов. – Тюмень, 2008. – С. 15.
102. Почвоведение : учеб. пособие / А.И. Горбылева, В.Б. Воробьев, Е.И. Петровский. – Минск, 2012. – 400 с.
103. Почепень, Т. В. Влияние системы обработки почвы и удобрения на плодородие чернозема выщелоченного староорошаемого и продуктивность сахарной свеклы в низменно-западинном агроландшафте Западного Предкавказья / Т. В. Почепень // Автореф. дисс... докт. с.-х. наук. – Краснодар, 2010. – 40 с.
104. Рентабельность производства продукции растениеводства : методические указания / Р. В. Кравченко, Е. А. Андреев. – Ставрополь, 2006. – 88 с.
105. Романенко, А. А. Эффективность различных систем основной обработки почвы под сельскохозяйственные культуры в зернопропашном севообороте / А. А. Романенко, П. П. Васюков, В.М. Кильдюшкин // Достижения науки и техники АПК, 2011. – № 8. – С. 34–36.
106. Рымарь, С. В. Длительное применение различных способов основной обработки и плодородие чернозема обыкновенного / С. В. Рымарь. – Земледелие, 2007. – № 3. – С. 22–23.
107. Рычкова, М. И. Применение способа основной обработки почвы при возделывании озимой пшеницы в условиях чернозёмных эрозионно-опасных склоновых земель / М. И. Рычкова, Е. Н. Нежинская, А. В. Мищенко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2021. – № 5 (91). – С. 27-31.
108. Сабитов, М. М. Эффективность технологий возделывания озимой пшеницы при различных уровнях интенсификации / М. М. Сабитов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2016. – № 1 (50). – С. 41- 46.

109. Смирнов, Б. А. Технология поверхностно-отвальной обработки дерново-подзолистых почв / Б. А. Смирнов // Земледелие, 2009. – № 5 . – С.25–27.

110. Солнцев, П.И. Влияние приемов основной обработки почвы, комплексного применения удобрений и средств защиты растений на продуктивность сахарной свеклы / П.И. Солнцев, Н.К. Шаповалов, Ю.В. Хорошилова и др. // Сахарная свекла, 2018. – № 8. – С. 25-28.

111. Стрижков, Н. И. Влияние различных факторов на формирование видового состава сорняков и уровень засоренности культур в севооборотах Поволжья / Н. И. Стрижков, В. Б. Лебедев, С. Е. Каменченко, Ю. И. Долгополов, Л. Д. Якушева, Г. И. Власенко // Достижения науки и техники АПК, 2010. – № 5. – С. 15–17.

112. Субботин, И. А. Формирование урожая сахарной свеклы в зависимости от приемов возделывания и сортов / И. А. Субботин // Автореф. дисс...канд. с.-х. наук. – Курган, 2005. – 17 с.

113. Сурков, Н. А. Свеклопроизводство : учеб, пособие для студентов сельскохозяйственных вузов / Н. А. Сурков, А. В. Турьяносский, А. А. Хмельницкий и др. // Белгород : Крестьянское дело, 2012. – 160 с.

114. Сухов, А. Н. Агрофизические показатели светло-каштановых почв и их регулирование приемами основной обработки / А. Н. Сухов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : Наука и высшее профессиональное образование, 2011. – №1. – С. 72–78.

115. Сушков, М.Д. Минеральное питание и листовая подкормка сахарной свеклы – залог высокого урожая / М.Д. Сушков // Сахарная свекла, 2016. – №2. – С. 19-22.

116. Тарасенко, Б. И. Обработка почвы: учеб. пособие / Б. И. Тарасенко, А. С. Найденов, Н. И. Бардак, В. В. Терещенко. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 176 с.

117. Татур, И. С. О роли органических удобрений в повышении продуктивности сахарной свеклы и плодородия почвы / И. С. Татур,

А. В. Ботько, М. И. Гуляка, С. Н. Гайтюкевич // Сахарная свекла, 2016. – № 6. – С. 12-14.

118. Трофимова, Т. А. Засоренность посевов сельскохозяйственных культур / Т. А. Трофимова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2010. – № 3. – С. 10-13.

119. Трубилин, И. Т. Некоторые аспекты совершенствования систем земледелия юга России / И. Т. Трубилин, Н. Г. Малюга, В. П. Василько // Труды КубГАУ, 2005 – № 425 (453). – С. 6-32.

120. Уваров, Г.И. Приемы повышения урожайности и качества корнеплодов в Белгородской области /Г.И. Уваров, Н.В. Журавлева, К.Н. Журавлев, В.Д. Соловиченко // Сахарная свекла, 2007. – №2. – С. 22-23.

121. Фисюнов, А. В., Сорные растения / А. В. Фисюнов. – М.: Колос, 1984. – 314 с.

122. Халимбеков, А. Ш. Влияние схем посева, расстояния в ряду и регулятора роста на урожайность свеклы столовой при капельном орошении на луговых почвах республики Дагестан / А. Ш. Халимбеков // Автореф. дисс...канд. с.-х. наук. – Махачкала, 2022. – 23 с.

123. Хрюкина, Е. И. Эффективность смесей гербицидов с регулятором роста растений и удобрений в посевах подсолнечника / Е. И. Хрюкина, М. М. Наумов // Защита и карантин растений, 2013. – № 7. – С. 27-28.

124. Черкасов, Г. Н. Влияние обработки почвы и минеральных удобрений на агрофизические свойства чернозема типичного / Г. Н. Черкасов, Е. В. Дубовик, Д. В. Дубовик, С. И. Казанцев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2011. – Т. 5. – № 5. – С. 39-41.

125. Чурзин, В. Н. Влияние приемов ухода на засоренность и урожайность гибридов подсолнечника на обыкновенных черноземах Ростовской области / В. Н. Чурзин, А. В. Калмыков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование, 2010. – № 1. – С. 61–65.

126. Цвей Я.П. Зависимость качества сахарной свеклы от удобрения и севооборотов / Я.П. Цвей, О.И. Присяжнюк, С.А. Бондарь и др. // Сахарная свекла, 2019. – №6. – С. 13-16.

127. Цховребов, В. С. Влияние различных способов основной обработки на содержание элементов питания и физические свойства каштановых почв / В. С. Цховребов, В. С. Шеховцов, И. О. Лысенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2012. – № 77. – С. 620-630.

128. Шамсутдинова, А.В. Формирование урожайности и качества сахарной свеклы при внесении внекорневой подкормки микроудобрениями / А. В. Шамсутдинова // Сахарная свекла, 2016. – №8. – С.42-44.

129. Шарков, И. Н. Минимизация обработки и ее влияние на плодородие почвы / И. Н. Шарков // Земледелие, 2009. – № 4. – С. 24–27.

130. Шеин, Е. В. Курс физики почв: учебник / Е. В. Шеин. М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.

131. Шеин, Е. В. Агрофизика почв / Е. В. Шеин, В. М. Гончаров. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – С. 21.

132. Шеуджен, А.Х. Питание и удобрение сахароносных культур / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: ГубГАУ, 2013. – 29 с.

133. Штомпель, Ю. А. Практикум по почвоведению (почвы Северного Кавказа) / Ю. А. Штомпель, В. С. Цховребов. – Краснодар: «Советская Кубань», 2003. – 328 с.

134. Шувалов, А. А. Зависимость агрохимических и агрофизических показателей почвы от основной ее обработки в технологии возделывания сахарной свеклы / А. А. Шувалов, Р. В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2020. – № 162. – С. 219-228.

135. Шувалов, А. А. Зависимость водного режима почвы от основной ее обработки в технологии возделывания сахарной свеклы / А. А. Шувалов, Р. В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал

Кубанского государственного аграрного университета, 2020. – № 163. – С. 265-274.

136. Шурупов, В. Г. Влияние способов обработки почвы на засоренность и урожайность масличных культур в севообороте / В. Г. Шурупов, В. С. Полоус // Достижения науки и техники АПК, 2009. – № 2. – С. 43-44.

137. Щукин, С. В. Изменение структурного состояния почвы под действием различных по интенсивности систем обработки, удобрений и гербицидов / С. В. Щукин, А. Н. Воронин, А. М. Труфанов, Б. А. Смирнов // Известия ТСХА, 2007. – № 2. – С. 12-18.

138. Яловой, А. В. Проявление влияния в последнем поле севооборота на подсолнечнике систематического применения основной плоскорезной обработки почвы в условиях ветровых коридоров : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Яловой Александр Васильевич. – Ставрополь, 2004. – 23 с.

139. Caussanel, J. P. La determination des seuils de nuisibilite des mauvaises herbes:methodes d'etudes / J. P. Caussanel, G. Barralis, C. Vacher // *Perspect. agr.* – 1986. – Т. 108. – Р. 58–65.

140. Caussanel, J. P. Nuisibilite et seuils de nuisibilite des mau-vaies herbes dans une culture annuelle: situation de concurrence bis-pecifique / J.P. Caussanel // *Agronomie.* – 1989. – Т. 9. – № 3. – Р. 219–240.

141. Cousens, R. Theory and reality of weed control thresholds / R. Cousens // *Plant Protect.* – 1987. – Т. 2. – № 1. – Р. 13–20.

142. Hurle, K. Integrated management of grass weeds in arable crops // *Proc. /Brighton crop protection conf.-weeds /* – Farnham (Surrey), 1993. – Vol. 1. – P.81–88.

143. Gerhards, R. Teilschlagspezifische, GPS (Globales Positionierungs System) – gelenkte Herbizidapplikation / R. Gerhards // *Mitt. der Ges. Fur Pflanzenbauwiss.* – Giessen, 1997. – Bd. 10. – S. 3–37.

144. Krzymuski, J. Wyznaczanie progów szkodliwosci chwastow za pomoca metod matematycznych / J. Krzymuski, J. Rola, H. Rola, K. Filipiak // Szkodliwosc chwastow segetalnych. – Warszawa, 1988. – S. 67–77.
145. Kuhne, S. Pflanzenschutz im okologischen Landbau / S. Kuhne, M. Jahn, M. Wick, H. Beer. – Braunschweig, 2001. – 52 s.
146. Marshall, E. J. P. Using decision thresholds for the control of grass and broad-leaved weeds at the boxworth / E. J. P. Marshall // E. H. F. Proceedings, 1987. – Vol. 3. – P. 1059–1066.
147. Maxwell, B. D. Expanding economic thresholds by including spatial and temporal weed dynamics / B. D. Maxwell, C. T. Colliver // Proc. / Brighton crop protection conf.-weeds. – Farnham (Sur.), 1995. – Vol. 3. – P. 1069–1076.
148. Oliver, L. R. Principles of weed threshold research / L. R. Oliver // Weed Technol, 1988. – T. 2. – № 4. – P. 398–403.
149. Rahmann, G. Landbauforschung: Sonderheft / G. Rahmann // Bundesmin. fur Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Johann Heinrich von Thunen-Inst., Bundesforschungsinst. fur landliche Raume, Wald und Fischerei (vTI). Ressortforschung fur den Okologischen Landbau Braunschweig, 2011. – H. 346. – 126 s.
150. Snaniforth, R. J. Field and laboratory germination responses of achenes of *Polygonum lapatifolium*, *P. pennsylvanicum* and *P. persicaris* / R. J. Snaniforth, P. B. Cavers // Canad. J. Botan, 1979. – V. 57. – № 8. – P. 877–885.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Характеристика исходного материала

Сахарная свекла, гибрид Кариока. Гибрид сахарной свеклы селекции английской фирмы LION SEEDS LTD – Кариока, внесен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации, в начале 2015 года.

Гибрид получены путем скрещивания диплоидных многокостковых опылителей и однокостковых линий, стерильных по пыльце - МС линия.

Высота растений – средняя. Лист – прямостоячий. Вес листы – 11 % всего веса растения. Листовая пластина – зеленая. Средней интенсивности. Отношение ширины к длине – среднее. Черенок – светло – зеленый. Форма корнеплода – коническая. Окрас корнеплодов – светло-бежевый. Вегетационный период – 175 – 185 дней. Средняя сахаристость – 17-19 %.

Испытания, проведенные в 2013-2014 гг. на государственных сортоучастках (ГСУ) во всех свеклосеющих регионах, показали наличие у гибрида сахарной свёклы Кариока (испытывался как LS1391) устойчивость или толерантность к основным болезням листового аппарата, а также к корневому и корневой гнили. По данным государственной проверки, а также в результате наших опытов в Курской области и Краснодарском крае, поражение корнеплодов корневой гнилью, не превышало 4 %, и было ниже (на 0,5-1,0 %), чем у стандарта, что позволяет говорить об устойчивости этого гибрида к болезни.

Всходы гибрида Кариока при неблагоприятных условиях могут поражаться корневом не более 15-20%. Это количество было сопоставимо (равно или меньше) с поражением корневом адаптивных гибридов, принятых за стандарт. Следовательно, новый гибрид обладает толерантностью к возбудителям болезни, и, при посеве 125 тыс.шт. всхожих семян на 1 га, густота стояния растений будет около 100 тыс. шт., даже при массовом появлении корневом.

По данным государственных испытаний, средний вес корнеплодов Кариока достигает 600-700 грамм и более. Сочетание высокого веса корнеплодов и оптимальной густоты стояния растений позволило получить средний биологический урожай 50-58 т/га (со всех сортоучастков).

В регионах, где этот гибрид был рекомендован: ЦЧР (5), Северо-Кавказский (6), Средне-Волжский (7) урожайность составила 60-68 т/га и более: Кариока - 100 т/га (Мордовия, 2013), Кариока - 114 т/га (Мордовия, 2014).

Гибрид сахарной свёклы Кариока характеризует высокий полевой сбор сахара. Это полностью подтвердили государственные сортоиспытания 2013-2014 годов. Новый гибрид, обладая высокой сахаристостью, в большинстве сравнений опережал (иногда значительно) стандартные гибриды по полевому сбору сахара.

За два года испытаний половина ГСУ предоставила данные по Кариока о сборе сахара около 100 ц/га и более. Эти показатели свидетельствуют об экономической ценности гибридов.

Опыт закладывался в трехкратной повторности, расположение вариантов рендомизированное. Общая площадь делянки составляла 105 м², учетная – 50 м² [3]. Учеты и наблюдения в опыте проводили по методикам Госсортосети.

В программу исследований по блок-компоненту «почва» на посевах изучаемой культуры были включены следующие измерения:

1. Плотность почвы определяли методом патронов (объем патронов – 200 см³) на глубину 0–10, 10–20, 20–30 в следующие периоды: перед посевом, в середине вегетации и перед уборкой. Повторность определения в пахотном слое 3-кратная.

2. Измерение твердости почвы проводились твердомером SC-900 на глубину 30 см в трехкратной повторности: перед посевом, в середине вегетации и перед уборкой.

3. Агрегатный состав и водопрочность почвенных агрегатов определяли методом сухого фракционирования по Н. И. Саввинову в модификации Агрофизического института по слоям: 0–10, 10–20, 20–30 в 3-кратной повторности перед посевом, в середине вегетации и перед уборкой.

4. Влажность почвы и запасы продуктивной влаги определялась термостатно-весовым методом в слое 0–100 см, через 20 см в следующие сроки: перед посевом, в середине вегетации и перед уборкой.

В программу исследований по блок-компоненту «растение» на посевах сахарной свеклы были включены следующие наблюдения, учеты и анализы:

5. Фенологические наблюдения – по «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур». Отмечались следующие фазы вегетации: всходы (или фаза вилочки), появление первой, второй, третьей пары настоящих листьев, смыкания и размыкания листьев в рядах и междурядьях.

6. Густоту стояния растений изучаемых культур – по «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» в сроки:

– после всходов и в конце вегетации.

7. Площадь листовой поверхности растений определяли на 1-е число каждого месяца, начиная с июня до уборки, на 40 постоянно закрепленных растениях по каждому варианту опыта (по 20 из двух несмежных повторений) по методике Н. И. Орловского

8. Определение засоренности посевов определялись по методике ВИЗР и проводили в начале, середине и конце вегетации.

9. Накопление воздушно-сухой массы изучаемых культур определяли в те же сроки, что и площадь листовой поверхности.

10. Учет урожая сахарной свеклы определяли вручную при сплошной уборке учетной площади всех делянок.

11. Статистическая обработка результатов исследований проведена на ВЦ КубГАУ методами корреляционного и дисперсионного анализа (Б. А. Доспехов).

12. Экономическая и биоэнергетическая эффективность изучаемых агроприемов рассчитывали в соответствии с рекомендациями по определению экономической и биоэнергетической эффективности использования научных разработок в земледелии и растениеводстве.

Среднесуточная температура воздуха, °С

Месяц	Средне- многолетние	2019 г.	2020 г.	2021 г.
январь	-1,9	2,7	2,1	0,2
февраль	-0,8	3,8	3,2	7,1
март	4,1	9,1	5,2	8,5
апрель	10,8	14,8	14,3	14,7
май	16,9	17,6	19,5	17,7
июнь	20,5	22,5	22,9	23,4
июль	23,4	27,1	25,8	22,8
август	22,9	25,3	25	27,2
сентябрь	17,5	20,1	20,1	23,2
октябрь	11,7	11,7	14,9	11,1
ноябрь	5,2	5,9	4,5	9,8
декабрь	0,5	4,5	3,8	4,4

Осадки, мм

Месяц	Средне- многолетние	2019 г.	2020 г.	2021 г.
январь	52	65	55	91
февраль	41	52	40	47
март	44	31	64	29
апрель	48	9	5	75
май	60	62	12	62
июнь	68	39	15	176
июль	49	45	36	43
август	43	31	0	28
сентябрь	35	20	89	9
октябрь	48	49	46	83
ноябрь	58	19	62	78
декабрь	65	41	64	52

Приложение 3

Плотность почвы (г/см³) под посевами сахарной свеклы в зависимости от приема основной обработки почвы,
1-я пара настоящих листьев (2019 г.)

Слой почвы, м	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лушение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
0,0–0,1	1,20	1,21	1,23	1,22	1,24	1,23	1,22	1,25	1,24
	1,22			1,23			1,23		
0,1–0,2	1,28	1,31	1,32	1,26	1,27	1,30	1,26	1,28	1,30
	1,30			1,28			1,27		
0,2 -0,3	1,27	1,28	1,30	1,31	1,33	1,33	1,34	1,36	1,36
	1,29			1,33			1,35		
НСР ₀₅	0,03								

Приложение 4

Плотность почвы (г/см³) под посевами сахарной свеклы в зависимости от приема основной обработки почвы,
1-я пара настоящих листьев (2020 г.)

Слой почвы, М	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лушение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
0,0–0,1	1,24	1,26	1,25	1,24	1,26	1,26	1,28	1,30	1,29
	1,25			1,26			1,29		
0,1–0,2	1,32	1,33	1,35	1,31	1,30	1,31	1,33	1,33	1,34
	1,34			1,31			1,34		
0,2 -0,3	1,28	1,29		1,29	1,30	1,30	1,35	1,36	
	1,28			1,29			1,37		
НСП ₀₅	0,03								

Приложение 5

Плотность почвы (г/см³) под посевами сахарной свеклы в зависимости от приема основной обработки почвы,
1-я пара настоящих листьев (2021 г.)

Слой почвы, М	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лушение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
0,0–0,1	1,14	1,14	1,16	1,15	1,16	1,18	1,12	1,15	1,16
	1,15			1,17			1,14		
0,1–0,2	1,16	1,17	1,19	1,17	1,18	1,20	1,17	1,20,	1,23
	1,18			1,19			1,20		
0,2 -0,3	1,25	1,27	1,26	1,27	1,25	1,27	1,24	1,25	1,27
	1,26			1,27			1,26		
НСП ₀₅	0,03								

Приложение 6

Плотность почвы г/см³ в период вегетации сахарной свеклы (смыкание листьев в ряду) в зависимости от приема основной обработки почвы (2019 г.)

Слой почвы, М	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лушение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
0,0–0,1	1,25	1,29	1,30	1,27	1,29	1,34	1,29	1,31	1,36
	1,28			1,30			1,32		
0,1–0,2	1,29	1,30	1,30	1,31	1,34	1,33	1,33	1,33	1,35
	1,30			1,33			1,34		
0,2 -0,3	1,32	1,34	1,34	1,35	1,36	1,35	1,35	1,35	1,39
	1,34			1,36			1,37		
НСП ₀₅	0,03								

Приложение 7

Плотность почвы (г/см³) в период вегетации сахарной свеклы (смыкание листьев в ряду) в зависимости от приема основной обработки почвы (2020 г.)

Слой почвы, М	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лушение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
0,0–0,1	1,29	1,29	1,31	1,31	1,32	1,35	1,33	1,34	1,36
	1,30			1,34			1,35		
0,1–0,2	1,32	1,34	1,36	1,41	1,43	1,40	1,42	1,43	1,43
	1,35			1,41			1,42		
0,2 -0,3	1,31	1,32	1,34	1,33	1,33	1,35	1,36	1,35	1,35
	1,33			1,34			1,36		
НСП ₀₅	0,03								

Приложение 8

Плотность почвы (г/см³) в период вегетации сахарной свеклы (смыкание листьев в ряду) в зависимости от приема основной обработки почвы (2021 г.)

Слой почвы, М	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лушение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
0,0–0,1	1,24	1,26	1,26	1,27	1,30	1,31	1,29	1,29	1,32
	1,25			1,29			1,31		
0,1–0,2	1,27	1,29	1,29	1,28	1,30	1,33	1,31	1,33	1,35
	1,29			1,31			1,34		
0,2 -0,3	1,26	1,27	1,31	1,27	1,29	1,29	1,32	1,32	1,35
	1,29			1,29			1,34		
НСП ₀₅	0,03								

Приложение 9

Плотность почвы (г/см³) перед уборкой сахарной свеклы (техническая спелость) в зависимости от приема основной обработки почвы (2019 г.)

Слой почвы, М	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лушение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
0,0–0,1	1,33	1,36	1,36	1,35	1,36	1,38	1,37	1,37	1,39
	1,35			1,37			1,38		
0,1–0,2	1,40	1,46	1,47	1,47	1,49	1,49	1,45	1,47	1,48
	1,45			1,48			1,46		
0,2 -0,3	1,34	1,36	1,38	1,37	1,35	1,36	1,46	1,47	1,49
	1,37			1,37			1,48		
НСП ₀₅	0,03								

Приложение 10

Плотность почвы (г/см³) перед уборкой сахарной свеклы (техническая спелость) в зависимости от приема основной обработки почвы (2020 г.)

Слой почвы, М	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лушение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
0,0–0,1	1,35	1,36	1,38	1,42	1,41	1,41	1,41	1,43	1,42
	1,37			1,41			1,42		
0,1–0,2	1,45	1,47	1,45	1,47	1,49	1,49	1,52	1,51	1,52
	1,46			1,49			1,51		
0,2 -0,3	1,40	1,41	1,37	1,40	1,42	1,41	1,50	1,48	1,49
	1,39			1,40			1,49		
НСП ₀₅	0,03								

Приложение 11

Плотность почвы (г/см³) перед уборкой сахарной свеклы (техническая спелость) в зависимости от приема основной обработки почвы (2021 г.)

Слой почвы, М	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лушение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
0,0–0,1	1,28	1,31	1,31	1,30	1,33	1,34	1,35	1,37	1,37
	1,30			1,33			1,37		
0,1–0,2	1,34	1,36	1,39	1,36	1,37	1,39	1,42	1,43	1,42
	1,37			1,38			1,42		
0,2 -0,3	1,34	1,34	1,36	1,34	1,36	1,36	1,40	1,43	1,42
	1,35			1,36			1,42		
НСП ₀₅	0,03								

Корреляционная зависимость урожайности корнеплодов сахарной свеклы от
плотности почвы

	Плотность почвы (г/см ³) x_i	Урожай- ность, т/га y_i	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$
1	1,24	31,91	-0,05	5,77	0,0025	33,29	-0,289
2	1,25	44,03	-0,04	17,89	0,0016	320,05	-0,716
3	1,26	45,96	-0,03	19,82	0,0009	392,71	-0,595
4	1,28	32,40	-0,01	6,26	0,0001	39,15	-0,063
5	1,29	36,63	0	10,49	0	109,98	0
6	1,27	39,22	-0,02	13,08	0,0004	171,01	-0,262
7	1,30	22,14	0,01	-4,03	0,0001	16,24	-0,04
8	1,29	23,03	0	-3,13	0	9,69	0
9	1,30	22,80	0,01	-3,43	0,0001	11,18	-0,031
10	1,36	4,66	0,07	-21,48	0,0049	461,52	-1,5
11	1,35	5,36	0,06	-20,78	0,0036	431,93	-1,25
12	1,34	5,58	0,05	-20,56	0,0025	422,84	-1,28
Σ	15,53	313,72	0,05	-0,1	0,0167	2419,59	-6,026
$\sqrt{\Sigma 0^2}$					0,129	49,19	

$$\bar{y}=26.143 \quad \sigma_y = 14.83 \quad \bar{x} = 1.29 \quad \sigma_x = 0.039$$

$$r_{xy} = \frac{-6.026}{0.129 \times 49.19} = -0.95$$

Вывод: связь тесная, обратная, близка к функциональной зависимости.

Чем выше плотность почвы, тем меньше урожайность

Уравнение прямой регрессии величины Y на X

$$y = -361.61x + 492.62$$

При изменении плотности почвы в диапазоне 1.29 ± 0.037 ,

урожайность изменяется в диапазоне 26.143 ± 14.83

Приложение 13

Динамика твёрдости почвы в слое 0–30 см в зависимости от приема основной обработки почвы, кг/см² (2019 г.)

Прием основной обработки почвы	Время отбора проб (фаза развития растений сахарной свеклы)		
	после всходов культуры (1-я пара настоящих листьев)	в период вегетации (смыкание листьев в ряду)	перед уборкой (техническая спелость)
Вспашка (к)	10,4	16,5	22,1
Чизелевание	11,8	19,3	24,3
Дисковое лушение	13,2	21,8	26,2
НСР ₀₅	0,12		

Приложение 14

Динамика твёрдости почвы в слое 0–30 см в зависимости от приема основной обработки почвы, кг/см² (2020 г.)

Прием основной обработки почвы	Время отбора проб (фаза развития растений сахарной свеклы)		
	после всходов культуры (1-я пара настоящих листьев)	в период вегетации (смыкание листьев в ряду)	перед уборкой (техническая спелость)
Вспашка (контроль)	11,6	17,2	25,7
Чизелевание	13,3	20,0	27,9
Дисковое лушение	15,7	24,4	27,1
НСР ₀₅	0,13		

Динамика твёрдости почвы в слое 0–30 см в зависимости от приема
основной обработки почвы, кг/см² (2021 г.)

Прием основной обработки почвы	Время отбора проб (фаза развития растений сахарной свеклы)		
	после всходов культуры (1-я пара настоящих листьев)	в период вегетации (смыкание листьев в ряду)	перед уборкой (техническая спелость)
Вспашка (контроль)	8,6	20,0	21,5
Чизелевание	10,3	21,3	21,9
Дисковое лушение	12,5	24,9	21,9
НСР ₀₅	0,11		

Корреляционная зависимость урожайности корнеплодов сахарной свеклы от
твердости почвы

	Плотность почвы (г/см ³) x_i	Урожай- ность, т/га y_i	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x})$ $(y_i - \bar{y})$
1	23,2	31,91	-1.43	5.77	2.05	33.29	-8.25
2	23,1	44,03	-1.53	17.89	2.34	320.05	-27.37
3	23,0	45,96	-1.63	19.82	2.06	392.71	-32.31
4	24,8	32,40	0.17	6.26	0.63	39.15	1.064
5	24,7	36,63	0.07	10.49	0.01	109.98	0.73
6	24,6	39,22	-0.03	13.08	0.001	171.01	-0.39
7	25,2	22,14	0.57	-4.03	0.33	16.24	-2.3
8	25,1	23,03	0.47	-3.13	0.22	9.69	-1.47
9	25,0	22,80	0.37	-3.43	0.14	11.18	-1.3
10	25,7	4,66	1.07	-21.48	1.15	461.52	-22.98
11	25,6	5,36	0.97	-20.78	0.94	431.93	-20.16
12	25,5	5,58	0.87	-20.56	0.76	422.84	-17.89
Σ	295.5	313.72	-0.06	-0.1	10.631	2419.59	-132.624
$\sqrt{\Sigma 0^2}$					3.26	49.19	

$$\bar{y}=26.143 \quad \bar{x}=24.625 \quad \sigma_y = 14.83 \quad \sigma_x = 0.89$$

$$r_{xy} = \frac{-132.624}{3.26 \times 49.19} = -0.82$$

Вывод: связь тесная, обратная.

Чем выше твердость почвы, тем меньше урожайность

Уравнение прямой регрессии величины Y на X

$$y = -12.37x + 330.77$$

При изменении твердости почвы в диапазоне $24.625 \pm 0,89$
урожайность изменяется в диапазоне 26.143 ± 14.83

Приложение 17

Влажность (B_0 , %) и запасы продуктивной влаги ($W_{пр.}$, мм) в зависимости от приема основной обработки почвы в начале вегетации сахарной свеклы, 1 пара настоящих листьев (2019 г.)

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см							
	0-20		20-60		60-100		0-100	
	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм
Вспашка (к)	26,7	31	25,1	129	23,2	127	24,2	256
Чизелевание	25,9	30	24,9	126	23,0	126	23,9	252
Дисковое лушение	23,5	23	24,0	99	22,4	103	24,0	202

Приложение 18

Влажность (B_0 , %) и запасы продуктивной влаги ($W_{пр.}$, мм) в зависимости от приема основной обработки почвы в начале вегетации сахарной свеклы, 1 пара настоящих листьев (2020 г.)

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см							
	0-20		20-60		60-100		0-100	
	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм
Вспашка (к)	25,7	30	24,9	126	21,2	104	23,0	25,7
Чизелевание	27,9	34	25,1	128	20,5	102	22,7	27,9
Дисковое лушение	22,1	19	23,0	114	19,8	83	21,4	22,1

Приложение 19

Влажность (B_0 , %) и запасы продуктивной влаги ($W_{пр.}$, мм) в зависимости от приема основной обработки почвы в начале вегетации сахарной свеклы, 1 пара настоящих листьев (2021 г.)

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см							
	0-20		20-60		60-100		0-100	
	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм
Вспашка (к)	27,7	34	26,1	152	23,2	127	24,6	255
Чизелевание	25,9	30	25,9	149	23,5	126	23,4	252
Дисковое лушение	22,5	19	24,0	122	22,4	105	23,2	221

Приложение 20

Влажность (B_0 , %) и запасы продуктивной влаги ($W_{пр.}$, мм) в зависимости от приема основной обработки почвы, середина вегетации (период смыкания рядков) сахарной свеклы (2019 г.)

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см							
	0-20		20-60		60-100		0-100	
	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм
Вспашка (к)	18,4	9	16,2	16	19,4	55	18,0	70
Чизелевание	18,6	10	16,5	20	17,3	58	18,8	77
Дисковое лушение	20,1	14	18,8	22	19,8	59	18,9	87

Приложение 21

Влажность (B_0 , %) и запасы продуктивной влаги ($W_{пр.}$, мм) в зависимости от приема основной обработки почвы, середина вегетации (период смыкания рядков) сахарной свеклы (2020 г.)

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см							
	0-20		20-60		60-100		0-100	
	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм
Вспашка (к)	15,9	5	15,7	9	16,9	22	16,7	42
Чизелевание	16,0	6	16,0	10	16,9	22	16,5	40
Дисковое лушение	16,5	11	16,8	12	16,2	20	16,3	38

Приложение 22

Влажность (B_0 , %) и запасы продуктивной влаги ($W_{пр.}$, мм) в зависимости от приема основной обработки почвы, середина вегетации (период смыкания рядков) сахарной свеклы (2021 г.)

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см							
	0-20		20-60		60-100		0-100	
	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм
Вспашка (к)	18,8	10	17,0	20	19,8	82	18,4	92
Чизелевание	19,1	11	18,2	19	20,3	88	18,5	94
Дисковое лушение	21,6	14	17,4	29	20,9	92	18,9	115

Приложение 23

Влажность (B_0 , %) и запасы продуктивной влаги ($W_{пр.}$, мм) в зависимости от приема основной обработки почвы перед уборкой (2019 г.)

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см							
	0-20		20-60		60-100		0-100	
	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм
Вспашка (к)	14,2	-	17,1	26	16,8	17	16,9	44
Чизелевание	14,6	-	17,5	34	16,9	19	18,3	54
Дисковое лушение	15,2	-	18,2	37	16,7	28	19,2	66

Приложение 24

Влажность (B_0 , %) и запасы продуктивной влаги ($W_{пр.}$, мм) в зависимости от приема основной обработки почвы перед уборкой (2020 г.)

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см							
	0-20		20-60		60-100		0-100	
	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм
Вспашка (к)	14,2	-	17,0	20	14,9	14	16,0	33
Чизелевание	14,6	-	17,4	28	15,0	14	17,4	41
Дисковое лушение	15,2	-	17,5	30	16,3	21	17,9	51

Приложение 25

Влажность (B_0 , %) и запасы продуктивной влаги ($W_{пр.}$, мм) в зависимости от приема основной обработки почвы перед уборкой (2021 г.)

Прием основной обработки почвы	Слой почвы, см							
	0-20		20-60		60-100		0-100	
	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм	B_0 , %	$W_{пр.}$, мм
Вспашка (к)	14,2	-	17,8	29	16,9	20	17,5	49
Чизелевание	14,6	-	18,1	38	17,0	21	18,9	61
Дисковое лушение	15,2	-	18,9	41	17,9	32	19,6	72

Приложение 26

Динамика водопрочности агрегатного состава почвы под посевами сахарной свеклы в зависимости от приема ее обработки, % (2019 г.)

Прием основной обработки почвы	Время отбора проб (фаза развития растений сахарной свеклы)		
	после всходов культуры (1-я пара настоящих листьев)	в период вегетации (смыкание листьев в ряду)	перед уборкой (техническая спелость)
Вспашка (контроль)	54,2	56,7	60,3
Чизелевание	63,4	67,1	68,0
Дисковое лушение	56,5	75,9	72,5

Приложение 27

Динамика водопрочности агрегатного состава почвы под посевами сахарной свеклы в зависимости от приема ее обработки, % (2020 г.)

Прием основной обработки почвы	Время отбора проб (фаза развития растений сахарной свеклы)		
	после всходов культуры (1-я пара настоящих листьев)	в период вегетации (смыкание листьев в ряду)	перед уборкой (техническая спелость)
Вспашка (контроль)	53,7	55,5	57,3
Чизелевание	54,5	57,7	62,0
Дисковое лушение	55,9	59,7	69,4

Приложение 28

Динамика водопрочности агрегатного состава почвы под посевами сахарной свеклы в зависимости от приема ее обработки, % (2021 г.)

Прием основной обработки почвы	Время отбора проб (фаза развития растений сахарной свеклы)		
	после всходов культуры (1-я пара настоящих листьев)	в период вегетации (смыкание листьев в ряду)	перед уборкой (техническая спелость)
Вспашка (контроль)	57,2	58,9	58,3
Чизелевание	55,2	58,2	62,3
Дисковое лушение	52,6	64,8	62,4

Динамика структурно-агрегатного состава почвы в пахотном слое под
посевами сахарной свеклы после вспашки (2019 г.)

Срок отбора	Норма удобрения	Агрегаты размером			Коэффициент структурности
		0,25–10 мм	более 10 мм	менее 0,25 мм	
Начало вегетации (1 пара настоящих листьев)	Б/уд (контроль)	68,4	16,1	15,5	2,03
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	67,4	14,7	17,9	
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	66,2	13,3	20,5	
	<i>среднее</i>	<i>67,1</i>	<i>15,0</i>	<i>17,9</i>	
Середина вегетации (смыкание листьев в ряду)	Б/уд (контроль)	63,8	17,6	18,6	1,70
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	62,2	16,9	20,9	
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	63,9	14,8	21,3	
	<i>среднее</i>	<i>63,3</i>	<i>16,5</i>	<i>20,2</i>	
Перед уборкой (техническая спелость)	Б/уд (контроль)	59,2	17,3	23,5	1,57
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	61,0	16,7	22,3	
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	60,2	16,5	23,3	
	<i>среднее</i>	<i>61,1</i>	<i>16,9</i>	<i>22,0</i>	
НСР ₀₅		2,0			

Динамика структурно-агрегатного состава почвы в пахотном слое под
посевами сахарной свеклы после вспашки (2020 г.)

Срок отбора	Норма удобрения	Агрегаты размером			Коэффициент структурности
		0,25–10 мм	более 10 мм	менее 0,25 мм	
Начало вегетации (1 пара настоящих листьев)	Б/уд (контроль)	70,3	19,3	10,4	2,25
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	70,1	17,6	12,3	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	68,8	16,9	14,3	
	<i>среднее</i>	<i>70,0</i>	<i>17,9</i>	<i>13,1</i>	
Середина вегетации (смыкание листьев в ряду)	Б/уд (контроль)	67,3	20,2	12,5	2,06
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	64,2	19,4	14,4	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	68,1	16,9	15,0	
	<i>среднее</i>	<i>67,4</i>	<i>18,8</i>	<i>13,8</i>	
Перед уборкой (техническая спелость)	Б/уд (контроль)	64,0	20,9	13,1	1,86
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	64,8	19,2	16,0	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	63,9	19,3	16,8	
	<i>среднее</i>	<i>64,9</i>	<i>19,4</i>	<i>15,4</i>	
НСР ₀₅		2,1			

Динамика структурно-агрегатного состава почвы в пахотном слое под
посевами сахарной свеклы после вспашки (2021 г.)

Сроки отбора	Норма удобрения	Агрегаты размером			Коэффициент структурности
		0,25–10 мм	более 10 мм	менее 0,25 мм	
Начало вегетации (1 пара настоящих листьев)	Б/уд (контроль)	78,4	10,1	15,5	2,35
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	77,4	11,9	17,9	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	77,2	10,4	20,5	
	<i>среднее</i>	<i>77,0</i>	<i>10,8</i>	<i>12,2</i>	
Середина вегетации (смыкание листьев в ряду)	Б/уд (контроль)	66,3	13,8	19,9	1,87
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	66,2	14,2	19,6	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	65,7	14,2	20,1	
	<i>среднее</i>	<i>65,2</i>	<i>18,7</i>	<i>16,1</i>	
Перед уборкой (техническая спелость)	Б/уд (контроль)	68,8	15,2	16,0	1,70
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	62,9	16,0	21,1	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	62,2	16,4	21,4	
	<i>среднее</i>	<i>63,0</i>	<i>16,2</i>	<i>20,8</i>	
НСР ₀₅		2,1			

Динамика структурно-агрегатного состава почвы в пахотном слое под посевами сахарной свеклы на чизельной обработке (2019 г.)

Сроки отбора	Норма удобрения	Агрегаты размером			Коэффициент структурности
		0,25–10 мм	более 10 мм	менее 0,25 мм	
Начало вегетации (1 пара настоящих листьев)	Б/уд (контроль)	75,9	15,0	9,9	2,84
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	74,0	14,4	11,6	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	72,1	14,3	13,6	
	<i>среднее</i>	<i>74,0</i>	<i>14,5</i>	<i>12,9</i>	
Середина вегетации (смыкание листьев в ряду)	Б/уд (контроль)	73,4	13,7	12,9	2,57
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	72,5	13,6	13,9	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	70,1	15,6	14,3	
	<i>среднее</i>	<i>72,0</i>	<i>14,3</i>	<i>13,7</i>	
Перед уборкой (техническая спелость)	Б/уд (контроль)	72,5	15,1	12,4	2,44
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	72,1	15,1	12,8	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	68,4	17,5	14,1	
	<i>среднее</i>	<i>71,0</i>	<i>15,9</i>	<i>13,1</i>	
НСР ₀₅		2,0			

Динамика структурно-агрегатного состава почвы в пахотном слое под посевами сахарной свеклы на чизельной обработке (2020 г.)

Сроки отбора	Норма удобрения	Агрегаты размером			Коэффициент структурности
		0,25 – 10 мм	более 10 мм	менее 0,25 мм	
Начало вегетации (1 пара настоящих листьев)	Б/уд (контроль)	72,0	18,8	9,2	2,4
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	70,6	19,1	10,3	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	69,8	19,2	11,0	
	<i>среднее</i>	<i>70,8</i>	<i>19,0</i>	<i>10,2</i>	
Середина вегетации (смыкание листьев в ряду)	Б/уд (контроль)	68,4	19,9	11,5	2,2
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	68,7	20,1	11,2	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	68,5	19,3	12,2	
	<i>среднее</i>	<i>68,6</i>	<i>19,9</i>	<i>11,5</i>	
Перед уборкой (техническая спелость)	Б/уд (контроль)	68,8	20,1	11,1	2,1
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	68,5	20,5	11,0	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	67,3	20,8	11,9	
	<i>среднее</i>	<i>68,2</i>	<i>20,5</i>	<i>11,3</i>	
НСР ₀₅		2,1			

Динамика структурно-агрегатного состава почвы в пахотном слое под посевами сахарной свеклы после чизельной обработке (2021 г.)

Сроки отбора	Норма удобрения	Агрегаты размером			Коэффициент структурности
		0,25 – 10 мм	более 10 мм	менее 0,25 мм	
Начало вегетации (1 пара настоящих листьев)	Б/уд (контроль)	73,5	17,7	8,8	2,61
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	72,1	18,5	9,4	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	71,3	18,4	10,3	
	<i>среднее</i>	<i>72,3</i>	<i>18,2</i>	<i>9,5</i>	
Середина вегетации (смыкание листьев в ряду)	Б/уд (контроль)	70,9	19,4	9,7	2,39
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	70,2	19,1	10,7	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	70,4	18,5	11,1	
	<i>среднее</i>	<i>70,5</i>	<i>19,0</i>	<i>10,5</i>	
Перед уборкой (техническая спелость)	Б/уд (контроль)	70,3	19,9	9,8	2,40
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	70,0	20,4	9,6	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	68,8	20,3	10,9	
	<i>среднее</i>	<i>69,7</i>	<i>20,2</i>	<i>10,5</i>	
НСР ₀₅		2,1			

Динамика структурно-агрегатного состава почвы в пахотном слое под
посевами сахарной свеклы после дискового лушения (2019 г.)

Сроки отбора	Норма удобрения	Агрегаты размером			Коэффициент структурности
		0,25–10 мм	более 10 мм	менее 0,25 мм	
Начало вегетации (1 пара настоящих листьев)	Б/уд (контроль)	64,9	15,9	19,2	1,89
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	66,1	15,3	18,6	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	65,4	15,2	19,4	
	<i>среднее</i>	<i>65,5</i>	<i>15,5</i>	<i>19,0</i>	
Середина вегетации (смыкание листьев в ряду)	Б/уд (контроль)	63,5	16,3	20,2	1,72
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	63,1	16,2	20,7	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	63,1	18,4	18,5	
	<i>среднее</i>	<i>62,9</i>	<i>16,9</i>	<i>20,2</i>	
Перед уборкой (техническая спелость)	Б/уд (контроль)	63,4	16,0	20,6	1,68
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	63,1	16,2	20,7	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	62,2	16,8	21,0	
	<i>среднее</i>	<i>62,7</i>	<i>16,3</i>	<i>21,0</i>	
НСР ₀₅		2,0			

Динамика структурно-агрегатного состава почвы в пахотном слое под посевами сахарной свеклы после дискового лущения (2020 г.)

Сроки отбора	Норма удобрения	Агрегаты размером			Коэффициент структурности
		0,25–10 мм	более 10 мм	менее 0,25 мм	
Начало вегетации (1 пара настоящих листьев)	Б/уд (контроль)	67,5	16,1	16,4	2,00
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	66,4	15,4	18,2	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	66,0	15,7	18,3	
	<i>среднее</i>	<i>66,6</i>	<i>15,7</i>	<i>17,7</i>	
Середина вегетации (смыкание листьев в ряду)	Б/уд (контроль)	62,5	16,5	21,0	1,67
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	63,0	17,4	19,6	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	62,0	16,6	21,4	
	<i>среднее</i>	<i>62,5</i>	<i>16,5</i>	<i>21,0</i>	
Перед уборкой (техническая спелость)	Б/уд (контроль)	61,5	16,5	22,0	1,60
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	62,1	16,9	21,0	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	61,1	17,3	21,6	
	<i>среднее</i>	<i>61,5</i>	<i>16,9</i>	<i>21,6</i>	
НСР ₀₅		2,1			

Динамика структурно-агрегатного состава почвы в пахотном слое под посевами сахарной свеклы после дискового лущения (2021 г.)

Сроки отбора	Норма удобрения	Агрегаты размером			Коэффициент структурности
		0,25–10 мм	более 10 мм	менее 0,25 мм	
Начало вегетации (1 пара настоящих листьев)	Б/уд (контроль)	66,2	15,4	18,4	1,80
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	63,1	14,9	22,0	
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	63,9	14,7	21,4	
	<i>среднее</i>	<i>64,4</i>	<i>15,0</i>	<i>20,6</i>	
Середина вегетации (смыкание листьев в ряду)	Б/уд (контроль)	62,4	16,7	20,9	1,72
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	62,3	14,7	23,0	
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	65,1	19,0	15,9	
	<i>среднее</i>	<i>63,2</i>	<i>16,8</i>	<i>20,0</i>	
Перед уборкой (техническая спелость)	Б/уд (контроль)	66,2	16,1	17,7	1,83
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	63,7	16,6	19,7	
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	64,2	15,9	19,9	
	<i>среднее</i>	<i>64,7</i>	<i>16,1</i>	<i>19,2</i>	
НСР ₀₅		2,1			

Строение пахотного слоя почвы перед севом сахарной свеклы в зависимости от приема основной обработки почвы
(2019 г.)

Пористость, %	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лушение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
общая	55,1	56,1	57,4	52,9	52,1	52,5	53,7	54,9	54,9
	56,2			52,5			54,5		
НСР ₀₅	1,3								
капиллярная	33,3	34,4	37,0	29,0	30,0	30,4	32,7	33,4	33,5
	34,9			29,8			33,2		
некапиллярная	21,8	21,7	20,4	22,1	23,2	22,8	20,9	21,5	21,5
	21,3			22,7			21,3		

Приложение 39

Строение пахотного слоя почвы перед севом сахарной свеклы в зависимости от приема основной обработки почвы
(2020 г.)

Пористость, %	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лушение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
общая	58,1	57,0	57,1	55,1	56,6	55,3	56,4	56,0	57,1
	57,4			55,7			56,5		
НСР ₀₅	1,3								
капиллярная	35,2	37,0	37,9	33,4	34,2	33,8	33,0	34,8	35,1
	36,7			33,8			34,3		
некапиллярная	20,9	20,1	21,1	22,4	21,2	22,1	21,8	22,4	22,4
	20,7			21,9			22,2		

Приложение 40

Строение пахотного слоя почвы перед севом сахарной свеклы в зависимости от приема основной обработки почвы
(2021 г.)

Пористость, %	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лушение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
общая	58,0	57,9	57,5	56,2	55,2	55,1	55,2	54,9	52,5
	57,8			55,5			54,2		
НСР ₀₅	1,3								
капиллярная	35,0	34,0	33,3	34,2	33,8	31,9	30,9	30,8	31,1
	34,1			33,3			30,6		
некапиллярная	23,0	21,3	21,7	22,0	21,4	19,7	23,3	22,1	20,9
	22,0			19,7			22,1		

Приложение 41

Строение пахотного слоя почвы в период вегетации сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы (2019 г.)

Пористость, %	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лущение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удобрений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удобрений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удобрений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
общая	49,8	51,4	51,2	52,2	50,4	51,3	51,2	52,1	52,4
	50,8			51,3			51,9		
НСР ₀₅	1,3								
капиллярная	32,1	33,0	31,5	27,9	27,2	27,0	30,8	32,0	31,7
	32,4			27,2			31,5		
некапиллярная	17,9	19,0	18,3	23,5	24,4	24,4	20,0	20,9	20,3
	18,4			24,1			20,4		

Приложение 42

Строение пахотного слоя почвы в период вегетации сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы (2020 г.)

Пористость, %	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лушение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
общая	56,2	55,3	55,4	54,4	53,7	53,6	54,0	55,0	54,2
	55,5			53,9			54,4		
НСР ₀₅	1,3								
капиллярная	34,1	34,8	34,9	31,1	33,0	33,7	32,4	32,9	32,8
	34,6			32,6			32,7		
некапиллярная	20,1	21,7	20,8	21,4	21,7	20,8	21,2	22,4	22,5
	20,9			21,3			21,7		

Приложение 43

Строение пахотного слоя почвы в период вегетации сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы (2021 г.)

Пористость, %	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лущение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удоб- рений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
общая	56,4	55,3	56,0	54,1	53,7	51,8	54,4	53,0	52,8
	55,9			53,2			53,4		
НСР ₀₅	1,3								
капиллярная	34,9	33,8	33,6	33,9	33,6	32,4	31,2	30,3	30,3
	34,1			33,3			30,6		
некапиллярная	21,5	22,0	21,9	17,5	20,1	22,1	23,2	22,7	22,5
	21,8			19,9			22,8		

Приложение 44

Строение пахотного слоя почвы в конце вегетации сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы (2019 г.)

Пористость, %	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лущение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удобрений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удобрений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удобрений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
общая	43,2	44,9	46,0	46,1	47,1	46,0	50,3	49,7	49,4
	44,7			46,4			49,8		
НСР ₀₅	1,3								
капиллярная	30,9	31,8	31,5	27,4	25,8	25,1	29,5	31,4	30,9
	31,4			26,1			30,6		
некапиллярная	12,9	14,0	13,0	18,2	19,7	19,7	18,6	19,5	19,5
	13,3			19,2			19,2		

Приложение 45

Строение пахотного слоя почвы в конце вегетации сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы (2020 г.)

Пористость, %	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лущение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удобрений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удобрений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удобрений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
общая	50,9	52,3	52,0	50,4	51,0	50,4	51,0	51,7	51,5
	51,7			50,6			51,4		
НСР ₀₅	1,3								
капиллярная	30,7	31,7	33,0	28,5	30,0	29,7	29,4	31,0	31,1
	31,8			29,4			30,5		
некапиллярная	21,0	20,5	21,2	20,4	21,0	22,5	21,3	22,1	21,7
	20,9			21,3			21,7		

Приложение 46

Строение пахотного слоя почвы в конце вегетации сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы (2021 г.)

Пористость, %	Вариант								
	прием основной обработки почвы								
	вспашка на 30–32 см			чизелание на 30–32 см			дисковое лущение на 10–12 см		
	норма удобрения								
	без удобрений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удобрений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	без удобрений	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
общая	53,4	51,9	51,6	51,1	50,5	49,6	52,0	51,3	50,9
	52,3			50,4			51,4		
НСР ₀₅	1,3								
капиллярная	33,5	32,1	31,0	32,4	31,0	30,2	30,1	29,5	28,6
	32,2			31,2			29,4		
некапиллярная	19,9	19,8	20,6	18,7	19,5	19,4	21,9	21,8	22,3
	20,1			19,2			22,0		

Корреляционная зависимость урожайности корнеплодов сахарной свеклы от
общей пористости почвы

№ п/п	Общая скважность, % x_i	Урожайность, т/га y_i	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
1	56,8	31,91	1.225	5.77	1.5	33.29	7.06
2	57,3	44,03	1.725	17.89	2.98	320.05	30.86
3	57,2	45,96	1.625	19.82	2.64	392.71	32.21
4	56,8	32,40	1.225	6.26	1.5	39.15	7.67
5	56,7	36,63	1.125	10.49	1.27	109.98	11.8
6	56,0	39,22	0.425	13.08	0.18	171.01	5.56
7	54,7	22,14	-0.875	-4.03	0.77	16.24	3.53
8	54,7	23,03	-0.875	-3.13	0.77	9.69	2.74
9	55,9	22,80	0.325	-3.43	0.106	11.18	-1.11
10	53,3	4,66	-2.275	-21.48	5.18	461.52	48.87
11	53,4	5,36	-2.175	-20.78	4.73	431.93	45.2
12	54,1	5,58	-1.475	-20.56	2.18	422.84	30.33
Σ	666.9	313.72	0.027	-0.1	23.036	2419.59	224.72
$\sqrt{\Sigma O^2}$					4.8	49.19	

$$\bar{y}=26.143 \quad \bar{x} = 55.575 \quad \sigma_y = 14.83 \quad \sigma_x = 0.89$$

$$r_{xy} = \frac{224.72}{4.8 \times 49.19} = 0.95$$

Вывод: связь тесная, прямая, близка к функциональной зависимости.

Чем выше общая скважность почвы, тем выше урожайность

Уравнение прямой регрессии величины Y на X

$$y = 9.74x - 514.95$$

При изменении общей скважности почвы в диапазоне 55.575 ± 0.89 , урожайность изменяется в диапазоне 26.143 ± 14.83

Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на засоренность посевов сахарной свеклы однолетними сорняками до обработки гербицидами (2019 г.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Двудольные сорняки		Злаковые сорняки		Всего сорняков	
		шт./м ²	% к контролю	шт./м ²	% к контролю	шт./м ²	% к контролю
Вспашка	б/уд (контроль)	12,1	-	29,2	-	41,3	-
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	12,9		30,2		43,1	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	13,7		30,8		44,5	
	<i>среднее</i>	<i>12,9</i>		<i>30,1</i>		<i>43,0</i>	
Чизельное рыхление	б/уд	18,4	160,4	42,9	144,9	61,3	149,5
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	19,7		44,0		63,7	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	21,1		44,1		65,2	
	<i>среднее</i>	<i>20,7</i>		<i>43,6</i>		<i>64,3</i>	
Дисковое лушение	б/уд	17,4	146,5	40,1	135,9	57,5	139,1
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	18,8		41,0		59,8	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	20,5		41,5		62,0	
	<i>среднее</i>	<i>18,9</i>		<i>40,9</i>		<i>59,8</i>	

Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на засоренность посевов сахарной свеклы однолетними сорняками до обработки гербицидами (2020 г.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Двудольные сорняки		Злаковые сорняки		Всего сорняков	
		шт./м ²	% к контролю	шт./м ²	% к контролю	шт./м ²	% к контролю
Вспашка	б/уд (контроль)	7,3	-	24,5	-	31,8	-
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	8,1		25,4		33,5	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	8,9		16,0		24,9	
	<i>среднее</i>	<i>8,1</i>		<i>25,3</i>		<i>33,4</i>	
Чизельное рыхление	б/уд	13,6	184,0	38,1	153,4	51,7	160,8
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	14,8		39,2		54,0	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	16,3		39,3		55,6	
	<i>среднее</i>	<i>14,9</i>		<i>38,8</i>		<i>53,7</i>	
Дисковое лушение	б/уд	12,6	174,1	35,3	142,7	47,9	150,3
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	14,0		36,2		50,2	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	15,7		36,7		52,4	
	<i>среднее</i>	<i>14,1</i>		<i>36,1</i>		<i>50,2</i>	

Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на засоренность посевов сахарной свеклы однолетними сорняками до обработки гербицидами (2021 г.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Двудольные сорняки		Злаковые сорняки		Всего сорняков	
		шт./м ²	% к контролю	шт./м ²	% к контролю	шт./м ²	% к контролю
Вспашка	б/уд (контроль)	23,8	-	40,9	-	64,7	-
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	24,6		41,9		66,5	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	25,4		42,5		67,9	
	<i>среднее</i>	24,6		41,8		66,4	
Чизельное рыхление	б/уд	30,3	127,6	54,6	132,3	84,9	130,6
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	31,3		55,7		87,0	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	32,8		55,8		88,6	
	<i>среднее</i>	31,4		55,3		86,7	
Дисковое лушение	б/уд	29,1	124,4	51,8	125,8	85,9	125,3
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	30,5		52,7		83,2	
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	32,2		53,2		85,4	
	<i>среднее</i>	30,6		52,6		83,2	

Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на засоренность посевов сахарной свеклы бодяком полевым (*Cirsium arvense*)

(2019 г.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	До обработки	В период вегетации		Перед уборкой	
		шт./м ²	шт./м ²	% от исходного	шт./м ²	% от исходного
Вспашка	б/уд (контроль)	0,93	0,33	35,4	0,58	62,3
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,96	0,36	37,5	0,60	62,5
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,98	0,39	39,7	0,63	64,2
	<i>среднее</i>	<i>0,95</i>	<i>0,36</i>	<i>37,8</i>	<i>0,60</i>	<i>63,1</i>
Чизельное рыхление	б/уд	0,83	0,55	66,3	0,71	85,5
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,86	0,59	68,6	0,79	91,8
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,82	0,53	63,8	0,72	87,7
	<i>среднее</i>	<i>0,84</i>	<i>0,56</i>	<i>66,6</i>	<i>0,74</i>	<i>88,1</i>
Дисковое лушение	б/уд	0,89	1,03	115,7	1,19	133,7
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,93	1,10	118,2	1,28	137,6
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,90	1,12	124,4	1,30	144,4
	<i>среднее</i>	<i>0,91</i>	<i>1,08</i>	<i>118,6</i>	<i>1,25</i>	<i>137,3</i>

Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на засоренность посевов сахарной свеклы бодяком полевым (*Cirsium arvense*)

(2020 г.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	До обработки	В период вегетации		Перед уборкой	
		шт./м ²	шт./м ²	% от исходного	шт./м ²	% от исходного
Вспашка	б/уд (контроль)	0,84	0,24	28,5	0,49	58,3
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,87	0,27	31,0	0,51	58,6
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,89	0,30	33,7	0,54	60,6
	<i>среднее</i>	<i>0,86</i>	<i>0,27</i>	<i>31,4</i>	<i>0,51</i>	<i>59,3</i>
Чизельное рыхление	б/уд	0,74	0,46	62,2	0,62	83,7
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,77	0,50	64,9	0,70	90,9
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,73	0,44	68,2	0,63	86,3
	<i>среднее</i>	<i>0,75</i>	<i>0,47</i>	<i>62,6</i>	<i>0,65</i>	<i>86,6</i>
Дисковое лушение	б/уд	0,80	0,94	114,4	1,10	137,5
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,84	1,01	120,3	1,19	142,6
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,81	1,33	164,1	1,21	149,3
	<i>среднее</i>	<i>0,82</i>	<i>0,97</i>	<i>118,4</i>	<i>1,16</i>	<i>141,4</i>

Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на засоренность посевов сахарной свеклы бодяком полевым (*Cirsium arvense*)

(2021 г.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	До обработки	В период вегетации		Перед уборкой	
		шт./м ²	шт./м ²	% от исходного	шт./м ²	% от исходного
Вспашка	б/уд (контроль)	1,68	1,08	64,2	1,33	79,1
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,71	1,11	64,9	1,35	78,9
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,73	1,14	65,8	1,38	79,7
	<i>среднее</i>	<i>1,70</i>	<i>1,11</i>	<i>65,2</i>	<i>1,35</i>	<i>79,4</i>
Чизельное рыхление	б/уд	1,05	0,77	73,3	1,46	139,0
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,08	0,81	75,0	1,54	142,5
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,04	0,75	72,1	1,47	141,3
	<i>среднее</i>	<i>1,06</i>	<i>0,78</i>	<i>73,5</i>	<i>1,49</i>	<i>140,5</i>
Дисковое лушение	б/уд	1,11	1,78	167,9	1,94	174,7
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,15	1,85	160,8	2,03	176,5
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,12	1,87	166,9	2,04	181,4
	<i>среднее</i>	<i>1,13</i>	<i>1,83</i>	<i>161,9</i>	<i>2,00</i>	<i>176,9</i>

Даты наступления фаз вегетации сахарной свеклы гибрида Кариока (2019 г.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Пара настоящих листьев			Смыкание листьев		Размыка- ние лис- тьев в меж- дурядьях
		1-я	2-я	3-я	в рядах	в между- рядьях	
Вспашка	б/уд (к)	04.05	08.05	12.05	04.06	24.06	18.08
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	04.05	07.05	11.05	02.06	22.06	21.08
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	04.05	06.05	10.05	31.05	20.06	24.08
Чизелева- ние	б/уд	04.05	09.05	13.05	06.06	27.06	15.08
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	04.05	08.05	12.05	04.06	25.06	18.08
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	04.05	07.05	11.05	02.06	23.06	21.08
Дисковое лушение	б/уд	04.05	10.05	14.05	08.06	31.06	07.08
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	04.05	09.05	13.05	06.06	28.06	10.08
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	04.05	08.05	12.05	04.06	26.06	13.08

Посев – 03.04. Всходы – 22.04.

Даты наступления фаз вегетации сахарной свеклы гибрида Кариока (2020 г.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Пара настоящих листьев			Смыкание листьев		Размыка- ние лис- тьев в меж- дурядьях
		1-я	2-я	3-я	в рядах	в между- рядьях	
Вспашка	б/уд (к)	02.05	06.05	10.05	01.06	22.06	13.08
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	02.05	05.05	09.05	31.05	20.06	19.08
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	02.05	04.05	08.05	29.05	18.06	22.08
Чизелева- ние	б/уд	02.05	07.05	11.05	04.06	25.06	13.08
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	02.05	06.05	10.05	02.06	23.06	16.08
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	02.05	05.05	09.05	31.05	21.06	19.08
Дисковое лушение	б/уд	02.05	08.05	12.05	06.06	29.06	05.08
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	02.05	07.05	11.05	04.06	26.06	08.08
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	02.05	06.05	10.05	02.06	24.06	11.08

Посев – 30.03. Всходы – 19.04.

Даты наступления фаз вегетации сахарной свеклы гибрида Кариока (2021 г.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Пара настоящих листьев			Смыкание листьев		Размыка- ние лис- тьев в меж- дурядьях
		1-я	2-я	3-я	в рядах	в между- рядьях	
Вспашка	б/уд (к)	05.05	09.05	13.05	05.06	25.06	19.08
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	05.05	08.05	12.05	03.06	23.06	22.08
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	05.05	07.05	11.05	01.06	21.06	25.08
Чизелева- ние	б/уд	05.05	10.05	14.05	07.06	28.06	16.08
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	05.05	09.05	13.05	05.06	26.06	19.08
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	05.05	08.05	12.05	03.06	24.06	22.08
Дисковое лушение	б/уд	05.05	11.05	15.05	09.06	01.07	08.08
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	05.05	10.05	14.05	07.06	29.06	11.08
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	05.05	09.05	13.05	05.06	27.06	14.08

Посев – 04.04. Всходы – 23.04.

Приложение 57

Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на биометрические показатели сахарной свеклы гибрида Кариока, 2019 г.

Норма удобрения	Густота стояния (тыс./га)		Площадь листьев, тыс. м ² /га	Средняя масса корнеплода, г
	всходы	перед уборкой		
вспашка (контроль)				
Б/уд (к)	87,8	80,9	25,7	440
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	88,7	81,6	33,5	584
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	89,4	83,6	34,1	612
чизелевание				
Б/уд	87,0	79,9	25,9	447
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	87,9	80,6	28,3	499
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	88,2	80,8	30,3	544
дисковое лушение				
Б/уд	86,2	68,4	17,3	360
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	87,1	69,4	17,6	370
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	87,5	69,6	17,5	367

Приложение 58

Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на биометрические показатели сахарной свеклы гибрида Кариока, 2020 г.

Норма удобрения	Густота стояния (тыс./га)		Площадь листьев, тыс. м ² /га	Средняя масса корнеплода, г
	всходы	перед уборкой		
вспашка (контроль)				
Б/уд (к)	85,7	79,0	24,6	424
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	86,6	79,7	32,4	568
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	87,3	81,7	33,0	596
чизелевание				
Б/уд	84,9	78,0	24,8	431
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	85,8	78,7	27,2	483
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	86,1	78,9	29,2	518
дисковое лушение				
Б/уд	84,1	66,5	16,3	344
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	85,0	67,5	16,6	354
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	85,4	67,7	16,5	351

Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на биометрические показатели сахарной свеклы гибрида Кариока, 2021 г.

Норма удобрения	Густота стояния (тыс./га)		Площадь листьев, тыс. м ² /га	Средняя масса корнеплода, г
	всходы	перед уборкой		
вспашка				
Б/уд (к)	84,5	78,0	24,1	417
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	85,4	78,7	31,9	561
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	86,1	80,7	32,5	589
чизелевание				
Б/уд	83,7	77,0	24,3	424
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	84,6	77,7	26,7	476
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	84,9	77,9	28,7	511
дисковое лушение				
Б/уд	82,9	65,5	15,9	337
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	83,8	66,5	16,2	347
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	84,2	66,7	16,1	344

Корреляционная зависимость урожайности корнеплодов сахарной свеклы от густоты стояния растений

	Густота стояния растений, тыс. шт./га x_i	Урожайность, т/га y_i	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
1	79,3	31,91	16.8	5.77	282.24	33.29	96.64
2	80,0	44,03	17.5	17.89	306.25	320.05	313.08
3	82,0	45,96	19.5	19.82	380.25	392.71	386.49
4	78,3	32,40	15.8	6.26	249.64	39.15	98.91
5	79,0	36,63	16.5	10.49	272.25	109.98	173.09
6	79,2	39,22	16.7	13.08	278.89	171.01	218.44
7	66,8	22,14	4.3	-4.03	18.49	16.24	-17.33
8	67,8	23,03	5.3	-3.13	28.09	9.69	-16.59
9	68,0	22,80	5.5	-3.43	30.25	11.18	-18.87
10	21,1	4,66	-41.4	-21.48	1713.96	461.52	889.27
11	24,1	5,36	-38.4	-20.78	1474.56	431.93	797.95
12	24,4	5,58	-38.1	-20.56	1451.61	422.84	783.34
Σ	750,0	313.72	0	-0.1	6486.48	2419.59	3704.42
$\sqrt{\Sigma O^2}$					80.54	49.19	

$$\bar{y}=26.143 \quad \bar{x} =62.5 \quad \sigma_y = 14.83 \quad \sigma_x = 24.28$$

$$r_{xy} = \frac{3704.42}{80.54 \times 49.19} = 0.935$$

Вывод: связь тесная, прямая

Чем выше густота стояния растений, тем выше урожайность.

Уравнение прямой регрессии величины У на Х

$$y = 0.57x - 9.48$$

При изменении густоты стояния растений в диапазоне 62.5 ± 24.28 , урожайность изменяется в диапазоне 26.143 ± 14.83 .

Динамика нарастания сырой массы растений сахарной свеклы гибрида
Кариока в зависимости от приемов основной обработки почвы и норм

удобрений, кг/м²

(2019 г.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Дата определения			
		1.06	1.07	1.08	1.09
1	2	3	4	5	6
Вспашка	лист				
	б/уд (контроль)	1,40	3,10	1,93	1,38
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,77	3,84	2,95	1,88
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,21	3,47	2,94	1,67
	корнеплод				
	б/уд	0,53	1,86	3,25	3,56
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,54	2,06	3,38	4,77
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,56	2,03	3,50	5,12
	растение				
	б/уд	1,93	4,96	5,18	4,64
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	2,31	5,90	6,33	6,65
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,77	5,50	6,46	6,89
	Чизелевание	лист			
б/уд		1,27	3,01	2,01	1,20
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀		1,58	3,49	2,46	1,34
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀		1,99	3,87	2,73	1,50
корнеплод					
б/уд		0,50	1,46	2,97	3,57
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀		0,52	1,64	3,11	4,02
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀		0,56	1,90	3,30	4,40
растение					
Б/уд		1,77	4,47	4,98	4,77
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀		2,10	5,13	5,57	5,36
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀		2,55	5,77	6,13	5,90

1	2	3	4	5	6
Дисковое лушение	ЛИСТ				
	б/уд	0,79	1,69	1,07	0,78
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,95	2,01	1,55	1,01
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,05	1,88	1,49	0,90
	корнеплод				
	б/уд	0,29	1,08	1,81	2,46
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,27	1,15	1,82	2,57
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,27	1,04	1,67	2,55
	растение				
	б/уд	1,08	2,77	2,88	3,24
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,22	3,17	3,37	3,58
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,32	2,92	3,16	3,45

Динамика нарастания сырой массы растений сахарной свеклы гибрида
Кариока в зависимости от приемов основной обработки почвы и норм

удобрений, кг/м²

(2020 г.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Дата определения			
		1.06	1.07	1.08	1.09
1	2	3	4	5	6
Вспашка	лист				
	б/уд (контроль)	1,26	2,96	1,79	1,24
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,63	3,70	2,81	1,74
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,18	3,33	2,80	1,53
	корнеплод				
	б/уд	0,49	1,61	3,00	3,35
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,50	1,81	3,13	4,53
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,52	1,83	3,25	4,87
	растение				
	б/уд	1,75	4,57	4,79	4,59
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	2,13	5,51	5,94	6,27
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,70	5,16	6,05	6,40
Чизелевание	лист				
	б/уд	1,13	2,87	1,87	1,06
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,44	3,35	2,32	1,20
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,85	3,73	2,59	1,36
	корнеплод				
	б/уд	0,46	1,21	2,72	3,36
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,48	1,39	2,86	3,80
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,52	1,65	3,15	4,09
	растение				
	б/уд	1,59	4,08	4,59	4,42
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,92	4,74	5,18	5,00
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,37	5,38	5,74	5,45

1	2	3	4	5	6
Дисковое лушение	ЛИСТ				
	б/уд	0,65	1,55	0,93	0,64
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,81	1,87	1,41	0,87
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,91	1,74	1,35	0,76
	корнеплод				
	б/уд	0,25	0,83	1,56	2,29
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,23	0,90	1,57	2,39
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,23	0,79	1,42	2,38
	растение				
	б/уд	0,90	2,38	2,49	2,93
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,04	2,77	2,98	3,26
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,14	2,53	2,77	3,14

Динамика нарастания сырой массы растений сахарной свеклы гибрида
Кариока в зависимости от приемов основной обработки почвы и норм

удобрений, кг/м²

(2021 г.)

Прием основной обработки почвы	Норма удобрения	Дата определения			
		1.06	1.07	1.08	1.09
1	2	3	4	5	6
Вспашка	лист				
	б/уд (контроль)	1,21	2,91	1,76	1,15
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	1,58	3,65	2,78	1,55
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,13	3,28	2,75	1,41
	корнеплод				
	б/уд	0,48	1,48	2,87	3,25
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,49	1,68	3,00	4,42
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,51	1,70	3,12	4,75
	растение				
	б/уд	1,69	4,39	4,61	4,40
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	2,07	5,33	5,76	5,97
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,64	4,98	5,87	6,16
	Чизелевание	лист			
б/уд		1,08	2,81	1,82	1,01
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀		1,39	3,30	2,27	1,15
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀		1,80	3,68	2,54	1,31
корнеплод					
б/уд		0,45	1,08	2,59	3,26
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀		0,47	1,26	2,73	3,70
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀		0,51	1,52	3,02	3,98
растение					
Б/уд		1,53	3,89	4,41	4,27
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀		1,86	4,56	5,00	4,85
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀		2,31	5,20	5,56	5,29

1	2	3	4	5	6
Дисковое лушение	ЛИСТ				
	б/уд	0,60	1,50	0,88	0,59
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,76	1,82	1,36	0,82
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,86	1,69	1,30	0,71
	корнеплод				
	/уд	0,24	0,70	1,43	2,21
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,22	0,77	1,44	2,31
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,22	0,66	1,29	2,29
	растение				
	б/уд	0,84	2,20	2,31	2,80
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	0,98	2,59	2,80	3,13
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,08	2,35	2,59	3,00

Приложение 64

Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на фракционный состав корнеплодов сахарной свеклы гибрида Кариока, 2019 г.

Вариант	Фракционный состав корнеплодов по массе, %			Средняя масса корнеплода, г
	менее 400 г	от 400 до 800 г	более 800 г	
прием основной обработки почвы				
Вспашка	20	66	14	545
Чизелевание	32	56	10	497
Дисковое лушение	56	41	3	366
норма удобрения				
Без удобрений	55	39	6	416
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	49	44	7	484
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	46	46	8	508

Приложение 65

Влияние приемов основной обработки почвы и норм удобрений на фракционный состав корнеплодов сахарной свеклы гибрида Кариока, 2020 г.

Вариант	Фракционный состав корнеплодов по массе, %			Средняя масса корнеплода, г
	менее 400 г	от 400 до 800 г	более 800 г	
прием основной обработки почвы				
Вспашка	25	62	13	529
Чизелевание	39	52	9	477
Дисковое лушение	61	37	2	350
норма удобрения				
Без удобрений	60	35	5	400
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	54	40	6	468
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	51	42	7	488

Приложение 66

Влияние элементов технологии возделывания на фракционный состав корнеплодов сахарной свеклы гибрида Кариока, 2021 г.

Вариант	Фракционный состав корнеплодов по массе, %			Средняя масса корнеплода, г
	менее 400 г	от 400 до 800 г	более 800 г	
прием основной обработки почвы				
Вспашка	27	61	12	522
Чизелевание	41	51	8	470
Дисковое лушение	63	36	1	343
норма удобрения				
Без удобрений	62	34	4	393
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	56	39	5	461
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	53	41	6	481

Корреляция урожайности сахарной свеклы с площадью листьев

№ п/п	Площадь листьев, тыс. м ² /га x_i	Урожайность, т/га y_i	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
1	24,8	31,91	5.26	5.77	27.67	33.29	30.35
2	32,6	44,03	13.06	17.89	176.56	320.05	233.64
3	33,2	45,96	13.66	19.82	186.6	392.71	270.74
4	25,0	32,40	5.46	6.26	29.8	39.15	34.18
5	27,4	36,63	7.86	10.49	61.78	109.98	82.24
6	29,4	39,22	9.86	13.08	97.22	171.01	128.07
7	16,5	22,14	-3.06	-4.03	9.24	16.24	12.25
8	16,8	23,03	-2.74	-3.13	7.51	9.69	8.58
9	16,7	22,80	-2.84	-3.43	8.07	11.18	9.4
10	3,7	4,66	-15.84	-21.48	250.91	461.52	340.24
11	4,1	5,36	-15.44	-20.78	268.4	431.93	320.84
12	4,3	5,58	-15.24	-20.56	232.26	422.84	313.33
Σ	234.5	313.72	0.02	-0.1	1326.02	2419.59	1784.74
$\sqrt{\Sigma O^2}$					36.41	49.19	

$$\bar{y}=26.143 \quad \bar{x} = 19.54 \quad \sigma_y = 14.83 \quad \sigma_x = 10.98$$

$$r_{xy} = \frac{1784.74}{36.41 \times 49.19} = 0.997$$

Вывод: связь тесная, функциональная зависимость.

Чем выше площадь листьев, тем выше урожайность.

Уравнение прямой регрессии величины Y на X

$$y = 1.35x - 0.24$$

При изменении площади листьев в диапазоне 19.54 ± 10.98 , урожайность изменяется в диапазоне 26.143 ± 14.83

Корреляционная зависимость урожайности корнеплодов сахарной свеклы от
средней массы корнеплода

№ п/п	Средняя масса корнепло да, Г x_i	Урожай- ность, т/га y_i	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
1	427	31,91	28	5.77	784	33.29	161.56
2	571	44,03	172	17.89	29584	320.05	3077.08
3	599	45,96	200	19.82	40000	392.71	3964
4	434	32,40	35	6.26	1225	39.15	219.1
5	486	36,63	87	10.49	7569	109.98	912.63
6	521	39,22	122	13.08	14884	171.01	1595.76
7	347	22,14	-52	-4.03	2704	16.24	209.56
8	357	23,03	-42	-3.13	1764	9.69	131.46
9	354	22,80	-45	-3.43	2025	11.18	154.35
10	228	4,66	-171	-21.48	29241	461.52	3673.08
11	232	5,36	-167	-20.78	27889	431.93	3470.26
12	234	5,58	-165	-20.56	27225	422.84	3392.4
Σ	4790	313.72	2	-0.1	184894	2419.59	20961.24
$\sqrt{\Sigma O^2}$					430	49.19	

$$\bar{y}=26.143 \quad \bar{x} = 399 \quad \sigma_y = 14.83 \quad \sigma_x = 129.65$$

$$r_{xy} = \frac{20961.24}{430 \times 49.19} = 0.99$$

Вывод: связь тесная, прямая, функциональная зависимость.

Чем выше средняя масса корнеплода, тем выше урожайность.

Уравнение прямой регрессии величины Y на X

$$y = 0.11x - 19.04$$

При изменении средней массы корнеплода в диапазоне 399 ± 129.65 ,
урожайность изменяется в диапазоне 26.143 ± 14.83

Корреляционная зависимость сахаристости корнеплодов сахарной свеклы от ее урожайности

	Урожай- ность, т/га x_i	Сахарис- тость, % y_i	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
1	31,91	16,6	5.77	0.09	33.29	0.0081	0.519
2	44,03	15,6	17.89	-0.91	320.05	0.8281	-16.28
3	45,96	15,3	19.82	-1.21	392.71	1.4641	-23.98
4	32,40	16,6	6.26	0.09	39.15	0.0081	0.56
5	36,63	16,3	10.49	-0.21	109.98	0.0441	-2.2
6	39,22	15,9	13.08	-0.61	171.01	0.4096	-7.98
7	22,14	17,0	-4.03	0.49	16.24	0.2401	-1.98
8	23,03	16,8	-3.13	0.29	9.69	0.0841	-0.91
9	22,80	16,8	-3.43	0.29	11.18	0.0841	-1
10	4,66	17,2	-21.48	0.69	461.52	0.4761	-14.82
11	5,36	17,0	-20.78	0.49	431.93	0.2401	-10.18
12	5,58	17,0	-20.56	0.49	422.84	0.2401	-10.07
Σ	313.72	198.1	-0.1	-0.02	2419.59	4.1267	-88.32
$\sqrt{\Sigma O^2}$					49.19	2.03	

$$\bar{y}=16.51 \quad \bar{x} = 26.143 \quad \sigma_y = 0.61 \quad \sigma_x = 14.83$$

$$r_{xy} = \frac{-88.32}{2.03 \times 49.19} = -0.88$$

Вывод: связь тесная, обратная.

Чем выше урожайность, тем меньше сахаристость.

Уравнение прямой регрессии величины Y на X

$$y = -0.036x + 17.46$$

При изменении урожайности в диапазоне 26.143 ± 14.83 , сахаристость изменяется в диапазоне 16.51 ± 0.61

Урожайность сахарной свеклы гибрида Кариока, т/га (2019 г.)

Прием основной обработки почвы (фактор А)	Повторность	Норма удобрения (фактор Б)		
		б/уд (контроль)	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
Вспашка	I	35,24	47,7,	49,10
	II	33,52	45,35	46,98
	III	33,96	45,86	47,23
<i>Средняя</i>		<i>34,24</i>	<i>46,31</i>	<i>47,77</i>
Чизелевание	I	35,88	40,45	43,11
	II	34,11	38,29	41,12
	III	34,62	39,01	41,44
<i>Средняя</i>		<i>34,87</i>	<i>39,24</i>	<i>41,89</i>
Дисковое лушение	I	25,23	25,94	26,01
	II	24,05	24,76	24,85
	III	24,16	24,84	24,89
<i>Средняя</i>		<i>24,48</i>	<i>25,18</i>	<i>25,25</i>
НСР ₀₅ А	0,40			
НСР ₀₅ В	0,39			
НСР ₀₅ АВ	0,69			

ЗАДАНИЕ № 1 ОПЫТ № 1

ТАБЛИЦА № 1

ВИД	ДИСПЕРСИЯ	СТЕП.	СРЕД.	НСР	НСР	Φ	Φ
ДИСПЕРСИИ	*СВОБОД*	КВАДРАТ*	ПО ПАРНО*	СО СРЕДН*	РАСЧЕТ.*	ТАБЛИЧ.*	
ОБЩАЯ	*800868.50 *	35	*%22881.96 *				
ПОВТОРЕНИЙ	* 1296.19 *	2	* 648.09 *				
ВАРИАНТОВ	*799216.50 *	11	*%72656.05 *	6.905	4.675	4492.3	2.2
ФАКТОРА А	*758334.30 *	3	*%252778.10 *	3.987	2.441	*15629.3 *	3.1
ФАКТОРА В	* 20839.50 *	2	*%10419.75 *	3.453	1.993	* 644.3 *	3.5
ВЗАИМОД. АВ	* 20042.75 *	6	*3340.46 *	6.905	4.675	* 206.5 *	2.5 *
ОШИБКИ	* 355.81 *	22	* 16.17 *				

ОПЫТ № 1

ТАБЛИЦА № 2

СРЕДНЯЯ ПО ОПЫТУ M= 35.471

ГРАД. ФАКТОРА		СРЕДНИЕ ПО			ЭФФЕКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	
А	В	ФАКТОРУ-А	ФАКТОРУ-В	ВАРИАНТАМ	А	В
1	1	42.773		34.2400	-5.1900	
	2			46.3100	2.4125	
	3			47.7700	2.7775	
2	1	38.670		34.8700	-0.4567	
	2			39.2500	-0.5442	
	3			41.8900	1.0008	
3	1	24.970		24.4800	2.8533	
	2			25.1800	-0.9142	
	3			25.2500	-1.9392	

Урожайность сахарной свеклы гибрида Кариока, т/га (2020 г.)

Прием основной обработки почвы (фактор А)	Повторность	Норма удобрения (фактор Б)		
		б/уд (контроль)	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
Вспашка	I	30,55	42,60	44,73
	II	32,05	44,23	46,62
	III	30,49	42,59	44,85
<i>Средняя</i>		<i>31,03</i>	<i>43,14</i>	<i>45,40</i>
Чизелевание	I	30,69	35,50	38,88
	II	32,25	37,28	40,66
	III	30,78	35,58	38,84
<i>Средняя</i>		<i>31,24</i>	<i>36,12</i>	<i>39,46</i>
Дисковое лушение	I	21,29	22,42	22,30
	II	21,95	23,19	23,12
	III	20,84	22,01	22,08
<i>Средняя</i>		<i>21,36</i>	<i>22,54</i>	<i>22,50</i>
НСР ₀₅ А	0,36			
НСР ₀₅ В	0,31			
НСР ₀₅ АВ	0,63			

ЗАДАНИЕ № 1 ОПЫТ № 1

ТАБЛИЦА № 1

ВИД	*ДИСПЕРСИЯ	* СТЕП.*	СРЕД.*	НСР	НСР	* Φ	* Φ
ДИСПЕРСИИ	*	*СВОБОД*	КВАДРАТ*	ПО ПАРНО*	СО СРЕДН*	РАСЧЕТ.*	ТАБЛИЧ.*
ОБЩАЯ	*711021.50 *	35	*%20314.90 *			*	*
ПОВТОРЕНИЙ	* 1052.50 *	2	* 526.25 *			*	*
ВАРИАНТОВ	*709677.50 *	11	*%64516.14 *	6.250	4.231	* 4869.1 *	2.2
ФАКТОРА А	*663179.50 *	3	*%221059.80 *	3.608	2.210	*16683.8 *	
ФАКТОРА В	* 25000.50 *	2	*%12500.25 *	3.125	1.804	* 943.4 *	3.5
ВЗАИМОД. АВ	* 21497.50 *	6	*3582.92 *	6.250	4.231	* 270.4 *	2.5 *
ОШИБКИ	* 291.50 *	22	* 13.25 *			*	*

ОПЫТ № 1

ТАБЛИЦА № 2

СРЕДНЯЯ ПО ОПЫТУ M= 32.5322

ГРАД. ФАКТОРА		СРЕДНИЕ ПО			ЭФФЕКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	
А	В	ФАКТОРУ-А	ФАКТОРУ-В	ВАРИАНТАМ	А	В
1	1	39.857		31.0300		-5.1950
	2			43.1400		2.1925
	3			45.4000		3.0025
2	1	35.607		31.2400		-0.7350
	2			36.1200		-0.5775
	3			39.4600		1.3125
3	1	22.133		21.3600		2.8583
	2			22.5400		-0.6842
	3			22.5000		-2.1742

Урожайность сахарной свеклы гибрида Кариока, т/га (2021 г.)

Прием основной обработки почвы (фактор А)	Повторность	Норма удобрения (фактор Б)		
		б/уд (контроль)	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
Вспашка	I	31,35	43,77	45,97
	II	29,85	41,75	43,84
	III	30,18	42,40	44,32
<i>Средняя</i>		<i>30,46</i>	<i>42,64</i>	<i>44,71</i>
Чизелевание	I	31,91	35,44	37,33
	II	30,49	33,99	35,59
	III	30,87	34,16	36,01
<i>Средняя</i>		<i>31,09</i>	<i>34,53</i>	<i>36,31</i>
Дисковое лушение	I	21,21	21,91	21,35
	II	20,29	21,05	20,39
	III	20,24	21,15	20,21
<i>Средняя</i>		<i>20,58</i>	<i>21,37</i>	<i>20,65</i>
НСР ₀₅ А	0,35			
НСР ₀₅ В	0,30			
НСР ₀₅ АВ	0,60			

ЗАДАНИЕ № 1 ОПЫТ № 1

ТАБЛИЦА № 1

ВИД	*ДИСПЕРСИЯ	* СТЕП.*	СРЕД.*	НСР	НСР	* Φ	* Φ
ДИСПЕРСИИ	*	*СВОБОД*	КВАДРАТ*	ПО ПАРНО*	СО СРЕДН*	РАСЧЕТ.*	ТАБЛИЧ.*
ОБЩАЯ	*675056.00 *	35	*%19287.32 *			*	*
ПОВТОРЕНИЙ	* 906.94 *	2	* 453.47 *			*	*
ВАРИАНТОВ	*673877.50 *	11	*%61261.59 *	6.032	4.084	* 4963.0 *	2.2
ФАКТОРА А	*633843.80 *	3	*%211281.30 *	3.483	2.133	*17116.5 *	3.1
ФАКТОРА В	* 17978.00 *	2	*8989.00 *	3.016	1.741	* 728.2 *	3.5 *
ВЗАИМОД. АВ	* 22055.75 *	6	*3675.96 *	6.032	4.084	* 297.8 *	2.5 *
ОШИБКИ	* 271.56 *	22	* 12.34 *			*	*

ОПЫТ № 1

ТАБЛИЦА № 2

СРЕДНЯЯ ПО ОПЫТУ M= 31.3711

ГРАД. ФАКТОРА		СРЕДНИЕ ПО			ЭФФЕКТ	
ФАКТОРА		ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ			ФАКТОРА	
А	В	ФАКТОРУ-А	ФАКТОРУ-В	ВАРИАНТАМ	А	В
1	1	39.270		30.460	-5.6867	
	2			42.640	2.2258	
	3			44.710	3.4608	
2	1	33.976		31.090	0.2367	
	2			34.530	-0.5908	
	3			36.310	0.3542	
3	1	20.867		20.580	2.8367	
	2			21.370	-0.6408	
	3			20.650	-2.1958	

Структурная матрица для определения коэффициентов в уравнении регрессии

U	x ₀	x _n		x'₁ _u	x'₂ _u	x₁ _u · x₂ _u	y₁	y₂	y₃	ȳ
		x₁	x₂							
1	+	-	-	1/3	1/3	+	24.48	21.36	20.58	22,14
2	+	+	-	1/3	1/3	-	34.24	31.03	30.46	31,91
3	+	-	+	1/3	1/3	-	25.25	22.5	20.65	22,8
4	+	+	+	1/3	1/3	+	47.77	45.4	44.71	45,96
5	+	-1	0	1/3	-2/3	0	25.18	22.57	21.37	23,03
6	+	+1	0	1/3	-2/3	0	46.31	43.14	42.64	44,03
7	+	0	-1	-2/3	1/3	0	34.87	31.19	31.09	32,4
8	+	0	1	-2/3	1/3	0	41.89	39.46	36.31	39,22
9	+	0	0	-2/3	-2/3	0	39.25	36.09	34.53	36,63
∑ x _{iu} ²	9	6	6	2	2	4	-	-	-	-

Уравнение регрессии в общем виде:

$$\hat{y} = b_0 x_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{12} x_1 x_2 .$$

Коэффициенты полинома определим по формулам:

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^{N_{\Pi}} x_{iu} \bar{y}}{2^k + 2\alpha^2}, \text{ где } i = 0; 1; 2. \quad b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^{N_{\Pi}} x_{iu} x_{ju} \bar{y}}{2^k} \quad \text{при } i \neq j ;$$

$$b_{ii} = \frac{\sum_{u=1}^{N_{\Pi}} x'_{iu} y_u}{(1-m)^2 2^k + 2(\alpha^2 - m)^2 + (2k+1) \cdot m^2},$$

где $b_0 = b'_0 - m \sum_{i=1}^k b_{ii}, \quad i = 1; 2.$

Для нашей модели знаменатели в коэффициентах равны:

для $b_i - 2^2 + 2 = 6$; для $b_{ij} - 2^2 = 4$;

$$\text{для } b_{ii} - \left(1 - \frac{2}{3}\right)^2 \cdot 2^2 + 2 \left(1 - \frac{2^2}{3}\right)^2 + (4-1) \cdot \frac{4}{9} = \frac{4}{9} + \frac{2}{9} + \frac{4}{3} = 2.$$

Коэффициенты уравнения регрессии

$$b_0 = 34,61; \quad b_1 = 5,49; \quad b_2 = 2,45; \quad b_{12} = 3,35; \quad b_{11} = -4,39; \quad b_{22} = -2,16.$$

Уравнение регрессии

$$\hat{y} = 34,61 + 5,49x_1 + 2,45x_2 - 4,39x_1^2 - 2,16x_2^2 + 3,35x_1x_2.$$

Система защиты посевов сахарной свеклы от сорняков

№ обработки	Наименование препарата:	Норма применения, л, кг/га	Стоимость продукта, руб./га	Общая затратная часть на обработку, руб./га
1	Бетарен Супер МД, МКЭ	1,5	3 450,00	11 430,00
	Митрон, КС	1,5	6 900,00	
	Кондор, ВДГ	0,03	1 080,00	
2	Бетарен Супер МД, МКЭ	1,2	2 760,00	6 140,00
	Митрон, КС	0,5	2 300,00	
	Кондор, ВДГ	0,03	1 080,00	
3	Бетарен 22, МКЭ	1,2	2 760,00	3 840,00
	Кондор, ВДГ	0,03	1 080,00	
4	Лорнет, ВР	0,5	2 250,00	4 530,00
	Форвард, МКЭ	1,2	2 280,00	
5	Титул Дуо, ККР	0,3	1 470,00	1 470,00
6	Винтаж, МЭ	0,8	1 720,00	1 720,00
			Итого:	29 130,00

Для расчета взяты актуальные на 2022 год прайсовые цены продуктов с НДС.

Виды прямых производственных затрат по вариантам, руб./га

Прием основной обработки почвы (фактор А)	Норма удобрения (фактор В)	Фонд зарплат	Удобрения	ГСМ	Пестициды	Текущий ремонт	Амортизация	Вывоз продукции	Итого*
Вспашка	б/уд (к)	10867	-	3600	29130	870	153	4031	56651
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	11967	14000	3800	29130	950	168	4403	72418
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	12167	21000	3900	29130	970	173	4596	79936
Чизелевание	б/уд	9396	-	2300	29130	620	109	3240	52795
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	10496	14000	2500	29130	700	124	3663	68613
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	10696	21000	2600	29130	720	129	3922	76197
Дисковое лушение	б/уд	9219	-	1900	29130	570	102	2214	51135
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	10319	14000	2100	29130	630	117	2303	66599
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	10519	21000	2200	29130	670	122	2280	73921

* – с учетом затрат на семена – 8000 руб./га

Стоимость валовой продукции, руб.

Прием основной обработки почвы (фактор А)	Норма удобрения (фактор В)	Урожайность, кг/м ²	Сахаристость, %	Цена, руб./т	Стоимость валовой продукции, руб.
Вспашка	б/удобрений (к)	31,91	16,6	3300	102300
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	44,03	15,6	2800	123284
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	45,96	15,3	2650	121794
Чизелевание	б/удобрений	32,40	16,6	3300	106920
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	36,63	16,3	3150	115385
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	39,22	15,9	2950	115699
Дисковое лушение	б/удобрений	22,14	17,0	3500	77490
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	23,03	16,8	3400	78302
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	22,80	16,8	3400	77520