

Федеральное агентство научных организаций
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»

На правах рукописи

ДЪЯКОВ ДМИТРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ

**ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ОСНОВНОЙ
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ
САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В ЦЧР**

06.01.01. – общее земледелие, растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук
Боронтов О.К.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
ГЛАВА 1. Влияние основных природных и антропогенных факторов на плодородие почвы и урожайность сахарной свеклы.....	9
1.1. Погодные условия и их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур.....	9
1.2. Плодородие почвы при различной обработке и удобрении	13
1.3. Влияние агротехники возделывания сахарной свёклы на её продуктивность.....	19
ГЛАВА 2. Условия и методика проведения исследований.....	22
2.1. Почвенно-климатические условия ЦЧР	22
2.2. Почва опытного участка.....	24
2.3. Программа и методика проведения исследований	25
2.4. Учёты и наблюдения	28
2.5. Погодные условия в годы проведения исследований	28
ГЛАВА 3. Влияние агроклиматических условий на урожайность сахарной свёклы (обоснование выбора погодных факторов).....	32
3.1. Динамика урожайности за три ротации севооборота	32
3.2. Оценка влияния погодных условий на урожайность сахарной свёклы...33	
ГЛАВА 4. Изменение некоторых агрофизических показателей чернозёма выщелоченного под влиянием обработки почвы, удобрений и условий увлажнения.....	37
4.1. Водопотребление сахарной свёклы.....	37
4.2. Плотность сложения.....	41
ГЛАВА 5. Содержание питательных веществ в чернозёме выщелоченном при различной агротехнике возделывания сахарной свёклы и условий увлажнения.....	45
5.1. Нитратный азот.....	45
5.2. Нитрифицирующая способность почвы.....	48
5.3. Подвижный фосфор.....	51
5.4. Обменный калий.....	54

5.5. Дифференциация слоёв почвы по содержанию элементов питания.....	58
ГЛАВА 6. Влияние условий увлажнения и агротехники возделывания на засорённость посевов, рост и вынос питательных веществ растениями сахарной свёклы.....	65
6.1. Развитие и фитосанитарная обстановка посевов сахарной свёклы в начале вегетации.....	65
6.2. Накопление питательных веществ.....	68
6.3. Вынос питательных элементов сахарной свёклой.....	71
6.4. Эффективность использования питательных веществ сахарной свёклой.....	74
ГЛАВА 7. Продуктивность сахарной свёклы в различных условиях увлажнения и агротехники возделывания.....	80
7.1. Урожайность и сахаристость.....	80
7.2. Технологические качества.....	83
7.3. Энергетическая и экономическая эффективность возделывания сахарной свёклы.....	86
Заключение.....	90
Выводы.....	91
Предложения производству.....	94
Список использованной литературы.....	95
Приложения.....	127

Введение

Актуальность исследований. Для достоверной оценки тех или иных агроприёмов в земледелии проводятся как краткосрочные, так и длительные исследования, а погодные и климатические условия, как правило, упоминаются в методике проведения экспериментов. При обсуждении результатов усредняется влияние погодных условий на формирование основных выводов. Однако известно, что влияние погодных и климатических условий на продуктивность культур высоко, о чём свидетельствуют колебания урожайности сельскохозяйственных культур по годам. Величина прямого влияния отдельных факторов и их сочетаний на продуктивность сахарной свёклы в Центрально-Чернозёмном регионе в разных погодных условиях изучена недостаточно.

Определение степени влияния каждого фактора и их сочетаний на продуктивность сахарной свёклы остаётся важной задачей в совершенствовании агротехники культуры. В связи с этим, представляется необходимым проведение комплексных исследований почвенного плодородия чернозёма выщелоченного при возделывании сахарной свёклы. В почвенно-климатических условиях ЦЧР взаимодействие обработки почвы и удобрений на урожайность сахарной свёклы в связи с количественной оценкой погодных условий, остаётся недостаточно изученной. Следовательно, установить влияние погодных условий и агротехники на продуктивность сахарной свёклы в многолетнем стационарном опыте, является актуальной проблемой в ЦЧР.

Цель работы – выявить влияние метеорологических условий, обработки почвы и удобрений в многолетних исследованиях на продуктивность сахарной свёклы в зоне недостаточного увлажнения ЦЧР.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- установить агроклиматический фактор и его параметры, оказывающие наибольшее существенное влияние на продуктивность сахарной свёклы.

- изучить характер влияния различных параметров погодных условий и элементов агротехники возделывания сахарной свёклы на изменчивость режима влажности и питательного режима чернозёма выщелоченного.

- оценить дифференциацию слоёв почвы по содержанию питательных элементов.

- установить вынос и эффективность использования питательных веществ сахарной свёклы.

- определить урожайность, качество сахарной свёклы, экономическую и энергетическую эффективность возделывания культуры в различных условиях.

Объекты исследований: чернозём выщелоченный, районированные, в годы исследований сорта и гибриды селекции ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова»: Рамонская односемянная 9; Рамонская односемянная 47; РМС-60; РМС-120; Рамонская односемянная 117.

Предмет исследований: погодные (температура воздуха, относительная влажность воздуха, осадки), агротехнические (обработка почвы, удобрения) условия, элементы технологии возделывания сахарной свёклы, урожайность, качество корнеплодов, агрохимические, агрофизические свойства почвы.

Научная новизна и теоретическая ценность работы заключается в том, что дано научно-экспериментальное обоснование влияния коэффициента увлажнения (по Иванову) завершающей части вегетационного периода сахарной свёклы на элементы почвенного плодородия и её продуктивность. В результате многолетних стационарных исследований выявлена новая корреляционная зависимость урожайности сахарной свёклы от изменения количества осадков и температуры воздуха за два месяца до уборки культуры. Впервые отмечено, что при увеличении коэффициента увлажнения за август-сентябрь улучшается водопотребление сахарной свёклы и увеличивается содержание питательных элементов в почве. Доказано, что дифференциация слоёв почвы по содержанию питательных элементов увеличивается при по-

вышении увлажнения, внесении удобрений и применении безотвальной обработки. Получены оригинальные данные, свидетельствующие, что оптимальные условия увлажнения, комбинированная обработка почвы и применение удобрений позволяют максимально полно использовать растениями питательные вещества почвы и удобрений. Подтверждено преимущество отвальной и комбинированной обработок почвы над безотвальной, на основании показателей продуктивности, технологических качеств сахарной свёклы, энергетической и экономической эффективности.

Полученные результаты расширяют научные представления о влиянии погодных и агротехнических условий возделывания сахарной свёклы на агроэкологическое состояние чернозёма выщелоченного.

Практическая значимость. Выявленные закономерности изменения водного и питательного режимов чернозёма выщелоченного при различных погодных условиях и агротехнике возделывания сахарной свёклы позволяют рекомендовать комбинированную обработку почвы в плодосменном севообороте, как повышающую продуктивность сахарной свёклы с максимальной экономией энергетических и экономических ресурсов в зоне неустойчивого увлажнения лесостепи ЦЧР.

При производственной проверке в ООО «Нива» Воронежской области, установлено, что комбинированная обработка почвы в паропропашном севообороте, в том числе под сахарную свёклу – отвальная улучшенная зябь на глубину 30-32 см, увеличивала урожайность культуры на 3,9 т/га, при урожайности на принятой обработке (вспашка под все культуры) в хозяйстве – 33,6 т/га.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Коэффициент увлажнения за два месяца до уборки определяет водопотребление, питательный режим и продуктивность сахарной свёклы;
2. Отвальная обработка почвы с внесением под сахарную свёклу удобрений в дозе $N_{160}P_{160}K_{160}$ при высоком коэффициенте увлажнения в августе-сентябре, больше всего способствует лучшему водопотреблению, увеличе-

нию потребления питательных веществ в чернозёме выщелоченном и максимальному их использованию;

3. При высоком увлажнении, отвальной и комбинированной обработках почвы с внесением $N_{160}P_{160}K_{160}$ достигается максимальная продуктивность, энергетическая и экономическая эффективность возделывания сахарной свёклы;

Апробация результатов исследований. Основные результаты исследований доложены на конференциях Всероссийских: «Модернизация агротехнологий в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья», Каменная Степь, 2014 г.; «Состояние почвы Центрального Черноземья России и проблемы воспроизводства их плодородия», Каменная Степь, 2015 г.; «Почва – национальное достояние. Пути повышения её плодородия и улучшения экологического состояния», Ижевск, 2015 г.; «Биологизация земель в адаптивно-ландшафтных системах земледелия», Белгород, 2015 г. Научно-практической конференции Курского отделения «Общества почвоведов имени В.В. Докучаева», Курск, 2014 г. Заседаниях учёного совета ВНИИСС, Рамонь, 2015-2017 гг.

Личный вклад автора. В работе использованы материалы, полученные лично автором в 2014-2016 годах с привлечением данных за 1987-2013 годы лаборатории агрохимии и агротехники возделывания культур в севообороте ФГБНУ «Всероссийский НИИ сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», и метеорологических показателей метеостанции ВНИИСС. Автор участвовал в разработке программы исследований, закладке и проведении полевых опытов, лабораторных анализов, обобщении результатов исследований, формулировании выводов и предложений производству, в подготовке публикаций. Доля личного участия диссертанта составляет 85 %.

Публикации. Содержание работы опубликовано в 12 статьях, в том числе, в 2-х изданиях рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа изложена на 139 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 7 глав, выво-

дов и предложений производству, приложений. Список использованной литературы включает 230 источника, в том числе 30 иностранных авторов. Работа содержит 30 таблиц, 8 рисунков, 10 приложений.

ГЛАВА 1. Влияние основных природных и антропогенных факторов на плодородие почвы и урожайность сахарной свёклы

1.1. Погодные условия и их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур

Несмотря на то, что земли ЦЧР способны обеспечивать относительно большую окупаемость инвестиций (выходом продукции зернопроизводства семян подсолнечника и некоторых других культур), для региона характерны заметно худшие климатические условия сельскохозяйственного производства.

В Воронежской области, как и во всём ЦЧР, это проявляется существенной нестабильностью погодных условий, что негативно сказывается на формировании урожая. Так, в 1980-1990 годах размах колебаний в урожайности озимой пшеницы составил 24 ц/га (36,2-12,2 ц/га), а подсолнечника 10,5 ц/га (11,7-6,2 ц/га), в 1991-1998 годах колебания составили 15,2 ц/га и 8,2 ц/га соответственно. В то же время, изменения в урожайности в других странах были значительно меньше (Биологизация..., 2000).

При разработке новых агротехнических приёмов возделывания культурных растений, обеспечивающих эффективное использование почвенно-климатических ресурсов, необходимо уделять внимание изменяющимся погодным условиям (Каюмов, 1986; Лазарев, 1996; Фрид, 2001; Минакова, 2011).

Природные факторы, влияющие на продуктивность агроэкосистем это, прежде всего погодные условия - сумма осадков, сумма эффективных температур, ГТК, сумма прихода фотосинтетически активной радиации в период вегетации сельскохозяйственных культур (Каюмов, 1986; Лазарев, 1996).

Доказано, что основным механизмом влияния погодных условий на продуктивность агробиоценозов, является высокая солнечная активность (Ким, Лазарев, 2014). При этом наблюдается большая амплитуда колебаний годовых осадков. Для Воронежской области колебания годовых осадков со-

ставляют 250-900 мм (Костин, 1952; Климатические..., 1978; Землянухин, Черемисов, Бурлакин, 2004; Королев, 2008).

На территории Центрального Черноземья поступление фотосинтетически активной радиации не ограничивает продуктивность сельскохозяйственных культур, поэтому верхним пределом получаемой урожайности может быть принята только климатически обеспеченная, оцениваемая по ресурсам тепла и влаги, граница (Каюмов, 1986; Черкасов, Масютенко, 2016).

Анализ метеорологических факторов выявил тенденцию роста температуры воздуха и количества осадков. Отмечено, что глобальное потепление тесно связано с особенностями циркуляционных процессов атмосферы, при которых над Среднерусской равниной образуются блокирующие антициклоны (Георгиев, 2000; Радцевич, Черемисов, 2004; Clorpet, 2004; Гордеев и др., 2015; Кравец и др., 2016). В связи с этим, выделены зоны и показана потребность в гидромелиорациях сельскохозяйственных культур в различные периоды аномалий атмосферной циркуляции.

При изменении климата необходим постоянный мониторинг влияния тех или иных агроприёмов на плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур, который успешно решается в длительных стационарных опытах (Бойко, Гаврилюк, Шаповал, 1987; Колев, 2000; Славов, Георгиев, 2000; Фрид, 2001).

Для культур ЦЧР рассчитаны связи их урожайности с климатическими условиями. Так, для озимой пшеницы, ячменя и сахарной свёклы по данным исследований одних авторов, корреляция составила от 0,09 до 0,75 (Здоровцов и др., 2008). В НИИСХ ЦЧП имени В.В. Докучаева коэффициенты корреляции между урожайностью сахарной свёклы и осадками по месяцам вегетации варьировали от 0,595 до 0,888, а с осадками за весь период вегетации – 0,803; с коэффициентом увлажнения за вегетацию – 0,838 (Турусов, 2013).

Сотрудниками ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии совместно с сотрудниками Белгородского НИИСХ проведена работа по выявлению наиболее значимых погодных условий, влияющих на продуктивность сель-

скохозяйственных культур. Так, установлено, что запасы нитратного азота в почве коррелируют с осадками в ноябре. Урожайность ячменя в условиях опыта варьировала без удобрений от 12,0 до 33,9 ц/га, а на фоне NPK от 20,0 до 51,7 ц/га. При этом был определён средний критический гидротермический вегетационный период ячменя (май) (Черкасов и др., 2008).

За 10 лет наблюдений за изменением показателей плодородия почвы под горохом, позволило установить общую закономерность влияния погодных условий. Наибольшее влияние на урожай гороха и эффективность удобрений оказывали гидротермические характеристики в мае-июне (Черкасов и др., 2008).

Установлена тесная корреляционная зависимость (0,95) между урожайностью кукурузы на силос и среднесуточной температурой воздуха в мае. Максимальная урожайность зелёной массы кукурузы на контроле и при внесении удобрений в дозе $N_{120}P_{100}K_{60}$ (306-416 ц/га) была при температуре воздуха в мае $15^{\circ}C$ (Черкасов, 2008).

Анализ многолетних данных показал, что урожай зерна озимой пшеницы и эффективность минеральных удобрений зависит от температуры воздуха и осадков в период всходы – уборка. Средняя урожайность культуры варьировала на контроле от 13,4 ц/га до 41,6 ц/га; при применении удобрений ($N_{120}P_{120}K_{120}$) – от 20,9 ц/га до 50,0 ц/га (Черкасов, 2008).

Изучение влияния природных и антропогенных факторов на продуктивность озимой пшеницы показало, что её изменение на 46,5 % обусловлено воздействием сложившихся погодных условий (Лазарев, 1996).

Однако, в исследованиях Виноградова (2014) установлено, что агроклиматическими показателями, оказывающими значимое влияние на урожайность озимой пшеницы, являются запасы продуктивной влаги и гидротермический коэффициент за май. Урожайность варьировала от 15,9 до 34,0 ц/га. С помощью гидрологических свойств почвы выделено 5 интервалов её различного увлажнения, при этом запасы влаги учитывались послойно (Григасов, 2000).

В длительном опыте ВНИИСС установлена большая зависимость урожайности сахарной свёклы от осадков вегетационного периода. В условиях различной водообеспеченности урожайность сахарной свёклы на контроле составляла 23,9-27,9 ц/га, а при внесении средних и высоких доз удобрений 32,0-41,4 ц/га (Алексеева и др., 1971; Тамбовцева, 2012). В исследованиях, проведённых также во ВНИИСС установлено, что в засушливые годы продуктивность сахарной свёклы значительно меньше, чем в нормальные или влажные годы. При этом авторы проводят разделение на группы по количеству осадков, выпавших за вегетационный период (Боронтов, 2005; Демидов, Окулин, 2008; Боронтов и др., 2012, Адаптивно-ландшафтные..., 2013; Гордеев и др., 2015).) Существующий патент «Способ прогнозирования эффективности азотных удобрений на сахарной свёкле» предполагает учитывать осадки ноября (патент 2236109).

Под влиянием изменений погодных условий изменялся уровень грунтовых вод, вызванных количеством выпадающих осадков и повышением температуры в зимний период (Васютин, Чевердин, 2004).

В Нижнем Поволжье наблюдается существенное повышение температуры почвы вследствие постепенного потепления климата (Орлова, Медведев, Левицкая, 2013).

Дисперсионный анализ продуктивности культур в длительном полевом опыте Смоленского НИИСХ позволил установить долю влияния антропогенных и погодных факторов. Данные свидетельствуют о повышенной чувствительности сельскохозяйственных культур к погодным условиям. Зависимость урожайности культур от погодных условий составила: озимой пшеницы 32 %, ячменя 19 %, многолетних трав 64 %, озимой ржи 43 %, льна 88 %, картофеля 86 %, гороха-овса 38 %. Для каждой культуры существуют свои, наиболее значимые показатели, влияющие на урожайность (Нестеров и др., 2001).

Климат Краснодарского края изменялся в сторону возрастания среднегодовых температур, увеличения годовых осадков. Резкая смена температур-

ного режима негативно влияет на физиологическое состояние молодых растений сахарной свёклы. Неустойчивое увлажнение отрицательно влияет на производство сахара (Дерюгин, 2013).

Исследования, проведённые в стационарных опытах со многими сельскохозяйственными культурами показывают, что их урожайность и эффективность удобрений зависят от погодных условий (Кияницкая, Брушков, Красникова, 1985; Олифер, Старостенко, 1985; Гриб, 1985; Ламин, 1985; Рощина, Пестряков, 1985; Тулин, Ставрова, 1985; Гнетиева, Шевелева, Барышникова, 1985; Головков, Черкашина, 1985; Иванов, 1985; Mikita, Yutmanskis, 2002).

Программирование урожаев сельскохозяйственных культур – это обоснование величины возможного урожая, где не последнюю роль играют биоклиматические показатели продуктивности и возможной влагообеспеченности посевов, использования влаги. При этом учитывается обеспеченность влагой, питательными веществами и фотосинтетически активной радиацией (Каюмов, 1977; Землянухин, Черемисинов, Бурлакин, 2004).

При программировании урожайности сахарной свёклы предложена формула, учитывающая сумму осадков за вегетационный период, запасы влаги и доступных питательных веществ (Калинин, 2001; Минакова, 2011).

Разработана методика оценки влияния неблагоприятных условий погоды на урожайность сельскохозяйственных культур, которая позволяет выдавать вероятностный прогноз на несколько декад вперёд применительно к любой культуре (Жуков, Святкина, 2000).

1.2. Плодородие почвы при различной обработке и удобрении

Обработка почвы и удобрения – важнейшие звенья систем земледелия. Они преследуют две цели: повысить эффективность плодородия почвы и создать наиболее благоприятные условия для роста и развития растений, получить высокий урожай. В то же время, многие проблемы современного земледелия связаны с обработкой почвы. Большие затраты энергии, ускоренная минерализация гумуса, развитие эрозионных и дефляционных процессов,

уплотнение почвы во многом связаны с интенсивным характером обработки почвы. Стремление уменьшить эти негативные проявления, особенно в части ресурса и энергосбережения, является характерной особенностью исследований в этом направлении (Rauch, Lehne, 1961; Нарциссов, 1982; Коржов, Трофимова, 2016).

Приёмы основной обработки почвы и вносимые удобрения существенно изменяют плодородие почв. Так, установлено, что при применении удобрений в почве существенно увеличивается содержание органического вещества и питательных веществ (Алексеева, 1970; Кураков, 1992, 2000; Лазарев, 1996; Панченко, 2000; Юхин, 2000; Турусов, 2001; Никульников, 2005; Никульников и др., 2005; Акименко, Солганова, 2008; Тамбовцева, 2009; Минакова, 2011).

Отмечается, что мульчировании почвы соломой озимой пшеницы на различных фонах удобренности оказало положительное влияние на показатели потенциального и эффективного плодородия чернозёма типичного. При вспашке повышалось содержание щелочногидролизуемого азота по сравнению с поверхностной и чизельной обработками, однако содержание подвижного фосфора выше было при поверхностной обработке (Ильина, 1987; Mbagwu, Bazzoffu, 1989; Ступаков, 1998; Макарова, Шептухова, 2001; Шептухова, Придачина, 2001).

Лучший водный режим и более высокая микробиологическая активность почвы на вариантах с мульчированием почвы способствовала лучшему обеспечению сахарной свёклы основными элементами минерального питания, особенно азотом (Triplett, Van Doren, 1969; Скрипин, 2004; Боровская, Уваров, 2013; Тамбовцева, 2014).

Исследования показывают, что при поверхностной и безотвальной обработках почвы содержание гумусовых веществ в почве увеличивается, при этом процессы трансформации приближаются к естественным (Шикула, 1987, 1997; Манько, 1989).

Для компенсации потерь гумуса необходимо: использование различных видов органических удобрений и их сочетаний с минеральными туками, посев бобовых однолетних и многолетних трав, внесение соломы и растительных осадков с добавлением 10-12 кг/т азота, посев сидеральных культур. Всего в севообороте надо вносить не менее $N_{50}P_{41}K_{40}$ на 1 га севооборотной площади (Рымарь, Мухина, 2004; Дедов, 2012; Корнилов, 2012; Ступаков и др., 2012; Новичихин, Мухина, Балюнова, 2012).

Удобрения в длительном стационарном опыте значительно улучшали режим чернозёма выщелоченного: увеличивали содержание нитратного азота на 68-100 %, подвижного фосфора на 10-11 %, обменного калия на 37-44 % (Кураков, 1992; Кураков и др., 2004; Минакова, 2011).

Во влажные годы отмечалось максимальное накопление нитратов по всем парозанимающим культурам. В засушливые годы запасы нитратного азота были минимальные. Во влажные, но холодные годы процесс нитрификации тоже снижался. Внесение органических и минеральных удобрений повышало фракцию гидролизуемого азота в почве, которая является ближайшим резервом азотного питания растений.

При внесении удобрений темпы накопления подвижного фосфора и обменного калия повышались, однако калий, внесённый с удобрениями, быстро фиксируется почвой и в условиях периодически промывного режима не вымывается глубже подпахотного слоя почвы (Haiston, 1990; Лазарев, 1996; Макаров, Архипова, 2001; Минакова, 2011; Тамбовцева, 2012).

Питательный режим почв определяется уровнем удобренности. Так, по вспашке содержание нитратного азота снизилось без применения удобрений на 11 %. На вариантах с применением органических и минеральных удобрений содержание нитратного азота повышалось на 8-20 %.

Запасы доступного фосфора и калия снижались на контроле, а при внесении удобрений увеличивались в 1,1-1,8 раза (Доманов и др., 2008).

При длительном применении удобрений в чернозёме выщелоченном повышалось содержание подвижных питательных элементов: минерального

азота, подвижного фосфора и обменного калия. При этом увеличивается вынос питательных элементов (Минакова, Александрова, 2008).

При благоприятных погодных условиях в начале вегетации способы и глубина оказывали незначительное влияние на содержание нитратного азота. В прохладную погоду весной большее его содержание наблюдалось по рыхлению без оборота пласта. В середине вегетации при вспашке наблюдается увеличение нитратного азота. Обработка почвы и сроки её проведения существенно не изменяла содержание подвижного фосфора и обменного калия (Finney, Knight, 1973; Гармашов, 2012).

Установлено, что различные культуры неодинаково относятся к плодородию почвы, наличию в ней элементов питания, плотности и твёрдости, механическому составу и реакции среды.

Растение не только выносит элементы питания и воду, но и оказывает влияние на почву. Сила влияния на общую окультуренность почвы неодинакова, и связана с видовыми, сортовыми особенностями, уровнем агротехники, мощностью корневой системы, количеством оставляемого органического вещества. Однако, нет оснований разделять культуры на обогащающие и истощающие почву (Нарциссов, 1982).

Длительное применение оптимальных доз удобрений в условиях западной части ЦЧЗ обусловило повышение содержания питательных элементов. Более предпочтительно внесение $N_{44}P_{30}K_{52}$ с 8 т/га навоза, или $N_{66}P_{45}K_{78}$ + 4 т/га навоза (Ступаков и др., 2004).

На фоне минерального питания и применения навоза в пару повышалось содержание питательных элементов (фосфора на 7-44 %, калия на 26-40 %), изменялись физико-химические свойства и снижались темпы дегумификации. Лучшие условия складывались при отвальной и комбинированной обработках почвы (Боронтов, Минакова, 2008).

Минимальная обработка способствовала увеличению содержания минерального азота в почве (Зубенко, Якименко, Лютая, 1986; Шикула и др., 1987; Brinsfield, Slavet, Magotte, 1988; Halstead, Yong, 1988; Hons, 1988; Ny-

borg, Malh, 1990; Nayhoe and d., 1993; Mbagwu, Bazzofu, 1989; Koller, 2001; Якименко, Лютая, 1989; Акентьева, Чиждова, 1989; Шикула, Назаренко, 1990; Шикула и др., 1991; Федоров, Воронцов, 1995; Ладонин, Крамарев, 1997; Хабаров, Простякова, 1997; Гулидова, 2000; Ecclestone, 2001). Особенно No-till (Rile, Coutts, 1975).

Однако существует мнение, что длительные и поверхностные обработки приводят к снижению содержания подвижных форм азота (Holmers, Lochart, 1970; Витер, 1975; Cannell, 1977; Devis, Cannell, 1980; Турусов, 2006; Шаповалов и др., 2006, 2007).

К уборке сахарной свёклы различий по содержанию питательных веществ между различными способами основной обработки почвы не обнаружено (Боронтов, 2005; Доманов и др., 2009).

При внесении под сахарную свёклу 120-180 кг P_2O_5 усваивалось только 45-50 кг, а остальное количество оставалось в почве. Поэтому важно найти способы мобилизации форм фосфора (Годунова, 1979).

Калий при внесении с удобрениями и навозом локализуется в пахотном слое. Закрепление – это динамический процесс равновесного соотношения (Соловиченко, 2005; Шептухова, 2010). Чтобы иметь положительный баланс калия необходимо вносить 23 кг K_2O на 1 га севооборотной площади (Годунова, 1979; Кураков, 1992; Шептухова, 2010).

Коэффициент использования питательных веществ зависит от доз удобрений. Данный показатель важнейший в определении агрохимической эффективности удобрений. Вынос питательных веществ с урожаем сахарной свёклы изменяется по периодам жизни и зависит от доз удобрений (Зубенко, Якименко, 1989).

Системы основной обработки почвы влияют на эффективность использования питательных веществ. При перемещении слоёв почвы происходит доставка удобрений на различную глубину, что оказывает позитивное влияние как на обеспеченность растений элементами питания, так и на аккумуля-

цию их в различных частях корнеобитаемого слоя (Cristmann, Loiler, 1986; Ильина, 1987; Peterson, 1988; Родионов, 2006).

Запас подвижного фосфора в почве под сахарной свёклой был различен по годам исследований и зависел от температуры и осадков в июне, при этом прослеживалась линейная зависимость (Черкасов и др., 2008).

Питательный режим почвы в посевах сахарной свёклы определялся только уровнем удобренности, а при безотвальной обработке почвы наблюдалась явная дифференциация пахотного слоя по этим показателям (Drew, Saker, 1980; Foth, 1988; Haiston, 1990; Crovetto, 1996; Шаповалов и др., 2006; Доманов и др., 2009; Вислобокова, Скорочкин, Воронцов, 2010).

Систематическая мелкая основная обработка почвы приводит к существенному снижению запасов доступной влаги в почве на 7-11 %. Превосходство отвальной и комбинированной обработок в севообороте способствует улучшению питательного режима по сравнению с ежегодной безотвальной обработкой. Безотвальная обработка вела к снижению нитратного азота на 3-35 %. Содержание подвижного фосфора и обменного калия мало зависело от приёмов основной обработки почвы.

Безотвальная обработка почвы приводит к гетерогенности пахотного слоя почвы. В зоне неустойчивого увлажнения, где есть вероятность пересыхания поверхностного слоя почвы, важно иметь содержание фосфора и калия по всему пахотному слою (Бойко, Гавриляк, Шаповал, 1987; Никульников, 2002; Боронтов и др., 2013; Трофимова, 2014; Навальнева и др., 2016).

Оптимизация режима питания сахарной свёклы показала, что под культуру необходимо вносить минеральные и органические удобрения в соответствии со многими факторами, и при этом называются различные дозы (Кураков, 1992; Богомазов, Шильников, Нетребко, 1997; Ступаков, 1997; Юхин, 2000; Лицуков, 2011; Пыхтин, Нитченко, Руднев, 2013).

Погодные условия в большинстве исследований не учитывались, как изменяющийся фактор, но установлено, что во влажных условиях при возделывании различных культур, в том числе и сахарной свёклы, содержание пи-

тательных веществ увеличивалось как без удобрений, так и на удобренных вариантах (Winter, 1981; Петрова и др., 1985; Крупкин, 1985; Войтенко, Иванова, Прокопенко, 1985; Дегтярева, 1985; Мозговой, 1985; Черкасов и др., 2008; Боронтов и др., 2013).

Однако в других исследованиях подчёркивается, что уровень почвенного плодородия при различных погодных условиях оставался неизменным (Тулин, Ставрова, 1985; Олифер, Старостенко, 1985; Азизов и др., 2012).

1.3. Влияние агротехники возделывания сахарной свёклы на её продуктивность

Наиболее существенными факторами влияющими на урожайность сахарной свёклы являются удобрения и метеорологические условия (Диброва, 1985; Мозговой, 1985; Кураков, 1992; Лазарев, 1996; Богомазов, Шильников, Нетребко, 1997; Научные..., 2005; Боронтов, 2006; Минакова, 2011). Так, при применении удобрений продуктивность сахарной свёклы значительно увеличивается при различных условиях (Мазепин, 1975; Затикян, 1981; Михайликова, 1996; Юхин, 2000; Гулидова, 2000; Макаров, Архипова, 2001; Проценко и др., 2001; Кураков и др., 2001; Ермолов и др., 2001; Гетманский, 2001; Чеснокова, 2002; Вислобокова, Архипова, Макаров, 2004; Тютюнов, 2005; Бондаренко, 2005; Щеглов, 2006; Громовик, 2009; Бражник, 2009; Свиридов, 2009; Пожидаев, 2011; Тамбовцева, 2012; Новичихин, Мухина, Балюнова, 2012; Косякин, 2013; Мануковский, 2013; Вислобокова, Скорочкин, Воронцов, 2013; Боронтов, Дьяков, Косякин, 2014; Трофимова, 2014; Ильюшенко, 2015).

Удобрения, повышая урожайность корнеплодов сахарной свёклы на 6,6-13,2 т/га, снижают сахаристость на 0,4-0,7 %, сокращают выход сахара с единицы сырья, уменьшают чистоту диффузионного сока на 0,6-0,7 %. При этом возрастает содержание щелочной золы на 0,074-0,143 %, увеличивается концентрация «вредного азота» на 0,024-0,070 %. Наиболее высокое качество свекловичного сырья достигается на фоне $N_{45-90}P_{60-120}K_{45-90}$ с 25-30 т/га навоза (Кураков и др., 2004).

Установлено, что рост растений сахарной свёклы зависит от метеорологических условий, предшественников и количества удобрений. Дозы $N_{45-90}P_{60-120}K_{45-90} + 25-30$ т/га навоза в пару обеспечивали большую урожайность и лучшие технологические качества. Корнеплоды, выращенные на этих фонах, сохранились с меньшими потерями массы (Anderson, 1972; Горбунов, 2004).

На величину прибавки урожая сахарной свёклы от вносимых удобрений влияют погодные условия, возделываемые сорта, дозы, сроки внесения удобрений, обработка почвы, предшественники. Установлено, что внесение дефеката и органо-минеральных удобрений повышало урожайность сахарной свёклы на 16 % до 55 т/га (Новичихин, Мухина, Балюнова, 2012). В годы с достаточным количеством осадков прибавка доходила до 52 % урожая (Панченко, 2000; Боронтов, Косякин, Манаенкова, 2009; Минакова, Тамбовцева, Александрова, 2012; Тютюнов, Солнцев, Хорошилов, 2013). Однако наибольшие прибавки урожая, по сведениям Тамбовцевой (2012), достигаются в сухие и нормальные по увлажнению годы.

Высокую продуктивность сахарной свёклы одни исследователи связывают с безотвальной обработкой почвы (Картамышев, Кочетов, Беляков, 1996; Бондарчик, 1999; Котлярова, Ибадуллаев, Шаповалов, 2001; Ушаков, 2002; Олейников, 2006). Другие предлагают под сахарную свёклу проводить глубокую вспашку на 30-32 см по схеме улучшенной зяби или полупару (Гамуев, 1982; Яценко, 1986; Зубенко, 1988; Котоврасов, Павловский, Вадук, 1990; Коломиец, Драган, 1993; Лазарев, 1996; Барнштейн и др., 1997; Юхин, 2000; Доманов, 2001; Боронтов, 2005; Родионов, 2006; Вислобокова, Скорочкин, Воронцов, 2010; Обработка..., 2010; Пожидаев, 2011; Уваров, Карабутов, Боровский, 2011; Витер и др., 2011).

При отвальной обработке почвы увеличивается продуктивность фотосинтеза и темпы роста листьев и корнеплодов (Юхин, 2000; Доманов, 2002; Жуковский, 2004; Бондарь, 2008; Костин, 2008; Бражник, 2009; Косякин и др., 2011; Боронтов, Дьяков, Косякин, 2014).

В севооборотах с сахарной свёклой системы обработки почвы должны быть комбинированными. Такие системы сокращают затраты труда, повышают продуктивность севооборотов, сохраняют почвенное плодородие (Круть, Тараненко, Покуленко, 1989; Ильина, 1989; Котоврасов, Павловский, Вадук, 1990; Гулидова, 2000; Никульников, 2002; Боронтов, 2005; Шаповалов, 2006; Немцев, 2009; Нанаенко, 2011; Вислобокова, Скорочкин, Воронцов, 2013; Вислобокова и др., 2014).

Эффективность поверхностных и безотвальных обработок почвы будет тем выше, чем глубже был создан предшествующим трудом земледельца, культурный обрабатываемый слой почвы (Hendrix, Han, Groffmann, 1988; Котоврасов, 1989).

Погодные условия изменяли технологические качества и химический состав корнеплодов сахарной свёклы при изменении поражённости болезнями (Диброва, 1985; Турук, 2013; Шамин, Стогниенко, 2014; Селиванова, Путилина, 2014). Лучшие технологические качества корнеплодов оказались при глубоких отвальных обработках почвы (Бухтояров, Никульников, 1992; Бухтояров, Никульников, Боронтов, 1993). При применении удобрений снижается сахаристость и увеличиваются потери сахара в мелассе (Prosba-Bratczyk, 2004; Горбунов, 2004).

ГЛАВА 2. Условия и методика проведения исследований

2.1. Почвенно-климатические условия ЦЧР

В Центрально-Чернозёмный регион Российской Федерации входят пять областей: Белгородская, Воронежская, Липецкая, Курская и Тамбовская, где производится до 50 % сахарной свёклы, 10 % зерна, 16 % подсолнечника. Большая часть зоны расположена в лесостепи, которая занимает 70 % территории региона, и только юг и юго-восток Белгородской и Воронежской областей захватывает степная зона.

Земельный фонд ЦЧЗ по данным государственного учета земель исчисляется в 16785,6 тыс. га. Из них пашни – 10724,7 тыс. га, многолетних насаждений – 136,5 тыс. га, сенокосов – 558,8 тыс. га, пастбищ – 171,6 тыс. га, лесов – 1782,6 тыс. га, болот и кустарников – 200,5 тыс. га.

Рельеф зоны разнообразен. Белгородская, Курская, часть Воронежской и Липецкой областей размещаются на правобережье р. Дона на отрогах Средне-Русской возвышенности. Северная часть левобережья р. Дон относится к Окско-Донской низменности. Здесь расположены Тамбовская область, северо-восточные районы Воронежской и восточные районы Липецкой областей. Более спокойный равнинный рельеф отмечается на юго-западе Курской и Белгородской областей.

В пределах Средне-Русской возвышенности на правобережье р. Дона расположена возвышенная равнина с сильно расчленёнными балками долиной, изрезанная оврагами, с отметками водоразделов 200-220 м над уровнем моря.

Густота овражно-балочной сети 1,2 км/км². Наиболее низкие отметки находятся в нижней части долины р. Дон (около 70 м). Максимальные величины местных базисов эрозии достигают 190-200 м.

Окско-Донская низменность представляет собой плоскую равнину с абсолютными отметками 120-150 м над уровнем моря. Расчленённость территории составляет 0,6-0,8 км/км². Наибольшей расчленённостью территории отличаются Воронежская, Курская и Белгородская области. Высокая расчле-

нённость территории вызывает не только интенсивное развитие эрозионных процессов, но и затрудняет выполнение технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур.

Почвенный покров ЦЧЗ представлен в основном чернозёмами (88,5 %) и серыми лесными почвами (6,8 %). Остальные площади заняты песчаными и супесчаными, болотно-луговыми почвами и солонцовыми комплексами. В составе сельхозугодий пашня занимает 82,1 %, что в 1,4 раза больше, чем в России.

Продолжительность периода вегетации с температурой воздуха выше +5 °С составляет 183-190 дней (Костин, 1958; Климатические..., 1978). Сахарной свёкле требуется сумма активных температур (свыше +10 °С) – 2150-2550 °С и вегетационный период 140-180 дней (Орловский, 1963; Самбуров, Елец, 1963; Карманов, 1998).

Температурный режим характеризуется однородностью: самый тёплый месяц июль, а холодный – январь. Температура воздуха постепенно повышается в марте-апреле, затем быстро растёт, из-за чего весной часто бывает иссушение почвы при недостатке осадков.

Относительная влажность воздуха имеет два максимума – в мае и в августе. Продолжительные засухи отмечаются в начале вегетационного периода. Последние заморозки, опасное явление, отмечаются в начале мая.

Влагообеспеченность региона различная, а годовое количество осадков составляет 400-550 мм. Курская, Липецкая области и северные районы Воронежской и Белгородской областей относятся к зоне неустойчивого увлажнения, где осадков выпадает, в среднем 500 мм, а юг Белгородской и Воронежской областей – зона недостаточного увлажнения с суммой осадков менее 450 мм (Ахтырцев, 1993; Сидоров, 1986). Наблюдается неравномерное количество осадков по месяцам. Нередко летние осадки носят ливневый характер.

В целом, климат региона исследований – умеренно-континентальный с резкими колебаниями температуры, относительной влажности воздуха, неравномерным выпадением осадков, наличием засушливо-суховейных явле-

ний (Винокурова, 1975; Щербаков, Васенев, 1996). Гидротермический коэффициент составляет 1,0-1,1, а коэффициент увлажнения – 0,7-1,0 (Шашко, 1985).

Характерной особенностью является неравномерность выпадения осадков по годам и периодам года. Периоды без осадков, превышающие 10 дней, бывают ежегодно. В два-три года из десяти они могут продолжаться 25-39 дней. Особенно губительны для выращивания культур майские и июньские засухи.

Сумма среднесуточных активных температур ($+10^{\circ}\text{C}$ и выше) на северо-западе зоны составляет 2300-2400⁰ С, на юго-востоке – 2400-2800⁰ С. Природно-климатические условия позволяют выращивать большинство сельскохозяйственных культур.

Среднегодовая температура воздуха составляет 5,2⁰ С. Самый жаркий период приходится на июль (20,4⁰ С), холодный – на февраль (-9,7⁰ С). Безморозный период длится 149 дней, общий вегетационный – 180 дней. Период с активными среднесуточными температурами ($+10^{\circ}\text{C}$ и выше) составляет 153 дня. Среднегодовое количество осадков составляет 450-460 мм. Основное их количество выпадает в виде дождя, и только 35 % - в виде снега.

Устойчивый снежный покров наблюдается со второй половины ноября до начала апреля. Средняя высота снежного покрова составляет 15-20 см, глубина промерзания почвы – 70-75 см.

В общем, климат Центрально-Чернозёмного региона характеризуется большой продолжительностью вегетационного периода, достаточным количеством осадков и тепла для возделывания полевых культур, и в частности сахарной свёклы.

2.2. Почва опытного участка

Почвообразующие породы представлены бурыми безвалунными карбонатными тяжёлыми суглинками, которые относятся к лёссовидным породам. Они характеризуются крупно и тонкопористой плитчатой структурой палевого цвета (Самойлова, 1983).

Опытное поле ВНИИСС расположено на Доно-Воронежском водоразделе в пределах Окско-Донской равнины. Самая высокая точка водораздела достигает 150 м над уровнем моря. Рельеф имеет слабоволнистый характер (Адерихин, 1964).

Почва стационарного опыта – чернозём выщелоченный малогумусный среднемогучий тяжелосуглинистый. Содержание гумуса составляет 5,4-5,8 %, тип гумуса – гуматный. В верхней части гумусового горизонта рН водной вытяжки близка к нейтральной, ёмкость поглощения оснований 38 мг-экв./100 г почвы. Поглощающий комплекс полностью насыщен основаниями (96 %) (Никульников, 1996; Минакова, 2011).

Благоприятные физические свойства чернозёма выщелоченного подтверждаются оптимальными значениями плотности сложения, общей пористости, высокой наименьшей влагоёмкости (Боронтов, 2005; Королев, 2008)

2.3. Программа и методика проведения исследований

Исследования проведены в стационарном опыте Всероссийского научно-исследовательского института сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова, заложенного в 1985 году. В 2014-2016 годах лично автором, с привлечением результатов исследований за 1987-2013 годы лаборатории агрохимии и агротехники возделывания культур в севообороте - стационарный опыт «Система обработки почвы в сочетании с удобрением и другими средствами химизации культур в зерносвекловичном севообороте».

В девятипольном зернопаропропашном севообороте со следующим чередованием культур: черный пар, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень с подсевом клевера, клевер на 1 укос, озимая пшеница, сахарная свекла, однолетние травы, кукуруза на зеленый корм.

Изучены 3 системы основной обработки почвы:

А – отвальная вспашка под все культуры: под кукурузу и черный пар на глубину 25-27 см; под ячмень, озимую пшеницу по клеверу, однолетние травы на глубину 20-22 см; под сахарную свеклу на глубину 30-32 см по схеме

улучшенной зяби (дисковое лушение на 6-8 см, плоскорезное рыхление на 12-14 см).

Г – безотвальная (плоскорезная) обработка под все культуры: под кукурузу и черный пар на глубину 25-27 см; под озимую пшеницу по клеверу, ячмень, однолетние травы на глубину 20-22 см; под сахарную свеклу плоскорезная обработка по схеме улучшенной зяби (дисковое лушение на 6-8 см, плоскорезное рыхление на 12-14 см, затем глубокая плоскорезная обработка на глубину 30-32 см).

Д – комбинированная (отвально-безотвальная) обработка в севообороте: под зерновые и травы идентично варианту Г; под остальные культуры - идентично варианту А; отвальная вспашка на глубину 25-27 см под кукурузу и чёрный пар; плоскорезная обработка на глубину 20-22 см под озимую пшеницу, высеваемую по клеверу, однолетние травы, ячмень. Под сахарную свёклу – улучшенная отвальная зябь – дисковое лушение на 6-8 см, плоскорезное рыхление на 12-14 см, затем вспашка на 30-32 см (таблица 1).

Влияние основной обработки почвы изучали на неудобренном (контроль) и удобренном фоне, где вносили: 50 т навоза в чёрном пару и 50 т навоза под сахарную свёклу в звене с клевером.

Минеральные удобрения – под озимую пшеницу, высеваемую по клеверу – $N_{60}P_{60}K_{60}$; под ячмень – $N_{40}P_{40}K_{40}$; под однолетние травы – $N_{20}P_{20}K_{20}$; подкормка клевера – $N_{20}P_{20}K_{20}$; под кукурузу – $N_{80}P_{80}K_{80}$; под сахарную свёклу в звене с чёрным паром – $N_{160}P_{160}K_{160}$; в звене с клевером – $N_{150}P_{150}K_{150}$. Всего $N_{59}P_{59}K_{59} + 11$ т навоза на 1 га севооборотной площади (таблица 2). Площадь делянки 360 м², учётной – 12-70 м², повторность 3-х кратная.

Для основной обработки почвы использовали плуг ПН-4-35, плоскорез КПГ-250, луцильники ЛДГ-10 и БДТ-3. В качестве минерального удобрения применяли нитроаммофоску (16:16:16). Агротехника возделывания культур – общепринятая для ЦЧЗ.

Таблица 1 – Системы основной обработки почвы в севообороте

Культуры севооборота	Отвальная вспашка под все культуры севооборота	Г – безотвальная	Д - комбинированная
	А - глубокая		
Черный пар	вспашка на 25-27 см	плоскорезная обработка на 25-27 см	вспашка на 25-27 см
Озимая пшеница	основная обработка не проводилась		
Сахарная свекла	лушение дисковое		
	лушение лемешное или плоскорезное на 12-14 см		
	вспашка на 30-32 см	плоскорезная обработка на 30-32 см	вспашка на 30-32 см
Ячмень + клевер	вспашка на 20-22 см	плоскорезная обработка на 20-22 см	
Клевер	основная обработка не проводилась		
Озимая пшеница	вспашка на 20-22 см	плоскорезная обработка на 20-22 см	
Сахарная свекла	лушение лемешное или плоскорезное на 12-14 см		
	вспашка на 30-32 см	плоскорезная обработка на 30-32 см	вспашка на 30-32 см
Горох-овес (однолетние травы)	вспашка на 20-22 см	плоскорезная обработка на 20-22 см	
Кукуруза	лушение дисковое		
	вспашка на 25-27 см	плоскорезная обработка на 25-27 см	вспашка на 25-27 см

Таблица 2 – Системы применения удобрений в севообороте (навоз в т/га, минеральные удобрения в кг д.в./га)

№ п/п	Культуры севооборота	Контроль (0)	Удобрения под все культуры			
			навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Чёрный пар	-	50			
2	Озимая пшеница	-				
3	Сахарная свёкла	-		160	160	160
4	Ячмень	-		40	40	40
5	Клевер	-		20	20	20
6	Озимая пшеница	-		60	60	60
7	Сахарная свёкла	-	50	150	150	150
8	Однолетние травы	-		20	20	20
9	Кукуруза	-		60	60	60
10	Всего	-	100	510	510	510
11	На 1 га севооборотной площади	-	11	59	59	59

2.4. Учёты и наблюдения

В течении вегетационного периода в посевах сахарной свёклы в звене с чёрным паром отбирали образцы почвы и растений и определяли:

- влажность почвы – весовым методом (ГОСТ-26268-89), три раза за вегетацию до глубины 1 м.
- плотность сложения почвы – по Качинскому (1986), 2 раза за вегетацию до глубины 0,4 м.
- водопотребление – по Долгову (Долгов, 1966).
- нитратный азот в почве – по Грандваль-Ляжу (ГОСТ-26951-86).
- нитрифицирующую способность почвы – по Кравкову в модификации Ваксмана.
- подвижный фосфор и обменный калий в почве – по Чирикову (ГОСТ-26201-91).
- содержание азота, фосфора и калия в растениях – из одной навески по Кураеву (1977).
- вынос и коэффициенты использования питательных веществ – по методике ЦИНАО (1986).
- учёт сорных растений и урожайность сахарной свёклы – по методике ВНИС (Барнштейн, Гизбуллин, 1986).
- технологические качества сахарной свёклы – по Силину.
- энергетическую оценку – по методике ВАСХНИЛ (Методические..., 1989).
- экономическую эффективность – по методике РАСХН (Методические..., 1982, Методика..., 1998).
- статистическая обработка – по Доспехову (Доспехов, 1979).

2.5. Погодные условия в годы проведения исследований

Среднее многолетнее количество осадков за год составляет 628 мм, а за годы, охваченные настоящим исследованием, оно варьировало от 398 мм до 907 мм (приложение 1).

Для возделывания сахарной свёклы и других культур севооборота важнее количество осадков, выпадающих в критические фазы развития растений. Так, за май-сентябрь выпадало в среднем 321 мм (от 169 до 531 мм). Годы исследований значительно различались по данному показателю. Так, например, в 1988, 1993, 2001, 2012 годах выпало свыше 400 мм осадков.

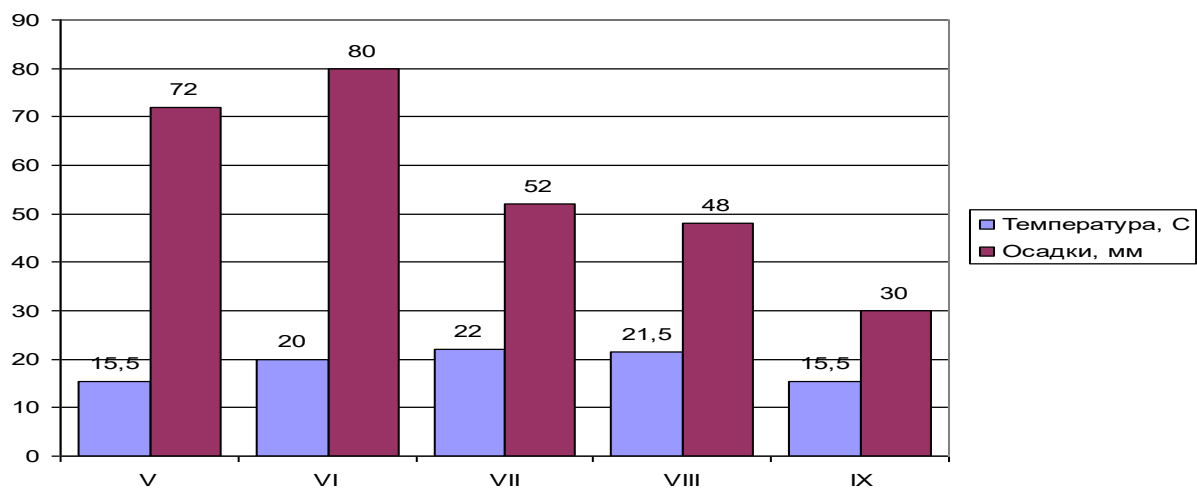
Температура и влажность воздуха не имеет резких колебаний, кроме 2010 года, когда в июле и августе установилась сухая и жаркая погода, а влажность воздуха составила 50-53 %.

В различные годы были неблагоприятные периоды для развития сахарной свёклы, и поэтому её урожайность варьировала в широком диапазоне. Гидротермический коэффициент за вегетационный период составлял от 0,42 в 2009 году до 2,33 в 1990 году. Температурный диапазон в мае составил 12-21 °С, в июне – 15-25 °С, в июле – 19-29 °С, в августе – 16-28 °С, в сентябре – 10-21 °С.

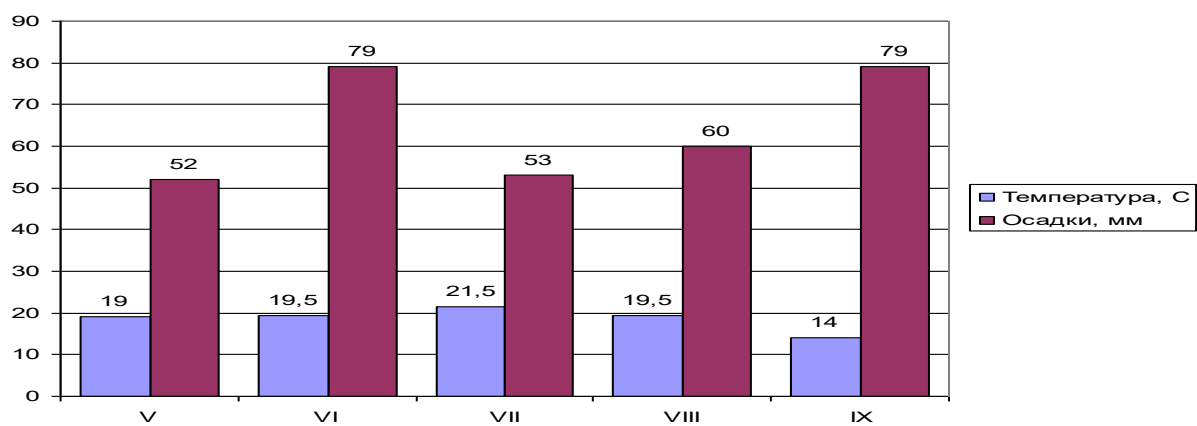
Погодные условия исследований объединены в три группы, для которых характерна соответствующая урожайность сахарной свёклы.

Первая группа лет характеризуется низкой температурой мая – 15,5⁰ С, высокой температурой июля и августа – 21-22⁰ С (рисунок 1). Количество осадков в мае составило 72 мм, в июне – 80 мм, в июле – 52 мм, в августе – 48 мм, в сентябре – 30 мм, что составило 167, 115, 70, 89 и 52 % от среднемноголетних значений.

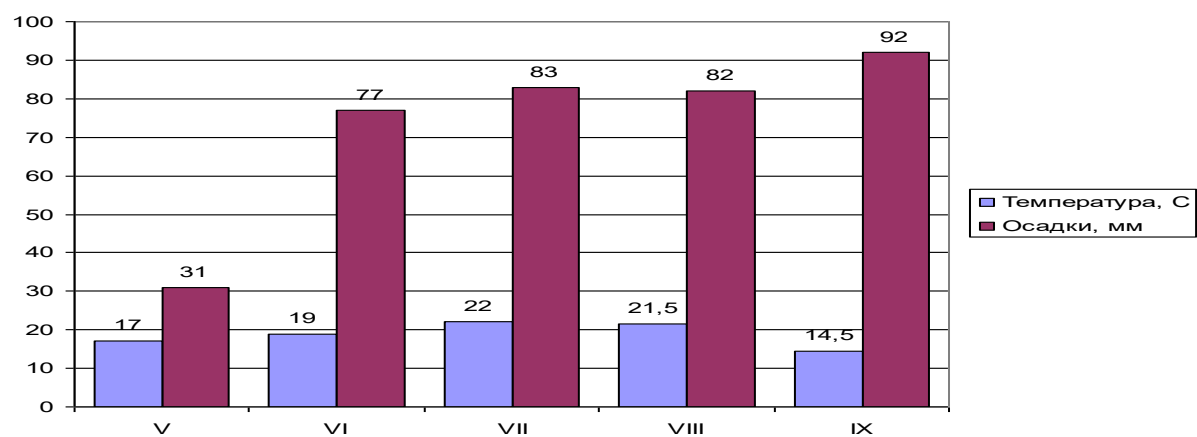
Климатограмма второй группы лет исследований показала, что количество осадков за май снизилось до 52 мм, а за август возросло до 60 мм, за сентябрь – до 79 мм. Следовательно, в этой группе за первую и вторую половину вегетации, выпало примерно равное количество осадков – в мае 52 мм, в июне – 79 мм, в июле – 53 мм, в августе – 60 мм, в сентябре – 79 мм, что составило 121, 113, 71, 98, 111 и 136 % от среднемноголетних. Температурный режим характеризовался более умеренными значениями 19-21⁰ С.



А



Б



В

Рисунок 1 – Климатограмма лет исследований

А – годы с низкой урожайностью

Б – годы со средней урожайностью

В – годы с высокой урожайностью

В третьей группе лет температурный режим соответствовал первой группе: в мае температура составила 17°C , в июне – 20°C , в июле – 22°C , в августе – 21°C , в сентябре – 15°C . Количество осадков за май-июнь сократилось до 30 мм, или на 70 % от среднемноголетних значений; за август - увеличилось до 82 мм, или 152 % от среднемноголетних; за сентябрь – до 92 мм, или 159 % соответственно.

Таким образом, погодные условия образованных групп лет характеризовались по-разному.

ГЛАВА 3. Влияние агроклиматических условий на урожайность сахарной свёклы (обоснование выбора погодных факторов)

3.1. Динамика урожайности за три ротации севооборота

В настоящее время имеется большой объём информации о том, как влияют те или иные агротехнические приёмы на продуктивность сельскохозяйственных культур. Однако климатический фактор выступает при этом, как малопредсказуемый и не поддающийся воздействию деятельности исследователя. Поэтому полевые опыты по изучению агротехнических приёмов проводятся не менее трёх лет. В стационарном многолетнем или длительном опытах, имеется возможность учесть и агроклиматические условия.

Для установления взаимосвязи погодных условий и урожайности сахарной свёклы были проанализированы данные за 1987-2015 годы стационарного опыта, заложенного в 1985 году. Установлено, что средняя урожайность сахарной свёклы по опыту варьировала от 19,7 т/га до 42,8 т/га (рисунок 2, приложение 2). Оценка динамики урожайности показала, что в 1988, 1991, 1994, 1998, 2009, 2010, 2014 годах она была минимальной, и напротив, максимальная урожайность сахарной свёклы была получена в 1989, 1992, 2002, 2012, 2013 годах. Средняя эффективность применяемых удобрений варьировала от 6 % в 1997 году до 88 % в 1994 году.

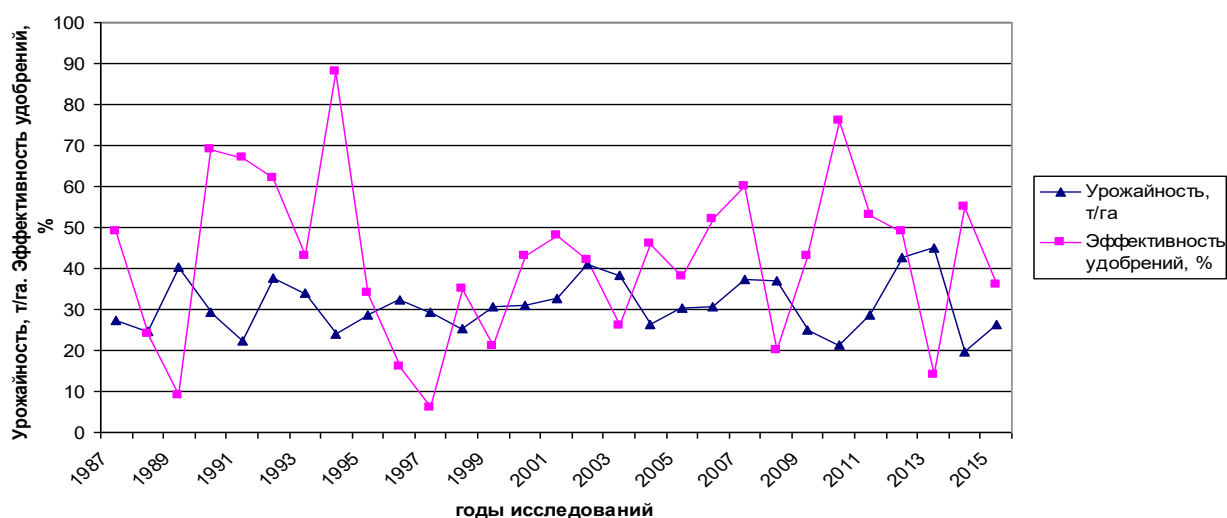


Рисунок 2 – Динамика урожайности сахарной свёклы и эффективности удобрений (в среднем), 1987-2015 гг.

Проведённая методом линейной корреляции обработка урожайных данных, позволяет выявить общую направленность и ежегодное изменение урожайности сахарной свёклы, высеваемой в звене с чёрным паром. Так, с 1987 по 2010 год без удобрений ежегодные темпы прироста урожайности при отвальной системе обработки почвы составили 3,58 ц/га за год, при безотвальной – 3,24 ц/га, при комбинированной – 4,5 ц/га, что свидетельствует о значительном положительном влиянии комбинированной обработки на данный показатель. Однако при применении удобрений темпы роста урожайности изменились: при безотвальной и комбинированной обработках снизились до 3,02 ц/га и до 2,04 ц/га, а при отвальной – увеличились до 3,84 ц/га за год (Боронтов, 2006).

Следовательно, влияние погодных условий на урожайность сахарной свёклы и эффективность применяемых удобрений значительно. В основном, при повышении средней урожайности сахарной свёклы, эффективность удобрений снижалась.

3.2. Оценка влияния погодных условий на урожайность сахарной свёклы

Для выяснения наибольшего влияния метеорологических факторов на урожайность сахарной свёклы была рассчитана корреляционная зависимость. В результате установлено, что наибольший коэффициент корреляции – 0,734 (сильная зависимость), был между урожайностью и коэффициентом увлажнения за август-сентябрь (таблица 3). Корреляция между урожайностью сахарной свёклы и другими факторами составила 0,264-0,645. Поэтому для группировки лет исследований был выбран данный показатель.

Результатами расчётов установлены три группы лет, характеризующих различные погодные условия. Так, первая группа имела следующие показатели благоприятности влияния на урожайность сахарной свёклы: коэффициент увлажнения за 2 месяца до уборки культуры составил 0,4, количество осадков за вегетацию – 276 мм, урожайность сахарной свёклы – 24,2 т/га с

варьированием по годам – на контроле от 10,9 т/га до 26,2 т/га; на удобренном варианте – 19,3-34,5 т/га (таблица 4).

Таблица 3 – Коэффициент корреляции между урожайностью сахарной свёклы и некоторыми погодными условиями

Погодные условия	Коэффициент корреляции (R)
Осадки вегетационного периода	0,264
Осадки за август-сентябрь	0,467
Коэффициент увлажнения за вегетацию	0,347
Суммарное водопотребление	0,279
Коэффициент увлажнения за август-сентябрь	0,734
ГТК за вегетационный период	0,575
ГТК за август-сентябрь	0,645

Прибавка от применения удобрений составила 50 %. В данной группе оказалось 10 лет исследований, или 34 % наблюдений.

Вторая результативная группа лет сформирована при коэффициенте увлажнения 0,9. Количество осадков за вегетационный период – 320 мм, средняя урожайность сахарной свёклы – 34,5 т/га, или увеличилась на 42 %. Варьирование урожайности по годам исследования составило: без удобрений – 18,5-30,3 т/га, а при их применении – 31,0-39,8 т/га. Всего 11 лет исследований, или 38 % лет исследований.

В третью группу лет исследований были отобраны годы со следующими показателями (28 % лет): коэффициент увлажнения 1,5; количество осадков – 360 мм; урожайность 41,5 т/га (увеличение на 71 % по сравнению с первой группой). Урожайность контроля по годам составляла 24,9-46,7 т/га, а с применением удобрений – 38,7-54,8 т/га.

Сравнивая группы лет, отмечаем, что при, почти равном количестве осадков за вегетационный период, урожайность сахарной свёклы значительно различалась, что подтверждает утверждение об эффективности использования сахарной свёклой осадков второй половины вегетационного периода (Орловский, 1961).

Таблица 4 – Показатели благоприятности влияния погодных условий на урожайность сахарной свёклы, 1987-2015 гг.

№ группы лет	Кувлажнения			Осадки за вегетацию, мм	ГТК май-сентябрь	Число лет отклонений	Годы	Урожайность, т/га			Эффективность удобрений, %
	май	май-сентябрь	август-сентябрь					средняя	варьирование по годам		
									контроль	НРК	
1	1,0	0,5	0,4	276	1,14	10	1988, 1991, 1994, 1998, 1999, 2004, 2009, 2010, 2014, 2015	24,2	10,9-26,2	19,3-34,5	50
2	0,5	1,0	0,9	320	1,34	11	1987, 1990, 1993, 1995, 1996, 1997, 2000, 2001, 2005, 2006, 2011	34,5	18,5-30,3	31,0-39,8	41
3	0,3	0,8	1,5	360	1,16	8	1989, 1992, 2002, 2003, 2007, 2008, 2012, 2013	41,5	24,9-46,7	38,7-54,8	34

Для учёта агрофизических и агрохимических свойств почвы, и продуктивности сахарной свёклы по каждой группе лет, использованы данные не менее чем за пятилетний период исследований.

Таким образом, разделение лет исследований на три группы по урожайности сахарной свёклы и коэффициенту увлажнённости за два месяца (август-сентябрь) перед уборкой культуры, доказано и позволяет группировать по такому же принципу агрофизические и агрохимические свойства почвы.

ГЛАВА 4. Изменение некоторых агрофизических показателей чернозёма выщелоченного под влиянием обработки почвы, удобрений и условий увлажнения

4.1. Водопотребление сахарной свёклы

В условиях неустойчивого увлажнения ЦЧР особенно важно установить влияние погодных условий на режим влажности почвы под сахарной свёклой при различных обработках почвы.

Изучение влажности почвы в весенний период показало, что в слое 0-30 см содержалось 66,4-89,8 мм/га влаги; в слое 0-50 см – 129,8-158,7 мм/га; в слое 0-100 см – 290,4-328,3 мм/га (таблица 5). Для слоёв почвы 0-30 см и 0-50 см не обнаружено влияние обработки почвы, удобрений и условий увлажнения на запас влаги. В слое почвы 0-100 см при низком (0,4) и среднем (0,9) коэффициенте увлажнения наблюдается тенденция увеличения запасов влаги при безотвальной обработке почвы на 5-6 %.

При оценке запасов влаги в середине вегетации сахарной свёклы установлено, что большие показатели в метровом слое почвы были при безотвальной обработке почвы: при коэффициенте увлажнения 0,4 – 280 мм/га; при 0,9 – 257 мм/га; при 1,5 – 274 мм/га. Более низкие запасы влаги в почве оказались при комбинированной обработке почвы – 210-214 мм/га при среднем (0,9) увлажнении; 237 мм/га – при низком увлажнении; и 247-249 мм/га – при высоком коэффициенте увлажнения.

Таким образом, за первую половину вегетационного периода уже наблюдались различия в режиме влажности почвы под сахарной свёклой. Это подтвердили расчёты водопотребления сахарной свёклы за счёт запасов почвенной влаги. Так, наибольший расход почвенной влаги из слоя 0-100 см составил 90,5-92,4 мм/га при комбинированной обработке почвы и среднем увлажнении, а наименьший – 28,1-36,9 мм/га – при безотвальной обработке почвы и коэффициенте увлажнения 1,5 (приложение 3). Расход влаги почвы из слоя 0-50 см варьировал от 25,9 до 52,1 мм/га. В среднем, он составил на удобренных вариантах 38 мм/га при $K_y=0,4$; 44 мм/га – при $K_y=0,9$; и 31 мм/га

$K_y=1,5$. При среднем увлажнении водопотребление за счёт запасов почвенной влаги на удобренных вариантах повышалось, а при высоком уменьшалось на 20-25 %.

Таблица 5 – Динамика общих запасов почвенной влаги в посевах сахарной свёклы, мм/га (послойно, см)

K_y	Системы		Период вегетации								
	обра- ботки	удобре- ний	посев			середина			уборка		
			0-30	0-50	0-100	0-30	0-50	0-100	0-30	0-50	0-100
0,4	А	0	75,6	142,3	296,8	-	-	-	71,3	121,6	251,5
		НПК	89,8	155,6	321,6	65,4	116,3	269,5	72,8	122,3	246,1
	Г	0	72,6	144,6	304,2	-	-	-	76,1	134,0	266,2
		НПК	86,9	158,0	328,3	67,2	127,5	280,0	72,1	128,5	266,2
	Д	0	79,9	147,1	300,6	-	-	-	72,7	126,9	258,3
		НПК	85,2	150,8	306,1	61,8	106,6	237,7	70,5	120,6	242,7
0,9	А	0	66,4	146,8	300,8	51,7	110,1	239,4	69,1	133,1	274,0
		НПК	83,4	147,7	309,2	59,3	105,0	232,8	76,1	145,1	252,5
	Г	0	81,7	158,7	316,7	64,7	101,6	257,0	65,4	146,4	296,3
		НПК	85,4	153,4	311,3	60,5	115,4	247,6	66,3	141,9	273,2
	Д	0	77,4	140,3	300,8	60,4	102,8	210,3	66,4	139,1	271,0
		НПК	82,0	148,9	306,8	57,2	96,8	214,4	77,8	134,4	263,9
1,5	А	0	76,3	138,8	294,6	59,4	108,2	244,0	70,4	132,4	288,4
		НПК	72,8	138,6	300,2	60,3	110,0	259,4	77,7	137,7	279,4
	Г	0	76,6	140,5	300,5	63,7	114,6	262,6	70,7	134,0	293,8
		НПК	80,2	149,7	302,3	68,3	115,0	274,0	77,8	143,7	296,3
	Д	0	78,0	141,9	295,3	62,1	110,0	247,0	69,3	130,7	280,3
		НПК	78,3	137,4	290,4	57,7	106,0	249,0	75,9	134,4	278,6
НСР ₀₅				7,0	15,0		5,0	12,0		8,0	14,0

При уборке сахарной свёклы условия увлажнения за август-сентябрь значительно повлияли на запас влаги в почве. Так, при $K_y=0,4$ запасы влаги в слое почвы 0-100 см составили 242,7-276,2 мм/га; при $K_y=0,9$ – 263,9-296,3 мм/га, или выросли в среднем на 6 %; при $K_y=1,5$ – 278,6-293,8 мм/га, или выросли на 12 %. Больше всего запасов влаги в почве оказалось при безотвальной обработке почвы – 266,2-296,3 мм/га.

Таким образом, условия увлажнения и агротехника возделывания существенно влияли на динамику запасов почвенной влаги.

Большое влияние условия увлажнения оказали на суммарное водопотребление сахарной свёклы – оно изменялось под влиянием погодных усло-

вий и агротехнических приёмов возделывания. Так, при $K_y=0,4$ оно составляло без удобрений 314,0-321,3 мм/га; при $K_y=0,9$ – 360,4-396,7 мм/га (таблица 6).

Системы обработки почвы влияли на суммарное водопотребление при низком и среднем увлажнении, а при высоком не изменяли водопотребление сахарной свёклы. Так, при низком и среднем увлажнении и безотвальной обработке почвы с применением удобрений суммарное водопотребление составило 302 мм/га и 358 мм/га, что на 6 % ниже, чем при отвальной обработке.

Различия в водопотреблении объясняются способностью растений использовать запасы почвенной влаги. Так, при низком увлажнении использовалась влага почвенных слоёв в количестве 38-80 мм/га, или 13-24 % от суммарного водопотребления. При среднем увлажнении – 21-57 мм/га, или 6-15 %; при высоком увлажнении – 6-15 мм/га, или 2-4 % соответственно.

Таблица 6 – Водопотребление сахарной свёклы

K_y	Системы		Водопотребление, мм/га				Коэффициент, мм/т	
	обработки	удобрений	суммарное	В т.ч. за счёт почвенных запасов, послойно, см			водопотребления	транспирации
				0-50	0-100	% к суммарному		
0,4	А	0	295	21	45	15	14,2	37,5
		НПК	330	33	80	24	10,1	28,7
	Г	0	288	11	38	13	15,5	40,7
		НПК	302	30	52	17	11,1	31,6
	Д	0	292	20	42	14	14,9	37,5
		НПК	314	30	64	20	10,1	26,4
0,9	А	0	347	0	27	8	12,7	38,5
		НПК	377	2	57	15	10,4	26,6
	Г	0	341	10	21	6	13,8	40,0
		НПК	358	12	38	11	10,2	27,9
	Д	0	349	1	29	8	13,6	40,0
		НПК	364	14	44	12	10,1	27,0
1,5	А	0	366	6	6	2	9,7	36,5
		НПК	367	1	7	2	7,6	21,3
	Г	0	366	6	6	2	11,5	32,3
		НПК	369	6	9	2	8,5	23,5
	Д	0	375	11	15	4	10,1	29,0
		НПК	372	3	12	3	7,7	20,5

Следовательно, чем засушливее погодные условия, тем большее количество запасов почвенной влаги используется.

При низком и среднем увлажнении большее водопотребление, в том числе за счёт почвенной влаги, наблюдается при отвальной обработке почвы. Наименьшее использование влаги почвенных слоёв приходилось на безотвальную обработку почвы. Так, при отвальной обработке без удобрений при низком увлажнении из метрового слоя почвы использовано 45 мм/га влаги, а при безотвальной обработке – 38 мм/га, или на 16 % меньше. При высоком увлажнении водопотребление не изменялось под влиянием обработки и удобрений.

Установлено, что при низком и среднем увлажнении применяемые удобрения на 5-12 % увеличивали водопотребление сахарной свёклы.

Коэффициент водопотребления при увлажнении 0,4 составил без удобрений 14,2-15,1 мм/т, а с их использованием – 10,1-11,1 мм/т, или снижался на 29-32 %. При среднем увлажнении (0,9) коэффициент водопотребления составил на контроле 12,7-13,8 мм/т, а при использовании удобрений снизился на 18-26 %. При высоком увлажнении (1,5) коэффициент водопотребления составил 9,7-11,5 мм/т на контроле, и 7,6-8,5 мм/т – при применении удобрений (снижение на 22-26 %). Самый низкий коэффициент водопотребления был при применении удобрений, комбинированной и отвальной обработках почвы при любых условиях увлажнения.

Коэффициент транспирации составил 20,5-40,7 мм/т. В среднем, при коэффициенте увлажнения 0,4 он составил 33,7 мм/т; при 0,9 – 33,3 мм/т; при 1,5 – 27,2 мм/т. Изменения в величине коэффициента транспирации были такими же, как и коэффициента водопотребления. Самый большой коэффициент транспирации 40,0-40,7 мм/т был при безотвальной обработке почвы на контроле при низком и среднем увлажнении. При высоком увлажнении коэффициент транспирации снижался на 20 % по сравнению с низким увлажнением.

Корреляция между коэффициентом увлажнения и показателями водопотребления сахарной свёклы сильная, и составила: для суммарного водопотребления – 0,88; для коэффициентов водопотребления, транспирации, использования запасов почвенной влаги – 0,95-0,99.

4.2. Плотность сложения

Плотность сложения пахотного слоя почвы является важным показателем физического состояния чернозёма. Требования растений к плотности сложения почвы изучены многими исследователями и различны для типов почв и растений (Мухортов, Мацнева, Михайлова, 1978; Медведев, 1988; Сапожников, Прохоров, 1992). Значения оптимального сложения пахотного слоя почвы варьируют от 0,88 г/см³ до 1,40 г/см³ (Кузнецова, 1977; Медведев, 1988).

Изучение плотности сложения почвы в период вегетации сахарной свёклы выявило, что при посеве плотность сложения зависит от систем обработки почвы, увлажнения. Так, в слое почвы 0-10 см при отвальной обработке плотность сложения составила при низком увлажнении – 1,09 г/см³; при среднем – 1,03 г/см³; при высоком – 0,98 г/см³ (таблица 7). Плотность сложения слоя почвы 10-20 см увеличивалась и составляла при отвальной обработке 1,16-1,18 г/см³; при безотвальной – 1,18-1,27 г/см³; при комбинированной – 1,13-1,25 г/см³. Отмечается, что наименьшие значения плотности сложения наблюдались при высоком увлажнении.

Подпахотный слой почвы (30-40 см) был самым плотным. Установлено, что плотность сложения этого слоя составляла при низком и среднем увлажнении при отвальной обработке 1,25-1,26 г/см³; при высоком увлажнении – 1,36 г/см³; при безотвальной обработке 1,29-1,31 г/см³ и 1,40 г/см³; и при комбинированной – 1,28-1,30 г/см³ и 1,35 г/см³ соответственно.

Плотность сложения 0-30 см слоя почвы при низком увлажнении составила 1,18-1,20 г/см³; при среднем – 1,15-1,20 г/см³; при высоком – 1,09-1,13 г/см³. Следовательно, погодные условия влияли на плотность сложения почвы при посеве сахарной свёклы.

К уборке плотность сложения слоя почвы 0-10 см существенно увеличивалась. Так, при отвальной обработке увеличение составило 1-5 %, при безотвальной – 11-17 %, при комбинированной – 4-20 %. Больше уплотнение происходило при высоком увлажнении.

Таблица 7 – Плотность сложения почвы, г/см³ (вариант с удобрениями), послойно

Система обработки	Слой почвы, см	Коэффициент увлажнения в период вегетации					
		посев			уборка		
		0,4	0,9	1,5	0,4	0,9	1,5
отвальная	0-10	1,09	1,03	0,98	1,14	1,04	1,03
	10-20	1,18	1,19	1,16	1,21	1,25	1,27
	20-30	1,27	1,26	1,18	1,32	1,36	1,33
	0-30	1,18	1,16	1,10	1,22	1,22	1,21
	30-40	1,25	1,26	1,36	1,32	1,27	1,33
безотвальная	0-10	1,00	1,06	0,98	1,11	1,15	1,15
	10-20	1,27	1,24	1,18	1,24	1,21	1,22
	20-30	1,27	1,28	1,24	1,30	1,31	1,31
	0-30	1,18	1,19	1,13	1,22	1,22	1,23
	30-40	1,29	1,31	1,40	1,28	1,27	1,32
комбинированная	0-10	1,02	1,02	0,91	1,06	1,07	1,09
	10-20	1,25	1,25	1,13	1,20	1,13	1,14
	20-30	1,35	1,34	1,22	1,25	1,24	1,26
	0-30	1,20	1,20	1,08	1,17	1,15	1,16
	30-40	1,28	1,30	1,35	1,26	1,28	1,28
НСР ₀₅ для слоя 0-30 см		0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04

Динамика плотности сложения показывает, что в период вегетации сахарной свёклы при отвальной и безотвальной обработках почвы в слоях почвы происходило увеличение показателя, а при комбинированной обработке – снижение, а значит улучшение строения пахотного слоя чернозёма выщелоченного.

Средняя за вегетацию плотность сложения пахотного и подпахотного слоёв почвы не изменялась при различных обработках почвы, и составила 1,19-1,20 г/см³ – для слоя 0-30 см и 1,27-1,29 г/см³ – для слоя 30-40 см при низком увлажнении (рисунок 3). При среднем увлажнении плотность сложе-

ния пахотного слоя увеличивалась при безотвальной обработке на 3 % по сравнению с комбинированной и отвальной.

При высоком увлажнении средняя плотность сложения пахотного слоя снижалась до $1,13 \text{ г/см}^3$, или в среднем, на 4 % по сравнению с плотностью при низком увлажнении. Самая низкая плотность сложения была при комбинированной обработке, а безотвальная обработка почвы существенно (на $0,05 \text{ г/см}^3$) увеличивала показатель.

При высоком увлажнении плотность сложения подпахотного слоя почвы увеличилась, и составила при отвальной обработке $1,35 \text{ г/см}^3$; при безотвальной – $1,36 \text{ г/см}^3$; при комбинированной – $1,32 \text{ г/см}^3$.

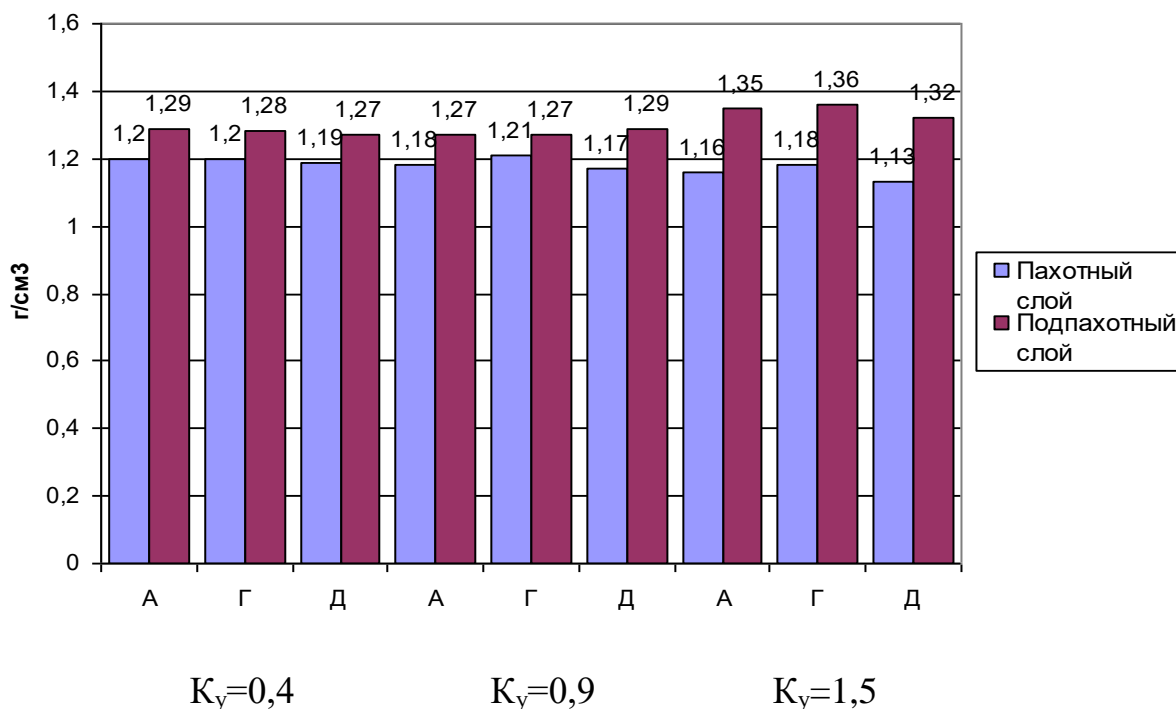


Рисунок 3 – Средняя плотность сложения почвы за вегетационный период, г/см^3 (удобренный вариант)

Таким образом, только при высоком увлажнении наблюдалось существенное изменение под влиянием обработки почвы плотности сложения, как пахотного, так и подпахотного слоя чернозёма выщелоченного.

Следовательно, изучение некоторых агрофизических свойств чернозёма выщелоченного выявило, что:

- условия увлажнения изменяли динамику запасов почвенной влаги;
- чем меньше коэффициент увлажнения, тем больше влаги почвенных слоёв использовали растения сахарной свёклы;
- при применении удобрений суммарное водопотребление сахарной свёклы увеличивалось на 4-12 %, но только при низком и среднем коэффициентах увлажнения. При $K_{ув.}=1,5$ удобрения не повлияли на суммарное водопотребление;
- коэффициенты водопотребления и транспирации сахарной свёклы снижались при увеличении увлажнения, внесении удобрений и комбинированной обработке почвы;
- только при высоком увлажнении и комбинированной обработке почвы наблюдалось существенное снижение плотности сложения пахотного слоя почвы и увеличение плотности подпахотного.

ГЛАВА 5. Содержание питательных веществ в чернозёме выщелоченном при различной агротехнике возделывания сахарной свёклы и условий увлажнения

5.1. Нитратный азот

Содержание нитратного азота в пахотном слое почвы при увлажнении 0,4 после посева составило 6,8-16,7 мг/кг; в середине вегетации сахарной свёклы – 4,3-9,7 мг/кг; перед уборкой – 1,0-4,1 мг/кг (таблица 8). Больше всего нитратов в весенний период было при безотвальной обработке с применением удобрений. Меньше всего – без удобрений при отвальной обработке. При этом увлажнении к уборке наблюдалось самое незначительное количество элемента – 1,0 мг/кг.

Таблица 8 – Содержание N-NO₃ в свежих образцах в пахотном (0-30 см) слое почвы, мг/кг

Системы		Коэффициенты увлажнения								
обработки	удобрений	0,4			0,9			1,5		
		май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь
отвальная	0	6,8	5,1	2,2	10,9	3,4	2,4	14,8	5,1	4,2
	NPK	13,1	5,4	3,0	15,8	6,5	3,0	33,2	5,4	4,8
безотвальная	0	7,0	4,3	1,7	12,0	5,5	3,2	12,6	4,3	3,2
	NPK	16,7	8,0	4,1	20,4	8,7	3,0	21,2	8,0	4,0
комбинированная	0	10,2	6,1	1,5	12,7	5,1	2,6	14,4	6,1	3,7
	NPK	12,6	9,7	1,0	22,5	8,8	2,4	22,8	9,8	4,2

При коэффициенте увлажнения 0,9 содержание нитратов в почве при посеве увеличивалось, в среднем, на 45 % и составило 10,9-22,5 мг/кг. Больше значение содержания элемента соответствовало комбинированной обработке почвы на удобренном варианте, а меньшее – на контроле при отвальной обработке почвы. Безотвальная обработка почвы занимала промежуточное положение.

Учёты в середине вегетации сахарной свёклы показали существенное снижение содержания нитратов до 3,4-8,7 мг/кг. Больше количество элемента было при безотвальной обработке почвы на удобренном варианте, а меньшее, как и при весеннем определении – при отвальной обработке почвы без

удобрений. К уборке сахарной свёклы содержание нитратов снижалось на 2,4-3,0 мг/кг, несколько выше оно было при безотвальной обработке почвы.

При увлажнении 1,5 ещё значительно увеличивалось количество нитратов в весенний период. Так, без удобрений содержание нитратов составляло 12,6-14,8 мг/кг, а с их внесением – 21,2-33,4 мг/кг. Наибольшее количество нитратного азота было при отвальной обработке почвы.

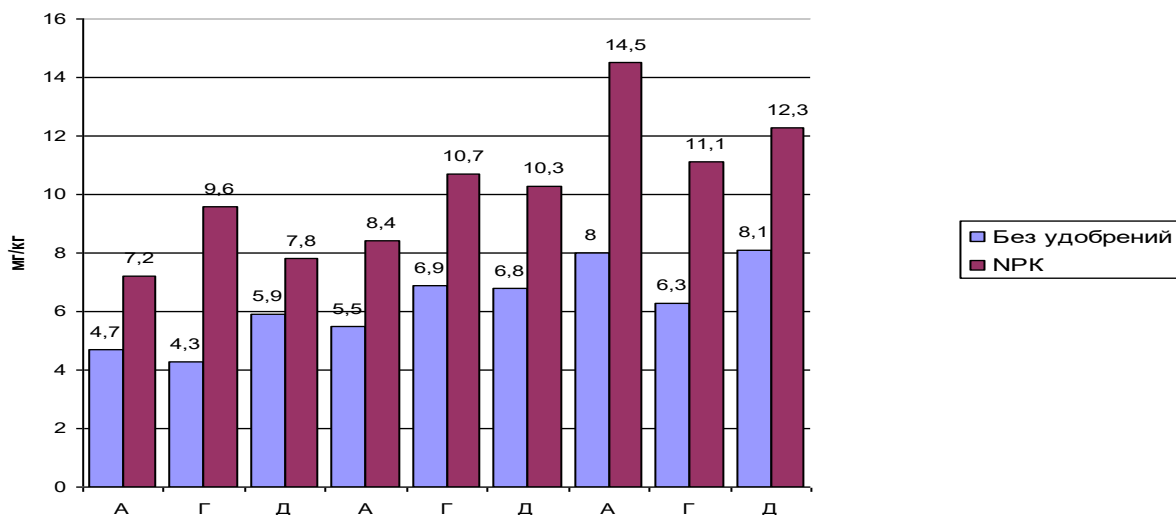
Содержание нитратов в середине вегетации уменьшалось до 4,3-9,8 мг/кг, и было сопоставимо с показателями при других условиях увлажнения. При уборке количество нитратов в пахотном слое почвы составило 3,2-4,8 мг/кг, что в среднем на 23 % больше, чем при увлажнении 0,9, и на 78 % больше, чем при увлажнении 0,4.

Следовательно, условия увлажнения влияли на содержание нитратного азота в почве как в начале вегетации, так и в конце вегетационного периода сахарной свёклы, что было отмечено (Дьяков и др., 2015).

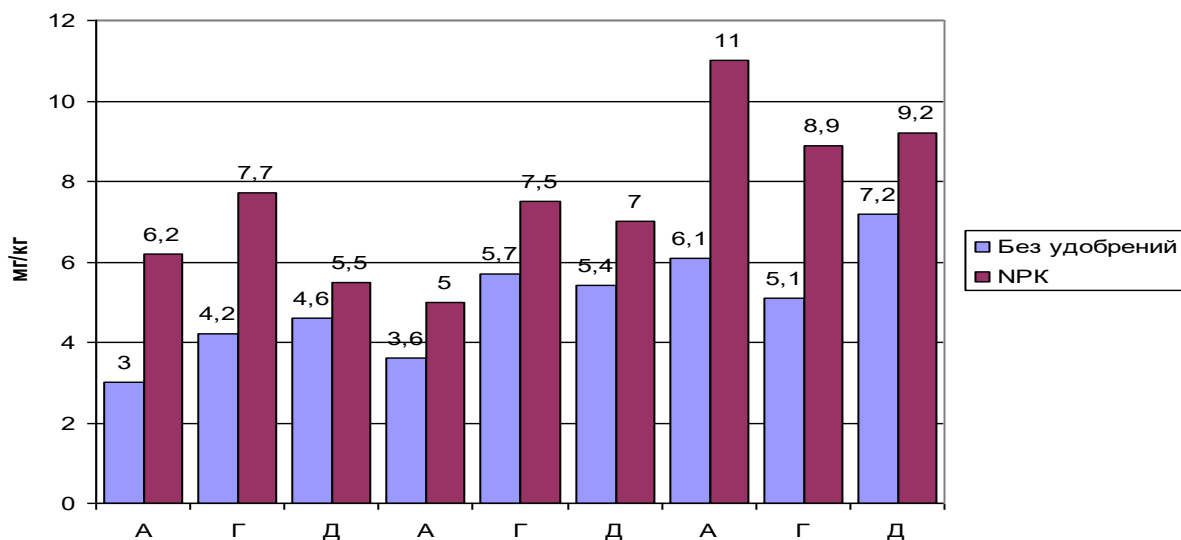
Эффективность удобрений в увеличении содержания элемента в почве зависела не только от обработки почвы, но и от условий увлажнения. Так, при учёте в весенний период установлено, что эффективность удобрений при отвальной обработке в годы с $K_{ув.}=0,4$ составила 93 %; с $K_{ув.}=0,9$ – 45 %; с $K_{ув.}=1,5$ – 124 %. При безотвальной обработке 138, 70 и 68 %, при комбинированной – 23, 77 и 58 % соответственно.

Изменение содержания нитратного азота в подпахотном (30-50 см) слое почвы подчинялось тем же закономерностям, что и в пахотном слое. Однако содержание элемента в этом слое почвы было значительно ниже. Так, при отвальной обработке почвы без удобрений при увлажнении 0,4 его содержание составило после посева 5,0 мг/кг; в середине вегетации – 2,6 мг/кг; перед уборкой – 1,5 мг/кг. При внесении удобрений 12,2; 4,2; 2,1 мг/кг соответственно (приложение 4). Больше содержание элемента (15,8 мг/кг) определено после посева при применении безотвальной обработки почвы и удобрений.

Среднее за вегетацию содержание нитратов в пахотном слое показало их увеличение с увеличением коэффициента увлажнения – с 7,2 мг/кг до 14,5 мг/кг при отвальной обработке почвы с применением удобрений (рисунок 4)



А) $K_y=0,4$ $K_y=0,9$ $K_y=1,5$



Б) $K_y=0,4$ $K_y=0,9$ $K_y=1,5$

Рисунок 4 – Среднее за вегетацию содержание N-NO₃ в свежих образцах в пахотном (А) и подпахотном (Б) слоях почвы, мг/кг

При низком и среднем увлажнении больше всего нитратного азота накапливалось при безотвальной обработке, а при высоком – при отвальной. Среднее содержание нитратов в подпахотном слое почвы подчинялось тем

же закономерностям, однако вариабельность значений была ниже. Коэффициент корреляции между содержанием нитратов и коэффициентом увлажнения за август-сентябрь равен 0,99, а коэффициент корреляции между урожайностью сахарной свёклы и содержанием в пахотном слое нитратов – 0,87; в подпахотном – 0,83.

Установлено, что между коэффициентом водопотребления и содержанием нитратов в почве в среднем за вегетацию существует связь, оцениваемая корреляцией 0,94.

5.2. Нитрифицирующая способность почвы

Нитрифицирующая способность почвы – это её способность снабжать растения азотом. В большой степени данный показатель зависит от деятельности микроорганизмов. Установлено, что в большей степени нитрифицирующая способность почвы изменялась под влиянием удобрений, а в меньшей степени – от условий увлажнения и обработки почвы. Так, без удобрений в слое 0-30 см нитрифицирующая способность почвы после посева сахарной свёклы составила при коэффициенте увлажнения 0,4 – 36-40 мг/кг; при 0,9 – 41-44 мг/кг; при 1,5 – 33-45 мг/кг (таблица 9).

Таблица 9 – Содержание N-NO₃ после компостирования в пахотном (0-30 см) слое почвы, мг/кг

Системы		Коэффициенты увлажнения								
обработки	удобрений	0,4			0,9			1,5		
		май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь
отвальная	0	38	36	34	41	41	39	45	26	27
	НРК	45	39	35	37	45	39	58	34	34
безотвальная	0	40	36	38	44	39	39	41	31	22
	НРК	51	41	48	46	46	46	51	28	28
комбинированная	0	36	41	37	43	42	37	33	26	23
	НРК	43	42	38	45	47	45	42	29	28

При коэффициенте увлажнения 0,4 и 0,9 максимальное увеличение нитрифицирующей способности почвы было при безотвальной обработке почвы и внесении гербицидов, и оно составило при низком увлажнении 51 мг/кг; при среднем – 46 мг/кг. При высоком увлажнении ($K_{ув}$) более высо-

кое содержание азота после компостирования – 58 мг/кг было при отвальной вспашке.

Динамика содержания азота нитратов после компостирования за вегетационный период выявила их уменьшение к уборке сахарной свёклы при коэффициенте увлажнения 0,4 – до 34-48 мг/кг; при увлажнении 0,9 – до 37-46 мг/кг; при увлажнении 1,5 – до 22-28 мг/кг.

Таким образом, большее снижение показателя соответствовало сильному увлажнению. Эффективность удобрений в увеличении показателя также зависела от агротехники возделывания и условий увлажнения. Так, при коэффициенте увлажнения 1,5 наблюдалось не только значительное увеличение показателя, но и самая значительная эффективность удобрений. Так, при отвальной обработке почвы в весенний период без удобрений содержание азота нитрификации составило 58 мг/кг, или возросло на 29 %, а в середине вегетации – 34 мг/кг и 31 % соответственно. В других случаях эффективность удобрений изменялась от 0 до 27 %.

Низкая эффективность удобрений в увеличении показателя наблюдалась при коэффициенте увлажнения 0,9 в первой половине вегетации, а при коэффициенте 0,4 – во второй.

Содержание азота после компостирования в подпахотном слое почвы значительно меньше, чем в пахотном, и составило 15-42 мг/кг. Однако также, как и содержание в верхних слоях почвы, оно изменялось в зависимости от исследуемых факторов (обработки почвы, удобрений, условий увлажнения (приложение 5)). Вариабельность содержания элемента в этом слое почвы более низкая, чем в верхнем.

Анализ среднего за вегетацию содержания азота нитратов после компостирования показал, что в пахотном слое почвы элемента больше было при среднем увлажнении – 40-46 мг/кг; при низком – 36-47 мг/кг; при высоком – 27-40 мг/кг (рисунок 5).

Больше всего N-NO₃ после компостирования было на варианте с безотвальной обработкой почвы с применением удобрений. Вариабельность со-

Нитрифицирующая способность почвы при высоком увлажнении снижалась в пахотном слое в среднем на 22 % по сравнению с низким и средним увлажнением, и на 16 % в подпахотном слое, что связано с низкой температурой и большей влажностью почвы во вторую половину вегетации, а значит и с затуханием деятельности микроорганизмов.

Как показали расчёты, средняя зависимость (0,67) установлена только между коэффициентом увлажнения и содержанием нитратов после компостирования в пахотном 0-30 см слое почвы.

5.3. Подвижный фосфор

Динамика содержания подвижного фосфора в почве была более стабильной, чем содержание нитратного азота. Так, при низком увлажнении ($K_{ув.}=0,4$), содержание элемента в пахотном слое почвы изменялось от 68 мг/кг при безотвальной обработке почвы на контроле до 90 мг/кг – при внесении удобрений (таблица 10). В середине вегетационного периода содержание элемента варьировало от 71 мг/кг при отвальной обработке без удобрений до 95 мг/кг – при их применении. Перед уборкой сахарной свёклы изменения были от 67 до 80 мг/кг.

Таблица 10 – Содержание подвижного фосфора в пахотном (0-30 см) слое почвы, мг/кг

Системы		Коэффициенты увлажнения								
обработки	удобрений	0,4			0,9			1,5		
		май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь
отвальная	0	87	71	78	75	76	80	94	99	91
	NPK	79	95	77	90	87	81	119	112	99
безотвальная	0	68	81	67	80	76	74	88	88	79
	NPK	90	86	80	93	82	75	119	119	100
комбинированная	0	77	81	67	81	75	67	92	93	71
	NPK	88	94	71	91	80	85	115	110	109

При среднем увлажнении ($K_{ув.}=0,9$), содержание подвижного фосфора составило 67-93 мг/кг. Системы обработки почвы повлияли на содержание элемента. Так, наибольшее содержание элемента отмечается при безотвальной обработке с применением удобрений – 93 мг/кг. При внесении удобре-

ний содержание элемента при весеннем определении, увеличивалось, в среднем на 16 %, при летнем – на 10 %, при осеннем – на 9 %.

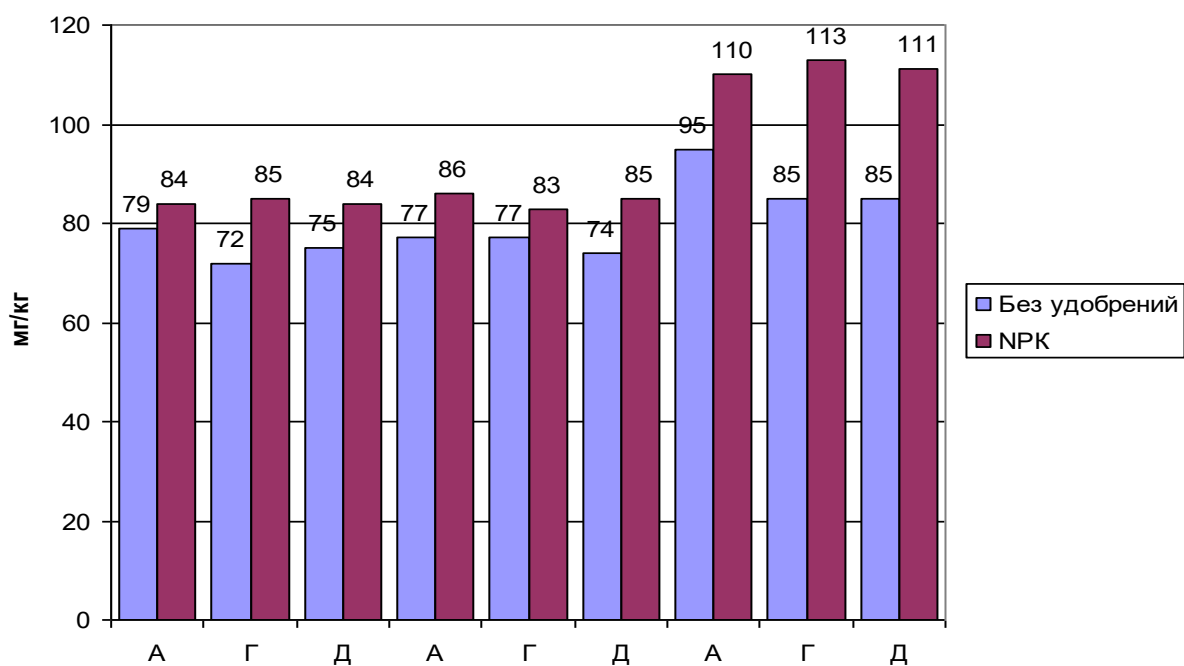
В годы с коэффициентом увлажнения за август-сентябрь 1,5 наблюдалось значительное увеличение содержания подвижного фосфора до 71-119 мг/кг, или в среднем на 25 % по сравнению с увлажнением 0,4 и 0,9. Системы обработки почвы при этом не оказали влияния на содержание подвижного фосфора в почве, а при внесении удобрений содержание элемента увеличивалось, в среднем при посеве на 29 %; в середине вегетации – на 22 %; перед уборкой – на 28 %. Следовательно, эффективность удобрений в повышении содержания подвижного фосфора в почве с увеличением увлажнения, возрастала.

Содержание подвижного фосфора в подпахотном слое почвы значительно меньше, и составило в годы с низким увлажнением 54-72 мг/кг; со средним – 58-74 мг/кг; с высоким – 57-84 мг/кг (приложение 6). Динамика содержания подвижного фосфора в подпахотном слое почвы идентична динамике элемента в пахотном слое.

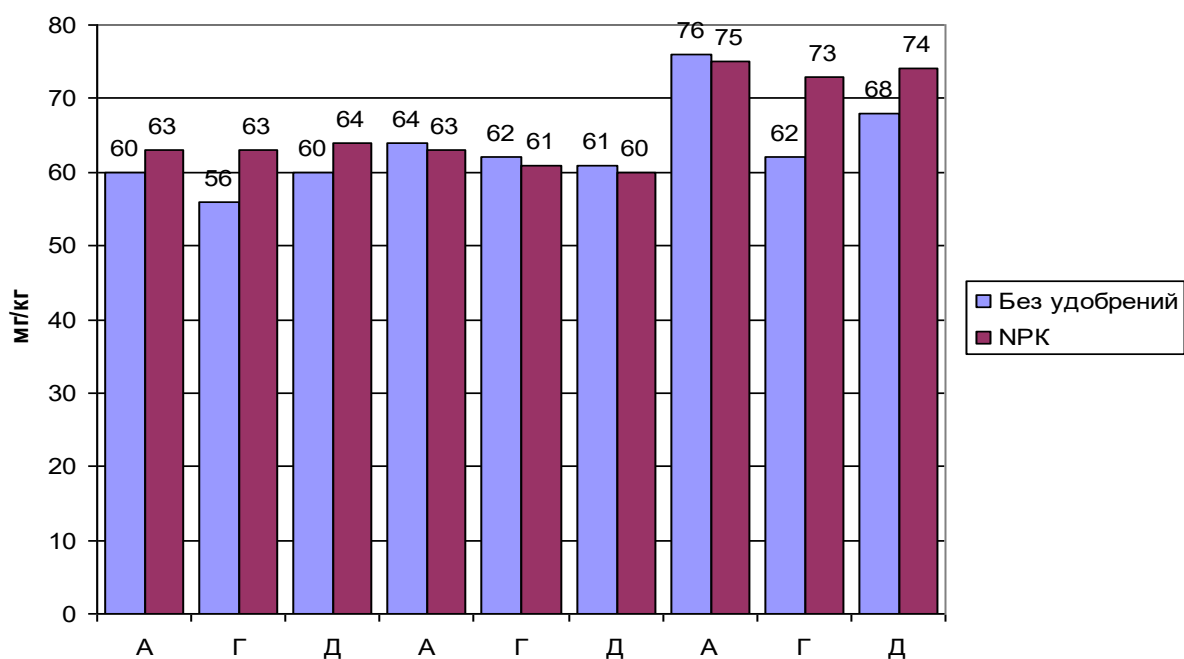
За вегетационный период среднее содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы составила при низком и среднем увлажнении без удобрений 72-79 мг/кг; с внесением удобрений – 83-85 мг/кг, или увеличилась на 11 % (рисунок 6). Системы обработки почвы при этом не влияли на содержание элемента.

При высоком увлажнении содержание подвижного фосфора увеличилось на контроле до 85-95 мг/кг, или на 16 %; на удобренных вариантах – до 110-113 мг/кг, или на 31 % по сравнению с низким и средним увлажнением.

Среднее содержание элемента в подпахотном слое почвы при низком и среднем увлажнении составило 56-64 мг/кг, а при высоком увеличивалось до 76 мг/кг, или в среднем, на 16 %.



А) $K_y=0,4$ $K_y=0,9$ $K_y=1,5$



Б) $K_y=0,4$ $K_y=0,9$ $K_y=1,5$

Рисунок 6 - Среднее за вегетацию содержание P_2O_5 в пахотном (А) и подпахотном (Б) слоях почвы, мг/кг

Исследовано влияние факторов на содержание подвижного фосфора в почве и установлено, что между коэффициентом увлажнения перед уборкой и содержанием элемента в пахотном слое, связь оценивается $r=0,92$. Между коэффициентом водопотребления и содержанием подвижного фосфора - $0,87$. Связь между урожайность сахарной свёклы и содержанием подвижного фосфора в пахотном слое почвы – $0,90$; в подпахотном – $0,82$.

5.4. Обменный калий

В чернозёме выщелоченном содержание обменного калия варьировало в пахотном слое от 84 до 194 мг/кг, в подпахотном – от 69 до 155 мг/кг (таблица 11, приложение 7).

Таблица 11 – Содержание обменного калия в пахотном (0-30 см) слое почвы, мг/кг

Системы		Коэффициенты увлажнения								
обработки	удобрений	0,4			0,9			1,5		
		май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь
отвальная	0	92	119	103	98	96	104	171	136	155
	НРК	91	121	111	98	113	106	194	145	156
безотвальная	0	84	100	97	91	93	100	136	99	136
	НРК	95	108	119	111	109	104	169	122	188
комбинированная	0	95	98	100	96	92	100	136	94	146
	НРК	104	104	106	102	108	105	172	118	170

При коэффициенте увлажнения 0,4 содержание обменного калия в пахотном слое при посеве составляло 84-104 мг/кг, в середине вегетации – 98-121 мг/кг, перед уборкой – 97-119 мг/кг. Установлено, что эффективность удобрений в среднем, составила 8 %. В том числе, при отвальной обработке – 3 %, при безотвальной – 14 %, при комбинированной – 7 %. Наибольшее содержание обменного калия было при отвальной обработке в середине вегетации сахарной свёклы – 119-121 мг/кг, а перед уборкой – при безотвальной обработке на удобренном варианте.

В годы с коэффициентом увлажнения в августе-сентябре 0,9 содержание обменного калия в пахотном слое почвы составило без удобрений 91-104 мг/кг, а на удобренных вариантах – 98-113 мг/кг, или в среднем, эффективность удобрений 10 %. Наибольшая эффективность удобрений была при отвальной и комбинированной обработках почвы в середине вегетации. Перед уборкой содержание элемента в почве выравнивается на всех вариантах, и составляло 100-106 мг/кг.

При высоком увлажнении ($K_{ув.}=1,5$) содержание обменного калия значительно выше, чем при низком и среднем увлажнении. При посеве оно составило 136-194 мг/кг, в середине вегетации – 94-146 мг/кг, перед уборкой – 146-188 мг/кг. К уборке содержание обменного калия нивелируется по вариантам, и составило 97-119 мг/кг при низком увлажнении и 100-106 мг/кг – при среднем.

При высоком увлажнении содержание элемента значительно увеличивается: при посеве до 136-194 мг/кг; в середине вегетации – до 94-146 мг/кг; перед уборкой – до 146-188 мг/кг.

Наибольшее содержание обменного калия при посеве без удобрений составило 171 мг/кг при отвальной обработке, а наименьшее 136 мг/кг – при безотвальной обработке, или увеличилось на 26 %.

В середине вегетации содержание элемента составляло 94-136 мг/кг на контроле и 118-146 мг/кг при применении удобрений. Наибольшее содержание обменного калия было при отвальной обработке, наименьшее – при безотвальной. Перед уборкой содержание обменного калия возрастало до 136-188 мг/кг. Эффективность удобрений в начале вегетации была 13-27 %, в середине – 6-25 %, в конце – 1-38 %.

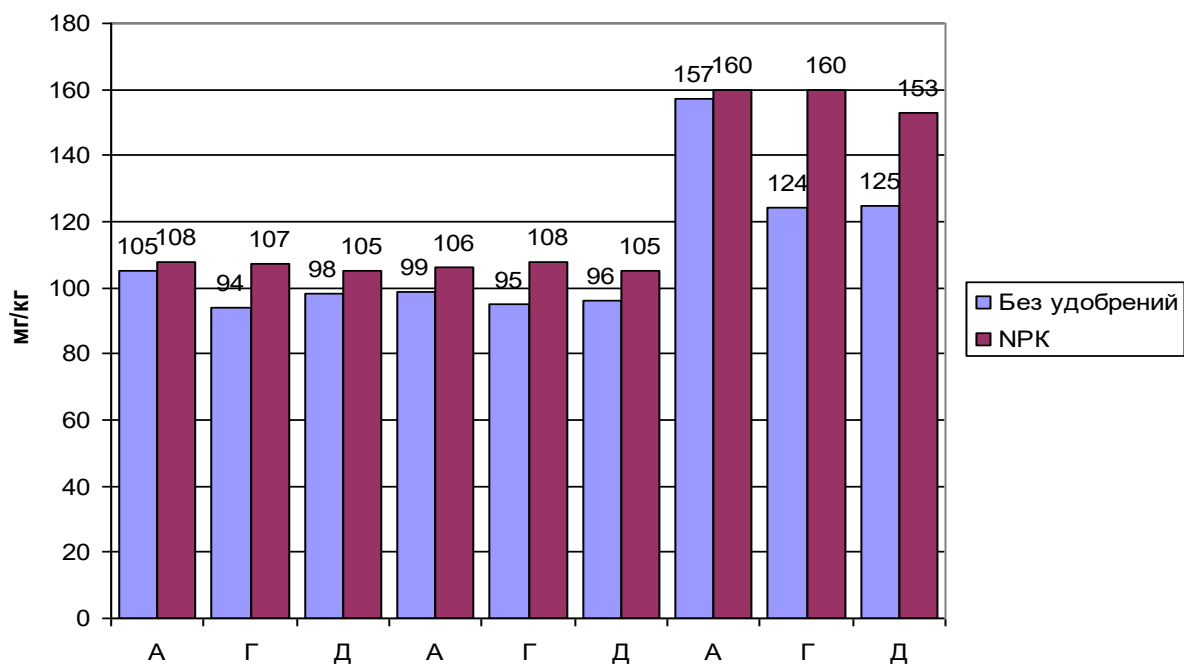
Наибольшее содержание обменного калия в начале и середине вегетации было при отвальной обработке почвы, а в конце вегетации – при безотвальной. Эффективность удобрений в увеличении содержания обменного калия в почве при отвальной обработке составила в весенний период 13 %, а в дальнейшем на контроле содержание обменного калия было выше. При без-

отвальной обработке эффективность составила 23-38 %, при комбинированной – 16-27 %.

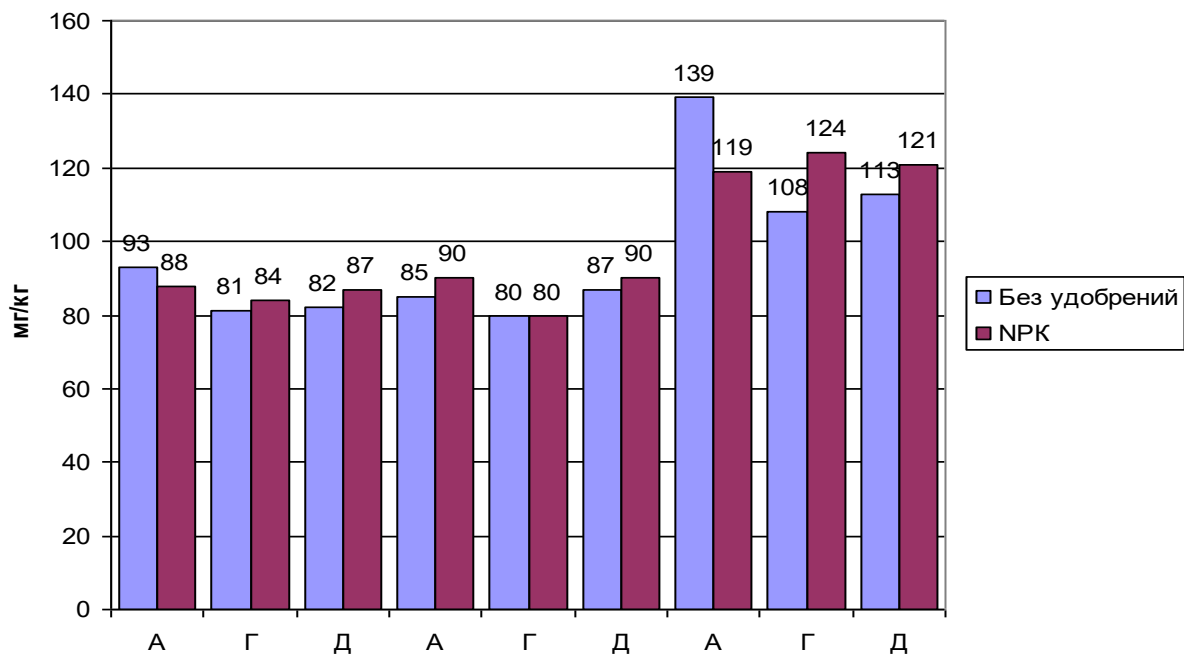
Содержание обменного калия в подпахотном слое чернозёма выщелоченного изменялась на контроле от 71 до 155 мг/кг, а на удобренных вариантах от 69 до 136 мг/кг, и было значительно выше, чем в пахотном слое (приложение 8). Закономерности изменения содержания обменного калия от изучаемых факторов, выявленные для пахотного слоя почвы, характерны и для подпахотного. Так, наибольшее содержание элемента отмечается при отвальной обработке с высоким увлажнением (155 мг/кг), а наименьшее – при низком увлажнении и безотвальной обработке почвы (69-74 мг/кг).

Среднее за вегетационный период сахарной свёклы содержание обменного калия в пахотном слое почвы при низком и среднем увлажнении варьировало незначительно. Так, без удобрений оно составило 94-105 мг/кг, а при применении удобрений 105-108 мг/кг, или увеличивалось на 3-13 % (рисунок 7). В подпахотном слое почвы содержание обменного калия при этом составляло без удобрений 80-93 мг/кг (в среднем 85 мг/кг), а при внесении удобрений – 80-90 мг/кг (в среднем 86 мг/кг). Следовательно, вариабельность содержания обменного калия в условиях низкого и среднего увлажнения в подпахотном слое почвы была незначительной.

При коэффициенте увлажнения за два последних месяца вегетации сахарной свёклы 1,5 содержание обменного калия в пахотном слое почвы, увеличивалось до 124-160 мг/кг, или в среднем, на 44 %. Наибольшее содержание элемента было на удобренных вариантах при отвальной и безотвальной обработках, однако эффективность удобрений в увеличении содержания обменного калия выше была при безотвальной – 29 % и комбинированной – 22 % обработках почвы. Среднее содержание элемента при отвальной обработке не зависело от удобрений.



А) $K_y=0,4$ $K_y=0,9$ $K_y=1,5$



Б) $K_y=0,4$ $K_y=0,9$ $K_y=1,5$

Рисунок 7 - Среднее за вегетацию содержание K_2O в пахотном (А) и подпахотном (Б) слоях почвы, мг/кг

Содержание в подпахотном слое обменного калия составило 108-139 мг/кг. При отвальной обработке удобрения не повышали содержание элемента, при безотвальной – повышали на 15 %, при комбинированной – на 7 %.

Установлено, что между содержанием обменного калия в почве и коэффициентом увлажнения корреляция составила 0,87; коэффициентом водопотребления – 0,89; урожайность сахарной свёклы для пахотного слоя – 0,84; для подпахотного – 0,72.

5.5. Дифференциация слоёв почвы по содержанию элементов питания

Содержание питательных элементов в верхних слоях почвы значительно выше, чем в нижних. Об этом свидетельствуют наши исследования и исследования других научно-исследовательских учреждений, но считается, что расслоение слоёв почвы по питательным элементам явление вредное (Картамышев, Герасимов, 1989; Пестряков, 2008).

Наши исследования позволили оценить явление дифференциации почвы. Для этого был рассчитан градиент падения питательного элемента по почвенному горизонту, как в абсолютных, так и в относительных величинах.

Содержание нитратов в верхнем слое почвы (0-15 см) варьировало от 5,1 мг/кг до 15,7 мг/кг (таблица 12). Наибольшее содержание было при отвальной и комбинированной обработках с внесением удобрений и высоким увлажнении. Снижение градиента падения содержания нитратов зависело от изучаемых факторов. Так, при безотвальной обработке без удобрений градиент падения в пахотном слое составил 0,4-1,7 мг/кг; в подпахотном – 0,9-2,1 мг/кг; при применении удобрений 1,6-5,5 мг/кг. Наибольшим градиентом падения содержания нитратного азота, характеризовалась безотвальная обработка почвы, а наименьшим - комбинированная.

Увеличение увлажнения увеличивало градиент падения содержания нитратов. Так, при комбинированной обработке в пахотном слое при низком увлажнении градиент падения составил 0,3 мг/кг; при среднем – 1,1 мг/кг; при высоком – 3,0 мг/кг.

Таблица 12 – Содержание (в слое 0-15 см) и градиент падения (в слоях 15-30 и 30-50 см) содержания питательных веществ в почве при различном увлажнении ($K_{ув.}$) и агротехнике возделывания сахарной свёклы (в среднем за вегетацию), мг/кг

Системы		Слой почвы, см	N-NO ₃ в свежих образцах			N-NO ₃ после ком-постирования			P ₂ O ₅			K ₂ O		
обработки	удобрений		0,4	0,9	1,5	0,4	0,9	1,5	0,4	0,9	1,5	0,4	0,9	1,5
отвальная	0	0-15	5,5	6,1	9,1	37	41	33	83	82	102	108	106	153
		15-30	1,6	1,0	2,1	2	2	0	9	10	15	7	12	0
		30-50	2,5	1,5	3,0	13	8	7	23	18	26	15	21	14
	NPK	0-15	7,3	9,8	15,7	39	42	44	87	89	123	114	107	170
		15-30	0,4	2,8	2,5	0	3	4	8	6	26	13	3	20
		30-50	1,0	4,8	4,1	9	13	9	16	22	48	26	16	51
безотвальная	0	0-15	5,1	7,1	7,2	39	40	32	76	81	94	96	100	136
		15-30	1,2	0,4	1,7	2	3	1	8	9	18	5	11	24
		30-50	0,9	1,4	2,1	10	11	13	19	19	32	15	20	28
	NPK	0-15	10,1	13,0	11,9	53	51	40	93	93	130	119	121	133
		15-30	2,0	4,6	11,6	13	10	4	16	20	35	23	27	16
		30-50	2,4	5,5	3,0	20	16	13	30	32	57	35	41	20
комбинированная	0	0-15	6,4	6,8	8,7	39	43	28	79	79	91	101	98	133
		15-30	1,0	0,1	0,6	3	0	2	9	9	12	7	7	16
		30-50	1,8	1,4	1,5	8	10	7	19	18	23	19	11	20
	NPK	0-15	7,9	10,8	13,7	41	48	34	91	92	120	111	106	168
		15-30	0,3	1,1	3,0	1	5	2	13	13	17	12	2	30
		30-50	2,4	3,8	4,5	14	15	4	27	32	46	24	16	47

Градиент падения содержания нитратного азота в подпахотном слое подчинялся тем же закономерностям, что и в пахотном слое почвы. Однако величины снижения содержания элемента были значительно выше, до 5,5 мг/кг.

Содержание нитратов в почве после компостирования в верхнем слое составляло 28-53 мг/кг, а градиент падения в пахотном слое 0-13 мг/кг, в подпахотном – 4-20 мг/кг. Градиент падения содержания азота после компостирования для пахотного слоя почвы в основном был незначительным – 0-5 мг/кг, и только при безотвальной обработке почвы с использованием удобрений он составил 4-13 мг/кг, для подпахотного слоя – 13-20 мг/кг. Удобрения не влияли на показатель, кроме безотвальной обработке почвы. Установлено, что чем выше был коэффициент увлажнения, тем ниже была нитрифицирующая способность почвы, и на меньшую величину падал данный показатель с глубиной.

Среднее за вегетационный период содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-15 см составило без удобрений 76-102 мг/кг, а при их использовании – 87-130 мг/кг. При этом наименьшие значения определены при низком увлажнении ($K_{ув.}=0,4$), а большие – при высоком ($K_{ув.}=1,5$).

Градиент падения подвижного фосфора составил для пахотного слоя без удобрений 6-35 мг/кг, для подпахотного – 16-57 мг/кг. Установлено, что безотвальная обработка почвы усиливала дифференциацию по содержанию элемента в почве. Если при коэффициенте увлажнения 0,4 и 0,9 дифференциация пахотного и подпахотного слоёв почвы была небольшой (6-20 мг/кг), то при высоком увлажнении она сильно увеличилась и составила, в среднем для пахотного слоя 20 мг/кг, для подпахотного – 39 мг/кг.

Содержание обменного калия в верхнем слое почвы составляло при низком и среднем увлажнении на контроле 96-108 мг/кг, а при применении удобрений – 106-121 мг/кг. При высоком увлажнении содержание элемента в почве увеличивалось до 153 мг/кг без удобрений, и до 170 мг/кг при их при-

менении. Соответственно изменялась дифференциация слоёв почвы. Так, при низком увлажнении градиент падения элемента для пахотного слоя почвы составил 5-23 мг/кг при среднем увлажнении, и 2-27 мг/кг – при высоком.

Градиент падения содержания обменного калия в подпахотном слое значительно выше, и составил на контроле при отвальной обработке 14-21 мг/кг; при безотвальной – 15-28 мг/кг; при комбинированной – 16-47 мг/кг, или увеличивался. Наиболее высокий градиент падения содержания обменного калия был при высоком увлажнении.

Рассчитанный градиент падения содержания элементов в процентах к верхнему слою почвы, даёт возможность сравнивать дифференциацию слоёв как между элементами питания, так и между элементами агротехники. Так, расчёты показывают неоднозначное влияние условий увлажнения на данный показатель. Дифференциация пахотного слоя по содержанию N-NO₃ в свежих образцах составляла при низком увлажнении 14-29 %, при среднем – 6-35 %, при высоком – 7-23 % (таблица 13).

Дифференциация подпахотного слоя почвы изменялась от 20 до 49 %. Определено, что вносимые удобрения увеличивали это явление на 15 %. Меньшая дифференциация отмечена при комбинированной обработке почвы, а большая – при отвальной. Так, градиент снижения содержания нитратов в свежих образцах в слое 15-30 см составил (Ку 0,9) при отвальной обработке без удобрений 16 %, а при внесении удобрений 28 %; при безотвальной обработке – 6 и 35 % соответственно. С увеличением увлажнения дифференциация подпахотного слоя не изменялась, а пахотного увеличивалась на 6-19 %.

Градиент снижения содержания нитратов после компостирования составил в пахотном слое почвы, в среднем 3-18 %, в подпахотном – 25-34 %. Результаты расчётов свидетельствуют, что в пахотном слое почвы вносимые удобрения в два раза увеличивали дифференциацию, а в подпахотном – на 8 %. Наибольшие значения градиента падения соответствовали безотвальной обработке почвы. Так, в пахотном слое при применении удобрений он составил 24 % при низком увлажнении; 20 % - при среднем, и 10 % - при высоком.

Таблица 13 – Градиент снижения содержания питательных элементов в чернозёме выщелоченном (%), к слою 0-15 см при различной увлажнённости, обработке почвы и удобрений

Системы		Слой почвы, см	N-NO ₃ в свежих образцах			N-NO ₃ после ком-постирования			P ₂ O ₅			K ₂ O		
обработки	удобрений		0,4	0,9	1,5	0,4	0,9	1,5	0,4	0,9	1,5	0,4	0,9	1,5
отвальная	0	15-30	29	16	23	5	5	0	11	12	15	6	11	0
		30-50	45	24	33	35	20	21	28	22	25	14	20	9
	NPK	15-30	26	28	16	0	7	9	9	7	21	11	13	12
		30-50	15	49	30	23	31	20	18	25	39	23	15	30
безотвальная	0	15-30	23	6	23	8	8	3	10	11	19	5	11	18
		30-50	25	20	29	26	28	40	25	23	34	16	20	21
	NPK	15-30	20	35	13	24	20	10	17	22	27	19	22	12
		30-50	24	42	25	38	31	32	32	34	44	29	34	15
комбинированная	0	15-30	15	17	7	8	0	7	11	11	13	7	7	12
		30-50	28	20	17	20	23	25	24	23	25	19	11	15
	NPK	15-30	14	10	22	2	10	6	14	14	14	11	12	18
		30-50	30	35	33	34	31	12	30	35	38	21	15	28
Среднее по обработкам		15-30	16	19	17	8	10	8	13	13	17	10	10	13
		30-50	28	28	28	30	27	23	28	27	34	21	20	22

В среднем, с увеличением коэффициента увлажнения дифференциация пахотного слоя по содержанию нитратов после компостирования не изменялась, а подпахотного – снизилась с 30 % до 23 %.

Дифференциация слоёв почвы по содержанию подвижного фосфора составила в пахотном слое 7-27 %, в подпахотном – 18-38 %.

Средняя дифференциация пахотного слоя составила 13 %, и только при безотвальной обработке, увеличивалась до 22 %. Самая низкая дифференциация подпахотного слоя была при отвальной обработке без удобрений, самая высокая – при безотвальной обработке почвы с их внесением.

По содержанию подвижного фосфора в почве установлена большая дифференциация – на 38 % для пахотного слоя, и 23 % для подпахотного при безотвальной обработке почвы по сравнению с отвальной и комбинированной обработками. При внесении удобрений дифференциация для пахотного слоя увеличивалась на 23 %, для подпахотного – на 32 %.

Увеличение коэффициента увлажнения приводит к увеличению дифференциации, в среднем с 13 % до 17 % для пахотного слоя, и с 28 % до 34 % - для подпахотного.

Градиент снижения обменного калия в почве составил в пахотном слое 0-22 %, в подпахотном – 9-34 %. Установлено, что наименьшая дифференциация по содержанию обменного калия была при комбинированной обработке почвы – в пахотном слое 9-10 %, в подпахотном – 15-21 %. Удобрения увеличивали дифференциацию слоёв почвы на 17 % в пахотном, и на 21 % в подпахотном слоях.

Неравномерность распределения питательных веществ в чернозёме выщелоченном показала, что наибольшая дифференциация слоёв почвы наблюдалась по содержанию нитратов в свежих образцах, а наименьшая - обменного калия.

Изучение питательного режима под сахарной свёклой при различном увлажнении в августе-сентябре показало, что:

- содержание нитратного азота в почве увеличивалось при увеличении увлажнённости, внесении удобрений и отвальной обработке почвы;
- нитрифицирующая способность почвы увеличивалась при среднем увлажнении, безотвальной обработке почвы и внесении удобрений;
- содержание подвижного фосфора и обменного калия увеличивалось при высоком увлажнении и внесении удобрений. Системы обработки почвы в меньшей степени влияли на содержание этих питательных элементов в почве;
- динамика содержания питательных элементов в подпахотном слое почвы, идентична динамике в пахотном, только их содержание на 20-34 % ниже;
- дифференциация слоёв почвы по содержанию питательных элементов увеличивается при повышении увлажнения, внесении удобрений и применении безотвальной обработки почвы. Больше неравномерному распределению по почвенному профилю подвержено содержание N-NO₃ в свежих образцах, меньшему – обменный калий;
- доказаны сильные корреляционные связи между коэффициентом водопотребления и содержанием питательных веществ в почве, между урожайностью и содержанием питательных элементов в пахотном слое чернозёма выщелоченного.

ГЛАВА 6. Влияние условий увлажнения и агротехники возделывания на засорённость посевов, рост и вынос питательных веществ растениями сахарной свёклы

6.1. Развитие и фитосанитарная обстановка посевов сахарной свёклы в начале вегетации

Ранее проведённые исследования показали, что рост и развитие сахарной свёклы в сильной степени зависят от условий возделывания, однако погодные условия определяют эффективность тех или иных агроприёмов.

Полевая всхожесть. Условия увлажнения в ранневесенний период в основном определяют всхожесть высеваемых культур. Так как погодные условия при посеве сахарной свёклы в годы исследований были удовлетворительными, то и не было опасений о снижении всхожести. Так, в главе 4 установлено, что запасы влаги в верхнем (0-30 см) слое почвы были достаточны для получения хороших всходов, и составляли 66,4-89,8 мм/га (таблица 5). Не наблюдалось различий по содержанию влаги в связи с изучаемыми факторами. Количество всходов сахарной свёклы составило 9,9-14,9 шт/м.п. (таблица 14).

Таблица 14 – Количество всходов (шт/м.п.) и густота стояния (тыс. шт/га) сахарной свёклы перед уборкой

Системы		Всходы, шт/м.п.			Густота*, тыс. шт/га		
обработки	удобрений	Коэффициент увлажнения					
		0,4	0,9	1,5	0,4	0,9	1,5
отвальная	0	12,4	12,4	14,3	77	97	94
	НРК	12,1	12,2	11,2	90	93	109
безотвальная	0	12,2	9,9	12,4	72	83	93
	НРК	13,8	10,4	14,9	82	90	94
комбинированная	0	13,4	10,8	12,6	77	81	92
	НРК	12,9	11,5	14,1	81	93	98

*густота стояния растений после её формирования вручную была на всех вариантах одинаковой.

При коэффициенте увлажнения 1,5 полевая всхожесть сахарной свёклы имела большие значения. Однако в эти сроки развития сахарной свёклы

определяющим фактором являются запасы почвенной влаги, которые при коэффициенте увлажнения 0,4 составили 83 мм/га, а среднее количество осадков – 80 мм/га при коэффициенте увлажнения 0,9. Во второй группе лет с $K_{ув.}=0,9$ количество всходов уменьшилось и составило 9,9-12,4 шт/м.п., при этом максимальное количество осадков составило 52 мм/га, а коэффициент увлажнения за этот месяц уменьшился до 0,5. В третьей группе лет при ещё более сильных засушливых условиях мая (количество осадков 36 мм/га, $K_{ув.}=0,3$) количество всходов составило 11,2-14,9 шт/м.п. Большее количество всходов при $K_{ув.}$ 0,4 и 1,5 было при применении удобрений и безотвальной обработке почвы.

Рассчитанная зависимость урожайности сахарной свёклы от условий увлажнения за август-сентябрь полностью проявилась при определении густоты стояния растений перед уборкой. Так, наибольшая густота – 109 тыс. шт/га – была при $K_{ув.}=1,5$, отвальной обработке почвы и внесении удобрений. Наименьшая – 72 тыс. шт/га – при безотвальной обработке и $K_{ув.}=0,4$. Установлено, что средняя густота стояния растений при $K_{ув.}=0,4$ составляла 80 тыс. шт/га; при 0,9 – 90 тыс. шт/га; при 1,5 – 97 тыс. шт/га. Наибольшая густота соответствовала отвальной обработке почвы с внесением удобрений, в среднем – 96 тыс. шт/га, меньшая (82 тыс. шт/га) - соответствовала безотвальной обработке на контроле.

Различное развитие сахарной свёклы выявлено при учёте массы 100 растений. Так, наибольшая масса 100 растений – 135,4 г была получена при коэффициенте увлажнения 0,4 и комбинированной обработке почвы с внесением удобрений, а наименьшая – 50,0 г – при безотвальной обработке почвы на контроле и $K_{ув.}=1,5$, что объясняется также низкой увлажнённостью и большей плотностью почвы в начале вегетации культуры (таблица 15).

Распространённость корнееда при $K_{ув.}=0,4$ составила 21-40 %; при $K_{ув.}=0,9$ – 28-55 %; при $K_{ув.}=1,5$ – 29-60 %. Соответственно изменялась степень развития болезни, которая составила 9-25 %. Самая высокая заболеваемость растений при любых условиях увлажнения отмечена при безотвальной

обработке почвы, самая низкая – при отвальной. Так, при среднем увлажнении при безотвальной обработке почвы распространённость корнееда составила 68 % без удобрений, и 35 % с их внесением, что выше, чем при других обработках на 33-36 относительных процентов.

Следовательно, засушливые условия в начале вегетации сахарной свёклы и безотвальная обработка почвы способствовали проявлению корнееда, а применение удобрений вело к снижению количества заболевших растений на 40 %, и увеличению массы 100 проростков на 57 %.

Таблица 15 – Масса 100 проростков (М), распространённость (Р) и развитие (R) корнееда сахарной свёклы

Системы		K _{ув.} =0,4			K _{ув.} =0,9			K _{ув.} =1,5		
обработки	удобрений	М, г	Р, %	R, %	М, г	Р, %	R, %	М, г	Р, %	R, %
отвальная	0	76	35	15	70	51	20	61	59	20
	NPK	128	21	9	95	32	14	83	35	18
безотвальная	0	85	40	18	59	68	22	50	62	25
	NPK	132	28	13	106	35	14	78	29	15
комбинированная	0	80	35	15	66	50	18	59	60	19
	NPK	135	24	10	105	28	12	91	40	16

Засорённость посевов сахарной свёклы составляла 26-88 шт/м² (таблица 16). Установлено, что в сухие годы (K_{ув.}=0,4), количество сорняков не зависело от приёмов агротехники и составило 27-35 шт/м². В годы со средним увлажнением (K_{ув.}=0,9), количество сорняков увеличивалось до 88 шт/м², что связано с лучшим погодными условиями и лучшим прохождением стадии покоя семенами сорных растений. При этом самая высокая засорённость отмечается при безотвальной обработке почвы 86-88 шт/м². Установлено, что количество сорных растений увеличивается на 3-10 % при применении удобрений. Отвальная и комбинированная обработки почвы в большей степени способствовали очищению посевов от сорных растений.

Таблица 16 – Засорённость сахарной свёклы (шт/м²)

Системы		K _{ув.} =0,4				K _{ув.} =0,9				K _{ув.} =1,5			
обработки	удобрений	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
отвальная	0	6	21	-	27	16	52	2	67	4	29	1	34
	НРК	4	28	-	32	16	54	4	54	5	33	-	38
безотвальная	0	9	22	-	32	19	63	6	88	10	32	3	45
	НРК	3	31	1	35	13	67	6	86	12	37	1	50
комбинированная	0	12	18	-	30	25	43	3	71	9	17	-	26
	НРК	5	25	-	30	8	56	3	67	8	24	-	32

1 – однодольные сорняки

2 – двудольные сорняки

3 – многолетние сорняки

4 – всего

В годы с высоким увлажнением (K_{ув.}=1,5) количество сорных растений составило 26-50 шт/м², что выше, чем в сухие годы, в среднем на 21 %, и ниже, чем в годы со средним увлажнением на 91 %. Только в годы с высоким увлажнением наблюдалось существенное увеличение засорённости при применении удобрений: при отвальной обработке почвы на 12 %, при безотвальной – на 11 %, при комбинированной – на 23 %. При всех градациях степени увлажнения доля двудольных сорняков составила 77 %.

6.2. Накопление питательных веществ

Содержание сухого вещества. Фотосинтетическая деятельность растений выражается в увеличении массы растений и в конечном итоге, получении планируемой урожайности. Чтобы правильно оценить продуктивность сахарной свёклы и потребление питательных веществ, необходимо знать общее количество сухого вещества в корнеплодах и листьях, так как именно сухие вещества являются основными накопителями энергии.

Анализ сухого вещества перед уборкой показывает, что его количество зависело от изучаемых факторов и изменялось в листьях от 14,8 до 16,8 %, а в корнеплодах от 24,5 до 27,9 % (таблица 17). Установлено, что содержание сухого вещества на неудобренных вариантах было больше в листьях на 4 %, в корнеплодах содержание сухого вещества не так сильно зависело от вносимых удобрений.

Таблица 17 – Содержание сухого вещества в растениях сахарной свёклы, %

Системы		листья			корнеплод		
обработки	удобрений	0,4	0,9	1,5	0,4	0,9	1,5
отвальная	0	16,8	15,6	16,6	27,4	25,4	24,7
	НРК	16,0	15,4	15,9	27,1	25,2	24,5
безотвальная	0	15,4	16,6	16,7	27,9	25,3	24,9
	НРК	14,8	15,3	15,6	27,6	25,1	24,7
комбинированная	0	15,8	16,0	16,4	27,2	25,0	24,8
	НРК	15,2	16,0	16,0	27,0	24,9	24,6

Определено, что в листьях с повышением условий увлажнения содержание сухого вещества повышалось, а в корнеплодах уменьшалось. Так, например, при отвальной обработке на контроле при низком увлажнении, содержание сухого вещества в листьях составило 16,8 %, в корнеплодах – 27,4 %. При безотвальной обработке содержание сухих веществ имело тенденцию к снижению, что свидетельствует об ухудшении режима влажности почвы при этом.

Сбор сухого вещества при различном увлажнении и различной агротехнике возделывания сахарной свёклы варьировал от 7,3 т/га до 18,1 т/га (таблица 18). Установлено, что доля ботвы в общем сборе составила 26-34 %. При среднем увлажнении доля ботвы минимальна. При увеличении условий увлажнения, увеличивался как сбор сухих веществ за счёт ботвы, так и за счёт корнеплодов. Так, при низком увлажнении при безотвальной обработке почвы на удобренном варианте сбор сухих веществ составил за счёт ботвы 2,9 т/га, за счёт корнеплодов 6,8 т/га; при среднем увлажнении 3,6 и 8,6 т/га; при высоком увлажнении 5,0 и 10,7 т/га соответственно.

Определено, что наибольший сбор сухого вещества при низком (12,2 т/га) и высоком увлажнении (18,1 т/га) был при комбинированной обработке с внесением удобрений, а при среднем увлажнении – 13,7 т/га при отвальной обработке почвы. Самая низкая продуктивность отмечена без применения удобрений при безотвальной обработке почвы.

Таблица 18 – Сбор сухого вещества, т/га

Системы		K _{ув.} =0,4			K _{ув.} =0,9			K _{ув.} =1,5		
обработки	удобрений	бот-ва	кор-не-плод	всего	бот-ва	кор-не-плод	всего	бот-ва	кор-не-плод	всего
отвальная	0	2,2	5,7	7,9	2,1	6,9	9,0	3,5	6,5	10,0
	НРК	3,1	8,8	11,9	4,6	9,1	13,7	5,2	12,0	17,2
безотвальная	0	2,5	4,8	7,3	2,3	6,3	8,6	3,4	7,9	11,3
	НРК	2,9	6,8	9,7	3,6	8,6	12,2	5,0	10,7	15,7
комбинированная	0	2,5	5,2	7,7	2,1	6,4	8,5	3,5	9,2	12,7
	НРК	4,1	8,1	12,2	3,3	9,0	12,3	6,1	12,0	18,1

Действие удобрений, независимо от условий увлажнения, составило 48-50 %. Однако, эффективность удобрений в сильной степени зависела от обработки почвы. Так, при отвальной обработке средняя прибавка от применения удобрений составила 59 %; при безотвальной обработке – 38 %; при комбинированной – 47 %.

Изучение продуктивности фотосинтеза (количество сухого вещества, образованного одним растением сахарной свёклы за вегетационный период) показало, что наименьшая продуктивность соответствовала отвальной обработке почвы без удобрений при среднем увлажнении – 93 г/раст., а наибольшая 185 г/раст. – соответствовала комбинированной обработке на удобренном варианте при высоком увлажнении (таблица 19).

Таблица 19 – Продуктивность одного растения сахарной свёклы за вегетацию (г сухих веществ/ растение)

Системы		Коэффициент увлажнения		
обработки	удобрений	0,4	0,9	1,5
отвальная	0	103	93	106
	НРК	132	147	158
безотвальная	0	101	104	112
	НРК	118	135	167
комбинированная	0	100	105	138
	НРК	151	132	185

Применение удобрений увеличивало продуктивность растений в среднем на 34 % (при низком увлажнении на 30 %, при среднем – на 38 %, при высоком – на 34 %).

Комбинированная обработка почвы оказалась на 13 % эффективнее, чем отвальная и безотвальная по накоплению сухого вещества одним растением сахарной свёклы. Следовательно, интенсивность фотосинтеза (накопление сухих веществ) зависит как от условий увлажнения, так и от агротехники возделывания.

6.3. Вынос питательных элементов сахарной свёклой

Содержание питательных элементов в урожае культур – важный фактор физиологии растений, который следует учитывать при разработке рекомендаций. В зависимости от агротехники возделывания, и особенно от фона удобренности, содержание элементов питания может сильно меняться. При применении удобрений увеличивается вынос азота, фосфора и калия, но одновременно это способствовало экономному расходу.

В наших исследованиях содержание азота в листьях сахарной свёклы составило 2,41-3,38 % (таблица 20). Установлено, что в годы с низким увлажнением содержание элемента увеличивалось, также оно увеличивалось при внесении удобрений.

Таблица 20 – Содержание питательных элементов в листьях сахарной свёклы, %

Системы		Коэффициент увлажнения								
обработки	удобрений	0,4			0,9			1,5		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
отвальная	0	2,42	0,70	4,80	2,46	0,68	5,69	2,66	1,01	6,07
	НПК	2,89	1,03	4,55	2,57	0,81	4,93	2,79	1,10	5,09
безотвальная	0	3,07	0,76	4,54	2,36	0,71	5,10	3,09	0,98	5,35
	НПК	3,78	0,96	4,12	2,48	0,82	4,78	2,90	1,20	4,97
комбинированная	0	3,36	0,81	4,93	2,41	0,72	5,58	3,06	1,03	6,03
	НПК	3,38	1,15	3,90	2,54	0,83	4,48	3,22	1,20	4,01

Содержание фосфора в годы с низким увлажнением составило 0,70-1,15 %; со средним – 0,68-0,81 %; с высоким – 0,98-1,20 %. Содержание фосфора в листьях сахарной свёклы увеличивалось до 1,20 % в годы с высоким увлажнением, или в среднем на 20 %, по сравнению с годами низкого увлажнения, и на 43 % - по сравнению с годами со средним увлажнением.

При применении удобрений содержание фосфора в листьях увеличивалось на 26-47 % при низком увлажнении, и на 10-20 % при среднем и высоком.

Содержание калия в листьях увеличивалось при высоком увлажнении с 3,90-4,93 % до 4,01-6,07 %, а при применении удобрений содержание снижалось на 5-13 %. Закономерности содержания калия в листьях в зависимости от обработки почвы не обнаружено.

Содержание питательных веществ в корнеплодах сахарной свёклы было иным, чем в листьях. Так, содержание азота в корнеплодах составило при низком увлажнении 0,58-0,70 %; при среднем увлажнении 0,66-0,87 %; при высоком – 0,91-1,24 % (таблица 21). Содержание фосфора и калия в корнеплодах также увеличивалось с увеличением увлажнения.

Таблица 21 – Содержание питательных элементов в корнеплодах сахарной свёклы, %

Системы		Коэффициент увлажнения								
обработки	удобрений	0,4			0,9			1,5		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
отвальная	0	0,58	0,29	0,75	0,72	0,28	1,06	0,91	0,43	1,38
	НПК	0,70	0,32	0,75	0,87	0,37	1,03	1,15	0,43	1,22
безотвальная	0	0,61	0,31	0,72	0,66	0,35	1,01	1,05	0,46	1,23
	НПК	0,72	0,31	0,80	0,72	0,36	1,05	1,24	0,47	1,38
комбинированная	0	0,63	0,32	0,76	0,68	0,33	1,08	1,04	0,42	1,21
	НПК	0,73	0,31	0,83	0,73	0,40	1,04	1,02	0,41	1,38

Содержание фосфора в годы с низким увлажнением составило 0,29-0,32 %; со средним – 0,28-0,40 %; с высоким – 0,41-0,47 %. Содержание калия 0,72-0,83 %; 1,01-1,08 %; и 1,21-1,38 % соответственно.

При применении удобрений при всех вариантах увлажнения содержание азота в корнеплодах повышалось на 7-25 %. Большой прирост содержания азота отмечался при отвальной обработке. Содержание фосфора увеличивалось при применении удобрений на 21-32 % при среднем увлажнении. При высоком увлажнении содержание фосфора в корнеплодах при применении удобрений снижалось на 0,01-0,10 %. Содержание калия в корнеплодах при применении удобрений снижалось.

При применении комбинированной обработки почвы наметилась тенденция к увеличению содержания азота, фосфора и калия в корнеплодах сахарной свёклы.

Рассчитанный вынос питательных веществ сахарной свёклой показал, что данный параметр в значительной мере зависел от изучаемых в опыте факторов. Так, вынос азота варьировал от 86 кг/га до 318 кг/га, фосфора – от 39 кг/га до 122 кг/га, и калия – от 128 кг/га до 411 кг/га (таблица 22).

Самый низкий суммарный вынос питательных веществ был без применения удобрений и безотвальной обработке почвы с низкой увлажнённостью – 266 кг/га, а самый высокий – 851 кг/га – при высоком увлажнении и комбинированной обработке с применением удобрений, то есть, вынос питательных веществ сахарной свёклой увеличился в 3 раза.

Таблица 22 – Вынос и расход питательных элементов сахарной свёклой

К _{ув.}	Системы		Вынос, кг/га			Расход, кг/т			Сумма
	обработки	удобрений	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
0,4	отвальная	0	86	32	148	4,1	1,5	7,1	12,7
		NPK	152	60	207	4,7	1,8	6,4	12,9
	безотвальная	0	106	34	126	5,7	1,8	6,8	14,3
		NPK	153	49	173	5,6	1,8	6,4	13,8
	комбинированная	0	117	37	163	6,0	1,9	8,3	16,2
		NPK	198	72	227	6,4	2,3	7,3	16,0
0,9	отвальная	0	102	33	178	3,7	1,2	6,5	11,4
		NPK	197	71	321	5,4	2,0	8,8	16,2
	безотвальная	0	95	38	181	3,8	1,5	7,3	12,6
		NPK	151	61	262	4,3	1,7	7,5	13,5
	комбинированная	0	95	36	186	3,7	1,4	7,2	12,3
		NPK	150	63	232	4,2	1,8	6,4	12,4
1,5	отвальная	0	152	69	302	4,0	1,8	8,0	13,8
		NPK	283	109	411	5,8	2,2	8,4	16,4
	безотвальная	0	188	69	279	5,9	2,1	8,7	16,7
		NPK	278	110	346	6,4	2,5	7,9	16,8
	комбинированная	0	203	75	322	5,4	2,0	8,6	16,0
		NPK	318	122	411	6,6	2,5	8,5	17,5

Вынос азота без удобрений составил при низком увлажнении 86-117 кг/га, при среднем – 95-102 кг/га, при высоком – 152-203 кг/га. При применении удобрений вынос азота увеличивался на 44-77 % (среднее 63 %); на 57-93 % (среднее 70 %); и на 47-86 % (среднее 63 %). Наибольший вынос был при комбинированной обработке, а наименьший – при безотвальной. Но наибольшее увеличение выноса азота от действия удобрений наблюдалось при отвальной обработке почвы.

Вынос фосфора на контрольных вариантах составил: при низком и среднем увлажнении 32-38 кг/га, а при высоком – 69-75 кг/га, или увеличивался в 2 раза. Вынос фосфора при низком и среднем увлажнении увеличивался на 44-115 % до 71 кг/га, а при высоком на 58-63 % - до 63 кг/га. Наибольший вынос фосфора с урожаем сахарной свёклы составил 122 кг/га при применении удобрений и комбинированной обработки почвы.

Вынос калия сахарной свёклой превосходил вынос азота и фосфора, и составлял при низком увлажнении 126-227 кг/га; при среднем – 178-321 кг/га; при высоком – 279-411 кг/га. Установлено, что при увеличении коэффициента увлажнения с 0,4 до 0,9 средний вынос калия по всем вариантам опыта увеличивался на 30 %, с дальнейшим увеличением до коэффициента увлажнения 1,5 ещё на 52 %. Минимальный вынос калия с урожаем был без применения удобрений при низком увлажнении и безотвальной обработке почвы, а больший вынос – при внесении удобрений, отвальной и комбинированной обработках почвы, так же с высоким увлажнением. При безотвальной обработке почвы вынос калия снижался на 15 % по сравнению с другими обработками.

6.4. Эффективность использования питательных веществ сахарной свёклой

Эффективность действия питательных элементов можно оценить по их расходу на 1 т продукции. Наименьший расход азота определён при среднем увлажнении 3,7-5,4 кг/т, а наибольший при высоком – 4,0-6,6 кг/т (таблица 22). Установлено, что расход азота при внесении удобрений повышался на

6-45 %, и изменялся в зависимости от увлажнения и обработки почвы. Наибольший расход азота установлен при комбинированной обработке и внесении удобрений – до 6,6 кг/т.

Расход фосфора был значительно меньше, чем расход азота и составил при низком увлажнении 1,5-2,3 кг/т; при среднем – 1,2-2,0 кг/т; при высоком – 1,8-2,5 кг/т. Наибольший расход фосфора был при комбинированной и безотвальной обработках почвы при высоком увлажнении с применением удобрений, и составил 2,5 кг/т, а наименьший (1,2 кг/т) – на контроле при среднем увлажнении и отвальной обработке. В среднем, при применении удобрений расход элемента увеличивался на 22 %.

Расход калия на образование 1 т продукции варьировал от 6,4 до 8,9 кг/т. Самый большой расход калия определён при высоком увлажнении на контрольных вариантах, минимальный – при применении удобрений и низком увлажнении.

Коэффициенты использования питательных веществ сахарной свёклой из почвы составили для азота 61-180 %; для фосфора – 11-32 %; для калия – 37-86 % (таблица 23).

Таблица 23 – Коэффициенты использования питательных веществ сахарной свёклой (%) при различном увлажнении

Системы		Питательные элементы								
обработки	удобрений	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
		0,4	0,9	1,5	0,4	0,9	1,5	0,4	0,9	1,5
из почвы										
отвальная	0	65	71	-	11	12	20	38	50	54
	НPK	95	99	-	20	24	28	53	86	74
безотвальная	0	75	65	-	13	14	22	37	52	64
	НPK	90	90	-	26	20	27	45	68	62
комбинированная	0	84	61	-	13	13	25	46	55	76
	НPK	95	92	-	24	21	32	61	63	80
Нормативные		-			9,4			31,0		
из минеральных удобрений										
отвальная	НPK	41	59	82	16	24	37	37	89	68
безотвальная	НPK	29	35	56	9	24	29	29	51	42
комбинированная	НPK	50	34	72	20	28	29	40	29	55
Нормативные		39,2			12,0			53,8		

Коэффициент использования азота почвы сахарной свёклой был рассчитан при использовании показателей нитрифицирующей способности почвы. Минимальным он был при комбинированной и безотвальной обработках почвы при среднем увлажнении. При отвальной обработке он составил 71 % на контроле и 99 % при внесении удобрений.

При внесении удобрений только при комбинированной и отвальной обработках почвы при низком увлажнении наблюдалось повышение коэффициента использования азота из почвы. При безотвальной обработке с внесением удобрений показатель снижался на 16-33 %.

Коэффициент использования фосфора почвы сахарной свёклой при комбинированной обработке почвы был самым высоким и составил на контрольном варианте 14-26 %. На варианте с внесением удобрений 21-33 %, что на 10 % выше, чем при других обработках. При внесении удобрений коэффициент использования фосфора из почвы повышался при низком увлажнении на 79 %, при среднем – на 69 %, при высоком – на 29 %. Удобрения и улучшение условий увлажнения позволили максимально увеличить показатель.

Коэффициент использования калия почвы сахарной свёклой варьировал от 37 % при безотвальной обработке и низком увлажнении без удобрений, до 86 % при отвальной обработке с внесением удобрений при среднем увлажнении.

Установлено, что при увеличении коэффициента увлажнения с 0,4 до 0,9 коэффициент использования увеличился на 31 %, а с 0,9 до 1,5 – ещё на 11 %. Более низкое использование питательных веществ почвы наблюдалось при безотвальной обработке.

Использование питательных веществ из минеральных удобрений составляло: для азота 29-82 %, для фосфора 9-28 %, для калия 29-64 %.

Нашими исследованиями установлено, что при улучшении условий увлажнения, показатель значительно увеличивался. Например, при отвальной обработке почвы использование азота составляло при низком увлажнении

41 %, при среднем 59 %, при высоком 82 %; использование фосфора 16, 22, 24 %; использование калия 37, 84, 64 % соответственно.

При применении безотвальной обработки почвы коэффициент использования азота снижался в среднем на 34 %, фосфора на 26 %, калия на 37 % по сравнению с отвальной обработкой. Комбинированная обработка занимала промежуточное положение.

При улучшении условий увлажнения использование питательных веществ из минеральных удобрений возрастало. Так, использование азота при отвальной обработке с 41 до 82 %, фосфора с 16 до 24 %. Однако наибольший коэффициент использования калия из удобрений, определён при среднем увлажнении.

Для полной оценки влияния питательных веществ был проведён расчёт их физиологической эффективности (отношение сухого вещества к потреблённому растениями элементу). Физиологическая эффективность азота составила 63-91 г при низком увлажнении, 75-89 г при среднем, и 56-66 г при высоком (таблица 24).

Таблица 24 – Физиологическая эффективность питательных веществ в посевах сахарной свёклы (г сухого вещества на 1 г потреблённого NPK)

Системы		Питательные элементы при различном увлажнении								
обработки	удобрений	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
		0,4	0,9	1,5	0,4	0,9	1,5	0,4	0,9	1,5
отвальная	0	91	89	66	254	268	143	52	47	33
	NPK	82	68	61	205	190	158	61	41	42
безотвальная	0	72	89	60	220	224	162	52	47	40
	NPK	63	77	56	203	196	144	58	44	45
комбинированная	0	65	88	62	207	229	168	47	44	39
	NPK	63	75	57	173	184	147	55	46	44

Более высокая отдача потреблённого азота наблюдалась на контрольных вариантах при среднем увлажнении – 88-89 г. При применении удобрений и увеличении увлажнения физиологическая эффективность потреблённого азота снижалась на 9 % при низком увлажнении, на 17 % при среднем,

на 7 % при высоком. При применении отвальной обработки почвы эффективность азота была выше, чем при безотвальной и комбинированной.

Физиологическая эффективность потреблённого фосфора составила 143-268 г. Самая низкая эффективность наблюдалась при высоком увлажнении – 143-162 г. На показатель при этом не влияли элементы агротехники возделывания сахарной свёклы.

При низком и среднем увлажнении физиологическая эффективность фосфора увеличилась на 38 %, и составила 173-268 г. Наибольший показатель был при отвальной обработке почвы на контроле, а наименьший – при применении удобрений и комбинированной обработке.

Эффективность калия составляла 33-61 г, что значительно ниже, чем эффективность потреблённого азота и фосфора. Результаты исследований показали, что при увеличении увлажнения эффективность элемента снижалась. При применении удобрений эффективность увеличивалась при низком и высоком увлажнении, а при среднем снижалась.

Таким образом, на основании проведённых исследований можно заключить, что:

- отвальная обработка, удобрения, выпадающие осадки способствуют густоте, сохранности растений при уборке;
- масса 100 растений сахарной свёклы выше при влажных условиях мая, комбинированной обработке и внесении удобрений;
- развитие и распространённость корневая сахарной свёклы повышалась в засушливых условиях мая при безотвальной обработке без удобрений, а засорённость – при среднем увлажнении;
- содержание сухого вещества в листьях сахарной свёклы увеличивалась при увеличении увлажнения, а в корнеплодах уменьшалась. При применении удобрений содержание сухого вещества снижалось;
- наибольший сбор сухих веществ и продуктивность одного растения сахарной свёклы определены при комбинированной обработке почвы

- с применением удобрений во влажных условиях. Наименьший сбор – без удобрений в засушливых условиях при безотвальной обработке;
- содержание питательных веществ в листьях и корнеплодах сахарной свёклы при уборке увеличивалось при улучшении условий увлажнения, внесении удобрений, отвальной и комбинированной обработках;
 - максимальный вынос и расход питательных элементов с урожаем сахарной свёклы был при комбинированной обработке почвы с внесением удобрений при высоком увлажнении. Минимальный – при низком увлажнении без удобрений при безотвальной обработке почвы;
 - лучшие условия увлажнения, комбинированная обработка почвы и удобрения позволили растениям сахарной свёклы максимально полно использовать питательные вещества из минеральных удобрений и почвы;
 - физиологическая эффективность питательных элементов была выше при отвальной обработке и низкой увлажнённости. При внесении удобрений физиологическая эффективность азота и фосфора снижалась, а калия увеличивалась.

ГЛАВА 7. Продуктивность сахарной свёклы в различных условиях увлажнения и агротехники возделывания

7.1. Урожайность и сахаристость

Урожайность сахарной свёклы, как было показано в третьей главе, варьировала в широких пределах. Однако средние значения составили от 18,6 т/га на контроле при безотвальной обработке почвы при низком увлажнении, до 48,5 т/га при внесении удобрений, отвальной обработке и высоком увлажнении (таблица 25). Установлено, что при коэффициенте увлажнения за два месяца до уборки равном 0,4, средняя урожайность составила 24,9 т/га, а при коэффициенте увлажнения 0,9 – 30,8 т/га, или увеличилась на 24 %. При коэффициенте увлажнения 1,5 – 41,2 т/га, или увеличилась на 65 %. При внесении удобрений урожайность сахарной свёклы достоверно увеличивалась, в среднем до 37,6 т/га, или на 39 %.

Таблица 25 – Урожайность сахарной свёклы (т/га) в зависимости от обработки почвы, удобрений и условий увлажнения

Системы		Коэффициент увлажнения			Среднее по обработке, НСР ₀₅ =1,4	Среднее по удобрениям, НСР ₀₅ =1,4
		0,4	0,9	1,5		
обработки	удобрений					
отвальная	контроль	20,7	27,3	37,6	33,8	27,0
	НПК	32,5	36,1	48,5		37,6
безотвальная	контроль	18,6	24,8	31,9	31,2	
	НПК	27,1	35,0	43,5		
комбинированная	контроль	19,6	25,7	37,2	33,0	
	НПК	31,0	36,0	48,3		
Среднее по увлажнению, НСР ₀₅ =1,4		24,9	30,8	41,2		

НСР₀₅ (частных)
 для обработки – 2,5
 для удобрений – 2,0
 для увлажнения – 2,4

Безотвальная обработка почвы достоверно на 11 % снижала урожайность культуры по сравнению с отвальной и комбинированной обработками, где уровень урожайности составил 33,0-33,8 т/га.

Улучшение условий питания растений сахарной свёклы не только повышало урожайность, но и нивелировало отрицательное влияние недостатка влаги. Так, при отвальной обработке без удобрений при коэффициенте увлажнения 0,4 урожайность составила 20,7 т/га; при коэффициенте 0,9 – 27,3 т/га, или увеличивалась на 81 %; при коэффициенте 1,5 – 37,6 т/га, или увеличение на 81 %, при внесении удобрений увеличение составляло 11 и 49 % соответственно (Боронтов, Дьяков, Косякин, 2014).

На основании дисперсионного анализа урожайности сахарной свёклы установлено, что изменения в урожайности корнеплодов на 51 % обусловлены воздействием сложившихся погодных условий, на 3 % с обработкой почвы и на 30 % - связано с применением удобрений (рисунок 8). Взаимодействие факторов «погода» и «удобрения», «погода» и «обработка почвы», «обработка» и «удобрения» было несущественным.

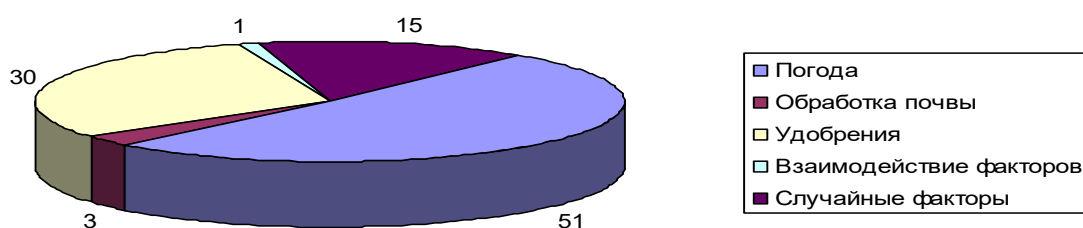


Рисунок 8 – Влияние природных и антропогенных факторов на урожайность сахарной свёклы, %.

Сахаристость сахарной свёклы за годы исследований изменялась от 14,8 % до 20,2 % (приложение 8), что свидетельствует о влиянии изучаемых факторов на данный показатель. Установлено, что наибольшая сахаристость

сахарной свёклы наблюдалась при коэффициенте увлажнения 0,4 – 17,7-18,3 % (средняя 18,0 %) (таблица 26). При увеличении увлажнения

Таблица 26 – Сахаристость сахарной свёклы (%) в зависимости от обработки почвы, удобрений и условий увлажнения

Системы		Коэффициент увлажнения			Среднее по обработке, НСР ₀₅ =0,3	Среднее по удобрениям, НСР ₀₅ =0,2
обработки	удобрений	0,4	0,9	1,5		
отвальная	контроль	18,3	17,4	16,3	17,1	17,3
	НПК	18,0	16,7	16,0		16,8
безотвальная	контроль	18,0	17,4	16,3	17,0	
	НПК	17,7	16,8	15,7		
комбинированная	контроль	18,2	17,5	16,6	17,2	
	НПК	18,0	17,1	15,8		
Среднее по увлажнению, НСР ₀₅ =0,4		18,0	17,2	16,1		

НСР₀₅ (частных)
 для обработки – 0,4
 для удобрений – 0,3
 для увлажнения – 0,4

сахаристость снижалась: при коэффициенте увлажнения 0,9 она составляла 16,9-17,5 % (средняя 17,2 %); при коэффициенте увлажнения 1,5 - 15,9-16,6 % (средняя 16,2 %).

Наибольшая сахаристость сахарной свёклы при всех условиях увлажнения была при комбинированной обработке почвы на контрольных вариантах, а наименьшая – при безотвальной обработке с внесением удобрений.

При низком увлажнении при применении удобрений сахаристость снижалась на 0,2-0,3 %, а при среднем и высоком увлажнении на 0,4-0,8 %.

Сбор сахара с единицы площади характеризует как урожайность, так и сахаристость культуры. Установлено, что прибавка от применения удобрений изменялась от 22 до 55 %. Самые большие прибавки были при отвальной и комбинированной обработках при низком увлажнении. Однако

наибольший сбор сахара достигнут при отвальной и комбинированной обработках при высоком увлажнении – 7,6-7,7 т/га (таблица 27).

Таблица 27 – Сбор сахара (т/га) в зависимости от обработки почвы, удобрений и условий увлажнения

Системы		Коэффициент увлажнения			Среднее по обработке, НСР ₀₅ =0,3	Среднее по удобрениям, НСР ₀₅ =0,4
обработки	удобрений	0,4	0,9	1,5		
отвальная	контроль	3,8	4,7	6,1	5,7	4,6
	НПК	5,9	6,1	7,8		6,3
безотвальная	контроль	3,3	4,3	5,2	5,1	
	НПК	4,8	5,9	6,9		
комбинированная	контроль	3,6	4,5	6,2	5,6	
	НПК	5,6	6,1	7,8		
Среднее по увлажнению, НСР ₀₅ =0,5		4,5	5,3	6,7		

НСР₀₅ (частных)
 для обработки – 0,4
 для удобрений – 0,3
 для увлажнения – 0,4

При применении безотвальной обработки средний сбор сахара достоверно снижался на 11 % по сравнению с отвальной обработкой. Эффективность удобрений снижалась при увеличении увлажнённости.

7.2. Технологические качества

Получение высоких урожаев сахарной свёклы ведёт к снижению её сахаристости. Однако теми или иными приёмами агротехники можно корректировать и этот показатель.

Наши исследования позволили установить, что хотя наибольшая сахаристость сахарной свёклы была отмечена при низком увлажнении – 17,7-18,3 % (таблица 26), но по отношению к сухим веществам при таком увлажнении, величины составили 64,1-66,9 %, что ниже, чем при среднем увлажнении (67,3-70,0 %) (таблица 28).

Таблица 28 – Технологические качества корнеплодов сахарной свёклы

К _{ув.}	Системы		Сахари- стость в % к СВ	РВ, %	Зола, %	Азот об- щий, %	Добро- каче- ствен- ность очищен- ного со- ка, %	Потери сахара, %	Выход сахара на заводе, %	Сбор са- хара, т/га	Коэф. извлече- ния са- хара из свёклы
	обработ- ки	удобре- ний									
0,4	отвальная	0	66,8	0,32	0,22	0,51	89,5	3,2	14,1	2,9	77,0
		НПК	66,4	0,43	0,24	0,55	88,7	3,5	13,5	4,4	75,0
	безот- вальная	0	64,2	0,44	0,27	0,41	88,1	3,8	13,1	2,4	73,2
		НПК	64,1	0,45	0,27	0,56	89,4	4,0	12,7	3,4	71,8
	комбини- рованная	0	66,9	0,32	0,23	0,54	90,4	3,1	14,1	2,7	77,5
		НПК	66,7	0,41	0,22	0,58	88,8	3,4	13,6	4,2	75,6
0,9	отвальная	0	68,5	0,09	0,31	0,35	93,0	1,9	14,5	4,0	83,3
		НПК	67,5	0,10	0,38	0,45	91,4	2,0	14,0	5,0	82,4
	безот- вальная	0	68,0	0,12	0,30	0,30	92,9	2,0	14,2	3,5	82,6
		НПК	67,3	0,14	0,34	0,35	92,4	2,1	13,8	4,8	81,7
	комбини- рованная	0	70,0	0,08	0,30	0,32	92,8	1,8	14,7	3,8	84,0
		НПК	68,7	0,10	0,41	0,37	91,5	1,9	14,2	5,1	83,0
1,5	отвальная	0	66,0	0,16	0,37	0,28	91,9	2,3	13,0	4,9	79,8
		НПК	65,3	0,18	0,42	0,30	91,6	2,5	12,5	6,1	78,1
	безот- вальная	0	65,1	0,17	0,31	0,33	91,4	2,6	12,6	4,0	77,8
		НПК	64,4	0,19	0,39	0,35	91,2	2,8	12,1	5,3	76,1
	комбини- рованная	0	66,9	0,14	0,32	0,29	92,0	2,3	13,3	4,9	80,1
		НПК	65,4	0,15	0,39	0,31	91,5	2,5	12,6	6,1	78,2

Содержание кондуктометрической золы в сиропе при низком увлажнении составило 0,22-0,27 % (при безотвальной обработке максимальное увеличение), при среднем 0,30-0,45 % (увеличивалось при комбинированной обработке), при высоком 0,32-0,42 %. При среднем и высоком увлажнении максимальное содержание кондуктометрической золы наблюдалось при отвальной обработке почвы.

Содержание общего азота в корнеплодах уменьшалось при увеличении увлажнения.

Доброкачественность очищенного сока составила при низком увлажнении 88,1-90,4 %; при среднем 91,4-92,9 %; при высоком 91,2-92,0 %. Применение удобрений вело к некоторому снижению доброкачественности на 0,2-0,8 %. Системы обработки почвы не повлияли на данный показатель.

Потери в мелассе минимальными были при среднем увлажнении – 1,8-2,1 %, а самыми большими – при низком увлажнении – 3,1-4,0 %. При высоком увлажнении потери составили 2,3-2,8 %. Безотвальная обработка почвы и применяемые удобрения увеличивали потери сахара на 0,1-0,6 % по сравнению с другими обработками почвы.

Выход сахара изменялся обратно пропорционально потерям. Так, наибольший выход сахара 13,8-14,7 % составил при среднем увлажнении. При этом наблюдался повышенный коэффициент извлечения сахара из свёклы – 82,3-84,0 %. Большой выход сахара (14,7 %) и коэффициент извлечения (84,0 %) был при комбинированной обработке почвы на контроле. Выход сахара при низком увлажнении составил 12,7-14,4 %; при высоком 12,1-13,3 %.

Выход сахара на заводе с единицы площади неуклонно увеличивался при увеличении коэффициента увлажнения, так как урожайность культуры существенно повышалась. Так, при низком увлажнении выход сахара варьировал от 2,4 т/га при безотвальной обработке на контроле до 4,4 т/га при отвальной и комбинированной обработках на удобренном варианте; при среднем увлажнении от 3,5 т/га до 5,0-5,1 т/га; при высоком от 4,0 т/га до 6,1 т/га соответственно.

Коэффициент извлечения при низком и высоком увлажнении уменьшался. Установлено, что самый низкий коэффициент извлечения сахара был при безотвальной обработке на удобренном варианте при низком увлажнении – 71,7 %; при среднем – 84,6 %; при высоком – 76,1 %.

Следовательно, большее извлечение сахара соответствовало средним по увлажнению годам при комбинированной обработке почвы, а меньшее наблюдалось при низкой увлажнённости и безотвальной обработке почвы, что обосновывается различием в химическом составе свекловичного сырья, и связанные с этим потери сахара. Вносимые удобрения снижали извлекаемость сахара ввиду ухудшения технологических качеств. Однако из-за высокой урожайности максимальный выход сахара на заводе определён при внесении удобрений, отвальной и комбинированной обработке и высоком увлажнении

7.3. Энергетическая и экономическая эффективность возделывания сахарной свёклы

Энергетическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в настоящее время является необходимым звеном в оценке того, или иного приёма и позволяет правильно сравнить варианты вне зависимости от сложившихся цен.

Расчёты показывают, что затраты энергии при возделывании сахарной свёклы без удобрений при глубокой вспашке составляют 21,8 ГДж/га, из которых 14,3 ГДж/га, или 66 % приходится на машины и сельскохозяйственную технику, а 6,4 ГДж/га, или 29 % – на горюче-смазочные материалы (приложение 9). При применении удобрений затраты увеличиваются на 39,2 ГДж/га, или в 1,5 раза. При применении безотвальной обработке почвы энергозатраты сокращаются на 5-6 %.

Энергия, накопленная в урожае сахарной свёклы, варьировала от 72,7 ГДж/га до 185,5 ГДж/га (таблица 29). Определено, что минимальное количество накопленной энергии было на контрольных вариантах при

Таблица 29 – Энергетическая эффективность возделывания сахарной свёклы

Системы		Коэффициент увлажнения					
обработки	удобрений	0,4		0,9		1,5	
		Энергия в уро-жае, ГДж/га	Коэф. энергетич. эффективности	Энергия в уро-жае, ГДж/га	Коэф. энергетич. эффективности	Энергия в уро-жае, ГДж/га	Коэф. энергетич. эффективности
отвальная	0	88,6	4,1	94,6	4,3	102,3	4,7
	НРК	120,5	3,0	144,0	3,6	177,9	4,5
безотвальная	0	72,7	3,5	89,5	4,3	117,2	5,7
	НРК	99,0	2,5	131,5	3,4	161,1	4,1
комбинированная	0	79,7	3,6	90,9	4,2	134,0	6,1
	НРК	122,3	3,1	138,1	3,5	185,5	4,6

коэффициенте увлажнения 0,4 – 72,7-88,6 ГДж/га. При внесении удобрений количество накопленной энергии увеличивалось до 122,3 ГДж/га, или в среднем на 40 %.

При среднем увлажнении количество накопленной энергии увеличивалось до 94,6 ГДж/га без удобрений, и до 144,0 ГДж/га с применением удобрений. Увеличение составило 7-31 %, а эффективность удобрений – 50 %.

При коэффициенте увлажнения 1,5 сбор энергии достиг 185,5 ГДж/га, а эффективность удобрений составила также 50 %. При этом, более эффективной была отвальная обработка почвы.

Коэффициент энергетической эффективности изменялся от 2,5 до 6,1. Установлено, что чем выше коэффициент увлажнения, тем выше энергетическая эффективность. Так, при комбинированной обработке почвы без удобрений коэффициент энергетической эффективности при низком увлажнении составил 3,6; при среднем 4,2; при высоком 6,1. При применении удобрений коэффициент энергетической эффективности снижался на 4-29 %. Однако чем был влажнее год, тем он был выше.

Расчёт экономических показателей возделывания сахарной свёклы выявил, что стоимость корнеплодов и условно-чистый доход на единицу площади изменялись соответственно урожайности культуры. Так, стоимость

продукции составила от 52,1 тыс. руб/га при безотвальной обработке почвы на контроле при низком увлажнении до 135,8 тыс. руб/га при отвальной обработке с применением удобрений при высоком увлажнении (таблица 30).

Таблица 30 – Экономические показатели производства сахарной свёклы (в ценах 2016 года)

К _{ув.}	Системы		Стоимость продукции, тыс. руб/га	Затраты, тыс. руб/га	Чистый доход, тыс. руб		Себестоимость, тыс. руб/т	Рентабельность, %
	обработки	удобрений			га	т		
0,4	отвальная	0	58,0	46,7	11,3	0,54	2,25	24
		NPK	91,0	69,5	21,5	0,66	2,14	31
	безотвальная	0	52,1	40,8	11,3	0,61	2,19	28
		NPK	75,9	63,6	12,3	0,45	2,35	19
	комбинированная	0	54,9	46,7	8,2	0,42	2,38	18
		NPK	86,8	69,5	17,3	0,58	2,24	25
0,9	отвальная	0	76,4	46,7	29,7	1,09	1,71	64
		NPK	101,1	69,5	31,6	0,87	1,93	45
	безотвальная	0	69,4	40,8	28,6	1,15	1,65	70
		NPK	98,0	63,6	34,4	0,98	1,82	54
	комбинированная	0	72,0	46,7	25,3	0,98	1,82	54
		NPK	100,8	69,5	31,3	0,89	1,93	45
1,5	отвальная	0	105,3	46,7	58,3	1,55	1,24	125
		NPK	135,8	69,5	66,3	1,37	1,43	95
	безотвальная	0	89,3	40,8	48,5	1,52	1,28	119
		NPK	121,8	63,6	58,2	1,33	1,46	91
	комбинированная	0	104,2	46,7	57,5	1,55	1,25	123
		NPK	135,2	69,5	65,7	1,36	1,44	94

Наибольший чистый доход с 1 т – 1,55 тыс. рублей, был при высоком увлажнении с отвальной и комбинированной обработками почвы без применения удобрений. При использовании удобрений доход снижался до 1,36 тыс. руб/т, при этом получена самая низкая себестоимость продукции – 1,24-1,25 тыс. руб/т.

Рентабельность производства культуры составила 18-81 % при низком увлажнении, 45-70 % при среднем, и 91-123 % при высоком. При низком увлажнении большая рентабельность соответствовала отвальной обработке с

внесением удобрений; при среднем – на контроле при безотвальной обработке; при высоком – отвальной обработке без применения удобрений.

Таким образом:

- урожайность сахарной свёклы возростала при увеличении коэффициента увлажнения на 24 и 65 %, при внесении удобрений на 39 %, и снижался при безотвальной обработке на 11 %;
- сахаристость сахарной свёклы не различалась по системам обработки почвы, а при применении удобрений снижалась на 0,5 абс. процента. При увеличении увлажнения за два месяца до уборки сахаристость снижалась на 0,9-1,9 абс. процента;
- наибольший сбор сахара составил 7,8 т/га при высоком увлажнении, применении удобрений, комбинированной и отвальной обработках почвы. Наименьший – 3,3 т/га – при низком увлажнении и безотвальной обработке без удобрений;
- наилучшие технологические качества корнеплодов сахарной свёклы отмечены при среднем увлажнении и комбинированной обработке почвы. При внесении удобрений и безотвальной обработке потери сахара в мелассе увеличиваются, и снижается коэффициент извлечения сахара из свёклы;
- наибольший сбор энергии, накопленной в урожае сахарной свёклы, составил 185,5 ГДж/га при комбинированной обработке почвы с внесением удобрений и высоким увлажнении. А наибольшая энергетическая эффективность – 6,1 – на этом же варианте без удобрений;
- при низком увлажнении рентабельность производства сахарной свёклы без удобрений составила 18-28 %, при их применении – 19-31 %. При среднем увлажнении 54-70 % и 45-54 %, при высоком 119-125 % и 91-95 % соответственно. Более рентабельна отвальная обработка почвы.

Заключение

На основе сопоставления полученных результатов исследований с опубликованными в периодической печати данными, касающимися влияния природных и антропогенных факторов на урожайность сельскохозяйственных культур, можно сделать заключение, что важнейшими являются температура воздуха, осадки и производная от этих показателей - коэффициент увлажнения (по Иванову) за два месяца до уборки сахарной свёклы. Применяя удобрения и комбинированную обработку почвы в севообороте возможно повышение устойчивости растений к неблагоприятным условиям погоды и, как следствие, увеличение продуктивности особенно при высоком увлажнении.

Выводы:

1. Доказано, что урожайность сахарной свёклы при отвальной и комбинированной обработках с внесением удобрений во влажные годы оказалась самой высокой 48,3-48,5 т/га, что на 12 % выше, чем при безотвальной обработке, и на 39 % выше, чем на контроле.
2. Установлено, что наибольшее влияние на урожайность сахарной свёклы из погодных факторов, оказал коэффициент увлажнения ($K_{ув.}$) за август-сентябрь (по Иванову), $r=0,73$.
3. Определены три результативные группы лет для сахарной свёклы по коэффициенту увлажнённости. Первая ($K_{ув.}=0,4$) – урожайность 24,2 т/га, эффективность удобрений – 50 %. Вторая ($K_{ув.}=0,9$) - урожайность 34,5 т/га, эффективность удобрений – 41 %. Третья ($K_{ув.}=1,5$) – урожайность 41,5 т/га, эффективность удобрений – 34 %.
4. Показано, что при внесении удобрений и высоком увлажнении существенно (до двух раз и выше) увеличивается содержание в почве азота в свежих образцах (с 10,8 до 33,2 мг/кг) и после компостирования (с 38 до 58 мг/кг), подвижного фосфора (с 87 до 119 мг/кг). Отвальная обработка в большей степени, чем другие обработки способствовала увеличению содержания нитратов в свежих образцах почвы и тенденции к повышению содержания подвижного фосфора и обменного калия. Безотвальная обработка способствовала увеличению содержания нитратов после компостирования.
5. Выявлено, что лучший режим влажности почвы при возделывании сахарной свёклы складывался при отвальной и комбинированной обработках почвы с применением удобрений и высоким увлажнением (коэффициент корреляции между увлажнением и показателями водопотребления 0,88-0,99). Суммарное водопотребление сахарной свёклы в первой группе составило 280-330 мм, в том числе из почвы 11-33 мм, а коэффициент водопотребления ($K_{в}$)=10,1-15,5 мм/т. Во второй группе 341-377 мм, 0-12

мм, $K_b=10,1-13,8$ мм/т; в третьей группе 366-372 мм, 1-6 мм, $K_b=7,7-11,5$ мм/т соответственно.

6. Раскрыто, что комбинированная обработка почвы с внесением удобрений и высокая увлажнённость способствовали увеличению густоты стояния растений сахарной свёклы, их сохранности, массы 100 растений, сбору сухих веществ. Отвальная обработка способствовала максимальному использованию питательных элементов (из удобрений до 86 %, из почвы – до 84 %).
7. Показано, что высокая энергетическая эффективность (4,5-4,6) и рентабельность производства (94-95 %) сахарной свёклы установлены при комбинированной и отвальной обработках почвы, высоком увлажнении и внесении удобрений. Без удобрений эффективность возделывания сахарной свёклы повышалась на 5-29 % при сокращении продуктивности на 28-73 %.
8. Установлено, что при высоком увлажнении ($K_{ув.}=1,5$) и комбинированной обработке почвы наблюдалось существенное (на 0,03-0,05 г/см³) снижение плотности сложения пахотного слоя почвы, и увеличение (на 0,03-0,09 г/см³) подпахотного слоя.
9. Отмечено, что лучшие технологические качества (доброкачественность очищенного сока 92,8-93,0 %, низкие потери сахара 1,8-2,0 %, высокий коэффициент его извлечения 83,0-84,0 %) из свекловичного сырья, были при отвальной и комбинированной обработках почвы. При применении удобрений качество сырья ухудшалось, однако с увеличением увлажнения и применением удобрений урожайность увеличивалась, и как следствие, увеличивался выход сахара с единицы площади при переработке.
10. Раскрыто, что дифференциация слоёв почвы по содержанию подвижного фосфора и обменного калия увеличивалась на 3-6 % с увеличением увлажнённости. При безотвальной обработке дифференциация по содержанию нитратного азота, обменного калия, подвижного фосфора увеличивалась на 27-48 % по сравнению с отвальной и комбинированной обработ-

ками. Применение удобрений увеличивало этот показатель, в среднем на 35 % .

11. Доказано, что сахаристость сахарной свёклы не зависела от обработки почвы. При увеличении увлажнённости сахаристость снижалась на один абсолютный процент, а при внесении удобрений – на 0,5 %.
12. Отмечено, что наибольший сбор сахара 7,6-7,7 т/га отмечен при отвальной и комбинированной обработках с внесением удобрений и высоким увлажнением. При безотвальной обработке сбор сахара снижается, в среднем на 11 %, без применения удобрений – на 37 %, в годы с низкой увлажнённостью – на 47 %.

Предложения производству

1. Для увеличения продуктивности сахарной свёклы и улучшения экономических показателей её возделывания в любых метеорологических условиях в плодосменном севообороте зоны неустойчивого увлажнения ЦЧР, рекомендуется комбинированная система основной обработки почвы, состоящая из отвальной вспашки под пропашные культуры, а также чёрного пара, и безотвальной обработки под зерновые культуры и травы, в том числе под сахарную свёклу – отвальная вспашка на 30-32 см по схеме улучшенной зяби.
2. Для получения высокой урожайности культур в севообороте, предлагается вносить 11 т навоза и $N_{59}P_{59}K_{59}$ на 1 га севооборотной площади, в том числе под сахарную свёклу $N_{160}P_{160}K_{160}$, что экономически оправдано.

Список использованной литературы

1. Агрохимические методы исследования почв / Под редакцией А.В. Соколова. – М.: Наука. – 1975. – 656 с.
2. Агрофизические методы исследования почв / Под редакцией С.И. Долгова – М.: Наука. – 1966. – 158 с.
3. Агроклиматические ресурсы Воронежской области. – Л.: Гидрометеоздат. – 1972. – 108 с.
4. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Воронежской области / Под общей редакцией А.В. Гордеева. – Воронеж. – Квадра. – 2013 г. – 446 с.
5. Адаптивная ресурсосберегающая технология производства сахарной свёклы в условиях ЦЧЗ. Методические рекомендации / В.И. Турусов, А.М. Новичихин, С.В. Мухин и др. // Воронеж. – Издательство ВГУ. – 2009. – 32 с.
6. Адерихин П.Г. Изменение чернозёмных почв ЦЧР при использовании их в сельском хозяйстве / П.Г. Адерихин // Чернозёмы ЦЧО и их плодородие. – М.: Наука. – 1964. – С. 61-68.
7. Азизов З.М. Физико-химические свойства чернозёма южного и урожайность озимой пшеницы при разных приёмах основной обработки почвы и удобрений в севообороте / З.М. Азизов // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сборник докладов научно-практической конференции. – Курск. – ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2016. – С. 7-11.
8. Акентьева Л.И. Почвозащитная обработка и использование влаги на чернозёмах / Л.И. Акентьева, М.С. Чижова // Земледелие. – 1989. - № 12. – С. 36-37.
9. Акименко А.С. Эффективность органической системы удобрений в свекловичных севооборотах различного вида в лесостепи Центрального Черноземья / А.С. Акименко, Н.Ф. Сомалова // Интенсификация, ре-

- сурсосбережение и сохранение почвы в адаптивно-ландшафтных системах земледелия: сборник докладов международной научно-практической конференции. – ВНИИЗ и ЗПЭ. – Курск. – 2008. – С. 44-45.
10. Алексеева Е.Н. Применение удобрений в разных почвенно-климатических условиях / Е.Н. Алексеева // Сахарная свёкла. – 1968. - № 1. – С. 8.
 11. Алексеева Е.Н. Эффективность возрастающих доз удобрений на сахарной свёкле в зависимости от количества осадков в разные периоды года / Е.Е. Алексеева, В.И. Кураков, Н.А. Никитаева, Л.В. Подвигина // Научные основы увеличения производства сахарной свёклы и сахара: Сборник научных трудов ВНИИСС. – Т. VII, вып. I. – С. 3-17.
 12. Багинская Б.П. Влияние минеральных удобрений на урожай зерна ячменя при разных метеорологических условиях / Б.П. Багинская, А.Б. Жямайтис, И.М. Кучинскас // Эффективность удобрений в различных почвенно-климатических и погодных условиях Европейской части РСФСР: бюллетень ВИУА. – М.: 1985. - № 72. – С. 33-35.
 13. Барштейн Л.А. Методика исследований по сахарной свёкле / Л.А. Барштейн, Н.Г. Гизбуллин. – Киев. – ВНИС. – 1986. – 262 с.
 14. Барштейн Л.А. Влияние удобрений на урожайность культур, баланс элементов питания и плодородие почвы в лесостепи Украины / Л.А. Барштейн, В.Н. Якименко, И.С. Шкаредный, А.Ф. Ореховский, Е.Г. Петрова, И.А. Мельнин // Агрехимия. – 1997. - № 7. – С. 12-19.
 15. Богомазов Н.П. Влияние сочетания минеральных, органических и известковых удобрений на урожай и качество культур, продуктивность зерносвекловичного севооборота и плодородие чернозёмов выщелоченных юго-западной части ЦЧЗ России. Сообщение 4. Влияние удобрений и погодных условий на урожай и качество сахарной свёклы / Н.П. Богомазов, И.А. Шильников, Н.К. Нетребенко // Агрехимия. – 1997. - № 1. – С. 58-65.

16. Бойко В.С. Нужны ли длительные многофакторные опыты / В.С. Бойко, М.С. Гаврилюк, И.С. Шаповал // Земледелие. – 1987. – № 3. – С. 11-14.
17. Бондаренко М.В. Комплексное влияние севооборотов, удобрений и приёмов обработки на показатели плодородия чернозёма типичного и урожайность основных сельскохозяйственных культур / М.В. Бондаренко // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – БГСХА. – Белгород. – 2005. – 22 с.
18. Бондарь В.И. Продуктивность кормовой свёклы при возделывании на супесчаных почвах в зависимости от микроудобрений и увлажнённости / В.Б. Бондарь // Земледелие. – 2008. - № 7. – С. 30-32.
19. Бондарчик А.А. Плотность почвы и урожайность / А.А. Бондарчик // Сахарная свёкла. – 1999. - № 10. – С. 3-4.
20. Борин А.А. Обработка почвы и урожайность культур севооборота / А.А. Борин // Земледелие. – 2009. - № 7. – С. 22-23.
21. Боровская Я.Ю. Влияние вида севооборота, обработки почвы и удобрений на запасы влаги в посевах сахарной свёклы / Я.Ю. Боровская, Г.И. Уваров // Агротехнологическая модернизация земледелия: сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции. – Курск. – ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2013. – С. 48-51.
22. Боронтов О.К. Изменение агрофизических и агрохимических свойств выщелоченного чернозёма в посевах сахарной свёклы при основной обработке и внесении удобрений в зерносвекловичном севообороте ЦЧЗ / О.К. Боронтов // Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук. – Воронеж. – ВГАУ. – 2005. – 37 с.
23. Боронтов О.К. Водно-физические свойства и элементы водного режима чернозёма выщелоченного при разных способах основной обработки и внесении удобрений в севообороте / О.К. Боронтов, И.М. Никуль-

- ников, В.И. Кураков, А.Н. Сумин // Почвоведение. – 2005. - № 1. – С. 113-121.
24. Боронтов О.К. Агроэкологические аспекты применения удобрений и обработки почвы в зерносвекловичном севообороте / О.К. Боронтов, О.А. Минакова // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Курск. – ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2008. – С. 53-55.
25. Боронтов О.К. Азотный режим чернозёма выщелоченного в зависимости от обработки почвы и удобрений / О.К. Боронтов // Научные основы сохранения и воспроизводства плодородия почв в ЦЧЗ: материалы заседания территориального координационного совета проблем земледелия ЦЧЗ. – Каменная Степь. – 2008. – С. 36.
26. Боронтов О.К. О дифференциации пахотного слоя при различных системах основной обработки почвы / О.К. Боронтов, П.А. Косякин, М.Н. Елфимов, Е.Н. Манаенкова // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сборник докладов научно-практической конференции. – Курск. – ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2013. – С. 25-27.
27. Боронтов О.К. Урожайность сахарной свёклы в зависимости от агротехники возделывания и погодных условий / О.К. Боронтов, Д.А. Дьяков, П.А. Косякин // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сборник докладов научно-практической конференции. – Курск. – ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2014. – С. 27-28.
28. Бражник А.П. Влияние органических и минеральных удобрений на продуктивность сахарной свёклы в условиях недостаточного увлажнения Западного Предкавказья / А.П. Бражник // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – ВНИИСС. – Рамонь. – 2009. – 22 с.
29. Бухтояров Д.Н. О качестве корнеплодов / Д.Н. Бухтояров, И.М. Никольников // Сахарная свёкла. – 1992. - № 4. – С. 40-42.

30. Бухтояров Д.Н. Система обработки почвы и технологические качества сахарной свёклы в Воронежской области / Д.Н. Бухтояров, И.М. Никольников, О.К. Боронтов // Сахарная свёкла. – 1993. - № 5. – С. 14-15.
31. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина // М.: Высшая школа. – 1973. – 400 с.
32. Васютин А.А. Уровень грунтовых вод в связи с изменяющимися гидротермическими условиями / А.А. Васютин, Ю.И. Чевердин // Состояние и перспективы развития земледелия, агролесомелиорации и экономики землепользования в АПК ЦЧЗ: материалы региональной конференции. – Каменная Степь – Санкт-Петербург. – ГНУ НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева. – 2004. – С. 57-59.
33. Виноградов Д.Ю. Влияние агротехнических приёмов на урожайность озимой пшеницы и её прогнозирование в различных погодных условиях в ЦЧР / Д. Ю. Виноградов // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук.– Рамонь. – ВНИИСС.- 2014. – 22 с.
34. Вислобокова Л.Н. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность севооборота / Л.Н. Вислобокова, В.В. Архипова, М.Р. Макаров // Состояние и перспективы развития земледелия, агролесомелиорации и экономики землепользования в АПК ЦЧЗ: материалы региональной конференции. – Каменная Степь – Санкт-Петербург. – ГНУ НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева. – 2004. – С. 19-21.
35. Вислобокова Л.Н. Энергосберегающие приёмы систем земледелия Тамбовской области / Л.Н. Вислобокова, Ю.П. Скорочкин, В.А. Воронцов // Научно-практические основы энерго и ресурсосбережения в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Центрального Черноземья: материалы заседания совета по земледелию ЦЧЗ Отделение земледелия. – Воронеж. – Истоки. – 2010. – С. 24-29.

36. Вислобокова Л.Н. Удобрения под сахарную свёклу / Л.Н. Вислобокова, Ю.П. Скорочкин, О.М. Иванова // Инновации в свеклосахарном производстве: сборник научных трудов. – Воронеж. – ГНУ ВНИИСС. – 2012. – С. 207-212.
37. Вислобокова Л.Н. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур на чернозёме типичном в северо-восточной части ЦЧЗ / Л.Н. Вислобокова, Ю.П. Скорочкин, В.А. Воронцов // Агротехнологическая модернизация земледелия: сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции. – Курск. – ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2014. – С. 22-28.
38. Вислобокова Л.Н. Агротехнологические аспекты регулирования плодородия чернозёмов Тамбовской области // Л.Н. Вислобокова, Ю.П. Скорочкин, В.А. Воронцов // Экологизация земледелия и оптимизация агроландшафтов: сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции. – Курск. – ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2014. – С. 15-20.
39. Витер А.Ф. Системы обработки почвы в ЦЧЗ / А.Ф. Витер, Н.Я. Кутювая // Земледелие. – 1986. - № 1. – С. 23-26.
40. Витер А.Ф. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия / А.Ф. Витер, В.И. Турусов, В.М. Гармашов, С.А. Гаврилова. – Воронеж. – Истоки. – 2011. – 208 с.
41. Войтенко С.И. Факторы, влияющие на эффективность удобрений в зависимости от погодных условий года / С.И. Войтенко, В.И. Иванова, В.С. Прокопенко // Эффективность удобрений при различных климатических и погодных условиях: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 74. – С. 29-34.
42. Воронцов В.А. Ресурсосберегающие приёмы возделывания сахарной свёклы в условиях северо-востока Центрального Черноземья / В.А. Воронцов Ю.П. Скорочкин Л.Н. Вислобокова // Интенсификация в свек-

- лосахарном производстве: сборник научных трудов. – Воронеж. – ГНУ ВНИИСС. – 2012 г. – С. 213-218.
43. Гамуев В.В. Эффективность двухслойной обработки почвы в лесостепи Центрального Черноземья / В.В. Гамуев // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – ВСХИ. - Воронеж. – 1982. – 22 с.
44. Гармашов В.М. Формирование экологически устойчивых агроландшафтов Воронежской области / В.М. Гармашов, М.И. Сальников, Б.А. Рыбалкин, Н.А. Нужная, С.Л. Гаврилова // Докучаевское наследие: итоги и перспективы научного земледелия в России: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Воронеж. – Истоки. – 2012. – С. 203-208.
45. Гармашов В.М. Обработка почвы как приём повышения эффективности использования почвенно-климатического потенциала / В.М. Гармашов // Докучаевское наследие: итоги и перспективы научного земледелия в России: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Воронеж. – Истоки. – 2012. – С. 119-126.
46. Гетманский В.З. Эффективность удобрений в связи с оптимизацией минерального питания сахарной свёклы в производственных условиях ЦЧЗ / В.З. Гетманский // 60 лет географической сети опытов с удобрениями. – Бюллетень ВИУА. – 2001. - № 45. – С. 22-23.
47. Гнетиева Л.Н. Эффективность удобрений на зернобобовых культурах в зависимости от погодных условий / Л.Н. Гнетиева, Л.К. Шевелева, Л.М. Барышникова // Эффективность удобрений при различных почвенно-климатических и погодных условиях Европейской части РСФСР: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 72. – С. 16-18.
48. Годунов И.Б. Роль химизации в повышении плодородия почв ЦЧЗ / И.Б. Годунов // Пути повышения плодородия почв и увеличения производства продуктов земледелия. – Научные труды НИИСХ ЦЧП. – Т. XVI. – В. 1. - Каменная Степь. – 1979. – С. 47-56.

49. Головков А.М. Эффективность азотных удобрений в зависимости от погодных условий и окультуренности почв в центральных районах Нечернозёмной зоны / А.М. Головков, Н.Ф. Черкашина // Эффективность удобрений при различных почвенно-климатических и погодных условиях Европейской части РСФСР: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 72. – С. 18-22.
50. Горбунов Н.Н. Продуктивность, качество и сохранность корнеплодов сахарной свёклы в зависимости от предшественников и основного органико-минерального питания / Н.Н. Горбунов // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – ВГУ. - Воронеж. – 2004. – 22 с.
51. Гордеев А.В. Изменение плодородия чернозёмных почв / А.В. Гордеев, В.И. Турусов, Ю.И. Чевердин, А.М. Новичихин, В.М. Гармашов // Каменная Степь. – Истоки. – 2015. – 499 с.
52. Гриб Н.И. Влияние погодных условий на эффективность удобрений на чернозёме мощном Полтавской области / Н.И. Гриб // // Эффективность удобрений при различных почвенно-климатических и погодных условиях Европейской части РСФСР: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 72. – С. 24-29.
53. Гридасов В.Ф. Оценка влагообеспеченности сельскохозяйственных культур с помощью агроклиматических свойств почвы / В.Ф. Гридасов // Труды ВНИИ сельскохозяйственной метеорологии. – 2000. - № 33. – С. 178-184.
54. Громовик А.И. Активные формы органического вещества в составе гумуса чернозёма выщелоченного при различных системах удобрений и основной обработки почвы / А.И. Громовик, О.К. Боронтов // Сборник докладов научно-практической конференции Курской региональной общественной организации почвоведов имени В.В. Докучаева. - Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. – ВНИИЗ и ЗПЭ. – Курск. – 2010. – С. 24-27.

55. Гулидова В.А. Теоретические основы повышения урожайности культур и снижения энергозатрат в севообороте с рапсом при разных системах основной обработки почвы в лесостепи ЦЧЗ / В.А. Гулидова // Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук. – ВГАУ. – Воронеж. – 2000. – 46 с.
56. Дегтярева Г.В. Некоторые агрометеорологические аспекты повышения эффективности удобрений в Поволжье / Г.В. Дегтярева // Эффективность удобрений при различных почвенно-климатических и погодных условиях Европейской части РСФСР: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 72. – С. 52-54.
57. Дедов А.В. Основные приёмы повышения плодородия чернозёмов / А.В. Дедов // Докучаевское наследие: итоги и перспективы научного земледелия в России: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Воронеж. – Истоки. – 2012. – С. 115-119.
58. Дерюгин В.А. Обзор стресс-факторов свекловичных растений в зоне неустойчивого увлажнения юга России / В.А. Дерюгин // Научное обеспечение отрасли свекловодства: материалы Международной научно-практической конференции. – Минск. – Беларуская навука. – 2013. – С. 229-247.
59. Диброва М.А. Влияние погоды и удобрений на продуктивность сахарной свёклы в зоне неустойчивого увлажнения Кубани / М.А. Диброва // Эффективность удобрений при различных почвенно-климатических и погодных условиях Европейской части РСФСР: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 72. – С. 60-63.
60. Доманов Н.М. Разработка эффективных и экологически безопасных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в зернопропашном севообороте / Н.М. Доманов, Н.К. Шаповалов, Н.Н. Позднякова, М.Н. Доманов // Системы воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии: материалы Всероссийской научно-

- практической конференции. – БелНИИСХ. – Белгород. – Крестьянское дело. – 2001. – С. 72-73.
61. Доманов Н.М. Изменение элементов почвенного плодородия чернозёма типичного в длительных опытах с удобрениями / Н.М. Доманов, К.Б. Ибадулаев, П.И. Солнцев, А.Н. Крюков // Научно-практические основы сохранения и воспроизводства плодородия почв ЦЧЗ: материалы заседания территориального координационного совета «Проблемы земледелия ЦЧЗ». – Каменная Степь. – Истоки. – 2008. – С. 55-56.
62. Доманов Н.М. Эффективность различных технологий, применяемых в свекловодстве / Н.М. Доманов, Н.К. Шаповалов, К.Б. Ибадуллаев, А.С. Поддубный // Сахарная свёкла. – 2009. - № 9. – С. 15-18.
63. Доманов Н.М. Оптимизация применения средств химизации как фактор повышения продуктивности культур севооборота / Н.М. Доманов, Н.К. Долженко, Н.К. Шаповалов, В.Л. Ишков, К.Б. Ибадуллаев, М.Н. Доманов, П.И. Солнцев, Д.П. Столяров / 60 лет Географической сети опытов с удобрениями. – Бюллетень ВИУА. – 2001. - № 115. – С. 81.
64. Доспехов Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Тупиков. – М.: Колос. – 1977. – 368 с.
65. Дьяков Д.А. Питательный режим чернозёма выщелоченного в зависимости от агротехники и погодных условий / Д.А. Дьяков, О.А. Минакова, Е.Н. Манаенкова, П.А. Косякин, О.К. Боронтов // Сахарная свёкла. – 2015. - № 10. – С. 28-30.
66. Ермолаев Н.В. Особенности взаимодействия азотного питания и оттока ассимилянтов в накоплении сахара и урожае сахарной свёклы / Н.В. Ермолаев и др. // 60 лет географической сети опытов с удобрениями: Бюллетень ВИУА. – 2001. - № 115. – С. 26-27.
67. Жуков В.Н. Агроклиматическая характеристика засух, оценка их влияния на урожайность культур и учёт при планировании и организации сельскохозяйственного производства / В.Н. Жуков, О.А. Святкина //

- Труды ВНИИ сельскохозяйственной метеорологии. – 2000. - № 33. – С. 101-117.
68. Жуковский А.С. Система азотного питания в условиях Юго-западной зоны ЦЧР / А.С. Жуковский, А.А. Хмельницкий // Сахарная свекла. – 2004. – № 6. – С. 31.
69. Затикян Р.Ц. Продуктивность и технологические качества сахарной свёклы в зависимости от густоты насаждения и сроков уборки при различных уровнях применения удобрений в условиях Ширакского плато Армянской ССР / Р.Ц. Затикян // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Киев. – 1981. – 22 с.
70. Здравцов И.П. Влияние природных и антропогенных факторов на продуктивность использования земель в лесостепных агроландшафтах / И.П. Здравцов, Г.В. Дощечкина, А.Г. Рожков, Е.И. Здравцова // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Курск. – ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2008. – С. 75-82.
71. Землянухин И.П. Влияние колебаний атмосферной циркуляции на потребность в орошении сельскохозяйственных культур в Воронежской области / И.П. Землянухин, А.Ю. Черемисинов, С.П. Бурлакин // Состояние и перспективы развития земледелия, агролесомелиорации и экономики землепользования в АПК ЦЧЗ: материалы региональной конференции. – Каменная Степь – Санкт-Петербург. – ГНУ НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева. – 2004. – С. 72-74.
72. Зубенко В.Ф. Урожайность культур и баланс элементов питания в свекловичных севооборотах при разных дозах удобрений и способах обработки почвы / В.Ф. Зубенко, В.Н. Якименко, Ю.А. Лютая // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1986. - № 11. – С. 50-59.

73. Зубенко В.Ф. Эффективна ли бесплужная обработка в зерносвекловичных севооборотах / В.Ф. Зубенко // Земледелие. – 1988. - № 5. – С. 19-21.
74. Зубенко В.Ф. Агроэкономическое обоснование методов обработки почвы / В.Ф. Зубенко, В.Н. Якименко // Земледелие. – 1989. - № 11. – С. 42-45
75. Иванов Н.Н. Обработка почвы и применение удобрений / Н.Н. Иванов, В.П. Бойко, А.Д. Витер. – М.: Россельхозиздат. – 1971. – 126 с.
76. Иванов Н.А. Факторы продуктивности зерновых культур на Урале / Н.А. Иванов // Эффективность удобрений при различных климатических и погодных условиях: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 74. – С. 13-19.
77. Ильина Л.В. Действие удобрений при разных обработках почвы / Л.В. Ильина // Ресурсосберегающие технологии обработки почвы. Научные основы, опыт, перспективы. – Сборник научных трудов ВНИИЗ и ЗПЭ. – Курск. – 1989. – С. 63-73.
78. Ильюшенко И.В. Закономерности взаимодействия агрохимических свойств чернозёмных почв и доз минеральных удобрений при формировании продуктивности сахарной свёклы / И.В. Ильюшенко // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – М.: 2015. – 25 с.
79. Калинин А.Т. Программируем урожайность / А.Т. Калинин // Сахарная свёкла. – 2001. - № 3. – С. 16-18.
80. Карманов И.И. Плодородие почв СССР / И.И. Карманов // М.: Колос. – 1980. – 224 с.
81. Картамышев Н.И. Вновь о дифференциации корнеобитаемого слоя / Н.И. Картамышев, М.Н. Герасимов // Земледелие. – 1989. - № 5. – С. 33-35.
82. Картамышев Н.И. Влияние основных элементов технологии возделывания сахарной свёклы (обработка почвы, удобрения) на её продуктив-

- ность в условиях ЦЧП / Н.И. Картамышев, И.С. Кочетов, Ю.А. Беляев // Биологический азот и растениеводство: тезисы докладов 4-ой Международной научной конференции СОИСАФ. – М.: 1996. – С. 142-143.
83. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев / М.К. Каюмов // М.: Россельхозиздат. – 1977. – 188 с.
84. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур / М.К. Каюмов // Справочник. – М.: Росагропромиздат. – 1989. – 368 с.
85. Ким А.Д. Электромагнитный механизм влияния атмосферы на продуктивность агроландшафта / А.Д. Ким, В.И. Лазарев // Экологизация земледелия и оптимизация агроландшафтов: сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции. – Курск. – ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2014. – С. 150-153.
86. Кияницкая А.И. Влияние минеральных удобрений на урожай яровой пшеницы на обыкновенных чернозёмах Кустанайской области в зависимости от погодных условий / А.И. Кияницкая, А.И. Брушков, З.А. Красникова // Эффективность удобрений при различных климатических и погодных условиях: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 74. – С. 6-10.
87. Климатические ресурсы Центрально-Чернозёмной, Брянской и Орловской областей. – Л.: Гидрометеиздат. – 1978. – 15 с.
88. Коломиец Н.В. Минимализация обработки почвы в севообороте / Н.В. Коломиец // Земледелие. – 1993. - № 2. – С. 13-14.
89. Кондратенко В.Н. Паровать ли полю? / В.Н. Кондратенко, А.А. Хмельницкий, Н.К. Шаповалов // Сахарная свёкла. – 2003. - № 1. – с. 25-26.
90. Коржов С.И. Земледелие Центрального Черноземья: учебник / С.И. Коржов, Т.А. Трофимова / Воронеж. – ФГБОУ Воронежский ГАУ. – 2016. – 415 с.
91. Корнилов И.М. Баланс элементов питания в севообороте / И.М. Корнилов // Докучаевское наследие: итоги и перспективы развития научного земледелия в России: сборник докладов Международной научно-

- практической конференции. – Каменная Степь. – Воронеж. – Истоки. – 2012. – С. 242-245.
92. Королев В.А. Современное физическое состояние чернозёмов центра Русской равнины / В.А. Королев // Воронеж. – ГУП ВО Воронежская областная типография. – издательство им. Е.А. Болховитинова. – 2008. – 313 с.
93. Костин С.И. Климат Воронежской области. Природные условия / С.И. Костин // Воронеж. – 1952. – ч.1. – С. 99-133.
94. Костин В.И. Влияние обработки семян регуляторами роста на показатели фотосинтетической деятельности и урожайности озимой пшеницы / В.И. Костин, В.А. Исаичев, Е.В. Провалова // Земледелие. – 2008. - № 7. – С. 41-42.
95. Костин Я.В. Коэффициент использования минеральных удобрений яровой пшеницей при разных обработках почвы / Я.В. Костин // 60 лет географической сети опытов с удобрениями: Бюллетень ВИУА. – 2001. - № 115. – С. 37.
96. Косякин П.А. Развитие листового аппарата кукурузы и сахарной свёклы при различной обработке почвы / П.А. Косякин, Е.К. Мануковский, О.К. Боронтов // Научно-практические основы энерго и ресурсосбережения в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Центрального Черноземья: материалы заседания совета по земледелию Центрально-Чернозёмной зоны отделения земледелия Россельхозакадемии. – Каменная Степь. – 27-28 мая 2010 г. – Воронеж. – Истоки. – 2010. – С. 129-130.
97. Косякин П.А. Запасы общей и продуктивной влаги в посевах культур зернопропашного севооборота при различных способах его обработки / П.А. Косякин, О.К. Боронтов, М.Н. Елфимов // Теоретические и технологические основы воспроизводства плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур: материалы Международной научно-

- практической конференции. – М.: издательство РГАУУ-МСХА. – 2012. – С. 440-448.
98. Котлярова О.Г. Эффективность комплексного применения удобрений и гербицидов под сахарную свёклу / О.Г. Котлярова, К.Б. Ибадуллаев, Н.К. Шаповалов // Бюллетень ВИУА. – 2001. - № 114. – С. 109-110.
99. Кошкин П.Д. Обработка почвы и продуктивность пашни / П.Д. Кошкин // Земледелие. – 1990. - № 8. – С. 40-41.
100. Кравец М.В. Особенности изменения климатических условий в Центрально-Чернозёмном регионе / М.В. Кравец, И.И. Бартнев, Л.Н. Путилина, И.В. Апасов // Сахарная свекла. – 2016. - № 3. с. 43-45.
101. Крупкин П.И. Сравнительная эффективность способов прогнозирования действия удобрений в Восточной Сибири / П.И. Крупкин // Эффективность удобрений при различных климатических и погодных условиях: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 74. – С. 10-13.
102. Круть В.М. Комбинированная система обработки почвы в лесостепи УССР / В.М. Круть, В.И. Тараненко, А.Л. Покуленко // Земледелие. – 1989. - № 2. – С. 59-63.
103. Кузнецов М.С. Глобальные изменения климата и их влияние на процессы водной эрозии почв / М.С. Кузнецов, В.В. Демидов, Е.В. Окулик // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Курск. – ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2008. – С. 539-545.
104. Кураков В.И. Как сохранить плодородие чернозёмов / В.И. Кураков, И.М. Никульников, О.К. Боронтов // Сахарная свёкла. – 2003. - № 1. – С. 10-12.
105. Кураков В.И. Влияние удобрений на воспроизводство почвенного плодородия, урожайность и качество свёклы в севообороте / В.И. Кураков // Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук. – М.: ВНИУА. – 1992. – 35 с.

106. Кураков В.И. Плодородие чернозёма при длительном применении удобрений в зерносвекловичном севообороте / В.И. Кураков, О.А. Минакова, В.В. Ситникова, Л.В. Александрова // Состояние и перспективы развития земледелия, агролесомелиорации и экономики землепользования в АПК ЦЧЗ: материалы региональной конференции. – Каменная Степь – Санкт-Петербург. – 2004. – С. 48-51.
107. Кураев В.Т. Сельскохозяйственный анализ и основы биохимии растений / В.Т. Кураев, А.А. Пономарев, С.М. Ерошкина // М.: Колос. – 1977. – 240 с.
108. Ладонин В.Ф. Обработка почвы в северной лесостепи Украины / В.Ф. Ладонин, Ф.А. Леринец, С.М. Крамарев // Земледелие. – 1997. - № 3. – С. 21-23.
109. Лазарев В.И. Влияние основных природных и антропогенных факторов на режим и свойства типичного чернозёма, уровень урожайности и качество продукции полевых культур в условиях лесостепи ЦЧЗ / В.И. Лазарев // Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук. – ВНИИЗ и ЗПЭ. – Курск. – 1996. – 45 с.
110. Лазарев В.И. Влияние природных и антропогенных факторов на продуктивность сахарной свёклы / В.И. Лазарев, В.Д. Муха, Ж.И. Горобец // Сахарная свекла. – 2009. - № 5. – С. 25-27.
111. Лазарчик В.М. Продуктивность бобовых культур в зависимости от свойств дерново-подзолистой почвы, удобрений и погодных условий / В.М. Лазарчик, Л.А. Гаранина // Эффективность удобрений при различных климатических и погодных условиях: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 74. – С. 47-54.
112. Ламин А.И. Эффективность минеральных удобрений на сеяных злаковых сенокосах в зависимости от метеорологических показателей в условиях песчаных почв / Л.А. Ламин // Эффективность удобрений при

- различных климатических и погодных условиях: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 74. – С. 34-38.
113. Лукин С.В. Влияние удобрений и погодных условий на урожайность сахарной свёклы в Белгородской области / С.В. Лукин, В.П. Сушкова // Сахарная свекла. – 2004. - № 6. – С. 6-7.
114. Лукин Л.Ю. Влияние длительного применения удобрений на гумусное состояние чернозёма типичного и урожай озимой пшеницы / Ю.Л. Лукин, Г.Д. Дубакина, Л.И. Косилова // Агрохимия. – 1999. - № 12. – С. 36-40.
115. Мазепин К.Г. Удобрение сахарной свёклы / К.Г. Мазепин. – М.: Россельхозиздат. – 1975. – 50 с.
116. Макаров Р.Ф. Влияние длительного применения удобрений на плодородие типичного чернозёма и продуктивность севооборота / Р.Ф. Макаров, В.В. Архипова // Бюллетень ВИУА. – 2001. - № 115. – С. 46-47.
117. Манько Ю.П. Изменение продуктивности севооборота и плодородия почвы в связи с системами её основной обработки в условиях лесостепи Украины / Ю.П. Манько, И.П. Максимчук, И.С. Руденко, И.А. Мирошник, Н.Н. Гречко // Ресурсосберегающие технологии обработки почвы: Научные основы, опыт, перспективы. – Сборник научных трудов ВНИИЗ и ЗПЭ. – Курск. – 1989. – С. 93-101.
118. Мануковский Е.К. Влияние систем основной обработки почвы и удобрений в севообороте на гумусное состояние чернозёма выщелоченного/Е.К. Мануковский// Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук.- Рамонь. – ВНИИСС.- 2013. – 23 с.
119. Минакова О.А. Влияние длительного применения удобрений на плодородие выщелоченного чернозёма и потребление элементов питания сахарной свёклой / О.А. Минакова, Л.В. Александрова // Научно-практические основы сохранения и воспроизводства плодородия почв

- ЦЧЗ: материалы заседания Территориального координационного совета «Проблемы земледелия ЦЧЗ». – Каменная Степь. – Воронеж. - Истоки. – 2008. – С. 62-64.
120. Минакова О.А. Динамика показателей продуктивности сахарной свёклы в 1936-2008 годах при применении удобрений в стационарном опыте / О.А. Минакова, Л.В. Тамбовцева, Л.В. Александрова // Докучаевское наследие: итоги и перспективы развития научного земледелия в России: сборник докладов научно-практической конференции. - Каменная Степь. – Воронеж. – Истоки. – 2012. – С. 126-129.
121. Минакова О.А. Агроэкологические аспекты применения удобрений в зернопаропропашном севообороте лесостепи ЦЧР / О.А. Минакова // Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук. – ВГАУ. – Воронеж. – 2010. – 48 с.
122. Минакова О.А. Динамика урожайности при длительном применении удобрений в условиях климатических изменений / О.А. Минакова, А.И. Громовик, Л.В. Александрова // Сахарная свёкла. – 2011. – № 1. – С. 22-26.
123. Михайликова В.В. Продуктивность различных форм сахарной свёклы в зависимости от удобрений, сроков уборки и площади питания / В.В. Михайликова // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Рамонь. – ВНИИСС. – 25 с.
124. Мозговой А.И. Влияние погодных условий на эффективность удобрений на выщелоченном чернозёме Центрально-Чернозёмной полосы / А.И. Мозговой // Эффективность удобрений при различных климатических и погодных условиях: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 72. – С. 54-58.
125. Навальнева Е.В. Питательный режим чернозёма типичного / Е.В. Навальнева, В.Д. Соловиченко, А.Г. Ступаков, М.А. Куликова, С.А. Линко / Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия:

- сборник докладов научно-практической конференции. – Курск. – ФГБ-
НУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2016. – С. 212-217.
126. Нанаенко А.К. Целенаправленность обработок почвы в севообороте /
А.К. Нанаенко // Сахарная свёкла. – 2011. - № 5. – С. 9-10.
127. Нарциссов В.П. Научные основы систем земледелия / В.П. Нарцис-
сов // М.: Колос. – 1982. – 382 с.
128. Немцев С.Н. Сохранность плодородия почв в Ульяновской области /
С.Н. Немцев, М.М. Сабитов, С.Н. Никитин // Земледелие. – 2009. - № 7.
– С. 12-13.
129. Нестеров А.А. Влияние агрометеорологических условий на эффек-
тивность действия минеральных удобрений / А.А. Нестеров, Н.И. Ака-
нова // 60 лет географической сети опытов с удобрениями: бюллетень
ВИУА. – 2001. - № 115. – С. 145-146.
130. Никульников И.М. Пути воспроизводства плодородия почв, повыше-
ния урожайности и качества культур в севообороте / И.М. Никульников
// Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора
сельскохозяйственных наук. – ВНИИСС. – Рамонь. – 2002. – 39 с.
131. Никульников И.М. Влияние системы удобрений и обработки почвы
на питательный режим чернозёма выщелоченного и урожайность са-
харной свёклы / И.М. Никульников, О.К. Боронтов, М.И. Никульников
// Агрохимия. – 2005. - № 3. – С. 15-21.
132. Никульников И.М. Гумусовое состояние и продуктивность культур
севооборота в системах зяблевой обработки в Центрально-
Чернозёмной полосе / И.М. Никульников // Доклады РАСХН. – 2005. -
№ 1. – С. 36-39.
133. Новичихин А.М. Опыт насыщения севооборота минеральными удоб-
рениями при различной обеспеченности чернозёма обыкновенного
элементами питания / А.М. Новичихин, С.В. Мухина, Н.С. Беспалова //
Докучаевское наследие: итоги и перспективы развития научного зем-

- леделия в России: сборник докладов научно-практической конференции. - Каменная Степь. – Воронеж. – Истоки. – 2012. – С. 177-182.
134. Нормативы выноса и коэффициенты использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами из минеральных удобрений и почвы / ЦИНАО. – М.: 1989. – 115 с.
135. Обработка почвы в Воронежской области: Рекомендации / Коллектив авторов // Воронеж. – Истоки. – 2010. – 46 с.
136. Олейников И.В. Эффективность мелкой обработки почвы при возделывании сахарной свёклы в Центральном Черноземье / И.В. Олейников // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – КГСХА. – Курск. – 2006. – 19 с.
137. Олифер В.А. Влияние погодных условий на урожай полевых культур и действие удобрений / В.А. Олифер, В.П. Старостенко // Эффективность удобрений при различных климатических и погодных условиях: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 74. – С. 19-24.
138. Орлова И.А. Реакция температурного режима почвы на современное изменение климата в Нижнем Поволжье / И.А. Орлова, И.Ф. Медведев, Н.Г. Левицкая // Агротехнологическая модернизация земледелия: сборник докладов научно-практической конференции. – Курск. – ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2013. – С. 181-185.
139. Орловский Н.И. Основы биологии сахарной свёклы / Н.И. Орловский // Киев. – Госсельхозиздат УССР. – 1961. – 324 с.
140. Панченко В.Ф. Длительное применение удобрений в севообороте / В.Ф. Панченко, Е.Г. Иванова, Ю.В. Панченко // Сахарная свёкла. – 2000. - № 6. – С. 7-9.
141. Патент 2236109. Способ прогнозирования эффективности азотных удобрений на сахарной свёкле / Белгородский институт переподготовки и повышения кадров агробизнеса // № 2002112191/12 заявлено 06.05.2002, опубликовано 20.09.2004. – Бюллетень № 26.

142. Перфилов Н.В. Основная обработка и гумусовое состояние тёмносерой лесной почвы Северного Зауралья / Н.В. Перфилов // Земледелие. – 1995. - № 5. – С. 8-9.
143. Пестряков А.М. Дифференциация слоёв пахотного горизонта по плодородию под действием систем обработки почвы / А.М. Пестряков // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия: сборник научных докладов Международной научно-практической конференции. – ГНУ ВНИИЗ и ЗПЭ. – Курск. – 2008. – С. 575-577.
144. Петрова Л.И. Эффективность удобрений в льняном севообороте при различных погодных условиях / Л.И. Петрова, Э.С. Карпова, М.В. Новожилова, А.А. Барцева // Эффективность удобрений при различных климатических и погодных условиях: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 72. – С. 13-16.
145. Пожидаев Е.В. Влияние способов основной обработки почвы различными орудиями на продуктивность сахарной свёклы в условиях южной лесостепи Башкортостана / Е.В. Пожидаев // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – БГАУ. – Уфа. – 2011. – 22 с.
146. Проценко Е.П. Потребление питательных элементов сахарной свёклой в условиях расчленённого рельефа / Е.П. Проценко, А.В. Солодилов, Е.С. Глебов // Бюллетень ВИУА. – 2001. - № 115. – С. 61.
147. Пыхтин И.Г. Автоматизированный выбор систем и способов основной обработки почвы под сельскохозяйственными культурами / И.Г. Пыхтин, А.Б. Нитченко, Н.И. Руднев // Агротехнологическая модернизация земледелия: сборник докладов научно-практической конференции. – Курск. – ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2013. – С. 209-213.
148. Радцевич Г.А. Влияние колебаний атмосферной циркуляции на потребность в орошении сельскохозяйственных культур в Воронежской области / Г.А. Радцевич, А.О. Черемисинов // Состояние и перспективы

- развития земледелия, агролесомелиорации и экономики землепользования в АПК ЦЧЗ: материалы региональной конференции. – Каменная Степь – Санкт-Петербург. – 2004. – С. 72-74.
149. Родионов Е.А. Влияние способов основной обработки на плодородие чернозёма обыкновенного, урожайность сахарной свёклы и подсолнечника в условиях юго-востока ЦЧР / Е.А. Родионов // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук.- ВГАУ. – Воронеж. – 2006. – 21 с.
150. Рощина Г.Д. Влияние удобрений на продуктивность культур и вынос элементов питания / Г.Д. Рощина, А.М. Пестряков // Эффективность удобрений при различных климатических и погодных условиях: бюллетень ВИУА. – 1985. - № 72. – С. 64-75.
151. Рымарь В.Т. Приёмы регулирования плодородия чернозёмов / В.Т. Рымарь, С.В. Мухина // Состояние и перспективы развития земледелия, агролесомелиорации и экономики землепользования в АПК ЦЧЗ: материалы региональной конференции. – Каменная Степь – Санкт-Петербург. – 2004. – С. 115-117.
152. Самойлова Е.М. Луговые почвы лесостепи /Е.М. Самойлова // М.: 1981. – 284 с.
153. Свиридов С.С. Особенности воздействия физиологически активных веществ на растения сахарной свёклы в зависимости от фона минерального питания / С.С. Свиридов // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – ВНИИСС. – Рамонь. – 2009. – 21 с.
154. Селиванова Г.А. Бактериальное увядание сахарной свёклы и технологические качества корнеплодов / Г.А. Селиванова, Л.Н. Путилина // Приёмы и средства повышения продуктивности сахарной свёклы и других культур севооборота: сборник научных трудов ФГБНУ ВНИИСС. – Воронеж. – 2014. – С. 102-106.

155. Скрипин В.А. Агроэкологическая эффективность мульчирования почвы соломой при возделывании сахарной свёклы на чернозёме типичном / В.А. Скрипин // Агроэкологическая оптимизация земледелия: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Курск. – ВНИИЗиЗПЭ. – 2004. – С. 239-243.
156. Соловиченко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области / В.Д. Соловиченко. – Белгород. – Отчий край. – 2005. – 292 с.
157. Ступаков А.Г. Агрохимическое обоснование системы зерносвекловичного севооборота на чернозёме выщелоченном (в условиях западной части ЦЧЗ) / А.Г. Ступаков // Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук. – М.- 1998. – 36 с.
158. Ступаков А.Г. Оптимизация режимов и свойств чернозёма выщелоченного при длительном использовании удобрений / А.Г. Ступаков, А.П. Чернышова, М.А. Куликова // Агроэкологическая оптимизация земледелия: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Курск. – ВНИИЗиЗПЭ. – 2004. – С. 424-425.
159. Ступаков А.Г. Воспроизводство плодородия чернозёма выщелоченного при введении приёмов биологизации в западной части ЦЧР / А.Г. Ступаков, М.М. Рукавицина, А.П. Чернышова, М.А. Куликова, А.А. Болдин // Инновации в свеклосахарном производстве: сборник научных трудов. – ГНУ ВНИИСС. – Воронеж. – 2012. – С. 282-286.
160. Тамбовцева Л.В. Продуктивность культур в зерносвекловичном севообороте и азотный режим чернозёма выщелоченного при длительном применении удобрений в ЦЧП / Л.В. Тамбовцева // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – ВГАУ. – Воронеж. – 2009. – 26 с.
161. Тамбовцева Л.В. Способы повышения продуктивности сахарной свёклы в условиях различной увлажнённости / Л.В. Тамбовцева // До-

- кучаевское наследие: итоги и перспективы развития научного земледелия в России: сборник докладов научно-практической конференции. - Каменная Степь. – Воронеж. – Истоки. – 2012. – С. 161-165.
162. Трофимова Т.А. Научные основы совершенствования основной обработки и регулирования плодородия почв в ЦЧР /Т.А. Трофимова // Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук. – Воронеж. – 2014. – 47 с.
163. Тулин С.А. Влияние погодных условий на отзывчивость зерновых культур на азот в условиях песчаных дерново-подзолистых почв Горьковского Полесья / С.А. Тулин, Н.Г. Ставрова // Эффективность удобрений при различных почвенно-климатических и погодных условиях Европейской части РСФСР: бюллетень ВИУА. – 1985. – № 72. – С. 10-13.
164. Турусов В.И. Агротехнические основы оптимизации почвенной среды в интенсивных системах земледелия / В.И. Турусов, В.М. Гармашов, Т.И. Дьячкова // Научно-практические основы энерго и ресурсосбережения в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Центрального Черноземья. – Материалы заседания совета по земледелию Центрально-Чернозёмной зоны, отделение земледелия РАСХН. – Воронеж. – Истоки. – 2010. – С. 76-81.
165. Турусов В.И. Совершенствование технологии возделывания подсолнечника в Центрально-Чернозёмной зоне / В.И. Турусов // Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук. – ВНИИЗ и ЗПЭ. – 2006. – 44 с.
166. Турусов В.И. Ландшафтное земледелие Каменной Степи и его развитие в свете концепции «Особой экспедиции В.В. Докучаева» / В.И. Турусов // Докучаевское наследие: итоги и перспективы развития научного земледелия в России: сборник докладов научно-практической конференции. - Каменная Степь. – Воронеж. – Истоки. – 2012. – С. 15-23.

167. Турук Е.В. Влияние развития болезней корневой системы сахарной свёклы на технологические качества корнеплодов / Е.В. Турук // Научное обеспечение отрасли свекловодства: материалы Международной научно-практической конференции. – Минск. – Беларуская Навука. – 2013. – С. 386-390.
168. Тютюнов С.И. Совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья России / С.А.Тютюнов // Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук. – Курск. – 2005. – 42 с.
169. Тютюнов С.И. Урожайность культур зернопропашного севооборота в зависимости от интенсификации применяемых агротехнологий / С.И. Тютюнов, П.И. Солнцев, Ю.В. Хорошилова // Агрэколагічная модернізацыя земледелія: зборнік дакладаў Всероссийской научно-практической конференции. – Курск. – ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2013. – С. 239-243.
170. Уваров Г.И. Деградацыя і ахова пачв Белгородскай абласці / Г.И. Уваров, В.Д. Саловічэнка // Белгород. – Отчий край. – 2010. – 180 с.
171. Уваров Г.И. Прыёмы рэгулявання кіслотнасці чэрнозёма в севабороте / Г.И. Уваров, А.П. Кабутов, А.Ю. Боровская // Сахарная свёкла. – 2011. - № 4. – С. 26-28.
172. Удовідчэнка Л.П. Вліяньне інгібітараў нітрыфікацыі на эфэктыўнасць азотных удобраень і прадуктыўнасць сахарнай свёклы / Удовідчэнка Любовь Петровна // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.09 – Рамонь. – 1998. – 23 с.
173. Усков И.Б. Эфэктыўнасць удобраень і прадуктыўнасці земледелія пры глабальным змяненні клімата / И.Б. Усков, Л.М. Державін // Плодородіе. – 2008. - № 8. – С. 7-9.

174. Ушаков Г.М. Влияние способов основной обработки почвы на продуктивность сахарной свёклы в условиях лесостепи ЦЧЗ / Г.М. Ушаков // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – ВГАУ. – Воронеж. – 2002. – 17 с.
175. Федоров В.А. Плуг – плоскорез – чизель / В.А. Федоров, В.А. Воронцов // Земледелие. – 1995. - № 4. – С. 39-40.
176. Фрид С.А. К вопросу об ошибке средних многолетних показателей полевых опытов // С.А. Фрид // Агрохимия. – 2001. - № 5. – С. 76-80.
177. Хабиров И.К. Изменение азотного режима чернозёмов типичных при минимальной обработке почвы / И.К. Хабиров, З.П. Простякова // Почвоведение. – 1997. - № 7. – С. 866-869.
178. Черкасов Г.Н. Влияние погодных условий и последствий минеральных удобрений на пищевой режим и урожайность ячменя в Центральном Черноземье России / Г.Н. Черкасов, Н.С. Соколов, А.Н. Воронин, М.Н. Понедельченко, С.В. Трапезников // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Курск. – ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2008. – С. 382-386.
179. Черкасов Г.Н. Изменение показателей почвенного плодородия, урожайности гороха и эффективности последствий минеральных удобрений в зависимости от погодных условий ЦЧЗ России / Г.Н. Черкасов, Н.С. Соколов, А.Н. Воронин, М.Н. Понедельченко // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Курск. – ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2008. – С. 391-395
180. Черкасов Г.Н. Влияние агрометеорологических характеристик и удобрений на содержание подвижных элементов питания в почве и урожайность озимой пшеницы в ЦЧР России / Г.Н. Черкасов, Н.С. Соколов, А.Н. Воронин, М.Н. Понедельченко, С.В. Трапезников // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-

- ландшафтных системах земледелия: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Курск. – ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2008. – С. 395-401.
181. Черкасов Г.Н. Влияние погодных условий и минеральных удобрений на плодородие почвы и урожайность сахарной свёклы в Центральном Черноземье России / Г.Н. Черкасов, Н.С. Соколов, А.Н. Воронин, М.Н. Понедельченко, С.В. Трапезников // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Курск. – ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2008. – С. 401-405.
182. Черкасов Г.Н. Основные направления сохранения и повышения плодородия чернозёмных почв / Г.Н. Черкасов, Н.П. Масютенко // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сборник докладов научно-практической конференции – Курск. – ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2016. – С. 3-7.
183. Чеснокова Л.Д. Продуктивность культур в звене севооборота с яровым рапсом в зависимости от обработки почвы в лесостепи ЦЧР / Л.Д. Чеснокова // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – ВНИИСС. – Рамонь. – 2002. – 20 с.
184. Шамин А.А. Микробиота ризосферы сахарной свёклы и ризосферный эффект в зависимости от способа обработки и фона удобренности / А.А. Шамин, О.И. Стогниенко // Приёмы и средства повышения продуктивности сахарной свёклы и других культур севооборота: сборник научных трудов. – Воронеж. – Воронежский ЦНТИ. – ФГБНУ ВНИИСС. – 2014. – С. 115-121.
185. Шаповалов Н.К. Влияние основной обработки и удобрений на плодородие почвы и продуктивность пропашных культур в длительных стационарных опытах / Н.К. Шаповалов, К.Б. Ибадуллаев, В.Л. Ишков, Р.Ю. Татаринцев // Сахарная свёкла. – 2007 г. - № 6. – С. 16-18.

186. Шаповалов Н.К. Формирование урожая свёклы при различных способах подготовки почвы / Н.К. Шаповалов, Д.М. Иевлев, В.Г. Бабич, Р.И. Шестакова // Сахарная свёкла. – 1996. - № 8. – С. 16-20.
187. Шаповалов Н.К. Исследования влияния различных факторов на продуктивность сахарной свёклы / Н.К. Шаповалов, Н.М. Доманов, С.К. Мазепин, К.Б. Ибадуллаев //Агрохимический вестник. – 2002. - № 5. – С. 37-39.
188. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР / Д.И. Шашко // Л.: Гидрометеиздат. – 1985. – 248 с.
189. Шептухова Л.Г. Влияние удобрений на элементы эффективного плодородия чернозёма выщелоченного смытого / Л.Г. Шептухова, Л.Н. Придачина // 60 лет Географической сети опытов с удобрениями. - Бюллетень ВИУА. – 2001. - № 115. – С. 86.
190. Шикула Н.К. Механизм воспроизводства плодородия при различных системах обработки почвы в агроландшафтах / Н.К. Шикула. – Проблемы ландшафтного земледелия. – Доклады научно-практической конференции. – Курск. – 1997. – С. 78-86.
191. Шикула Н.К. Оптимизация глубины обработки почвы и норм удобрений / Н.К. Шикула, Н.Ф. Гнатенко, В.И. Ногин, Е.Б. Пономаренко, Б.С. Стасов, С.В. Витвицкий // Земледелие. – 1991. - № 3. – С. 47-51.
192. Шикула Н.К. Минимальная обработка чернозёмов и воспроизводство их плодородия / Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко. – М.: Агропромиздат. – 1990. – 320 с.
193. Шикула Н.К. Ответ оппонентам бесплужного земледелия / Н.К. Шикула // Земледелие. – 1989. – № 11. – С. 11-17.
194. Шикула Н.К. Влияние длительной бесплужной обработки на содержание и качество гумуса / Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко, А.Д. Балаев, М.В. Копытин // Земледелие. – 1987. - № 4. – С. 24-27.
195. Щербаков А.П. Агроэкологическое состояние чернозёмов ЦЧО / А.П. Щербаков, И.И. Васенев // Курск. – 1996. – 326 с.

196. Юхин И.П. Сахарная свёкла в Башкортостане / И.П. Юхин. – Уфа. – 2000 г. – 162 с.
197. Юхин И.П. Научные основы технологии возделывания сахарной свёклы на Южном Урале / И.П. Юхин. – Уфа. – 2010 г. – 147 с.
198. Якименко Н.В. Влияние обработки почвы на содержание гумуса / Н.В. Якименко, Ю.А. Лютая, А.Ф. Одреховский, Г.В. Сирота, Е.Г. Петровская // Земледелие. – 1989. - № 10. – С. 36-39.
199. Яценко В.Г. Итоги изучения основной обработки почвы под сахарную свёклу в Центрально-Чернозёмной полосе / В.Г. Яценко // Пути интенсификации свекловодства и производства сахара. – Сборник научных трудов ВНИИСС. – Воронеж. – 1986. – С. 21-23.
200. Anderson F.N. Uptake patterns of ¹⁵N tagget nitrate by sugarbeets as related / F.N. Anderson // Soil nitrate level and time. – 1972. – p. 341.
201. Baretmans W.A.P, Neth / W.A.P Baretmans, Neth // Agris Sci. – 18 – 1970. p. 225-246.
202. Brinsfield R.B. Leaching of pesticides in coastal plain soils as influened by tillage system / R.B. Brinsfield, K.W. Stawet, W.L. Magette // American Society of Agricultural Engineers Journal. – 1988. – Fiche № 88-2650.
203. Cannelle R.Q. A.R.C. / R.Q. Cannelle, Y.P. Yrahar // Letcombe, 1977. – p. 40.
204. Christmann J. La betterave et Lazote. Efficacite de la fumure azotte / J. Christmann, M. Loilier // Prot. 43th Winter Congress. Jnt. Jnst Sugar Beet / - Bruxelles, 1986. – p. 353-379.
205. Clappel E. Jmpet agronomique et sylvicole du changemetat climatique / E. Clappel // Metcorol. Set. 8. – 2004. - № 5. – p. 43-50.
206. Crovetto C. Stubble the soil / C. Crovetto // Madison American Society of agronomy Inc. – 1996. – p. 248.
207. Славов Н. Бъдещото изменение на климата и влиянието му върху земледелието на България / Н. Славов, Г. Георгиев // Растениевъд науки. – 2000. – 37, № 8. – с. 554-557.

208. Davies D.B. Agriculture, 8 (special) / D.B. Davies, R.Q. Cannell. – 1975. – p. 216-217.
209. Drew M.C. Agric. Sci. Camd, 94 / M.C. Drew, L.R. Saker. – 1980. – p. 411.
210. Ecclestone P. Minimal tillage. Options economic sugar beet production / P. Ecclestone // Britus Sugar Beet Rev. – 2001. – 69 № 3. – p. 24-29.
211. Ellis F.B. Soil (Tillage Res.) / F.B. Ellis, R.K. Hows. – 1980. – p. 40.
212. Finney J.R. Agris. Sci. Camb., 80 / J.R. Finney, J.H. Knight. – 1973. – p. 475.
213. Follet R.F. Effect of tillage practices on microbial dynamics / R.F. Follet, D.S. Schimel // Soil Science Society of American Journal. – 1989. – Vol. 8. – p. 1091-1096.
214. Foth H.D. Soil fertility / H.D. Foth, B.D. Ellis // New York: John Wiley and Sons. – 1988. – 122 p.
215. Hairston J.E. Tillage and fertilizer management effects on soybean growth and yield on three Mississippi soils / J.E. Hairston, W.F. Jones, P.K. McConnougley, L.K. Marshall, K.B. Jil // Journal of Production Agriculture. – 1990. – Vol. 3. – p. 317-323.
216. Harstead E.H. Innovative cropping systems for Saskatchewan / E.H. Harstead, de Jong E. // University of Saskatchewan. – 1988. – 5 p.
217. Hayhoe H.N. Tillage effects on corn emergence rates / H.N. Hayhoe, L.M. Dwyet, D. Balchin, J.L. Culley // Soil & Tillage Research. – 1993. – Vol. 101. – p. 32.
218. Hendrix P.F. Soil respiration in conventional and no-tillage agroecosystems under different winter cover crop rotations / P.F. Hendrix, C.R. Han, P.M. Groffman // Soil & Tillage Research. – 1988. – Vol. 12. – p. 135-148.
219. Holmes J.C. Proc. Int. Conf. Till. / J.C. Holmes, D.A. Lochart // Pes Metod Silsoc. – 1970. – p. 46-47.
220. Колев А.В. Инструментален подход при експреска и продължителна оценка на елементи на енергийния на система «почва-растение»

- приземен въздух» в полето / А.В. Колев // Почвозанство, агрохимия и екология. – 2001. – 36. - № 4-6. – с. 102-105.
221. Koller K. Erfolgreicher Ackerbau ohne slug / K. Koller // Frankfurt am Main: DLW. – vol. – 2001. – p. 445.
222. Locke M.A. Fertilizer placement effects on seasonal nitrogen accumulation and yield of no-tillage and conventional tillage sorghum / M.A. Locke, F.M. Hons // Agronomy Journal. – 1988. – vol. 80 (2). - № 1. – p. 180-185.
223. Mbagwu J.S. Properties of soil aggregates as influenced by tillage practices / J.S. Mbagwu, P. Bazzoffi // Soil Use and Management. – 1989. – vol. 5. - p. 180-188.
224. Mikita J. Wpływ warunków glebowo-klimatycznych wybranych plantacji nasiennych na wartość siewną nasion oraz plonowanie butaka cukrowego. Cz II Zależność jakości nasion od warunków glebowo-klimatycznych / J. Mikita, I. Wutmański // Biol. Inst. Hod. i aklim. Rosl. – 2002. - № 222. – p. 185-193.
225. Peterson K.E. Effect of incrementing nitrogen application on sucrose yield of sugar beet / K.E. Peterson // Agronomy Journal. – vol. 80. – 1988. – p. 709-712.
226. Prośba-Białczyk U. Wpływ nawożenia międzyplonami ścierniskowymi i azotem na produktywność i jakość technologiczną butaka cukrowego / U. Prośba-Białczyk // Ann. UMCS. E. – 2004. – 59. – № 3. – p. 1193-1202.
227. Rauche K. Verbesserung leichter Boden durch melioratives pflügen / K. Rauche, V. Lehne. – Berlin. – 1961. – 158 p.
228. Riley D. No-tillage Forage Symp (Ohio State Univ.) / D. Riley, J. Coutts, M.A. Wowman // Agri. – 1975. – p. 15-28.
229. Triplett W. B. Agronomy Journal / W. B. Triplett, D.M. van Doren. – 1969. – 637 p.
230. Winter S.R. Cropping systems to remove excessive soil nitrate in advance of sugar beet production / S.R. Winter // Journal American Soc. Sugar Beet Technol. – 1981. - № 10. – p. 371-393.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 – Метеорологические условия проведения опытов, 1987-2015 гг. (данные метеостанции ВНИИСС)

Факторы	Месяц/год	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Осадки, мм	май	68	58	23	72	121	13	35	149	31	19	104	49	40	19
	июнь	60	218	139	113	25	54	70	100	46	68	34	56	42	101
	июль	34	106	101	47	55	45	124	31	146	18	67	43	73	112
	август	78	42	73	72	49	41	67	82	42	3	13	85	50	41
	сентябрь	121	63	37	227	30	122	117	6	22	86	118	7	64	63
	За год	591	723	705	903	518	688	718	656	796	420	709	661	522	544
Температура воздуха, °С	май	15	15	14	13	15	13	16	12	16	19	16	17	13	13
	июнь	19	20	21	15	20	18	16	16	21	20	22	23	23	18
	июль	18	22	19	19	20	19	19	19	20	23	21	23	25	21
	август	16	18	18	17	18	20	17	17	18	22	20	19	20	20
	сентябрь	10	13	14	10	13	13	21	16	14	13	12	15	15	13
Относительная влажность воздуха, %	май	69	62	67	59	70	51	53	69	60	76	61	54	54	57
	июнь	72	74	74	77	66	61	72	76	61	82	65	52	54	67
	июль	71	77	75	73	69	68	78	68	63	71	73	62	60	73
	август	78	63	74	78	65	79	76	71	70	73	61	67	72	69
	сентябрь	84	79	73	89	74	82	80	62	73	84	71	61	70	80
Коэффициент увлажнения	май	0,76	0,53	0,25	0,68	1,40	0,10	0,25	1,59	0,26	0,16	0,88	0,33	0,33	0,17
	июнь	0,61	2,30	1,40	1,71	0,20	0,41	1,16	1,38	0,31	1,04	0,24	0,28	0,22	0,92
	июль	0,35	1,16	1,16	0,50	0,48	0,40	1,62	0,28	1,08	0,15	0,65	0,27	0,40	1,09
	август	1,17	0,34	0,84	1,04	0,42	0,54	0,88	0,89	0,42	0,03	0,09	0,74	0,49	0,36
	сентябрь	3,43	0,65	0,50	5,41	0,44	2,60	1,54	0,05	0,30	2,07	1,65	0,06	0,74	1,21
ГТК	май-сентябрь	1,66	1,81	1,43	2,33	1,05	1,31	1,88	1,67	0,83	0,72	1,20	0,81	0,82	1,21

Продолжение приложения 1

Факторы	Месяц/год	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Осадки, мм	май	55	10	25	71	120	33	24	55	47	64	15	14	122	40	40
	июнь	99	99	95	40	119	65	85	23	70	33	92	92	28	85	72
	июль	127	15	59	77	38	56	101	79	30	39	48	68	78	3	97
	август	44	30	113	7	48	70	36	10	33	34	78	254	37	38	20
	сентябрь	106	142	36	62	10	73	62	56	3	47	22	45	132	3	17
	За год	544	564	569	695	744	680	692	571	398	679	542	907	770	360	565
Температура воздуха, °С	май	16	17	19	15	19	18	19	15	17	20	20	20	21	20	17
	июнь	19	21	16	18	19	25	21	20	23	25	21	22	13	19	22
	июль	26	27	22	21	22	19	22	24	24	29	28	24	23	23	22
	август	21	21	20	22	22	21	24	24	19	28	19	21	23	22	21
	сентябрь	15	16	14	16	15	16	15	14	17	16	14	14	15	13	14
Относительная влажность воздуха, %	май	59	83	22	64	60	57	48	66	69	69	74	63	64	65	66
	июнь	69	87	38	77	71	69	71	60	64	51	78	72	64	67	72
	июль	61	81	51	83	66	70	66	62	68	53	71	70	68	63	75
	август	64	68	37	71	58	70	55	63	77	50	77	73	86	67	64
	сентябрь	69	78	30	74	65	76	76	80	86	74	85	78	76	66	67
Коэффициент увлажнения	май	0,44	0,19	0,09	0,68	0,86	0,23	0,13	0,56	0,48	0,57	0,16	0,10	0,89	0,31	0,52
	июнь	0,92	2,00	0,51	0,52	1,18	0,46	0,77	0,16	0,47	0,10	1,16	0,83	0,19	1,06	0,65
	июль	0,70	0,16	0,30	1,19	0,28	0,53	0,75	0,48	0,22	0,16	0,33	0,52	0,59	0,03	0,98
	август	0,32	0,25	0,49	0,06	0,28	0,61	0,17	0,36	0,41	0,21	0,97	2,47	0,66	0,41	0,14
	сентябрь	1,19	2,13	0,19	0,79	0,10	1,00	0,63	1,22	0,27	0,40	0,54	0,71	2,11	0,05	0,15
ГТК	май-сентябрь	1,54	0,97	1,11	2,04	1,15	1,00	0,74	0,91	0,42	1,33	1,25	1,48	1,32	0,70	0,80

Приложение 2 – Урожайность сахарной свёклы, т/га, 1987-2015 гг.

Системы		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
обработки	удобрений														
Отвальная	0	24,6	26,2	38,6	21,8	16,6	28,1	30,3	16,5	26,4	30,1	29,6	22,1	24,0	25,8
	NPK	32,5	28,2	42,9	38,8	30,3	46,8	37,9	36,3	32,4	36,8	30,6	30,2	32,4	38,8
Безотвальная	0	18,6	18,5	37,6	18,5	16,6	27,8	29,6	16,6	24,7	30,2	27,1	20,1	24,0	25,2
	NPK	33,9	23,9	39,7	37,0	23,4	45,9	38,7	24,9	31,8	33,8	29,7	29,2	25,6	37,4
комбинированная	0	23,4	21,7	39,3	22,0	16,9	30,5	28,0	16,9	22,9	30,0	29,4	22,4	25,0	25,9
	NPK	31,0	29,2	43,7	38,7	30,1	47,1	38,9	33,0	34,4	34,2	30,7	27,5	30,6	33,5
Среднее		27,3	24,6	40,3	29,4	22,3	37,7	33,9	24,0	28,8	32,5	29,5	25,2	26,9	31,1
Среднее NPK, %		49	24	9	69	67	62	32	88	34	16	6	35	21	43

Продолжение приложения 2

Системы		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
обработки	удобрений															
отвальная	0	29,8	33,7	38,2	22,8	25,2	25,3	33,7	34,8	22,1	20,2	24,7	42,4	44,7	21,3	25,3
	NPK	38,2	51,9	42,6	25,2	34,9	38,3	48,0	40,2	31,0	28,7	36,9	54,8	52,5	26,2	30,6
безотвальная	0	23,8	32,8	29,6	21,7	23,0	20,1	24,9	30,6	18,8	12,9	21,6	25,7	35,0	10,9	19,4
	NPK	38,3	49,1	39,8	34,5	33,6	34,3	43,0	38,7	24,2	22,7	32,5	43,4	42,4	19,3	28,9
комбинированная	0	25,9	35,6	34,7	20,2	28,7	28,3	28,5	35,9	20,4	14,3	21,9	36,4	46,7	15,3	23,1
	NPK	39,8	43,6	46,1	33,5	37,0	38,2	46,9	41,9	32,7	30,2	34,7	54,2	48,3	25,2	31,9
Среднее		32,6	41,1	38,5	28,3	30,4	30,8	37,5	37,0	24,9	21,5	28,7	42,8	44,9	19,7	26,5
Среднее NPK, %		48	42	26	46	38	52	60	20	43	76	53	49	14	55	36

Приложение 3 – Расход влаги почвенных слоёв в посевах сахарной свёклы в первую половину вегетации, мм

К _{ув.}	Системы		Слой почвы, см		
	обработки	удобрений	0-30	30-50	0-100
0,4	отвальная	1	24,4	39,3	56,6
	безотвальная	1	19,7	30,5	48,3
	комбинированная	1	23,4	44,2	68,4
0,9	отвальная	0	14,7	49,7	61,4
		1	24,1	42,7	76,4
	безотвальная	0	17,0	49,1	59,7
		1	24,9	38,0	63,7
	комбинированная	0	17,0	37,5	90,5
		1	24,8	52,1	92,4
1,5	отвальная	0	16,9	30,6	50,6
		1	23,1	28,6	40,8
	безотвальная	0	12,9	25,9	36,9
		1	11,9	34,7	28,1
	комбинированная	0	16,0	31,9	48,3
		1	20,6	31,4	41,4

Приложение 4 – Содержание нитратного азота в почве (1988-2013 гг.),

мг/кг

Системы		Слой почвы	Коэффициенты увлажнения								
обра-ботки	удоб-рений		0,4			0,9			1,5		
			май	июль	сен-тябрь	май	июль	сен-тябрь	май	июль	сен-тябрь
А	0	0-15	7,3	6,7	2,4	11,7	4,1	2,4	16,1	6,7	4,4
		15-30	6,1	3,5	2,0	10,0	2,8	2,4	13,4	3,5	4,0
		30-50	5,0	2,6	1,5	7,4	1,6	1,8	12,3	2,6	3,4
	1	0-15	13,2	6,0	2,8	17,3	8,9	3,3	35,5	6,0	5,5
		15-30	13,0	4,7	3,1	14,5	4,0	2,6	31,0	4,7	4,0
		30-50	12,2	4,2	2,1	10,5	2,5	2,1	24,8	4,2	3,9
Г	0	0-15	7,9	4,5	2,9	13,0	5,3	3,0	14,6	4,5	2,5
		15-30	6,1	4,0	1,4	11,0	5,8	3,3	10,7	4,0	1,9
		30-50	5,4	6,7	0,6	10,3	4,1	2,8	7,6	6,7	1,0
	1	0-15	17,7	8,2	4,3	23,7	12,2	3,1	22,7	8,2	4,7
		15-30	15,6	7,8	3,8	17,1	5,2	2,9	19,8	7,8	3,3
		30-50	15,8	4,7	3,1	15,1	5,4	2,0	18,6	4,2	3,8
Д	0	0-15	11,3	6,2	1,7	12,8	5,1	2,6	15,9	6,2	3,9
		15-30	9,0	6,0	1,2	12,6	5,1	2,5	14,9	6,0	3,5
		30-50	7,7	4,8	1,2	10,0	4,1	2,2	13,9	4,8	2,9
	1	0-15	12,0	11,0	0,8	24,6	5,8	2,1	24,3	11,0	5,8
		15-30	13,2	8,3	1,3	20,4	5,9	2,7	21,3	8,3	2,5
		30-50	10,9	3,9	1,7	15,0	4,2	1,8	19,8	3,9	3,8

Приложение 5 – Содержание нитратного азота после компостирования
(1989-2010 гг.), мг/кг

Системы		Слой почвы	Коэффициенты увлажнения								
обра- ботки	удоб- рений		0,4			0,9			1,5		
			май	июль	сен- тябрь	май	июль	сен- тябрь	май	июль	сен- тябрь
А	0	0-15	39	38	35	42	43	39	44	26	26
		15-30	37	34	33	39	39	39	46	26	29
		30-50	22	28	22	34	32	32	35	23	20
	1	0-15	43	40	35	37	49	39	65	32	35
		15-30	48	38	36	37	42	39	51	36	34
		30-50	30	27	32	31	27	28	48	33	23
Г	0	0-15	42	36	40	45	39	35	42	30	23
		15-30	38	37	37	42	40	30	39	32	21
		30-50	25	30	32	31	29	27	15	25	18
	1	0-15	58	44	58	53	45	55	57	30	32
		15-30	44	37	39	39	46	37	46	26	25
		30-50	30	31	37	39	35	30	30	26	24
Д	0	0-15	36	44	38	46	44	38	35	28	22
		15-30	35	38	36	41	39	36	31	24	23
		30-50	30	29	33	32	32	34	24	20	19
	1	0-15	42	44	38	46	49	49	44	30	28
		15-30	44	40	37	45	45	40	40	27	28
		30-50	28	24	30	36	32	32	42	23	24

Приложение 6 – Содержание подвижного фосфора в почве
(1988-2003 гг.), мг/кг

Системы		Слой почвы	Коэффициенты увлажнения								
обра- ботки	удоб- рений		0,4			0,9			1,5		
			май	июль	сен- тябрь	май	июль	сен- тябрь	май	июль	сен- тябрь
А	0	0-15	92	78	80	82	78	85	101	109	96
		15-30	81	65	76	71	72	74	87	89	86
		30-50	64	54	63	63	64	65	74	77	77
	1	0-15	84	100	79	96	87	84	132	128	110
		15-30	73	89	74	84	86	78	106	97	88
		30-50	59	71	60	74	64	64	80	73	72
Г	0	0-15	72	85	71	84	80	78	97	98	87
		15-30	65	77	62	75	72	69	79	78	71
		30-50	56	62	52	60	65	61	67	63	57
	1	0-15	102	92	84	107	90	81	135	137	119
		15-30	77	79	76	79	73	68	102	101	82
		30-50	61	68	59	62	61	60	80	81	58
Д	0	0-15	82	83	71	88	80	70	97	100	76
		15-30	71	78	62	74	71	64	86	86	66
		30-50	58	66	56	60	63	60	71	72	60
	1	0-15	94	102	76	99	85	93	119	122	119
		15-30	81	86	66	83	76	79	111	98	99
		30-50	68	72	52	62	60	58	84	71	66

Приложение 7 – Содержание обменного калия в почве (1988-2003 гг.),

мг/кг

Системы		Слой почвы	Коэффициенты увлажнения								
обра-ботки	удоб-рений		0,4			0,9			1,5		
			май	июль	сен-тябрь	май	июль	сен-тябрь	май	июль	сен-тябрь
А	0	0-15	95	125	103	106	99	112	171	124	164
		15-30	88	113	103	90	94	97	171	167	146
		30-50	82	106	91	81	88	86	155	115	146
	1	0-15	100	125	118	106	100	114	211	141	157
		15-30	82	117	104	90	125	98	175	130	144
		30-50	79	103	82	81	95	93	128	107	123
Г	0	0-15	85	98	106	98	96	107	147	109	151
		15-30	83	101	88	84	90	92	126	89	120
		30-50	74	91	78	71	85	83	122	81	121
	1	0-15	118	115	123	129	117	118	184	140	209
		15-30	72	100	115	92	100	90	154	105	166
		30-50	69	86	96	73	85	83	136	100	136
Д	0	0-15	100	100	103	98	90	106	136	99	163
		15-30	91	95	96	93	85	95	135	89	128
		30-50	78	88	81	79	92	91	127	89	122
	1	0-15	119	102	108	103	108	108	188	132	184
		15-30	90	102	104	101	108	102	156	104	155
		30-50	78	98	86	79	104	88	156	89	124

Приложение 8 – Сахаристость сахарной свёклы, %, 1987-2015 гг.

Системы		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
обработки	удобрений														
Отвальная	0	18,8	17,5	18,7	17,4	18,7	15,3	17,7	19,8	17,5	17,5	17,7	19,1		16,5
	NPK	17,8	15,2	17,5	16,8	18,5	15,6	17,3	20,0	17,9	16,7	17,1	18,7		15,3
Безотвальная	0	18,6	16,6	18,9	17,8	18,6	15,9	17,9	19,6	17,7	17,2	17,3	18,6		16,7
	NPK	17,5	14,7	18,3	16,7	18,7	15,4	17,6	19,7	17,8	17,1	17,1	18,9		15,3
комбинированная	0	18,6	17,2	18,4	17,6	18,6	16,1	17,8	19,5	17,5	17,1	17,6	18,3		17,4
	NPK	18,0	15,4	17,6	17,4	18,5	15,4	17,6	19,4	17,4	16,3	17,3	18,8		15,2

Продолжение приложения 8

Системы		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
обработки	удобрений															
отвальная	0	15,3	15,2	17,3	16,6	17,5	15,5	15,9	17,6	19,5	16,1	17,7	16,1	15,5	19,5	18,7
	NPK	14,8	15,4	17,3	17,3	16,9	14,8	15,8	17,1	19,9	15,8	17,2	15,8	15,0	19,8	19,5
безотвальная	0	15,8	15,7	16,9	16,8	17,9	15,3	15,5	17,9	19,9	15,1	18,6	16,2	15,5	18,8	18,5
	NPK	14,9	15,1	17,0	16,5	16,9	15,1	15,3	17,0	19,2	15,6	17,4	15,9	15,0	19,4	18,2
комбинированная	0	16,5	16,1	18,1	17,2	17,8	15,6	15,5	17,4	20,2	15,4	18,6	16,6	15,7	19,9	20,0
	NPK	14,8	14,8	16,8	17,1	16,6	15,0	15,8	17,3	19,1	16,3	17,4	16,0	15,2	19,8	19,3

Приложение 9 – Затраты при возделывании сахарной свёклы (глубокая
вспашка без удобрений)

Машины и сельскохозяйственная техника	14,3 ГДж/га
Трудовые ресурсы	0,8 ГДж/га
ГСМ	6,4 ГДж/га
Семена	0,3 ГДж/га

АКТ

производственной проверки результатов законченной
научно-технической разработки

1. Наименование разработки, краткая характеристика и методика исполнения: «Система основной обработки почвы в зернопропашном севообороте». Проведена проверка комбинированной обработки почвы в севообороте: под ячмень и озимую пшеницу проводили плоскорезную обработку на 20-22 см, под сахарную свеклу – отвальную вспашку на 30-32 см с предварительным дискованием на 6-8 см и лемешным лушением на 14-16 см. Под черный пар – отвальная вспашка на 25-27 см. Контролем служила принятая в хозяйстве система обработки почвы, при которой под все культуры севооборота проводили глубокие отвальные вспашки, а под озимую пшеницу – дисковое лушение. Минеральные удобрения под сахарную свеклу из расчета $N_{130}P_{150}K_{130}$, под ячмень $N_{40}P_{40}K_{40}$. Проверка проводилась в двух повторениях. Учетная площадь – 1 га.
2. Организация-разработчик: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова».
3. Наименование и адрес хозяйства, где проведена проверка: ООО «Нива», Калачеевский район, Воронежская область.
4. Срок производственной проверки: 2014-2015 гг.
5. Объем производственной проверки: 200 га.
6. Результаты и эффективность проверки: урожайность озимой пшеницы повысилась на 1,5 т/га (контроль – 4,86 т/га), урожайность сахарной свеклы – на 3,9 т/га (контроль – 33,5 т/га).
7. Ответственные за производственную проверку: от хозяйства – главный агроном Татарников И.И. От научного учреждения – соискатель Дьяков Д.А., ведущий научный сотрудник, доктор с.-х. наук Боронтов О.К.
8. Заключение по результатам производственной проверки: Разработка имеет большое практическое значение, способствует повышению урожайности культур зернопропашного севооборота.

Акт составлен 14 декабря 2015г.

Руководитель

Директор ФГБНУ «ВНИИСС

Хозяйства

Кугутов А.Н.

Апасов И.В.

Главный агроном

Ведущий научный сотрудник

Татарников Н.И.

Боронтов О.К.

Соискатель

Дьяков Д.А.