

На правах рукописи



Подрезов Павел Иванович

**ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА
ТИПИЧНОГО ПРИ МНОГОЛЕТНЕМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ
ПОД САХАРНУЮ СВЕКЛУ И КУКУРУЗУ НА СИЛОС В
ЗЕРНОПАРПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ**

Специальность 06.01.04 – Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Воронеж – 2022

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» на кафедре агрохимии и почвоведения

Научный руководитель доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Мязин Николай Георгиевич

Официальные оппоненты: **Ступаков Алексей Григорьевич** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», профессор
Минакова Ольга Александровна – доктор сельскохозяйственных наук, лаборатория сортовых технологий возделывания сахарной свеклы и агроэкологических исследований свекловичных агроценозов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», ведущий научный сотрудник

Ведущая организация: ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук»

Защита состоится «22» сентября 2022 года в 11 часов ауд. 149 на заседании диссертационного совета Д 220.010.07 на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1; тел./факс (473) 253-86-51, e-mail: stekolnikova-nv@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» и на сайте www.ds.vsau.ru, с авторефератом – на сайте ВАК Министерства образования и науки РФ www.vak3ed.gov.ru и ВГАУ www.ds.vsau.ru

Автореферат разослан « ____ » _____ 2022 года

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные и скрепленные гербовой печатью организации, просим направлять ученому секретарю диссертационного совета.

Ученый секретарь диссертационного совета



Стекольников Н. В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время в Центрально-Черноземной зоне в производственных условиях уделяется недостаточное внимание внесению калийных удобрений. Связано это, главным образом, с высокими валовыми запасами калия в черноземах (Адерихин П.Г., 1963, Прокошев В.В., 1977, Прокошев В.В., Дерюгин И.П., 2000). Однако, хотя запасы калия в почве значительно превышают наличие других элементов питания, только около 2 % его общего содержания составляет обменный легкодоступный для растений калий (Пчелкин В.У., 1966, Прокошев В.В., 2005). При этом калий является необходимым и незаменимым элементом в питании растений. Без калия, как и без азота и фосфора, невозможно нормальное развитие сельскохозяйственных культур (Ониани О.Г., 1981, Минеев В.Г., 1999, Якименко В.Н., 2003, 2009).

Ученые отмечали, что при систематическом внесении только азотно-фосфорных удобрений со временем порядок минимумов основных элементов минерального питания (N, P, K) меняется в сторону калия (Прокошев В.В., Борзуков С.С., 1980, Мязин Н.Г., 1996, Никитишен В.И., 1996, Сычев В.Г., 2000, 2007). Заметное снижение продуктивности пашни, происходящее не только без применения калийных удобрений (Никитишен В.И., 1984, Щербаков А.П., Рудай И.Д., 1983, Рудай И.Д., 1985), но и при недостаточном их внесении, не соответствует сложившемуся отношению к калийным удобрениям как к менее нужным (Прокошев В.В., 1988, Минеев В.Г., 1990, Буланцев Ю.В., 1994, Подколзин А.И., 2002).

Культурные растения различно отзываются на калийное питание. Выделена группа калиелюбивых культур (в том числе сахарная свекла и кукуруза), которые выносят с урожаем много калия и при его недостатке в почве хорошо отзываются на внесение калийных удобрений.

При этом, несмотря на многие публикации по регулированию плодородия почв в Центрально-Черноземной зоне, накоплено недостаточно данных об изменении калийного состояния черноземов, полученных в стационарных многолетних опытах с длительным применением минеральных и органических удобрений. Кроме того, представляемые результаты часто неоднозначны, механизмы перехода калия в почве из одной формы в другую под влиянием удобрений не ясны, а установленные при этом количественные соотношения различаются (Кирсанов А.Т., 1940, Городецкая С.П., 1976, Боронин Н.К. и др., 1990, Дерюгин И.П., 2002, Якименко В.Н., 2009, Донских И.Н. и др., 2012, Ioannou A., 1994). Ученые отмечают, что при внесении калийных удобрений на черноземах увеличивается содержание необменной формы калия в почве, за счет которой возможно пополнение доступных для растений форм, поэтому при определении потенциальных запасов доступного растениям калия это необходимо учитывать (Пчелкин В.У., 1966, Минеев В.Г., 1999, Шаймухаметов М.Ш., Травникова Л.С., 2000, Шаймухаметов М.Ш., Петрофанов В.Л., 2008).

В связи с этим особую актуальность приобретают необходимость оценки состояния почвенного плодородия, определение динамики питательных ве-

ществ, характеристика почвенного поглощающего комплекса и режима калия при многолетнем применении удобрений в конкретном зернопаропропашном севообороте на черноземе типичном.

Цель работы заключалась в оценке калийного режима почвы при многолетнем применении удобрений в севообороте под сахарную свеклу и кукурузу на силос, а также роли минеральных и органических удобрений в изменении основных показателей плодородия чернозема типичного и их влиянии на урожайность и качество продукции сахарной свеклы и кукурузы на силос.

Для достижения поставленной цели были поставлены и решались следующие **задачи**:

1. Выявить действие многолетнего применения удобрений на изменение основных показателей плодородия чернозема типичного и содержание элементов питания под сахарной свеклой и кукурузой на силос.

2. Определить влияние многолетнего применения калийных удобрений в сочетании с азотно-фосфорными и навозом на состояние почвенного поглощающего комплекса.

3. Изучить трансформацию различных форм калия в почве под сахарной свеклой и кукурузой в зависимости от доз и сочетаний минеральных и органических удобрений.

4. Определить влияние удобрений на продуктивность и качественные показатели сахарной свеклы и кукурузы на силос.

5. Рассчитать экономическую эффективность применения минеральных и органических удобрений при внесении в севообороте под сахарную свеклу и кукурузу.

Степень разработанности темы. Изучением калийного режима почв занимались многие ученые. Среди них наибольший вклад в развитие знаний о поведении калия в почве и его влиянии на урожайность сельскохозяйственных культур внесли К.К. Гедройц, А.Л. Маслова, В.Ф. Чириков, И.Г. Важенин, В.У. Пчелкин, О.Г. Ониани, Л.В. Никитина, В.Г. Минеев, В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин, В.Г. Прижукова, К.В. Павлов, В.В. Носов. Ими разработаны фундаментальные основы знаний о формах калия в почвах, их закреплении и превращениях между собой, влиянии удобрений на изменение содержания форм калия, питание растений и т.п. Но в то же время, при проведении многолетних полевых опытов в различных почвенно-климатических условиях нашей страны, наблюдаются особенности в поведении калия, которые не соответствуют установленным закономерностям. Это связано с множеством факторов: различием погодных условий по годам проведения исследований, особенностями роста полевых культур, длительностью внесения удобрений, их дозами и применяемыми формами и др. Поэтому становится очевидной актуальность оценки калийного режима чернозема типичного в конкретных условиях.

Научная новизна заключается в том, что на примере калиелюбивых культур – сахарной свеклы и кукурузы, в Центрально-Черноземном регионе изучен калийный режим и динамика форм калия в черноземе типичном под влиянием 38-летнего применения минеральных и органических удобрений. Да-

ны рекомендации по определению трансформации форм калия в черноземе типичном. Установлено, что определение подвижного и обменного калия не дает полной картины калийного режима чернозема типичного. Поэтому, без определения содержания необменной формы калия, трудно представить полную картину трансформации форм калия в черноземе типичном.

На основе многолетнего стационарного опыта обобщены результаты исследований длительного применения в севообороте различных доз органических и минеральных удобрений и их влияние на плодородие почвы.

Теоретическая и практическая значимость. На основании проведенных исследований установлена динамика форм калия в черноземе типичном в зависимости от применения различных видов удобрений, а также влияние калийных удобрений на урожайность и качество продукции культур, потребляющих значительные количества этого элемента. Результаты исследований могут быть использованы при разработке системы применения удобрений под сахарную свеклу и кукурузу. Полученный новый фактический материал и теоретические положения используются в лекциях на факультете агрономии, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО Воронежского ГАУ.

Методология и методы исследований. При выполнении работы использовались имеющиеся в свободном доступе материалы научных исследований и разработок по влиянию удобрений на плодородие почвы, урожайность и качество урожая культур. При проведении исследований применялись стандартные полевые и лабораторные методы. Для анализа полученных результатов использовались методы математической статистики и экономического анализа.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. При многолетнем сельскохозяйственном использовании чернозема типичного происходит подкисление почвенного раствора и снижение суммы поглощенных оснований. Органические удобрения уменьшают темпы роста кислотности, но не останавливают этот процесс.

2. Применение минеральных и органических удобрений приводит к повышению содержания в почве подвижных форм питательных веществ под сахарной свеклой и кукурузой на силос.

3. Вносимые минеральные и органические удобрения, содержащие калий, увеличивают содержание всех его форм в почве. Внесение минеральных удобрений без калия увеличивает количество его в необменной форме и снижает содержание подвижных форм.

4. Определение содержания в почве подвижного и обменного калия не дает полной характеристики калийного режима чернозема типичного. Для объективной его оценки необходимо определение содержания калия в необменной форме.

5. Внесение высоких доз минеральных удобрений под кукурузу на силос ($N_{120}P_{120}K_{120}$) и под сахарную свеклу ($N_{180}P_{180}K_{180}$) – низкорентабельно. Экономически наиболее выгодно вносить умеренные дозы удобрений: под сахарную свеклу на уровне $N_{90}P_{90}K_{90}$, для кукурузы на силос $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Степень достоверности результатов подтверждается проведением исследований в многолетнем стационарном опыте, в четырех кратной повторности, проведением лабораторных анализов с использованием современного оборудования, статистической обработкой полученных данных.

Апробация результатов. Основные положения диссертации докладывались на ежегодных научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава Воронежского ГАУ в 2008–2010 гг., на международных конференциях «Современные проблемы сохранения плодородия черноземов» (2016 г.), «Актуальные проблемы агрономии современной России и пути их решения» (2018 г.), всероссийской конференции «Инновационные решения молодых ученых в аграрной науке» (2019 г.).

Публикации. Результаты научных исследований изложены в 8 публикациях, 2 из которых входят в перечень рецензируемых журналов ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 204 страницах компьютерного текста и состоит из введения, 7 глав, заключения, предложений производству, перспектив дальнейшей разработки темы, списка используемой литературы и приложений. В работе содержится 28 таблиц, 2 рисунка и 18 приложений. Список литературных источников включает 239 наименований, в том числе 10 на иностранном языке.

Личный вклад автора. В работе использовались материалы, полученные лично автором в ходе проведенных исследований. Автор принимал непосредственное участие в разработке программы исследований, лично проводил полевые исследования, выполнял аналитические работы. Обработка полученных данных, их обобщение и выводы сделаны автором самостоятельно.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю доктору с.-х. наук, профессору Мязину Н.Г. и коллективу кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии за помощь в проведении исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В обзоре литературных данных рассмотрено влияние многолетнего внесения удобрений на изменение основных агрохимических свойств почв. Приведены сведения по содержанию различных форм калия в почве и их доступности растениям, а также роли калия в жизни растений. Проанализированы особенности калийного питания сахарной свеклы и кукурузы на силос.

2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по данной теме проводились в 2007–2009 гг. на территории Рамонского района Воронежской области в стационарном полевом опыте кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии Воронежского ГАУ, заложенном в 1969 году.

В опыте освоен шестипольный севооборот: чистый пар – озимая пшеница – сахарная свекла – яровая пшеница–кукуруза на силос–ячмень.

Схема опыта включает 17 вариантов. Для проведения исследований, при возделывании сахарной свеклы были выбраны варианты: 1. Контроль, без удобрений; 5. $N_{90}P_{90}$; 8. $N_{90}P_{90}K_{90}$; 9. $N_{180}P_{180}K_{180}$; 11. Последействие 30 т/га навоза; 13. Последействие 30 т/га навоза + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 16. $N_{90}P_{90}K_{180}$. При проведении исследований с кукурузой на силос изучались те же варианты опыта, но они отличались по содержанию: 1. Контроль, без удобрений; 5. $N_{60}P_{60}$; 8.) $N_{60}P_{60}K_{60}$; 9. $N_{120}P_{120}K_{120}$; 11. 20 т/га навоза; 13. 20 т/га навоза + $N_{60}P_{60}K_{60}$; 16. $N_{60}P_{60}K_{120}$.

Повторность опыта четырехкратная. Размещение повторений двухъярусное, расположение делянок – рендомизированное. Площадь посевной делянки 230 м^2 (50 м x 4,6 м), учетная на обеих культурах – 50 м^2 . Почва опытного участка представлена черноземом типичным среднemosным среднегумусным тяжелосуглинистым на лессовидных суглинках.

В опыте использовались следующие минеральные удобрения: аммиачная селитра (34,5 % N), суперфосфат двойной (45% P_2O_5), хлористый калий (60% K_2O), навоз КРС. Они вносились вручную осенью под вспашку.

При возделывании сахарной свеклы и кукурузы на силос применялась общепринятая для ЦЧР агротехника.

В период вегетации растений отбирались образцы почвы на глубину до 100 см, послойно через каждые 20 см с двух несмежных повторений в четырехкратной повторности в три срока: в начале вегетации (по всходам), в середине вегетации (смыкание в рядах у сахарной свеклы и в период выметывания метелок у кукурузы на силос) и перед уборкой культур.

В отобранных образцах определялись следующие показатели: влажность почвы (весовым методом, ГОСТ 5180); содержание аммонийного азота (фотометрическим методом, ГОСТ 26489); содержание нитратного азота (потенциометрическим методом, ГОСТ 26488); содержание подвижных форм фосфора (по Чирикову в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26204–91); pH_{KCl} (потенциометрическим методом в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26483–85); гидролитическая кислотность (по Каппену ГОСТ, 26212–91); сумму поглощенных оснований (по Каппену–Гильковицу, ГОСТ 27821–88). Содержание различных форм калия в почве определяли по следующим методам: подвижной – по методу Чирикова (ГОСТ 26204–91); обменной – по методу Масловой (ГОСТ 26210–91); необменной – по методу Пчелкина (авторское свидетельство № 1220684/30–15).

Перед уборкой урожая отбирались растительные образцы, в которых определялось: содержание сахарозы в корнеплодах (поляриметрическим мето-

дом, ГОСТ 30305.2–95), содержание элементов питания в основной и побочной продукции после мокрого озоления (азота (ГОСТ 13496–93) и фосфора (ГОСТ 26657–97) – колориметрическим методом, калия – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504–97); нитратов – потенциометрическим методом (ГОСТ 29270–95). Вынос элементов питания определяли расчетным методом.

Химические анализы проводились в лаборатории кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии Воронежского ГАУ и ГЦАС «Воронежский».

Учет урожая проводился сплошным методом. Урожайные и аналитические данные были обработаны методами однофакторного дисперсионного и корреляционного анализов с помощью программы Statistica и пакета «Анализ данных» Microsoft Excel.

Результаты анализа метеоусловий за 2007–2009 гг. свидетельствуют о том, что урожайность по годам проведения исследований ограничивалась в основном неравномерным выпадением осадков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3 ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПОД САХАРНОЙ СВЕКЛОЙ И КУКУРУЗОЙ НА СИЛОС ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

3.1 Влияние многолетнего применения удобрений на основные физико-химические свойства чернозема типичного

Интенсивное сельскохозяйственное использование чернозема типичного приводило к изменению показателей почвенной кислотности. Под сахарной свеклой без внесения удобрений величина pH_{KCl} снизилась с 6,0 перед закладкой опыта до 5,2, а Нг увеличилась – с 4,0 до 4,8 мг-экв./100 г почвы. При внесении минеральных удобрений отмечалась тенденция к дальнейшему подкислению почвы. По сравнению с исходным, на варианте с одинарной дозой полного минерального удобрения ($N_{90}P_{90}K_{90}$) величина pH_{KCl} снизилась на 0,8 ед., а Нг увеличилась на 0,9 мг-экв./100 г почвы. При внесении двойной дозы полного минерального удобрения ($N_{180}P_{180}K_{180}$ – вариант 9) величина обменной кислотности составила 5,1, гидролитической – 5,0.

Одновременно с повышением почвенной кислотности наблюдалось снижение содержания обменных оснований: с 41,1 мг-экв./100 г почвы (в 1969 г.) до 34,3 мг-экв./100 г почвы на контроле и 33,5–33,7 мг-экв./100 г почвы на вариантах с применением одинарной (вариант 8) и двойной (вариант 9) доз минеральных удобрений (к моменту проведения исследований).

Аналогичная закономерность отмечалась и под кукурузой на силос. На контроле, без применения удобрений, величина pH_{KCl} уменьшилась по сравнению с исходным содержанием на 0,8, Нг – увеличилась на 0,6 мг-экв./100 г почвы. На вариантах 8 ($N_{60}P_{60}K_{60}$) и 9 ($N_{120}P_{120}K_{120}$) величина pH_{KCl} снизилась, соот-

ветственно, до 5,2 и 5,1, Нг повысилась до 4,9. Содержание обменных оснований, при этом, уменьшалось на 6,5-8,3 мг-экв./100 г почвы.

Прямое действие и последствие органических удобрений, даже при внесении на их фоне минеральных снижало темпы роста кислотности, но не останавливало этого процесса. Так, при прямом действии 20 т/га органических удобрений, вносимых под кукурузу на силос (вариант 11), величина pH_{KCl} составляла 5,3, Нг 4,6 мг-экв./100 г почвы, при внесении на этом фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ (вариант 13) – 5,3 и 4,7 мг-экв./100 г почвы, соответственно. Последствие 30 т/га навоза под сахарной свеклой способствовало стабилизации величины pH_{KCl} почвы на уровне 5,4, Нг – 4,4 мг-экв./100 почвы, а внесение $N_{90}P_{90}K_{90}$ на этом фоне – 5,3 и 4,8 мг-экв./100 г почвы. Обеднение почвы основаниями, по сравнению с периодом до закладки опыта, происходило и при внесении органических удобрений. Однако оно было выражено в меньшей степени, чем в случае использования только минеральных удобрений.

3.2 Влияние длительного применения удобрений на динамику минерального азота в почве

В среднем за 2007-2009 гг., запасы минерального азота в метровом слое почвы находились в прямой зависимости от внесенных удобрений (Рисунки 1, 2). Так, под сахарной свеклой на варианте без применения удобрений в начале вегетации их величина составила 101 кг/га, а при внесении одинарной ($N_{90}P_{90}K_{90}$ – вариант 8) и двойной доз ($N_{180}P_{180}K_{180}$ – вариант 9) они увеличивались до 189 и 186 кг/га, соответственно. На второй год последствия органических удобрений (вариант 11) запасы минерального азота составляли 168 кг/га, а при внесении на этом фоне по 90 кг/га NPK (вариант 13) наблюдалась наибольшая их величина – 197 кг/га.

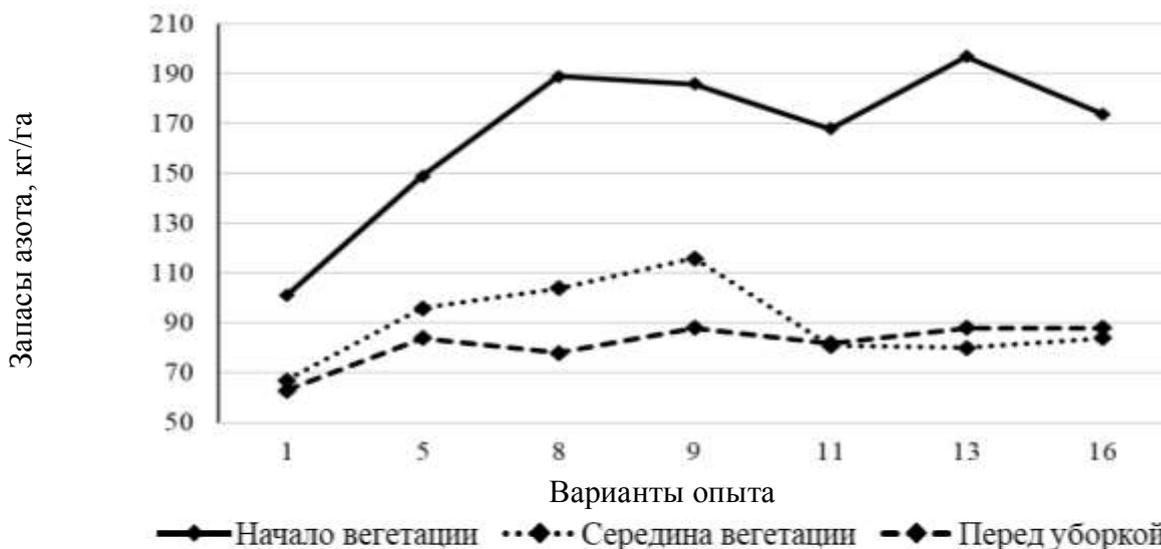


Рисунок 1 – Динамика запасов минерального азота в метровом слое чернозема типичного в период вегетации сахарной свеклы, кг/га (среднее за 2007–2009 гг.)

К середине вегетации сахарной свеклы происходило снижение запасов азота на 33-87 кг/га, а к концу вегетации еще на 4-28 кг/га.

В начале вегетации кукурузы внесение одинарной и двойной доз минеральных удобрений (варианты 8 и 9) способствовало увеличению запасов минерального азота в почве на 34 и 64 кг/га, соответственно, по сравнению с контролем. При внесении 20 т/га навоза и $N_{60}P_{60}K_{60}$ на этом фоне (варианты 11 и 13) их величина была близка к запасам азота на варианте с одинарной дозой минеральных удобрений и составляла 141 и 157 кг/га, соответственно. Стоит отметить, что, в отличие от сахарной свеклы, где самые высокие запасы азота к началу вегетации были получены на варианте с внесением одинарной дозы минеральных удобрений на фоне последействия навоза, под кукурузой на силос наибольшая их величина отмечалась на варианте с двойной дозой минеральных удобрений (вариант 9).

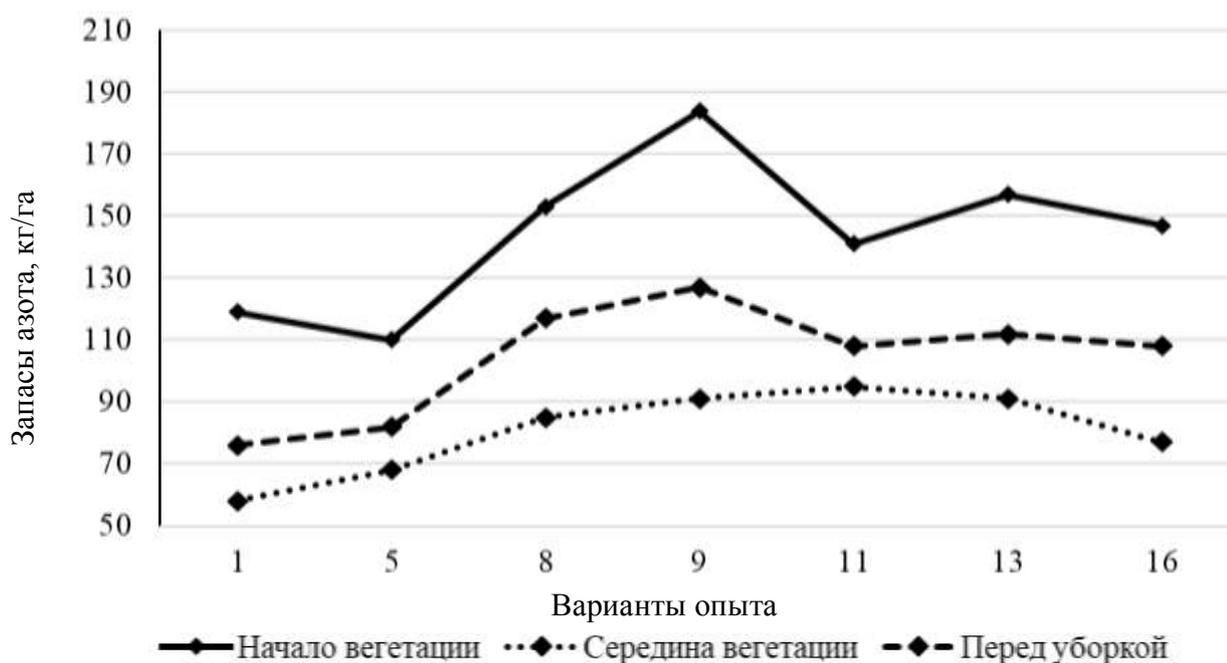


Рисунок 2 – Динамика запасов минерального азота в метровом слое чернозема типичного в период вегетации кукурузы, кг/га (среднее за 2007–2009 гг.)

К середине вегетации кукурузы запасы минерального азота в почве уменьшались в 1,5-2 раза. А к моменту уборки наблюдалось их восполнение на 13,5-35,9 кг/га.

3.3 Изменение содержания в почве подвижного фосфора

Многолетнее использование чернозема типичного без внесения удобрений не оказывало существенного влияния на изменение содержания подвижного фосфора в почве. Перед закладкой опыта оно составляло 69 мг/кг, а в период проведения исследований на контрольном варианте – 64-66 мг/кг.

При внесении минеральных удобрений под сахарную свеклу в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ (вариант 8) содержание подвижного фосфора в почве в начале вегетации культуры повышалось на 11 мг/кг по сравнению с контролем, а при увеличении этой дозы в два раза (вариант 9) еще на 14 мг/кг почвы. Благоприятное влияние на этот показатель оказывало и последствие 30 т/га навоза. Наибольшее содержание подвижного фосфора в почве, как и минерального азота, обеспечивало внесение $N_{90}P_{90}K_{90}$ на фоне последствия 30 т/га навоза (вариант 13).

Изменение содержания подвижного фосфора в почве под кукурузой на силос по вариантам опыта имело схожие закономерности его изменения с сахарной свеклой. Отличие заключалось в том, что наибольшее содержание подвижного фосфора в почве (106 мг/кг к началу вегетации) обеспечивало внесение двойной дозы удобрений (вариант 9). Непосредственное внесение навоза под кукурузу и его совместное применение с минеральными удобрениями в меньшей степени увеличивало содержание подвижного фосфора в почве, чем его последствие на сахарной свекле.

В течение периода вегетации сахарной свеклы и кукурузы содержание подвижного фосфора имело тенденцию к снижению. Однако это уменьшение было ниже величины выноса фосфора с урожаем культур.

4 КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПОД САХАРНОЙ СВЕКЛОЙ И КУКУРУЗОЙ

Наибольшее содержание подвижного калия в почве (метод Чирикова) под сахарной свеклой в течение всей вегетации было при внесении двойной дозы NPK, а в почве под кукурузой – на варианте с внесением навоза в сочетании с минеральными удобрениями и при внесении высоких доз калия (Рисунки 3, 4).

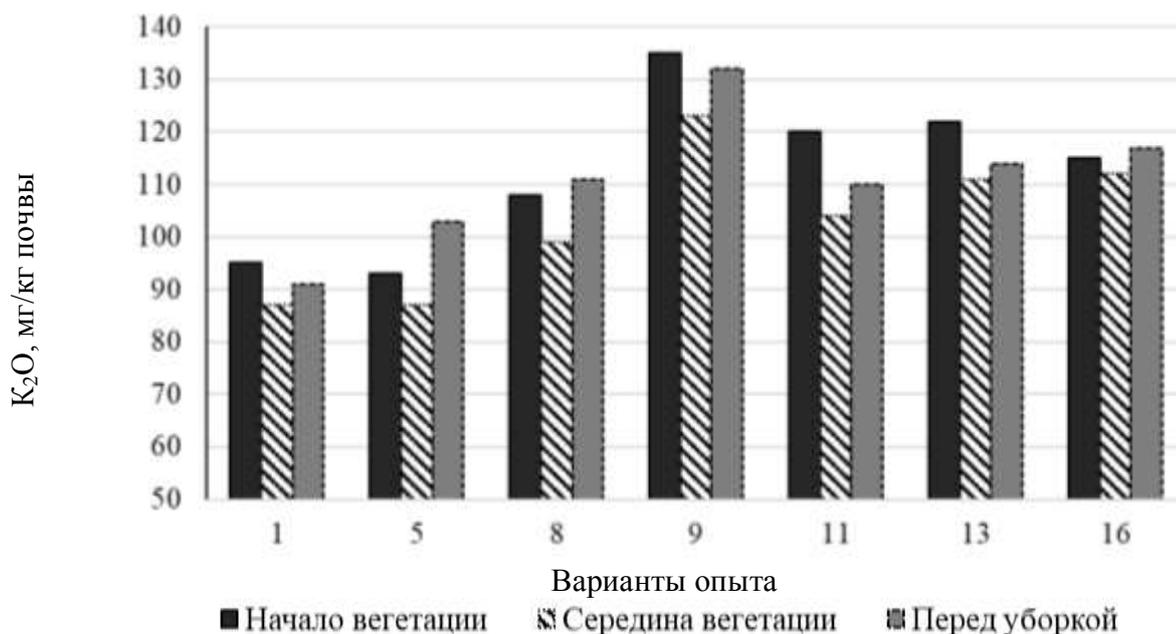


Рисунок 3 – Содержание в почве подвижного калия (мг/кг почвы) под сахарной свеклой (среднее за 2007–2009 гг.)

Азотно-фосфорные удобрения (вариант 5) без калийных не изменяют содержание подвижного калия, но на их фоне эффективность калийных удобрений существенно повышается.

В период активного роста вегетативной массы сахарной свеклы (середина вегетации) количество подвижных форм калия значительно снижается, но к уборке во все годы исследований происходит его восстановление практически до первоначального уровня.

В почве под кукурузой динамика содержания подвижного калия менее выражена, но также отмечается тенденция его восстановления до первоначального уровня.

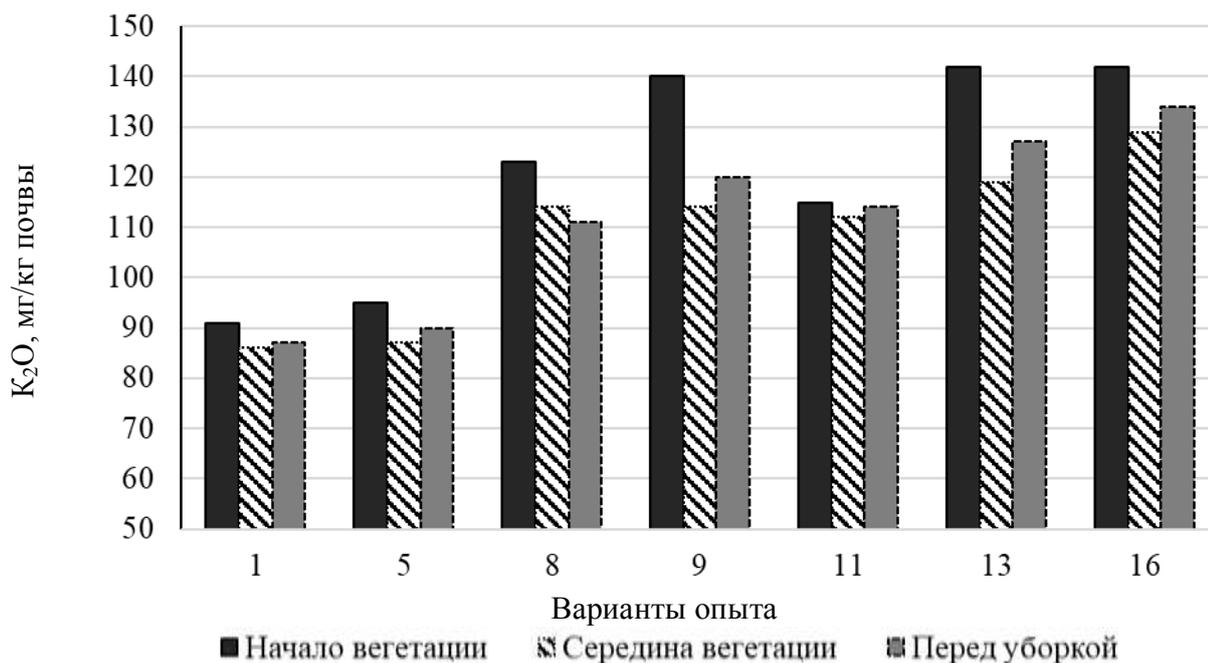


Рисунок 4 – Содержание в почве подвижного калия (мг/кг почвы) под кукурузой (среднее за 2007–2009 гг.)

Содержание обменного калия, определяемое по методу Масловой, было в 1,5-1,9 раз выше под сахарной свеклой и в 1,4-1,7 раза под кукурузой на силос, чем содержание подвижного калия (Рисунки 5, 6). Это говорит о том, что содержание подвижного калия не отражало в полной степени калийного состояния чернозема типичного. Однако общие закономерности изменения содержания подвижного и обменного калия по вариантам опыта были схожими.

Также важно отметить, разницу в содержании подвижного и обменного калия на варианте 11, где изучается последствие навоза (3 год). Содержание подвижного калия на этом варианте существенно превышало его содержание на контроле, особенно в начале вегетации (на 25 мг/кг почвы). В то же время содержание обменного калия на варианте 11 в начале и середине вегетации сахарной свеклы практически не отличалось от контрольного варианта (соответственно: 174 и 178 мг/кг в начале, 165 и 167 мг/кг в середине и 173 и 163 мг/кг в конце вегетации).

Под кукурузой на силос при внесении калийных удобрений в сочетании с азотно–фосфорными количество обменного калия по сравнению с вариантом N₆₀P₆₀ увеличилось на 32 мг/кг почвы, а по сравнению с контролем – на 40 мг/кг почвы.

Существенную роль в пополнении фонда обменного калия, как и под сахарной свеклой, сыграли дозы калийных удобрений. Двойная доза калия на двух фонах азота и фосфора (вариант 9) повышала содержание обменного калия по сравнению с одинарными дозами (вариант 8) в среднем на 25 мг/кг почвы. При чем это увеличение было практически в три раза выше, чем в случае подвижной формы (9 мг/кг почвы).

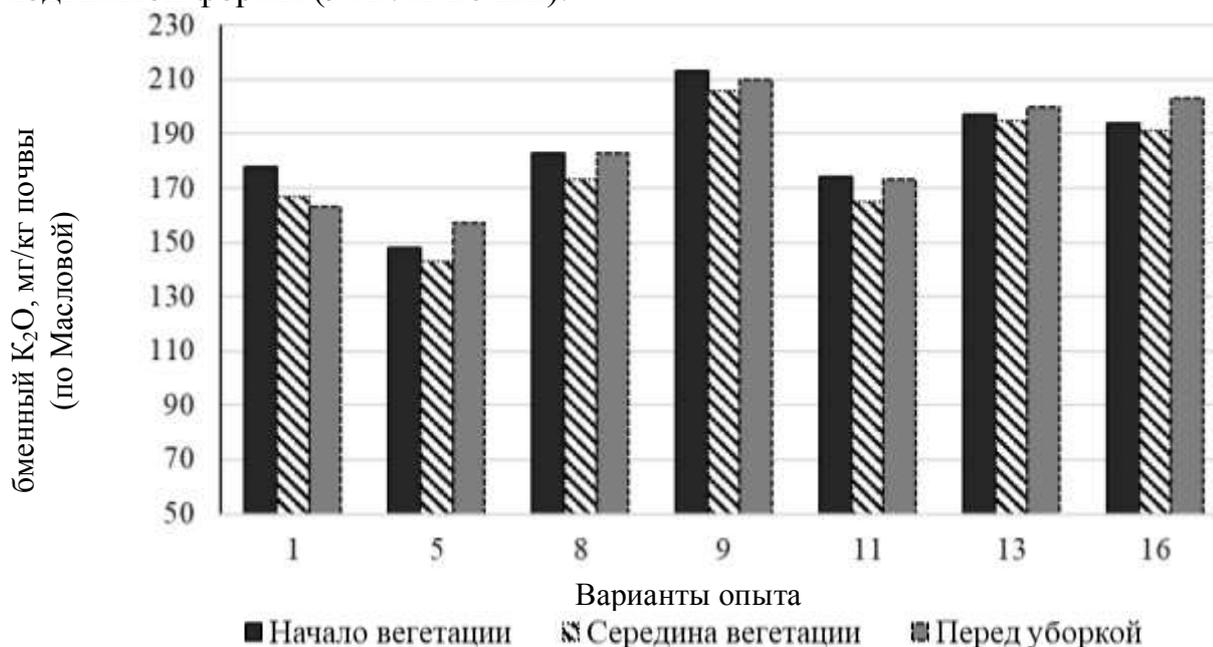


Рисунок 5 – Содержание в почве обменного калия (мг/кг почвы) под сахарной свеклой (среднее за 2007–2009 гг.)

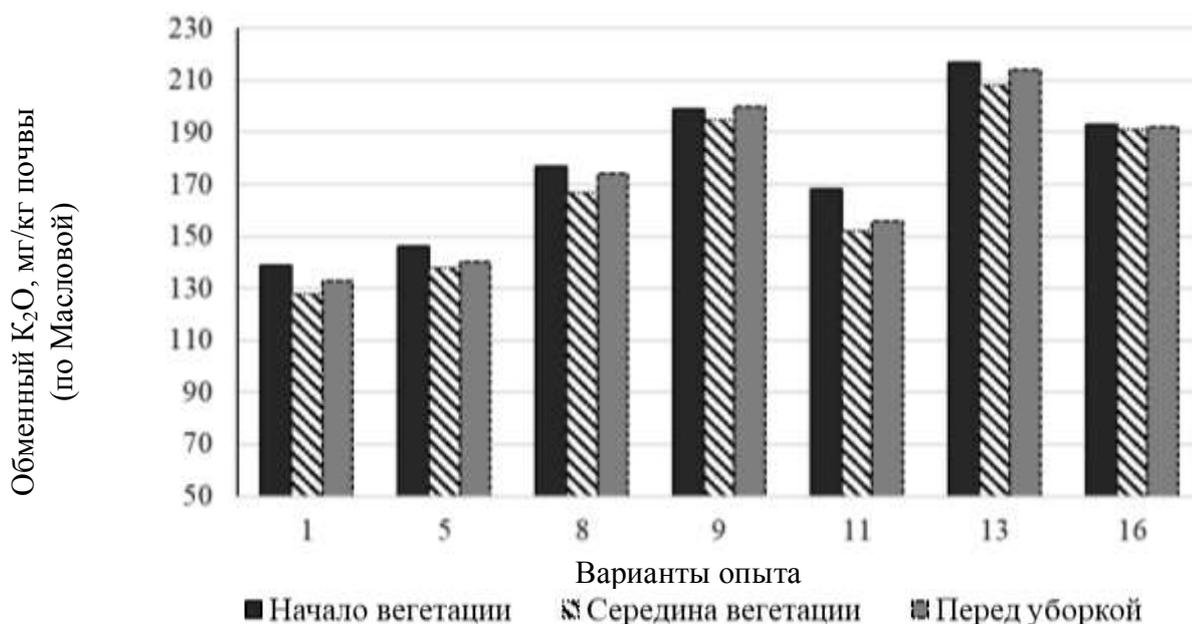


Рисунок 6 – Содержание в почве обменного калия (мг/кг почвы) под кукурузой (среднее за 2007–2009 гг.)

Содержание необменного калия (метод Пчелкина) в почве под сахарной свеклой заметно варьировало и по вариантам опыта, и по срокам отбора почвенных образцов: в начале вегетации от 510 до 829 мг/кг почвы, в середине от 482 до 791 мг/кг почвы, перед уборкой урожая – от 453 до 743 мг/кг почвы (Рисунки 7, 8). При этом минимальным в опыте оно было на варианте с внесением $N_{90}P_{90}$.

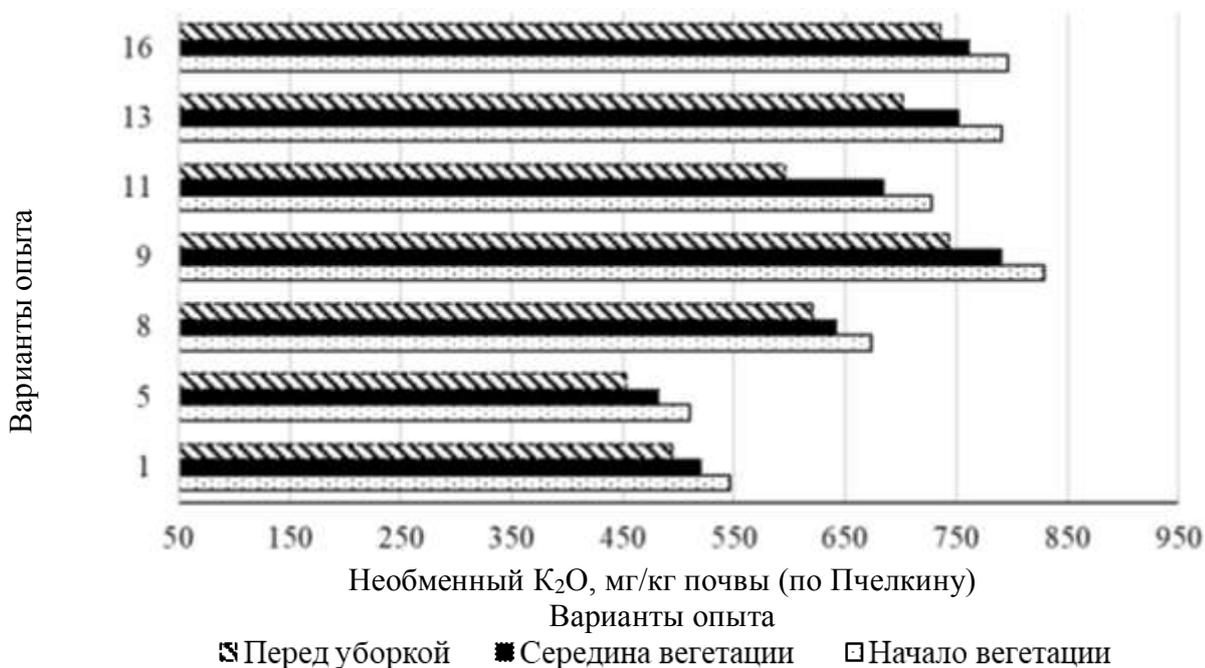


Рисунок 7 – Содержание в почве необменного калия (мг/кг почвы) под сахарной свеклой (среднее за 2007–2009 гг.)

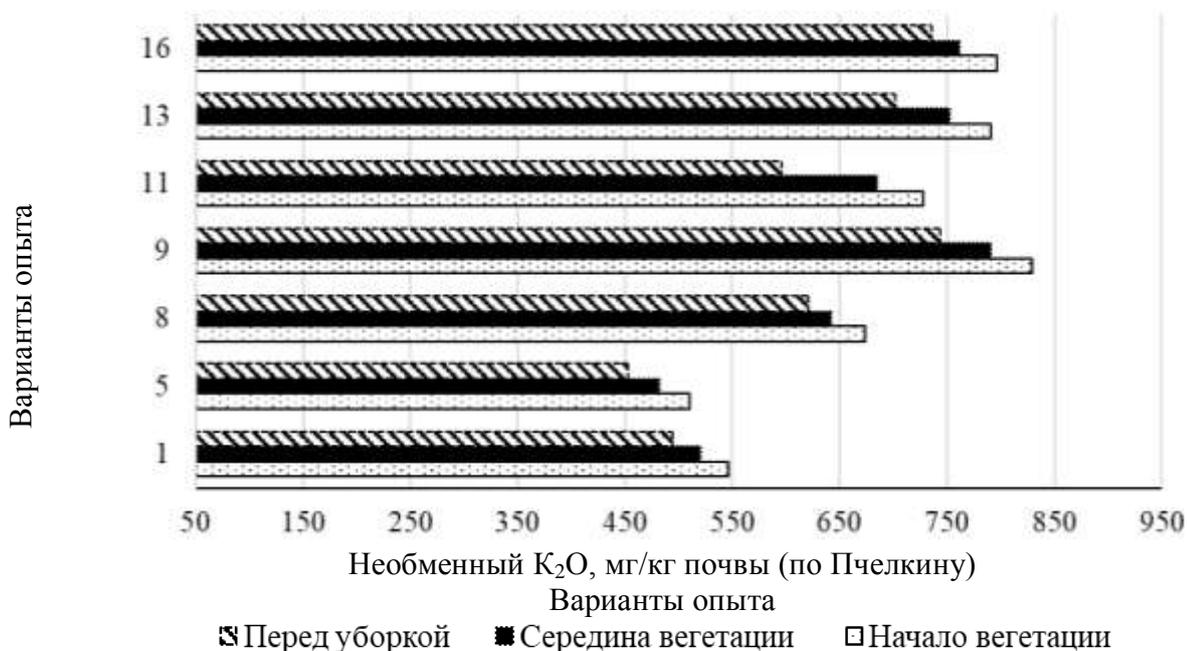


Рисунок 8 – Содержание в почве необменного калия (мг/кг почвы) под кукурузой (среднее за 2007–2009 гг.)

В течение вегетации кукурузы содержание обменной формы калия существенно уменьшалось от начала вегетации к середине, а к уборке вновь возрастало. Причем на вариантах опыта, где калий поступал в почву с минеральными или органическими удобрениями содержание его обменной формы к концу вегетации было даже несколько выше, чем в начале.

5 УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ И ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ

5.1 Урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы

Наибольшая урожайность и сбор сахара с одного гектара (в среднем за 2007-2009 гг.) получены на варианте с применением азота, фосфора и калия в удвоенной дозе (Таблица 1). В среднем за три года прибавка к контролю на этом варианте составила 188,1 ц/га или 76%.

Таблица 1 – Урожайность и содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы, среднее за 2007–2009 гг.

Варианты опыта	Урожайность корнеплодов, ц/га	Прибавка урожайности		Содержание са- хара, %	Сбор са- хара, ц/га
		ц/га	%		
1. Контроль без удоб- рений	248,6	–	–	17,6	43,8
5. N ₉₀ P ₉₀	333,0	84,4	34	16,6	55,4
8. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	362,7	114,1	46	17,2	62,4
9. N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	436,7	188,1	76	16,4	71,6
11. Последействие навоза 30 т/га	346,8	98,2	40	17,2	59,6
13. Последействие навоза 30 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	364,2	115,6	47	16,9	61,4
16. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₈₀	367,2	118,6	48	16,8	61,7

Самая низкая прибавка получена на варианте без внесения калийных удобрений (N₉₀P₉₀) – 84,4 ц/га или 34%. Добавление калия в дозе K₉₀ увеличивало прибавку урожайности по отношению к контролю до 46%. Удвоение дозы калия (K₁₈₀) по фону N₉₀P₉₀ практически не повлияло на урожайность, прибавка составила 48%.

Калийные удобрения, повышая урожайность, особенно в одинарной дозе, повышают и сахаристость корнеплодов – на 0,6 % по отношению к варианту N₉₀P₉₀, а в двойной дозе при незначительном повышении урожайности – на 0,2 %.

Урожайность зеленой массы кукурузы в меньшей степени, чем сахарной свеклы, зависела от погодных условий (Таблица 2). Если у сахарной свеклы на естественном фоне плодородия максимальные различия по годам исследований по величине урожая составила 53 %, то у кукурузы в два раза меньше – 26 %,

что связано с биологической особенностью кукурузы, как более засухоустойчивой.

В течение всех трех лет исследований внесение в почву калия на фоне азотно-фосфорных удобрений давало математически достоверную прибавку урожая кукурузы. Так, при внесении $N_{60}P_{60}$ получено в среднем за три года 250,4 ц/га, а при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 345,5 ц/га – прибавка от калия составила 95,1 ц/га.

Неоднозначным оказалось действие органических удобрений. При внесении 20 т/га навоза получена прибавка урожая по сравнению с контрольным вариантом 52,7 ц/га, совместно с оптимальной дозой минеральных удобрений – прирост урожая незначительный – 15,7 ц/га, тогда как прирост урожая от применения той же дозы минеральных удобрений без навоза – 147 ц/га.

Удобрения оказали существенное влияние на содержание протеина в зеленой массе кукурузы. Так, если на контрольном варианте в среднем за три года содержание протеина было 6,8%, то на вариантах с применением удобрений оно изменялось в пределах 7,0–10,2%. Максимальное содержание протеина и сбор его с 1 га были на варианте с двойной дозой NPK – 10,2% и 34,2 ц/га, соответственно.

Таблица 2 – Влияние удобрений на урожайность и качество зеленой массы кукурузы, среднее за 2007–2009 гг.

Варианты опыта	Урожайность зеленой массы, ц/га	Прибавка урожайности		Содержание протеина		Сбор протеина	
		ц/га	%	%	отклонение от контроля	ц/га	отклонение от контроля
1. Контроль без удобрений	197,6	–	–	6,8	–	13,4	–
5. $N_{60}P_{60}$	250,4	52,8	26,7	8,6	1,8	21,6	8,2
8. $N_{60}P_{60}K_{60}$	345,5	147,9	74,8	8,6	1,8	29,8	16,4
9. $N_{120}P_{120}K_{120}$	335,4	137,8	69,7	10,2	3,4	34,2	20,8
11. 20 т/га навоза	301,7	104,1	52,7	7,4	0,6	22,4	9,0
13. 20 т/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$	317,4	119,8	60,6	8,4	1,6	26,8	13,4
16. $N_{60}P_{60}K_{120}$	312,4	114,8	58,1	7,0	0,2	21,8	8,4

Калийные удобрения в дозе K_{60} не оказали влияния на содержание протеина, на варианте $N_{60}P_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$ в среднем за три года оно было одинаковым и составило 8,6%. Внесение же двойной дозы калия (K_{120}) на фоне $N_{60}P_{60}$ снижало содержание протеина в зеленой массе и составило 7,0%.

6 БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ

Результаты расчета баланса элементов питания под сахарной свеклой представлены в таблице 3. Полученные данные говорят о том, что возделывание сахарной свеклы без внесения минеральных удобрений (варианты 1 и 11) приводило к падению почвенного плодородия в отношении азота, фосфора и калия. Причем в наибольшей степени это проявлялось на варианте с последней-

ствием 30 т/га навоза, что объяснялось большим выносом элементов питания с возраставшей урожайностью культуры. Использование минеральных удобрений обеспечивало положительный баланс лишь в отношении фосфора.

Наибольший дефицит азота и калия среди вариантов с минеральными удобрениями наблюдался при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$, баланс фосфора при этом был положительным. Внесение двойной дозы минеральных удобрений (вариант 9) несколько сглаживало дефицит азота и калия. Применение двойной дозы калийных удобрений (K_{180}) на фоне $N_{90}P_{90}$ (вариант 16) способствовало достижению практически положительного баланса калия ($-7,2$ кг/га), в то время как баланс азота оставался на уровне варианта 8.

Интенсивность баланса элементов питания изменялась в широких пределах: азота от 12,3 до 80,8%, фосфора от 27,8 до 429,6%, калия от 10,8 до 96,2%. При этом норматив баланса элементов питания по азоту для черноземных почв составляет 100%, то есть внесение изучаемых доз минеральных удобрений приводило к существенному ухудшению азотного режима чернозема типичного.

Таблица 3 – Баланс элементов питания под сахарной свеклой, среднее за 2007–2009 гг.

Варианты	Баланс +/-, кг/га			Интенсивность баланса, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль, без удобрений	-99,5	-22,1	-115,2	12,3	-	-
5. $N_{90}P_{90}$	-69,6	58,4	-155,9	59,9	285,1	-
8. $N_{90}P_{90}K_{90}$	-75,9	57,3	-81,3	57,8	275,5	52,5
9. $N_{180}P_{180}K_{180}$	-46,0	138,1	-30,5	80,8	429,6	85,5
11. Последствие 30 т/га навоза	-116,5	-19,5	-148,8	27,4	27,8	10,8
13. Последствие 30 т/га навоза + $N_{90}P_{90}K_{90}$	-59,4	67,1	-76,8	69,3	320,4	58,4
16. $N_{90}P_{90}K_{180}$	-85,6	59,3	-7,2	54,9	292,8	96,2

Баланс элементов питания под кукурузой на силос (таблица 4) имел некоторые отличия (Таблица 4). В отношении азота достижению положительной его величины, так же, как и в случае с сахарной свеклой, изучаемые варианты опыта не способствовали. Интенсивность баланса азота была ниже 100%. В то же время профицит баланса фосфора был значительно ниже, а на варианте с одинарной дозой удобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$) складывался отрицательный баланс этого элемента.

Интенсивность баланса фосфора изменялась от 23,7% на варианте с внесением 20 т/га навоза до 212,5% при использовании минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}$.

Положительный баланс калия был получен на вариантах с совместным внесением 20 т/га навоза и $N_{60}P_{60}K_{60}$, а также при использовании минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{120}$ – 1,8 и 22,0 кг/га, соответственно.

Таблица 4 – Баланс элементов питания под кукурузой, среднее за 2007–2009 гг.

Варианты	Баланс +/-, кг/га			Интенсивность баланса, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль без удобрений	-56,8	-38,7	-74,5	19,8	-	-
5. N ₆₀ P ₆₀	-46,7	31,8	-84,1	61,3	212,5	-
8. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	-80,9	-15,6	-72,5	47,8	79,4	45,3
9. N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	-56,9	49,4	-13,6	70,2	169,9	89,8
11. 20 т/га навоза	-76,5	-40,2	-57,1	30,8	23,7	51,2
13. 20 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	-51,0	22,2	1,8	64,8	144,0	101,6
16. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	-48,0	0,3	22,0	60,7	100,6	122,5

7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД САХАРНУЮ СВЕКЛУ И КУКУРУЗУ НА СИЛОС

При внесении удобрений под сахарную свеклу наблюдалось повышение стоимости продукции на 23632-53592 руб. по сравнению с неудобренным вариантом опыта. Самая высокая стоимость продукции наблюдалась в случае использования двойной дозы удобрений (N₁₈₀P₁₈₀K₁₈₀), а самая низкая – на вариантах с азотно-фосфорными удобрениями и последствием 30 т/га навоза (варианты 5 и 11). При этом себестоимость 1 ц продукции среди удобренных вариантов опыта изменялась от 160,1 руб. (на варианте с последствием 30 т/га навоза) до 187,0 руб. (при внесении на фоне последствия навоза N₉₀P₉₀K₉₀).

На всех вариантах опыта были получены условно-чистый доход (31527-43144 руб.) и дополнительный доход (10128-21745 руб.). Наибольшей величины эти показатели достигали на варианте опыта с двойной дозой минеральных удобрений, наименьшей – при внесении только азотно-фосфорных удобрений.

Уровень рентабельности производства на вариантах опыта с минеральными удобрениями изменялся в пределах 51,1-56,2%, с выраженным преимуществом варианта с одинарной дозой минеральных удобрений (N₉₀P₉₀K₉₀). При внесении этой же дозы минеральных удобрений на фоне последствия 30 т/га навоза рентабельность снижалась до 49,7%. Наибольшая величина рентабельности производства в опыте (74,9%) получена на варианте с последствием 30 т/га навоза. Однако следует помнить, что на этом варианте по всем изучаемым элементам питания складывается отрицательный баланс.

Внесение удобрений под кукурузу на силос также было экономически оправданным. Несмотря на достаточно высокую себестоимость 1 ц кормовых единиц (476,6-545,9 руб.), на всех удобренных вариантах опыта получен условно-чистый и дополнительный доход. При чем наибольшие значения – 19430 и 10584 руб., соответственно, – эти показатели имели на варианте с одинарной дозой минеральных удобрений (N₆₀P₆₀K₆₀), а наименьшие, как и при выращивании сахарной свеклы, на варианте с азотно-фосфорными удобрениями (N₆₀P₆₀).

Уровень рентабельности производства кукурузы на силос изменялся в широких пределах от 28,2 до 67,1%. Наибольшим он был на варианте с внесением N₆₀P₆₀K₆₀. Достаточно высокую рентабельность производства (61,8%)

обеспечивало и внесение 20 т/га навоза. Остальные варианты опыта отличались существенно меньшей величиной этого показателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При многолетнем сельскохозяйственном использовании чернозема типичного происходит его подкисление. Без внесения удобрений актуальная кислотность повышалась под сахарной свеклой на 0,80 единиц рН солевой вытяжки, под кукурузой – на 0,78. При применении минеральных удобрений этот процесс усиливается под сахарной свеклой и кукурузой в равной степени, причем внесение калийных удобрений в разных дозах не приводит к увеличению кислотности почвенного раствора.

Внесение органических удобрений как в чистом виде, так и в комплексе с минеральными снижает темпы роста кислотности, но не останавливает этот процесс.

2. При применении высоких доз минеральных удобрений снижается сумма поглощенных оснований по сравнению с контрольным вариантом под сахарной свеклой на 0,8 мг-экв./100 г почвы, под кукурузой на силос – на 1,8 мг-экв./100 г почвы. Отмечена тенденция снижения степени насыщенности основаниями при использовании минеральных удобрений и повышения на 0,6–1,3 % при внесении органических удобрений.

3. При внесении минеральных удобрений запасы минерального азота в почве в начале вегетации увеличиваются по сравнению с контролем на 48,5–88,5 кг/га под сахарной свеклой и на 27,5–64,3 кг/га под кукурузой на силос.

Наибольший запас минерального азота в начале вегетации создается в почве под сахарной свеклой при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$ на фоне второго года последствий навоза – 197,4 кг/га и при внесении двойной дозы полного минерального удобрения ($N_{120}P_{120}K_{120}$) под кукурузу на силос – 183,5 кг/га. Из всех удобренных вариантов минимальные запасы минерального азота были при внесении в почву азотно-фосфорных удобрений.

4. В общем запасе минерального азота в начале вегетации сахарной свеклы и кукурузы преобладал нитратный азот, содержание которого к концу вегетации сокращалось в большей степени, чем аммонийного. Чем выше содержание минерального азота в начале вегетации, тем интенсивнее происходит его уменьшение к середине вегетации за счет нитратов. Так, на варианте $N_{90}P_{90}K_{90}$ совместно с последствием навоза под сахарной свеклой запасы минерального азота снижались со 197,4 до 80,3 кг/га, под кукурузой на варианте $N_{120}P_{120}K_{120}$ – с 183,5 до 91,4 кг/га или, соответственно, на 59 и 50 %. При минимальных запасах на азотно-фосфорном фоне в почве под сахарной свеклой снижение запасов минерального азота составило 35 %, под кукурузой на силос – 38 %.

5. Фосфорный режим при многолетнем применении удобрений в почве под сахарной свеклой в начале вегетации наиболее благоприятно складывался на фоне последствий органических удобрений и при внесении высоких доз

азота, фосфора и калия: в слое 0–20 см содержалось – 103,6–111,2 мг/кг почвы P_2O_5 , в слое 20–40 см – 81,5–92,6 мг/кг почвы.

К концу вегетации количество подвижного фосфора уменьшилось на 15–30 %.

В почве под кукурузой максимальное содержание подвижного фосфора было при внесении высоких доз минеральных удобрений и снижалось к концу вегетации от 108 до 95,2 мг/кг почвы в слое 0–20 см. Минимальное его количество было в почве контрольного варианта, среди удобренных вариантов – при внесении азотно-фосфорных удобрений.

6. В зависимости от уровня удобренности количество необменного калия в почве изменялось в значительных пределах: в начале вегетации под сахарной свеклой от 510 до 829 мг/кг почвы, перед уборкой – от 482 до 788 мг/кг почвы. В почве под кукурузой колебания по отдельным вариантам менее выражены. На вариантах с внесением высоких доз минеральных удобрений содержание необменного калия уменьшалось в большей степени, чем при внесении умеренных доз, что связано с повышенным выносом калия с более высоким урожаем и переходом части необменного калия в усвояемые формы.

7. При интенсивном использовании пашни происходит снижение содержания в почве обменного калия и лишь на вариантах с двойной дозой калийных удобрений его содержание стабилизируется на уровне 5 класса. С уменьшением доз калийных удобрений уменьшается его содержание в почве. На фоне одинарных доз азота и фосфора внесение одинарной дозы калия в среднем за вегетацию повысило содержание обменного калия в почве под сахарной свеклой на 31 мг/кг, по сравнению с контролем – на 11 мг/кг, в почве под кукурузой, соответственно, на 22 и 40 мг/кг. При внесении двойной дозы калия различия усиливаются еще в большей степени.

Последствие органических удобрений с внесением минеральных под сахарную свеклу повышает содержание в почве обменного калия по сравнению с последствием одних органических удобрений в среднем за вегетацию на 26 мг/кг, по сравнению с вариантом $N_{90}P_{90}K_{90}$ без навоза – на 17 мг/кг; под кукурузой на силос соответственно по фонам, на 54 и 40 мг/кг почвы.

8. В почве под сахарной свеклой и кукурузой наибольшее количество подвижного калия было на вариантах с максимально высокой урожайностью и внесением высоких доз калия, кроме того, повышенное его содержание было при применении органических удобрений.

В течение вегетации содержание в почве подвижного калия более стабильно, чем других его форм: к середине вегетации несколько убывает в результате использования растениями сахарной свеклы и кукурузы, а к концу вегетации вновь возрастает, превосходя по некоторым вариантам первоначальный уровень.

В среднем на удобренных вариантах сахарной свеклы содержание подвижного калия к середине вегетации снизилось незначительно – на 2 %, в почве под кукурузой – на 14 %, а к концу вегетации вновь повысилось, соответственно, на 4 и 3 %.

9. Наибольшее содержание всех форм калия под сахарной свеклой в течение вегетации было при внесении двойной дозы NPK, а под кукурузой – на варианте с внесением навоза в сочетании с минеральными удобрениями. При этом содержание обменного калия, определяемое по методу Масловой, было в 1,5-1,9 раз выше под сахарной свеклой и в 1,4-1,7 раза под кукурузой на силос, чем содержание подвижного калия. Это говорит о том, что содержание подвижного калия не отражало в полной степени калийного состояния чернозема типичного. Однако общие закономерности изменения содержания подвижного и обменного калия по вариантам опыта были схожими.

Необменная форма калия, хотя и считается второстепенным источником для питания растений данным элементом (после обменной формы), все же активно участвует в этом процессе. Это доказывается существенным снижением содержания необменного калия к концу вегетации под сахарной свеклой и к середине под кукурузой на силос.

10. Среди изучаемых вариантов по величине урожайности корнеплодов сахарной свеклы и сбору сахара с гектара отмечено явное преимущество варианта с двойной дозой азота, фосфора и калия, соответственно, 436,7 ц/га и 76,0 ц/га; при внесении одинарной дозы – 367 ц/га и 58,8 ц/га.

11. Внесение в почву удобрений при возделывании кукурузы на силос в одинарной и двойной дозах на фоне $N_{60}P_{60}$ ежегодно давало математически достоверную прибавку: в среднем за 3 года при внесении $N_{60}P_{60}$ получено 250,4 ц/га, а при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 345,5 ц/га. Применение повышенных доз калия не приводило к дальнейшему росту урожайности зеленой массы и снижало ее качество. Удвоенная доза азота, фосфора и калия так же повышала урожайность кукурузы, но в меньшей степени, чем одинарная.

12. Как под сахарной свеклой, так и под кукурузой достижению наиболее оптимального баланса элементов питания способствовало внесение одинарной дозы минеральных удобрений совместно с органическими (вариант 13) и двойной дозы минеральных удобрений (вариант 9).

13. Самая высокая рентабельность производства сахарной свеклы в опыте получена на варианте с последствием 30 т/га навоза – 74,0 %, при внесении других доз удобрений рентабельность снижается до 51,1–56,2 %. При этом среди удобренных вариантов наибольшим экономическим эффектом отличался вариант с внесением умеренных доз минеральных удобрений – $N_{90}P_{90}K_{90}$. При внесении удобрений под кукурузу наибольшей экономической эффективностью отличались два варианта опыта – $N_{60}P_{60}K_{60}$ и внесение 20 т/га навоза, где уровень рентабельность производства составил 67,1 и 61,8%, соответственно.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При многолетнем применении в севообороте органических и минеральных удобрений в целях оптимизации плодородия почвы, повышения урожайности, качества продукции и экономической целесообразности на чернозе-

ме типичном под сахарную свеклу целесообразно вносить минеральные удобрения на уровне $N_{90}P_{90}K_{90}$, под кукурузу на силос – $N_{60}P_{60}K_{60}$.

2. Внесение минеральных удобрений на фоне навоза как в прямом действии под кукурузу на силос, так и в последствии под сахарную свеклу нецелесообразно. Это особенно актуально при переходе на биологическое (органическое) земледелие.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В работе установлено, что содержание калия, доступного для питания растений, пополняется, главным образом, за счет необменной формы. В дальнейших исследованиях необходимо установить зависимость интенсивности этого процесса от внешних факторов (почвенных и климатических условий, видов и доз вносимых удобрений и т.д.), а также количественные параметры этого процесса.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Подрезов П.И. Влияние многолетнего применения удобрений на агрохимические свойства чернозема типичного, урожайность и качество возделываемой на силос кукурузы / П.И. Подрезов, Н.Г. Мязин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 12. – № 4 (63). – С. 105-112.

2. Подрезов П.И. Влияние многолетнего внесения удобрений на урожайность и качество урожая сахарной свеклы, выращиваемой на черноземе типичном / П.И. Подрезов, Н.Г. Мязин, А.Н. Кожокина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 14. – № 4 (71). – С. 49-57.

В аналитических сборниках и материалах конференций

3. Влияние 17-ти видов остаточного и вновь созданного текущего агроплодородия на особенности формирования сахарной свеклы и недополученную долю ее урожая за 21-37 лет в длительном стационаре / В.И. Воронин, А.Ф. Стулин, Д.Н. Блеканов, П.И. Подрезов, Н.А. Бахтин // Успехи современной науки. – 2017. – №2. – С. 201-215.

4. Недополученный урожай кукурузы в условиях ее возделывания в севообороте и бессменной культуре / В.И. Воронин, А.Ф. Стулин, В.Н. Жердев, Д.Н. Блеканов, П.И. Подрезов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. - 309 с.

5. Оценка продуктивности кукурузы в условиях выращивания ее в севообороте и в виде монокультуры при длительном применении удобрений / В.И. Воронин, А.Ф. Стулин, Д.Н. Блеканов, П.И. Подрезов, Н.А. Драчёв // Успехи современной науки. – 2017. – №7. – С. 18-25.

6. Доля 50-летнего влияния почвы и удобрений на величину видов урожая 10 культур севооборота / В.И. Воронин, А.Ф. Стулин, Д.Н. Блеканов, П.И. Подрезов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. - 303 с

7. Подрезов П.И. Влияние многолетнего внесения удобрений на калийный режим чернозема типичного под кукурузой / П.И. Подрезов, Н.Г. Мязин, А.Н. Кожокина // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции. – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С. 95-102

8. Подрезов П.И. Баланс элементов питания при многолетнем внесении удобрений под сахарную свёклу / П.И. Подрезов, Н.Г. Мязин, А.Н. Кожокина // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции. – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С. 102-107