

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I»

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

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель - доктор  
сельскохозяйственных наук,  
профессор Мязин Николай Георгиевич

Воронеж –2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	10
1.1 Влияние удобрений на свойства почвы .....	10
1.2 Формы калия в почве и их доступность растениями .....	14
1.3 Роль калия в жизни растений .....	19
1.4 Особенности калийного питания сахарной свеклы и кукурузы на силос .....	21
2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ...	25
2.1 Почвенно-географические условия .....	25
2.2 Растительность .....	27
2.3 Климатические условия .....	29
2.4 Объект и методы исследований .....	33
3 ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПОД САХАРНОЙ СВЕКЛОЙ И КУКУРУЗОЙ НА СИЛОС ПРИ МНОГОЛЕТНЕМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ .....	40
3.1 Влияние многолетнего применения удобрений на основные физико-химические свойства чернозема типичного.....	40
3.2 Влияние многолетнего применения удобрений на динамику минерального азота в почве .....	46
3.3 Изменение содержания в почве подвижного фосфора .....	58
4 КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ ПОД САХАРНОЙ СВЕКЛОЙ И КУКУРУЗОЙ .....	65
5 УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ И ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ.....	76
5.1 Урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы .....	76
5.2 Урожайность и качество зеленой массы кукурузы .....	83

6 БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ.....	92
7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД САХАРНУЮ СВЕКЛУ И КУКУРУЗУ НА СИЛОС .....	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	106
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	111
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ .....	112
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	113
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	142

## ВВЕДЕНИЕ

**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 [8, 158, 161]. Однако, хотя запасы калия в почве значительно превышают наличие других элементов питания, только около 2 % его общего содержания составляет обменный легкодоступный для растений калий [162, 164]. При этом калий является необходимым и незаменимым элементом в питании растений. Без калия, как и без азота и фосфора, невозможно нормальное развитие сельскохозяйственных культур [111, 135, 228, 229].

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 [107, 129, 160, 190, 192]. Заметное снижение продуктивности пашни, происходящее не только без применения калийных удобрений [128, 169, 222], но и при недостаточном их внесении, не соответствует сложившемуся отношению к калийным удобрениям как к менее нужным [24, 108, 148, 159].

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 [22, 41, 46, 53, 76, 229, 232]. 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 [111, 164, 214, 215].

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

Даны 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 стационарного опыта обобщены результаты исследований многолетнего 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 четырехкратной 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 4 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.

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.

## 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Влияние удобрений на свойства почвы

Классики научного генетического почвоведения В.В. Докучаев, П.А. Костычев, Н.М. Сибирцев установили, что урожайность культурных растений зависит от свойств почвы, погоды и местности, однако сущность термина «плодородие» не рассматривали. Обширные работы в этом направлении проведены В.Р. Вильямсом (1951), который рассматривал плодородие как способность почвы обеспечивать потребность растений в физиологических факторах их жизни [32].

На современном этапе развития почвоведения понятие термину «плодородие» ученые дают на основании определения В.Р. Вильямса, при этом имеют в виду взаимосвязанный комплекс режимов и свойств почвы: 1) гумусное состояние почв; 2) гранулометрический состав; 3) оптимальные физические свойства – плотность, агрегированность и т.д.; 4) реакция почвенной среды, степень насыщенности основаниями, емкость поглощения, состав обменных катионов; 5) агрохимические показатели, характеризующие питательный режим – содержание доступных элементов для питания растений [49, 50, 77, 78]. Интенсивное использование пашни приводит к значительному снижению в почве содержания гумуса и питательных веществ, а необоснованное применение минеральных удобрений может привести к негативным последствиям [19, 146, 227].

Квалифицированное решение вопросов по увеличению продуктивности сельскохозяйственных культур, сохранению и воспроизводству почвенного плодородия в интенсивном земледелии невозможно без знания степени и

направленности влияния выращиваемых растений и применяемых удобрений на свойства почвы.

Одним из основных показателей качественного состояния почвы является содержание в ней гумуса.

Ряд ученых высказывали мнение о том, что простое или расширенное воспроизводство гумуса может быть достигнуто лишь при применении органических удобрений или длительной культуре бобово-злаковых трав [18, 23, 58, 59, 135, 188, 213, 216, 217].

В Лесостепи Украины на черноземе типичном запасы гумуса не изменялись при внесении 6 т/га навоза и 0,69 т/га минеральных удобрений, и лишь при повышенных дозах минеральных удобрений отмечена тенденция к их увеличению [168]. В опытах ВНИИСС содержание гумуса за 11 лет снизилось как на контроле, так и при использовании различных доз минеральных удобрений в сочетании с органическими [91].

В стационарном опыте НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева при длительном применении одних минеральных удобрений отмечено снижение в почве содержания гумуса и азота [34]. Применение минеральных удобрений совместно с органическими повысило содержание гумуса по сравнению с исходным [220, 221].

В то же время ряд исследований показывает в одних случаях увеличение содержания гумуса в почве от применения минеральных и органических удобрений [12, 44, 45, 55, 104, 172], в других – от применения одних минеральных удобрений [138], в третьих – его стабилизацию без применения удобрений [29]. В исследованиях И.Н. Листопадова (1980, 1984) использование пашни без применения удобрений снижало содержание гумуса в почве, применение только минеральных – стабилизировало, а органоминеральные удобрения повышали содержание гумуса [93, 94].

Казалось бы, противоречивые выводы, по нашему мнению, могут быть вполне закономерными. Внесение органических удобрений при оптимальной

влажности почвы и высокой температуре вызывает бурную активизацию микробиологической деятельности, способствующей гумификации органического вещества. Повышение содержания гумуса от применения только минеральных удобрений можно объяснить тем, что в составе органического вещества много негумифицированных растительных остатков. Стабилизация содержания гумуса без применения удобрений может быть достигнута путем агрофитоценоотического воздействия многолетних трав, определенного насыщения севооборота зерновыми культурами, при котором равновесное состояние разложения и синтеза гумусовых веществ регулируется послеуборочными остатками с невысокой продуктивностью пашни [88, 89].

При регулярном применении минеральных удобрений в севообороте иногда происходит ухудшение некоторых физико-химических свойств почвы [6, 64].

Например, в опытах Рязанского НИИСХ при применении минеральных удобрений гидролитическая кислотность возрастала с 3,56 мг-экв/100 г до 4,37 мг-экв/100 г почвы [138].

Однако в исследованиях других ученых систематическое применение минеральных удобрений не всегда сопровождалось ухудшением свойств почвы [67, 115, 201].

На дерново-подзолистых почвах 60-летнее внесение минеральных удобрений подкисляло почву, но повышало в ней содержание подвижных форм макроэлементов [122]. Аналогичные данные получены на выщелоченном черноземе Тамбовской области [60], на типичном черноземе Тамбовской, Белгородской, Липецкой областей [66, 73, 96, 98, 99, 177, 178], черноземах Ставрополя [218].

Длительное применение минеральных удобрений, как показывают результаты ряда исследователей, не влияет на физические свойства почвы [30, 132]. В исследованиях В.А. Королева (1996, 2007) имела место слабо

выраженная тенденция в сторону улучшения общих физических свойств чернозема типичного при систематическом применении навоза, и не было реакции на минеральные удобрения [81, 82]. В других исследованиях минеральные удобрения улучшали физические свойства почвы опосредованно: внесение минеральных удобрений способствовало более высокому уровню урожайности культур севооборота и, соответственно, увеличению поступления в почву органического вещества в виде послеуборочных растительных остатков [60, 163].

Одним из важнейших показателей плодородия черноземов является биологическая активность почвы. Деятельностью почвенных микроорганизмов обусловлены процессы разложения растительных остатков, синтез и минерализация гумуса, ход аммонификации и нитрификации, трансформация труднодоступных форм питательных веществ в усвояемые для растений формы. Эффективность минеральных удобрений связана с уровнем биологической активности почвы. Внесение минеральных удобрений в почву с высокой биологической активностью повышает их полезное действие. Вместе с тем, слишком высокие дозы минеральных удобрений приводят к стагнации активности почвенной микрофлоры. Так, в стационарном опыте НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева при применении минеральных удобрений свыше 120 кг д.в. азота, фосфора и калия уменьшалось количество грибов, актиномицетов, процесс разложения растительных остатков замедлялся [33, 34].

Следовательно, минеральные и органические удобрения являются действенным фактором регулирования плодородия почвы в адаптивно-ландшафтном земледелии. Система удобрений должна базироваться на всестороннем обосновании видов, доз, соотношений, форм, способов их применения с одновременной оптимизацией плодородия почв.

## 1.2 Формы калия в почве и их доступность растениям

По вопросу о формах соединения калия в почвах проведено значительное количество исследований [26, 27, 38, 39, 40, 139, 142, 143, 164, 212 и др.]. Несмотря на это в настоящее время нет единого критерия характеристики почв в отношении калия.

Гедройц К.К. (1955) подразделял калий на: 1) калий почвенного раствора; 2) калий поглощенный (интенсивно и экстенсивно обменивающийся); 3) валовой калий – калий почвенного скелета [38].

Важенин И.Г. (1959, 1965) формы калия разделял на калий почвенного раствора; калий почвенного поглощающего комплекса, который состоит из интенсивно и экстенсивно обменивающихся ионов и необменных ионов; калий почвенного скелета (минеральной части), состоящий из экстенсивно обменивающихся и необменных ионов. Кроме того, он выделял калий органических остатков почве [25, 27].

Arnold (1962, цит. по Пчелкину В.У., 1966) считал, что калий почвы подразделяется на категории: водорастворимый, легкообменный, с плохой обменной способностью (или связанный) и необменный. При этом им установлено равновесие между категориями: между водорастворимым и легкообменным происходит быстрое изменение, между легкообменным и труднообменным, а также труднообменным и необменным – медленное изменение [164].

Горбунов Н.И. (1965, 1967) дал следующую схему связи катионов калия почвы с питанием растений: 1) источником питания растений служат растворимые соли; 2) непосредственным резервом являются обменные катионы и малорастворимые соли; 3) ближайшим резервом служат гидрослюды, вермикулиты, вторичные хлориты, монтмориллонит, необменные катионы, малорастворимые соли; 4) потенциальным резервом

служат полевые шпаты, слюды, первичные хлориты, пироксены, амфиболы, апатит [39, 40].

По данным Н.И. Клостера (2012) в условиях длительного отсутствия удобрений в системе минерального питания возделываемых культур происходит интенсивное закрепление почвой свежавнесенного обменного калия. Начиная с третьего года отмечается повышение содержания обменного калия в пахотном слое при внесении калийных удобрений, затем создаются условия для его равновесного баланса. По истечению двух ротаций зернопаропропашного севооборота происходит обогащение почвы обменным калием. По мнению автора, этому способствовало относительно равномерное распределение доз минеральных удобрений под культуры севооборота [79].

Пчелкин В.У. (1966, 1970) показал, что изменение в количествах любой формы калия оказывает влияние на все другие и, на основании проведенных исследований, почвенный калий представил в следующих формах: 1) водорастворимый; 2) обменный; 3) труднообменный или резервный калий почвы, а также фиксированный калий; 4) необменный, в том числе фиксированный калий; 5) калий нерастворимых алюмосиликатов; 6) калий органической части почвы (микробы, органические остатки) [164, 165].

Водорастворимого калия обычно незначительное количество, в почвенном растворе он представлен солями угольной, азотной, фосфорной кислот и находится в относительно несвязанном поглощенном комплексном состоянии. Разграничение между водорастворимой формой и обменным калием является довольно условным, между водорастворимым и обменным калием существует подвижное равновесие. По мере потребления калия растениями из раствора количество обменного калия уменьшается. При одном и том же количестве обменного калия возобновление его будет различно в зависимости от источника калия в почве. В связи с этим большое значение имеет определение резервного или гидролизующего калия.

Ближайшим резервом для обменного калия является калий слюд и глинистых минералов, а также фиксированный калий в почве – калий удобрений, который после внесения в почву не может быть вытеснен в раствор нейтральных солей.

Необменный калий, включающий фиксированный калий, отличается слабой доступностью растениям по сравнению с резервным калием. Основным источником обменного калия являются слюды и их гидратированные разновидности и другие глинистые минералы.

Для калия нерастворимых алюмосиликатов основным источником являются полевые шпаты, частично мусковит и гидратированные слюды.

Калий, поглощенный органической частью почвы (микробами, органическими остатками и гумифицированным веществом), составляет весьма небольшое количество.

По мере использования растениями обменного калия в раствор может переходить труднообменный калий, а также калий кристаллической решетки минералов, то есть между формами калия существует подвижное равновесие. Однако темпы перехода калия в раствор из необменных форм весьма часто не могут обеспечить потребность растений в этом элементе питания [161], кроме того длительное истощение почвы по калию приводит к появлению высокоселективных к нему позиций, и можно ожидать снижения эффективности применения калийных удобрений, поскольку часть внесенного калия не будет использована растениями, а будет необменно поглощена почвой [109, 236, 238].

При использовании черноземных почв без удобрений происходит снижение содержания калия в почве, а длительное их применение к его увеличению в зависимости от применяемых доз удобрений [149]. В исследованиях И.Н. Донских и др. (2012) применение органоминеральных систем удобрений способствовало увеличению содержания подвижных соединений калия [52, 53].



Повышенное содержание калия в почве при внесении удобрений объясняется тем, что поступивший в почву с органоминеральными удобрениями биогенный калий не вымывается в глубокие горизонты, а фиксируется глинистыми минералами [144, 145].

Kraus (1988, цит. по Прокошев В.В., Дерюгин И.П., 2000) выделял 4 состояния калия:

–калий минерального скелета – основная часть калия почвы, в основном недоступная для растений;

–калий необменный – часть калия почвы частично доступная для растений;

–калий обменный – часть калия почвы, взаимодействующая с необменным калием, практически доступная растениям;

– калий почвенного раствора – часть калия почвы, находящаяся в водорастворимой форме, тесно связанная со всем комплексом почвы, непосредственный источник питания растений [161].

Минеев В.Г. (1990, 1999) считал, что по доступности растениям все соединения калия в почве можно распределить на следующие группы.

1. Калий различных минералов почвы, алюмосиликатов. В этой форме содержится наибольшее количество калия. В зависимости от типа почвы переход калия из необменных форм в обменные протекает с различной интенсивностью. На дерново-подзолистых почвах эти величины составляют ежегодно 15–30 кг/га, на выщелоченных черноземах – около 60 кг/га.

2. Калий почвенных коллоидов. Эта форма – главный источник калийного питания растений. Наибольшая часть калия находится в почвенном растворе в виде солей угольной, азотной, фосфорной, серной, соляной и других кислот.

3. Водорастворимый калий, который наиболее доступен для питания растений.

4. Калий, входящий в состав плазмы микроорганизмов. В доступную форму этот калий переходит лишь после отмирания микробов. Калий содержится также в растительных, животных, корневых и пожнивных остатках, навозе и других органических веществах, попадающих в почву. После их разложения он становится доступным растениям.

5. Калий, фиксированный почвой. В почве протекают не только процессы превращения калия из труднорастворимых форм в обменную и водорастворимую, но и процессы закрепления калия в необменном состоянии, т. е. фиксация его почвой. Этот процесс активно идет при переменном смачивании и подсушивании почвы [109, 111].

Калий почвы, находящийся в составе минералов и в необменной форме, слабо доступен растениям, но служит критерием калийных запасов [2, 3, 26, 38, 39, 46, 129, 212, 228, 229].

Фиксированный почвой калий частично доступен растениям. Фиксация калия – процесс его закрепления в почве в необменном состоянии, калий входит внутрь кристаллической решетки, процесс особенно ярко выражен на черноземных почвах, что связано с насыщенностью поглощающего комплекса этих почв основаниями, большим содержанием органического вещества, преобладанием монтмориллонита среди глинистых минералов, периодическим высушиванием верхнего слоя почвы с повышением температуры [38, 71, 115, 180, 219, 229, 230, 239].

Таким образом, растения в процессе питания усваивают, прежде всего, подвижные формы (водорастворимый и обменный калий), а затем по мере развития среднеподвижные (экстенсивно-обменный калий) и малоподвижные (необменные) формы, резервом является калий минеральной части почвы.

### 1.3 Роль калия в жизни растений

Функции калия в жизни растений многосторонни и хорошо известны. Он оказывает большое влияние не только на продуктивность, но и на формирование показателей качества сельскохозяйственных культур. Это объясняется тем, что калий усиливает процессы фотосинтеза, образования сахаров в листьях и их отток в другие органы растений, принимает участие в углеводном и белковом обмене [108, 111, 135, 158, 162].

Дефицит этого важнейшего питательного элемента негативно сказывается на метаболизме минеральных и органических соединений, ослабляется устойчивость сельскохозяйственных культур к экстремальным условиям развития, удлиняются вегетационный период, сроки созревания, происходит снижение урожайности. Оптимальные условия калийного питания, выровненное соотношение элементов в растениях и особенно азот:калий, обеспечивают получение таких качественных параметров продуктивной части урожая, которые в наибольшей степени соответствуют данному виду и сорту культуры. Так, вырастает качество и выполненность зерна у зерновых культур, улучшается химический состав и внешний вид корнеплодов и плодов, уменьшается их растрескивание, повышается сохранность при транспортировке и хранении, увеличивается прочность и длина волокна лубяных культур и в результате повышается выход товарной продукции. Под влиянием калийных удобрений у зерновых культур улучшается качество зерна и его хлебопекарные свойства, улучшается стекловидность зерна озимой пшеницы [42, 43, 131, 135, 158, 174].

Установлено действие калия как стабилизатора водного режима в растениях. Благодаря влиянию на осмотическое давление в клетках и регулированию работы устьиц, калий способствует поддержанию оводненности тканей, оптимизации сосущей силы корней, уравниванию

темпов дыхания и фотосинтеза. В результате растения, обеспеченные калием, становятся более устойчивыми к избытку и недостатку влаги, повышенным температурам, повышается морозоустойчивость растений. На формирование единицы сухой массы урожая такие растения расходуют значительно меньше воды [72, 219].

Как показали исследования, калий обеспечивает оптимальное функционирование 60 важнейших ферментных систем в растительном организме, регулирующих энергетический режим, способствующих репродукции фосфорсодержащих молекул, обеспечивающих образование высокомолекулярных углеводов, белков и витаминов. Так, за счет усиления синтеза целлюлозы и пектиновых веществ возрастает прочность стенок стеблей, укорачиваются междоузлия. В результате растения меньше полегают [87, 90, 136, 148].

Калийные удобрения способствуют повышению устойчивости выращиваемых сельскохозяйственных культур против поражения болезнями и вредителями. Происходит непосредственное угнетающее действие калия на развитие, размножение вредителей и патогенных микроорганизмов и увеличение прочности тканей, толщины клеточных стенок и кутикулы, что приводит к повышению устойчивости растений к проникновению патогенной микрофлоры. При недостатке калия усиливается распад белка, что создает благоприятные условия для развития в тканях различных патогенных грибов и бактерий. Оптимизация соотношения азот:калий при удобрении картофеля способствует резкому сокращению поражаемости клубней серой гнилью. Преобладание калийных удобрений над азотными резко снижает поражение плодовых и ягодных культур антракнозом и мучнистой росой. Внесение калийных удобрений значительно снижает повреждение зерновых культур такими вредителями, как пьявица, тля, клоп вредная черепашка, наносящими значительный урон урожаю [37, 111].

Одна из важнейших функций калия в жизни растений – снижение поступления радионуклидов в сельскохозяйственные культуры и, следовательно, в продукцию растениеводства. Для перемещения в системе почва – растение  $^{137}\text{Cs}$  и К характерна выраженная дискриминация в усвоении  $^{137}\text{Cs}$  относительно калия. Это объясняется тем, что данный радионуклид близок по своим свойствам к калию, и со временем происходит его фиксация почвой по типу калия. Доля фиксированного почвой  $^{137}\text{Cs}$  увеличивается пропорционально содержанию в почве калия. Кроме того, рядом исследователей установлено, что внесение калийных удобрений снижает содержание  $^{90}\text{Sr}$  в продукции растениеводства. Минералы монтмориллонитовой группы, слюды и гидрослюды обладают способностью к необменному поглощению радионуклидов, снижают их переход из почвы в растения [87, 111].

Таким образом, получение высоких урожаев с лучшими показателями качества и сохранности выращенной продукции возможно только при достаточно высокой обеспеченности сельскохозяйственных растений калием. При сбалансированном применении удобрений в оптимальных соотношениях многие показатели, характеризующие качество получаемой продукции, улучшаются, заметно сокращается риск при возделывании сельскохозяйственных культур.

#### **1.4 Особенности калийного питания сахарной свеклы и кукурузы на силос**

По отношению к калию и по влиянию на общие резервы калия в хозяйстве культурные растения делятся на 3 типа: 1) культуры, требующие много калия и безвозвратно уносящие его из хозяйства (технические

корнеплоды и картофель, лен и табак); 2) культуры, содержащие в урожае много калия, отзывчивые на калийные удобрения, но потребляемые в хозяйстве и пригодные для введения калия в хозяйственный круговорот (клевер, люцерна, луговые травы); 3) культуры, которые не отличаются требовательностью к калию и на три четверти возвращают потребленный калий в почву вместе с навозом (зерновые хлеба) [108, 109, 117].

При распределении калийных удобрений по культурам севооборота, среди ряда условий, следует руководствоваться и тем, что наиболее часто встречающиеся в Черноземной зоне пропашные культуры сахарная свекла и кукуруза отличаются высокой требовательностью к калийному питанию, поэтому непосредственное внесение под них калийных удобрений в дозах, компенсирующих вынос калия с урожаем или даже превышающих вынос, высоко оплачивается прибавкой урожая. Применение под интенсивно возделываемые пропашные культуры повышенных доз азотно-фосфорных удобрений приводит к хорошей отзывчивости растений на калий [111, 161].

Сахарная свекла в процессе вегетации выносит большое количество веществ из почвы. Так на черноземных почвах для формирования урожая 30 т/га необходимо 150–180 кг азота, 50–60 кг фосфора ( $P_2O_5$ ) и около 200 кг калия ( $K_2O$ ) [108]. Сахарная свекла относится к культурам, наиболее чувствительным к кислотности почвы. Она хорошо растет только при нейтральной или слабощелочной реакции (рН 7–8 и степени насыщенности основаниями 93–95 %) очень сильно отзывается на внесение извести даже на слабокислых почвах [108], поэтому предъявляет особо высокие требования к калию, так как при рН<sub>KCl</sub> 6,5 и более подвижность калия в почве снижается. Так, учеными отмечалось, что внесение калийных удобрений на известкованном фоне сопровождалось накоплением в почве подвижных форм калия, а на известкованном – труднорастворимых форм [31, 121, 160, 207].

По отзывчивости на удобрения вообще и на калийные в частности сахарная свекла превосходит не только зерновые, но и остальные технические культуры, каждый килограмм калия, внесенный с удобрением, позволяет получить дополнительно 30 кг корнеплодов сахарной свеклы [111]. Положительное влияние калийных удобрений на урожайность сахарной свеклы проявляется чаще всего в сочетании с азотными и фосфорными удобрениями – при сбалансированном питании макроэлементами [54, 112, 121, 131, 150, 207].

Заметна роль калия в улучшении качества сахарной свеклы. Калийные удобрения повышают сахаристость культуры, способствуют увеличению сбора сахара, снижают потери сахара в мелассе [20, 63, 219].

Кукуруза, также как и сахарная свекла, весьма требовательная культура к условиям произрастания. Поглощение питательных веществ кукурузой, выращиваемой на силос, продолжается в течение всего периода жизни. В начальный период кукуруза растет медленно, затем (июль–август) рост ее резко усиливается, соответственно, потребность в элементах питания в начальные фазы роста небольшая. Наиболее интенсивно калий кукуруза поглощает в первой половине вегетации, при его недостатке прекращается рост растений в высоту. Однако в это время кукуруза наиболее чувствительна к недостатку фосфора и, особенно, азота. Дефицит элементов питания в этот период роста нельзя исправить дальнейшим внесением удобрений [11, 157, 199, 202].

Многочисленными исследованиями установлено, что ведущая роль в формировании урожайности кукурузы на силос, увеличении сбора «сырого протеина» принадлежит азоту [1, 48, 70, 219].

Учеными кафедры агрохимии ВГАУ показано, что при формировании урожая кукурузы на силос на черноземе типичном во второй ротации исследуемого севооборота первое место принадлежало азоту, второе – фосфору, третье – калию; в третьей ротации при доминирующей роли азота

на второе место в формировании урожая выходил калий. В четвертой ротации севооборота изменялась доля участия элементов питания в получении дополнительной продукции: первое место принадлежало калию (34,7 %), второе – азоту (33,0 %) и третье – фосфору (32,7 %) [195, 196, 197].

Таким образом, анализ литературных данных показал, что калий играет значительную роль в формировании урожая и сахарной свеклы, и кукурузы на силос. При этом вопросы о превращении его форм в черноземах под влиянием удобрений и выращиваемых культур, хотя и нашли отражение в исследованиях некоторых ученых, но однозначного ответа не получили. В зависимости от почвенно-климатических условий действие удобрений на состояние калийного режима почв проявляется по-разному. В связи с этим возникает необходимость в изучении калийного режима чернозема типичного при многолетнем применении калийных удобрений под сахарную свеклу и кукурузу, возделываемых в севообороте.



## 2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Почвенно-географические условия

Район исследований расположен на плоской возвышенной части водораздела рек Дон и Воронеж, на Окско-Донской равнине.

Рельеф территории имеет слабоволнистый характер. Большую его часть занимает высокая четвертая терраса реки Дон. Водораздел в целом равнинный с небольшим понижением в сторону оврагов и балок. По склонам имеется много потяжин, которые углубляются и постепенно переходят в балки, овраги, лога. Кроме крупных оврагов имеются небольшие понижения, которые придают рельефу волнистость. Территория слабо расчленена овражно-балочной сетью, густота которой составляет обычно 0,3–0,8 км/км<sup>2</sup>, редко увеличиваясь до 1,2–1,6 км/км<sup>2</sup>. Территория расположена на высоте 150 м над уровнем моря с отклонением в сторону минимума до 80 м, в сторону максимума до 175 м [167].

Неогеновая песчано-глинистая толща 4,0–5,0 м, залегающая на девонских отложениях, является богатейшим водоносным горизонтом. Другой водоносный горизонт приурочен к основанию слоя флювиогляциальных песков, водоупором для него служат темноцветные глины. Этот горизонт глубоко дренирован долиной реки Воронеж и овражно-балочной сетью, с чем связаны различия крутого побережья реки и часто встречающиеся небольшие оползни [8].

Вследствие сложных и разнообразных процессов поверхность территории сильно менялась как по вещественному составу, так и по форме. Область в далеком прошлом не раз покрывалась морем вследствие опускания земной коры, при ее поднятии море отступало и сменялось сушей [56, 90].

Геологическое строение и современный рельеф представляют собою результат длительной геологической истории, исчисляемой сотнями миллионов лет. Территория была полностью перекрыта Днепровским ледником, оставившим после себя морену мощностью от 1 до 10 м, местами в понижениях коренного ложа и в краевой зоне до 20 м и больше. Так, на южной окраине Окско-Донской равнины мощность днепровской морены превышает 40 м [90, 181].

Морена обычно представлена валунными суглинками, содержащими значительную примесь местных пород. Часто наблюдаются прослой и линзы песков, количество и мощность которых возрастает к придолинным понижениям. Кроме того, поверх суглинистой донной морены почти всюду распространен маломощный чехол рыхлой песчанистой абляционной морены. Это говорит об интенсивном перемыве материала тальными водами, способствовавшем образованию водно-ледниковых форм рельефа (озы и камы).

Днепровский ледник осуществлял преимущественно равномерную, сравнительно маломощную аккумуляцию, в результате которой сложились так характерные для территории моренно-водно-ледниковые равнины с чередованием моренных поверхностей водораздельных и долинных зандров.

Опытные поля учхоза «Березовский» расположены на Доно-Воронежском водоразделе. Почвообразующими породами данного района являются бурые безвалунные карбонатные покровные суглинки, которые относят к лессовидным породам.

По данным Б.П. Ахтырцева (1979), лессовидные породы Окско-Донской равнины имеют следующий состав:  $\text{SiO}_2$  – 70,9 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 5,8 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 15,1 %,  $\text{N}_2\text{O}$  – 1,3%,  $\text{K}_2\text{O}$  – 2,6 %. По гранулометрическому составу это в большинстве случаев суглинки и пылеватые супеси. Характерно высокое содержание алевритовой фракции и частиц крупной пыли (0,01–0,05 мм). Содержание крупно-пылевой фракции достигает 85 %, песчаных

фракций (более 0,05 мм) около 20 %, частиц более 0,25 мм 3–4 %, а фракция более 1 мм, как правило, отсутствует [13, 14, 90].

Как и лессы, покровные суглинки характеризуются очень хорошей сортированностью материала, преобладанием в составе минералов кварца и полевых шпатов. Они обладают окраской палевых, желто-палевых, буровато-палевых тонов. Очень часто покровные суглинки обладают крупной пористостью, своеобразной плитчатой структурой [90, 171].

Покровные суглинки района исследований подстилаются флювиогляциальными отложениями. На левом берегу Дона они слагаются преимущественно песками, в нижних слоях содержащими гравий и гальку северных кристаллических пород [8, 13, 90].

## 2.2 Растительность

Закономерности распределения сообществ на территории Воронежской области зависят как от историко-геологических, так и от современных природных условий и хозяйственной деятельности человека.

Воронежская область расположена на территории двух климатических зон – лесостепной и степной. На водоразделах лесостепной зоны в прошлом были дубравы и дерновинно-разнотравные степи, в степной зоне – злаковые степи (в основном ковыльные и типчаковые). Область неоднородна и в геоморфологическом отношении: к западу от Дона расположена Среднерусская возвышенность, к Востоку-Окско-Донская равнина и Калачская возвышенность. Геоморфологическую неоднородность усложняют реки. Территория, на которой проводили исследования, по ботанико-географическому районированию относится к Воронежскому округу дубрав лесостепного комплекса и дерновинно-разнотравных степей, принадлежащих

к Среднерусской лесостепной провинции [69, 90]. В этой зоне встречаются дубравы и лесные массивы, а по склонам водоразделов разнотравно-луговые и ковыльно-разнотравные степи.

Степи – естественные, преимущественно водораздельные, травяные сообщества с преобладанием ксерофитов. Травостой разнотравно-луговой степи состоит из дерновинных злаков и двудольных растений. Из злаков наиболее распространены: костер безостый (*Bromus inermis* [Leuys]), ковыль узколистный (*Stipe longifolia* [Borb]), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* [L]), полевица беловатая (*Agrostis albida* [Trin]). Из бобовых встречаются: эспарцет лучистый (*Onobrychis radiata* [MB]), люцерна румынская (*Medicago romanica* [Prod]), клевер луговой (*Trifolium pretense* [L]), клевер ползучий (*Trifolium repens* [L]), астрагал датский (*Astragalus danicus* [Retz]), чина луговая (*Lathurus pratensis* [L]). Из степных трав встречаются: типчак мягкий (*Festuca sulcata* [Hack]), тысячелистник мелкоцветный (*Achillea micranta* [Willd]), подмаренник мягкий (*Gallium mollygo* [L]) и другие. Имеют место полукустарники – дрок красильный (*Genesta tinctorial* [L]) и другие; кустарник – степная вишня (*Gerastus fruticosa* [Pall]). Из древесной растительности распространены: ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* [L]), клен равнинный (*Acer campestre* [L]), осина (*Populus tremula* [L]), береза пушистая (*Betula pubescens* [Ehrh]), липа крупнолистная (*Trilia platyphyllos* [Scop]) [69, 90, 101].

Растительный покров предохраняет поверхность почв от эрозии, способствует созданию особого микроклимата. Преобладание степной растительности способствовало формированию почв черноземного типа.

В настоящее время растительный покров лесостепи почти полностью изменился под влиянием хозяйственной деятельности человека. Значительно уменьшились площади, занятые лесом, степи почти полностью распаханы. Древесная растительность представлена в виде лесополос, остатки степной растительности сохранились на склонах балок и в поймах рек.

На месте распаханых степей и частично сведенных лесов возделывают различными сельскохозяйственными культурами: пшеница, рожь, ячмень, овес, горох, сахарная свекла, кукуруза, кормовые травы [90].

### 2.3 Климатические условия

Рамонский район принадлежит к району лесостепной зоны.

Климат умеренно континентальный и складывается главным образом под воздействием двух факторов – близости южных и юго-восточных степных пространств и влияния Атлантического океана.

Исследуемая территория имеет координаты  $51^{\circ}51'$  северной широты и  $39^{\circ}3'$  восточной долготы от Гринвича. Поверхность земли получает за год 94 ккал/см тепла, этого количества достаточно для произрастания основных сельскохозяйственных культур. Однако зима холодная и снежная, а лето жаркое, зачастую засушливое. Самый холодный месяц – январь, со средней температурой –  $8,2^{\circ}\text{C}$ , самый теплый – июль  $+20,5^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовая температура воздуха составляет  $+5,5^{\circ}\text{C}$ . Постепенное повышение температур наблюдается от марта к апрелю. Продолжительность периода вегетации с температурой выше  $+5^{\circ}\text{C}$  составляет 185 дней. Сумма активных температур ( $t > 10^{\circ}\text{C}$ ) по ЦЧР составляет 2200–2400 $^{\circ}\text{C}$  [84, 90].

Климат исследуемого района характеризуется резким колебанием температуры и относительной влажности воздуха, неравномерным распределением осадков в течение года, наличием выраженных засушливо-суховейных явлений. Преобладающие направления ветров северо-западное и юго-восточное. Весной часто наблюдаются суховеи – юго-восточные ветры со скоростью до 16 м/с, которые иссушают верхний слой почвы и способствуют развитию ветровой эрозии на незащищенных участках.

Обычное явление данного района – заморозки, что очень опасно для слабых после зимовки растений. Осенние заморозки приходятся на середину октября. Наряду с холодными зимами и устойчивыми морозами наблюдаются зимы с неустойчивой температурой, когда отрицательные показатели температур сменяются положительными. Это ведет к образованию на поверхности почвы ледяной корки, часто вызывающей гибель зимующих культур [8, 13, 90].

В холодный период осадков выпадает меньше, чем в теплый. Большую роль в увлажнении почвы играют талые воды. По многолетним данным метеостанции ВНИИСС годовое количество осадков по Рамонскому району составляет 481,3 мм, с максимумом выпадения в июне-июле. Этот район относится к зоне неустойчивого увлажнения: годы с достаточным и избыточным увлажнением чередуются с засушливыми. За последние 20 лет гидротермический коэффициент (ГТК) составил 1,1, что говорит о достаточном увлажнении.

В целом, климатические условия благоприятны для земледелия, но некоторые культуры могут испытывать недостаток влаги.

Погодные условия в годы проведения полевых опытов были типичными для зоны с некоторыми особенностями по отдельным годам.

Зима 2006–2007 гг. была снежной, но не морозной. За январь–февраль выпало 116 мм осадков при средней многолетней норме 55 мм и средней температуре  $-4,0$  °С (среднемноголетняя  $-9,8$  °С). В марте месяце резко потеплело и, при бурном снеготаянии, наблюдался большой сток, что отрицательно сказалось на пополнении почвенной влаги, но, тем не менее, ее запасы оказались на 30–40 мм больше среднемноголетних показателей.

В течение теплого периода года осадки выпадали в пределах средних многолетних показателей, и лишь в августе месяце их выпало меньше нормы (Таблица 1). Но благодаря ранее выпавшим осадкам, почва находилась во влажном состоянии и при высокой температуре воздуха, которая в течение

мая–сентября была постоянно выше среднемноголетней, сложились благоприятные условия для биологических процессов в почве и разложения растительных остатков.

Начало вегетационного периода 2008 года было типичным для этого времени года. Периодически выпадающие осадки и температура воздуха близкая к среднемноголетней способствовали активизации микробиологических процессов в почве. Однако, начиная со второй декады июля, осадки прекратились, а высокая температура воздуха при безоблачной погоде привела к иссушению почвы. За последние две декады июля месяца выпало всего 31 % от средней многолетней нормы, а температура – на 2–3 °С выше многолетней.

Аналогичными с 2008 годом были метеорологические условия в 2009 году, но почвенная засуха была сдвинута на более ранний период – в третьей декаде июня и в первой декаде июля. За эти 20 дней выпало всего 1,2 мм осадков, при средней многолетней 37,9 мм. В слое почвы 0–30 см запасы доступной влаги практически отсутствовали. Однако во второй декаде июля прошли обильные дожди – 42,8 мм при норме 19 мм, среднесуточная температура воздуха в течение второй и третьей декад июля удерживалась на 92–26 °С, что на 2–6 °С выше многолетних показателей.

Таким образом, период вегетации сахарной свеклы и кукурузы характеризовался достаточной теплообеспеченностью при некотором дефиците влаги, что являлось лимитирующим фактором повышения высоких урожаев культур.

Таблица 1 – Распределение осадков и температуры воздуха по декадам теплого периода 2007–2009 гг.

Метеопоказатели	Год	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Количество осадков, мм	2007	14,7	10,5	11,3	43,5	5,5	0,0	0,0	8,1	25,4	9,3	7,7	25,3	0,9	5,5	13,4
	2008	0,0	22,8	13,8	4,3	11,8	28,3	12,9	18,1	12,4	16,0	9,5	2,1	3,5	2,4	4,9
	2009	3,0	3,4	2,0	8,2	18,4	14,0	15,6	33,7	1,2	0,0	42,8	26,6	4,8	0,3	3,6
	Среднеголетнее, мм	9	11	12	12	14	16	17	18	18	19	19	19	18	18	17
Температура воздуха, °С	2007	7,0	6,1	7,9	8,5	17,7	25,6	18,0	21,6	17,8	19,3	22,2	21,6	22,8	26,1	22,8
	2008	12,0	10,5	10,8	10,4	14,7	16,4	13,0	20,7	17,6	18,4	22,8	21,3	19,0	27,1	20,9
	2009	4,4	6,9	10,7	14,5	12,8	15,8	20,4	19,4	23,1	18,7	26,2	22,1	17,6	19,1	16,4
	Среднеголетняя, °С	2,5	5,7	8,6	11,9	14,3	15,9	17,1	18,1	18,9	19,6	20,3	20,4	20,0	19,1	17,8



## 2.4 Объект и методы исследований

Исследования проводились в течение 2007–2009 гг. в многолетнем стационарном опыте кафедры агрохимии Воронежского государственного аграрного университета и являлись составной частью НИР по теме: «Агроэкологический мониторинг при длительном применении агрохимических средств в севооборотах лесостепи ЦЧЗ на черноземе типичном» (номер государственной регистрации 01.91.0015985).

Опыт заложен в 1969 году в учхозе «Березовское». В опыте предусмотрено следующее чередование культур: черный пар–озимая пшеница–сахарная свекла–яровая пшеница–кукуруза на силос–ячмень.

Повторность опыта 4–х кратная. Схема опыта включает в себя 17 вариантов. Расположение вариантов рендомизированное. Схема опыта показана в таблице 2.

Для исследования влияния удобрений на плодородие почвы и калийный режим чернозема типичного при возделывании сахарной свеклы, из принятой схемы опыта нами было взято семь вариантов:

- 1) контроль, без удобрений;
- 5)  $N_{90}P_{90}$ ;
- 8)  $N_{90}P_{90}K_{90}$ ;
- 9)  $N_{180}P_{180}K_{180}$ ;
- 11) последствие 30 т/га навоза;
- 13) последствие 30 т/га навоза +  $N_{90}P_{90}K_{90}$ ;
- 16)  $N_{90}P_{90}K_{180}$ .

Таблица 2 – Схема стационарного многолетнего опыта на черноземе типичном

Варианты	Чистый пар	Озимая пшеница	Сахарная свекла	Яровая пшеница	Кукуруза на силос	Ячмень
1. Контроль (без удобрений)						
2. NPK						
3. N		N <sub>60</sub>	N <sub>90</sub>		N <sub>60</sub>	N <sub>30</sub>
4. P	P <sub>60</sub>		P <sub>90</sub>		P <sub>60</sub>	P <sub>30</sub>
5. NP	P <sub>60</sub>	N <sub>60</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>		N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>
6. PK	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>		P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>		P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>
7. NK	K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub>	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>		N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>30</sub> K <sub>30</sub>
8. NPK	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>		N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>
9. 2(NPK)	P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>120</sub>	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>		N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
10. NPK на запланированный урожай по нормативам затрат						
11. Навоз, 1 доза	30 т/га				20 т/га навоза	
12. ½ дозы навоза + ½ (NPK)	15 т/га навоза + P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>30</sub>	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>		10 т/га навоза + N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	
13. Навоз, 1 доза + NPK	30 т/га навоза + P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>		20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	
14. NP <sub>2</sub> K	P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>180</sub> K <sub>90</sub>		N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>
15. N <sub>2</sub> PK	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>120</sub>	N <sub>180</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>		N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>
16. NPK <sub>2</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>60</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>		N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>
17. Навоз на расширенное воспроизводство плодородия почвы + NPK	40 т/га навоза + P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>		30 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>

Эти же варианты были взяты и при проведении исследований с кукурузой на силос:

- 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)  $N_{60}P_{60}K_{120}$ .

Удобрения в опыте вносились вручную, поделяночно.

Площадь посевной делянки  $230 \text{ м}^2$  (длина – 50 м, ширина – 4,6 м), учетная на обеих культурах –  $50 \text{ м}^2$ .

В опыте применялись удобрения: аммиачная селитра, суперфосфат двойной, хлористый калий и навоз КРС. Удобрения вносили осенью под вспашку.

Пестициды при возделывании сахарной свеклы и кукурузы на силос не применялись.

Предшественником сахарной свеклы была озимая пшеница, кукурузы на силос – яровая пшеница.

Агротехника возделывания сахарной свеклы районированного сорта Рамонская 047 и кукурузы на силос гибрида ВИР–42 общепринятая для Центрального Черноземья [82, 182, 204].

Учет урожайности кукурузы на силос проводили при достижении молочно-восковой спелости (первая декада августа). В это время растения кукурузы содержат около 70 % воды – количество необходимое для благоприятного протекания процесса силосования [170], сахарной свеклы – в конце сентября вручную, поделяночно.

Данные урожайности исследуемых культур обрабатывались математически методом однофакторного дисперсионного анализа [51].

Химические анализы почвы и растений выполнялись в лаборатории кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии Воронежского ГАУ.

Отбор почвенных и растительных образцов проводился в начале вегетации (по всходам), в середине вегетации (смыкание в рядках у сахарной свеклы и в период выметывания метелок у кукурузы на силос) и перед уборкой культур.

В почвенных образцах определяли минеральный азот по сумме нитратной и аммонийной форм в слоях 0–20, 20–40, 40–60, 60–80 и 80–100 см, остальные почвенные анализы проводились в образцах, отобранных в слое почвы 0–20 и 20–40 см. Нитратный азот определяли потенциометрическим методом с помощью ионселективного электрода (ГОСТ 26488–85), аммиачный азот – колориметрически, с реактивом Несслера (ГОСТ 26489), обменную кислотность ( $pH_{KCl}$ ) – потенциометрически (ГОСТ 26483–85), гидролитическую – по методу Каппена (ГОСТ 26212–91), сумму поглощенных оснований – по Каппену–Гильковицу (ГОСТ 27821–88), степень насыщенности почв основаниями расчетным методом, подвижный фосфор – по методу Чирикова (ГОСТ 26204–84), рекомендованному для черноземных почв.

При систематическом применении удобрений калий, взаимодействуя с почвой, претерпевает разнообразные превращения, образует соединения различной растворимости, подвижности и доступности для растений. Поэтому при характеристике плодородия почв следует учитывать не только калий почвенного раствора и обменно-поглощенный калий, но и характеризовать почву в отношении содержания необменного калия.

Прокошев В.В., Дерюгин И.П. (2000) соглашаются с предложением А.В. Петербургского рассматривать термин "подвижный" как включающий в

себя «водорастворимый» и «обменный» калий. Термин "подвижный" (водорастворимый и обменный калий) рекомендует использовать и В.Д. Панников (1983) при оценке калийного режима почв [161].

Для черноземных почв, на которых проводились наши исследования, для определения подвижных форм калия используется метод Чирикова в модификации ЦИНАО (извлечение калия из почвы 0,5 н.  $\text{CH}_3\text{COOH}$  при соотношении почва:раствор 1:25) (ГОСТ 26204–91).

Информативным показателем степени обеспеченности почвы усвояемым калием может служить содержание обменного калия. Обменный калий определяли методом Масловой (1 н.  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  при соотношении почва:раствор 1:10). Этим методом обеспечивается достаточно полное вытеснение обменного калия (70–80 %) [26].

Запасы подвижного калия по мере использования растениями могут пополняться за счет его необменных форм. Ближайшим резервом калия для питания растений служит его обменная часть, определяемая по разности калия, переходящего в 2,0 н. раствор  $\text{HCl}$  и обменного калия – метод Пчелкина [164].

Содержание азота, фосфора и калия в растениях определяли из одной навески после озоления в колбе Кьельдаля концентрированной серной кислотой в присутствии катализатора, с последующим определением азота колориметрически с реактивом Несслера (ГОСТ 13496–93); фосфора – на фотоэлектроколориметре ванадомolibдатным методом (ГОСТ 26657–97); калия – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504–97). Содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы определяли поляриметрическим методом (ГОСТ 30305.2–95). Содержание нитратов в получаемой продукции определяли потециометрическим методом, влажность почвы и содержание сухого вещества в растениях – весовым методом [105, 136, 141, 166].

Почвенный покров области сформирован зонально. Выделяют две основных почвенных зоны: зона типичных черноземов - почти совпадает с лесостепной зоной и зона обыкновенных черноземов - занимает южную степную часть области. Опыт заложен на черноземе типичном, занимающем 26,1 % в почвенном покрове Центрально-Черноземной зоны и более 50 % пашни Воронежской области.

Агрохимическая характеристика почвы пахотного слоя перед закладкой опыта (1969 год) показана в таблице 3.

Опыт закладывался на почве со средним содержанием подвижного фосфора и высоким обменного калия, близкой к нейтральной реакцией среды. Степень насыщенности основаниями (90,9 %) является благоприятной для возделывания в севообороте сахарной свеклы.

Таблица 3 – Агрохимическая характеристика почвы опытного участка перед закладкой опыта

Глубина отбора, см	рН <sub>KCl</sub>	Нг	S	V, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> по Чирикову, мг/кг почвы	K <sub>2</sub> O по Масловой, мг/кг почвы
		мг/экв. на 100 г почвы				
0–20	6,0	4,0	41,1	90,9	69	220

Морфологическое описание почвы опытного участка – чернозема типичного среднемошного среднегумусного тяжелосуглинистого.

Апах (0–33) – темно–серый, тяжелосуглинистый, рыхлый, комковато-пылеватый с небольшим количеством растительных остатков и обилием корней, переход в следующий горизонт ясный по структуре.

А (33–65) – темно-серый, тяжелосуглинистый, рыхлый, крупнопористый, комковато-зернистый, наличие корней растений, переход в горизонт АВ постепенный по цвету. Вскипает от HCl (10 %) с 53 см.

AB (65–76) – темно-бурый, уплотнен, ореховато-призматический, тонкопористый, переход в следующий горизонт постепенный в виде гумусовых затеков.

B (76–116) – коричневато-буроватый, тяжелосуглинистый, неоднородно окрашенный с темными гумусовыми затеками, плотный, увлажнен, наличие карбонатов в виде мицелия.

BC (116–140) – светло-бурый, тяжелосуглинистый, увлажнен, уплотнен, наличие карбонатов в виде мицелия по всему горизонту.

C (140 и ниже) – палево-желтый, тяжелосуглинистый, плотный, увлажнен, обилие карбонатов в виде мицелия.

Длительное и зачастую неразумное сельскохозяйственное использование черноземов типичных привело к значительному обеднению их питательными веществами, подкислению, интенсивному развитию процессов эрозии, что негативно сказывается на почвенном плодородии.

Чернозем типичный является почвой с богатыми потенциальными возможностями, в целом физико-химические и водно-физические свойства этой почвы благоприятны для возделывания важнейших зерновых и пропашных культур. При систематическом научно обоснованном внесении удобрений на данной почве возможно получение высоких и стабильных урожаев.

### **3 ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПОД САХАРНОЙ СВЕКЛОЙ И КУКУРУЗОЙ НА СИЛОС ПРИ МНОГОЛЕТНЕМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ**

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

Черноземные почвы, сложившиеся в течение тысячелетий и имеющие присущее только им природное совершенство, под воздействием антропогенных факторов эволюционируют в негативную сторону. Этот процесс в значительной мере зависит от состояния почвенного поглощающего комплекса (ППК). Впервые этот термин был введен в агрохимическую науку К.К. Гедройцем (1933) как совокупность органических, минеральных и органоминеральных частиц почвы, нерастворимых в воде. Сложность состава ППК определяет его способность поглощать и обменивать заряженные ионы. Способность ППК удерживать поглощенные ионы зависит от дисперсности, минералогического состава почв, кислотности и окислительно-восстановительных условий, которые формируются в результате комплексного воздействия природных и антропогенных факторов. Основные качественные показатели состояния ППК: суммарное количество поглощенных оснований, степень насыщенности почвенного раствора основаниями, реакция почвенного раствора [38].

Известно, что кислотность почвы оказывает отрицательное воздействие на рост и развитие большинства сельскохозяйственных культур, а также жизнедеятельность микроорганизмов [109, 132, 207].



Главным элементом, определяющим способность почв противостоять подкислению, является кальций. Увеличение потерь кальция из почвы и, следовательно, ее подкисление при внесении удобрений, особенно физиологически кислых, в зоне дерново-подзолистых почв в настоящее время является достаточно хорошо доказанным фактом [207, 222].

Черноземные почвы обладают высокой буферностью, которая в основном определяется степенью насыщенности почвы основаниями и величиной емкости поглощения. Несмотря на это, интенсификация земледелия усилила направленность почвенных процессов в сторону подкисления черноземов [66, 67, 81, 207, 220]. Многие исследователи полагают, что это обусловлено применением физиологически кислых минеральных удобрений [153, 177, 178, 179, 207].

Почвенный поглощающий комплекс черноземов почти полностью насыщен кальцием и магнием, причем на долю кальция в сумме поглощенных оснований приходится 87–93 % [8, 207]. Однако кальций является антагонистом калия и, снижая активность его ионов, препятствует поступлению калия в растения. Поэтому некоторое подкисление черноземов с нейтральной реакцией почвенного раствора способствует увеличению подвижности этого элемента и повышению его доступности растениям [8, 207].

Адерихин П.Г. (1970) считал слабое подкисляющее действие минеральных физиологически кислых удобрений на черноземах и темно-серых лесных почвах, в отличие от дерново-подзолистых и светло-серых лесных почв, положительным моментом, так как при этом увеличивается подвижность фосфорных и азотных соединений [9, 10]. В то же время следует отметить, что калий является и антагонистом водорода, поэтому и на кислых почвах поступление калия в растения затрудняется [111].

Исследованиями С.В. Лукина и др. (2011), установлено, что длительное применение на супесчаных и песчаных почвах калийных удобрений, вследствие их физиологической кислотности, увеличивает почвенную кислотность. При внесении азотных удобрений проявление отрицательного действия калийных удобрений усиливается [96, 98, 99].

Анализируя исследования по влиянию кислотности на эффективность калийных удобрений, В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин (2000) отмечали, что влияние калийных удобрений на кислотность почвы не регистрировалось даже в исключительно жестких условиях длительных опытов Соликамской опытной станции и Люберецкого опытного поля [160, 161]. В опытах Воронежского НИИСХ им. В.В. Докучаева применение очень высоких доз минеральных удобрений не смогло существенно изменить реакцию среды черноземов с их высокой буферной способностью и насыщенностью основаниями [210].

Как видно из результатов наших исследований интенсивное использование чернозема типичного приводит к подкислению почвы (Таблицы 4 и 5, Приложения А–Г).

Таблица 4 – Показатели почвенной кислотности под сахарной свеклой, слой почвы 0–40 см, перед уборкой урожая (среднее за 2007–2009 гг.)

Варианты опыта	рН <sub>KCl</sub>	Нг	S	V, %
		мг-экв. на 100 г почвы		
1. Контроль, без удобрений	5,2	4,8	34,3	87,8
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	5,1	5,0	32,9	86,9
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	5,2	4,9	33,7	87,4
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	5,1	5,0	33,5	87,0
11. Последствие 30 т/га навоза	5,4	4,4	36,0	89,1
13. Последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	5,3	4,8	33,8	87,5
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	5,3	4,9	33,7	87,4
Среднее	5,2	4,8	34,0	87,8

Роль отдельных культур по усредненным данным исследуемых вариантов практически не просматривается. Так, без применения удобрений в почве под сахарной свеклой и кукурузой рН солевой вытяжки снизилась в одинаковой степени. При применении только минеральных удобрений этот процесс усиливается в равной степени, причем присутствие калийных удобрений, а также повышенные их дозы (вариант 16) не приводят к увеличению кислотности почвенного раствора.

Таблица 5 – Показатели почвенной кислотности под кукурузой на силос, слой почвы 0–40 см, перед уборкой урожая (среднее за 2007–2009 гг.)

Варианты опыта	рН <sub>KCl</sub>	Нг	S	V, %
		мг-экв. на 100 г почвы		
1. Контроль, без удобрений	5,2	4,6	34,6	88,2
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	5,1	4,9	33,3	87,2
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5,2	4,9	33,2	87,3
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	5,1	4,9	32,8	87,1
11. Навоз 20 т/га	5,3	4,6	36,2	88,8
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5,3	4,7	34,5	88,0
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	5,2	4,8	33,6	87,5
Среднее	5,2	4,8	34,0	87,6

В почве под сахарной свеклой без внесения удобрений величина рН снизилась с 6,0 перед закладкой опыта до 5,2. При применении минеральных удобрений отмечается тенденция к дальнейшему подкислению почвы. По сравнению с исходным содержанием, на варианте с внесением одинарной дозы полного минерального удобрения (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>) величина рН<sub>KCl</sub> снизилась до 5,2. При внесении двойной дозы полного минерального удобрения (N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub> – вариант 9) величина обменной кислотности составила 5,1.

Аналогичная закономерность отмечается и в почве под кукурузой на силос. На контроле, без применения средств химизации, величина рН<sub>KCl</sub>

уменьшилась по сравнению с исходным содержанием на 0,8. На варианте 8 ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) величина рН снизилась до 5,2. При внесении удобрений в дозе ( $N_{120}P_{120}K_{120}$ ) (вариант 9) величина рН снизилась до 5,1.

Ранее проведенными исследованиями установлено, что при применении органических удобрений увеличение кислотности почвы замедляется [55, 65, 68, 95].

Данные наших исследований подтверждают эти выводы. Как прямое действие органических и органоминеральных удобрений при выращивании кукурузы на силос, так и последствие органических и внесение минеральных удобрений на фоне последствия органических при возделывании сахарной свеклы, снижало темпы роста кислотности, но не останавливало этого процесса.

Так, при многолетнем прямом действии 20 т/га органических удобрений, вносимых под кукурузу на силос (вариант 11), величина  $pH_{KCl}$  снизилась до 5,3, а при внесении на фоне прямого действия 20 т/га навоза  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – до 5,3.

Последствие 30 т/га навоза снизило величину  $pH_{KCl}$  почвы под сахарной свеклой до 5,4, внесение  $N_{90}P_{90}K_{90}$  на фоне последствия навоза – до 5,3.

Результаты наших исследований показывают, что гидролитическая кислотность несколько повышается при увеличении нормы минеральных удобрений. Так при возделывании сахарной свеклы без применения удобрений гидролитическая кислотность повысилась с 4,0 перед закладкой опыта до 4,8 мг-экв. на 100 г почвы. Внесение азотно-фосфорных удобрений повысило гидролитическую кислотность до 4,9 мг-экв. на 100 г почвы. Применение одинарной (по 90 кг/га) и двойной (по 180 кг/га) полного минерального удобрения увеличило гидролитическую кислотность под сахарной свеклой до 4,9 и 5,0 мг-экв. на 100 г почвы, соответственно.

Увеличение гидролитической кислотности происходит и при использовании минеральных удобрений под кукурузу на силос.

Прямое действие и последствие органических удобрений снижает интенсивность роста гидролитической кислотности, но не останавливает его.

Проведенные нами исследования показали, что увеличение кислотности почвы связано не только с внесением физиологически кислых минеральных удобрений, но и с высоким выносом кальция растениями из почвы и миграцией его за пределы корнеобитаемого слоя, о чем свидетельствует и снижение суммы поглощенных оснований, и степени насыщенности почвы основаниями как под сахарной свеклой, так и под кукурузой на силос. При этом изменение показателей кислотности в худшую сторону происходит как с применением минеральных удобрений, так и на контроле. Так при возделывании кукурузы на силос на варианте без применения удобрений степень насыщенности почвы основаниями составила 88,2%, при внесении азотно-фосфорных удобрений ( $N_{60}P_{60}$ ) – 87,2%, а использование одинарной ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) и двойной ( $N_{120}P_{120}K_{120}$ ) доз полного минерального удобрения – 87,3 и 87,1%, соответственно. В почве под сахарной свеклой степень насыщенности основаниями составила 87,8 % на контроле, на варианте с использованием азотных и фосфорных удобрений ( $N_{90}P_{90}$ ) 86,9%. При внесении под сахарную свеклу одинарной ( $N_{90}P_{90}K_{90}$ ) и двойной ( $N_{180}P_{180}K_{180}$ ) полного минерального удобрения степень насыщенности почвы основаниями составила 87,4 и 87,0%, соответственно (Приложения В, Г).

Несмотря на то, что чернозем является почвой с высокой буферной способностью, многолетнее применение удобрений в севообороте привело к повышению кислотности почвы и, учитывая наличие в севообороте сахарной свеклы, в целях предотвращения дальнейшего увеличения кислотности, отмеченной нами в четвертой ротации севооборота и в первых трех ротациях Н.Г. Мязиным (1994), может быть рекомендовано применение мелиорантов.

Таким образом, результаты наших исследований показали, что при выращивании сахарной свеклы использование минеральных удобрений как отдельно, так и совместно с последствием навоза увеличивает почвенную кислотность. Последствие только органических удобрений снижает темпы подкисления почвы.

Внесение минеральных удобрений под кукурузу на силос также приводит к повышению кислотности почвы. В то же время при прямом действии 20 т/га навоза и внесении на этом фоне минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  рост почвенной кислотности замедляется. Использование калийных удобрений на фоне азотно-фосфорных, а также двойная доза калия не только не повышают кислотность почвы, но даже наблюдается некоторая тенденция к ее снижению (примерно на 0,1 ед.  $pH_{KCl}$ ). На наш взгляд, эти данные подтверждают выводы В.Г. Минеева (1999) об антагонизме в ППК калия и водорода [111].

Содержание обменных оснований в ППК при внесении минеральных удобрений изменилось незначительно с некоторой тенденцией к снижению, а при внесении органических удобрений – к повышению. Таким образом, наряду с нейтрализацией кислотности, в целях повышения насыщенности почв основаниями и буферности чернозема целесообразно вносить в почву кальцийсодержащие мелиоранты.

### **3.2 Влияние многолетнего применения удобрений на динамику минерального азота в почве**

Азот является важнейшим питательным элементом всех растений. Он входит в состав таких важных органических веществ, как белки, нуклеиновые кислоты, хлорофилл и др.

Активное вмешательство человека в окружающую среду привело к ряду негативных явлений. В связи с этим весьма актуальным в настоящее время является изучение обеспеченности почв доступными для растений элементами питания, в частности, азотом, включающего органические и минеральные соединения.

В Центрально-Черноземной зоне обширные классические исследования в этом плане проведены Е.П. Тиховой (1950), П.Г. Адерихиным (1974), А.П. Щербаковым (1978, 1990) которые указывают на высокое содержание в черноземной почве общего азота и в тоже время весьма динамичное содержание его минеральных форм [10, 194, 223]. Поскольку минеральные формы азота составляют 3–5 % от общего его количества, становится ясно, насколько важное значение имеют процессы нитрификации и аммонификации.

Недостаток азота часто является фактором, лимитирующим урожай. При значительном азотном голодании растения сахарной свеклы растут слабо, замедляется образование новых листьев, ускоряется отмирание старых, угнетается развитие корневой системы, все это приводит к преждевременному созреванию свеклы и снижению ее урожайности. При избыточном азотном питании усиливается развитие листьев, затягивается созревание свеклы, снижается сахаристость и технологические качества.

Для получения высокой урожайности корнеплодов с хорошими технологическими качествами, необходимо на ранних стадиях развития растений обеспечить умеренное питание азотом, в период формирования основной массы листьев полностью удовлетворить потребность в данном элементе, а по мере приближения растений к созреванию ограничить азотное питание [182].

Растениям кукурузы азот больше всего необходим на ранних этапах роста и развития – период от всходов до образования четырех–пяти листьев.

В течение первого месяца молодые растения кукурузы поглощают от 3,4 до 5,6 кг/га азота, впоследствии потребность в нем постепенно увеличивается до периода интенсивного роста – две недели до выметывания и три недели после появления метелок. Недостаток азота снижает интенсивность усвоения других элементов минерального питания [199].

Неравномерность потребления растениями элементов питания ставит проблему изучения их сезонной динамики для более рационального использования плодородия почвы. Доступные растениям азотистые соединения образуются главным образом из непосредственно недоступного им органического вещества почвы в результате его разложения [108].

Минеральные соединения азота в пахотных горизонтах составляют лишь небольшую часть общего азота почв (1–5 %). Они в основном представлены нитратами и соединениями аммония. Содержание нитритов в почвах обычно очень мало, заметные количества нитритов отмечены только в специфических условиях, на избыточно увлажненных, в щелочных почвах после применения высоких доз аммонийного азота.

Основным источником почвенного азота, обеспечивающего питание растений, являются нитраты и обменный аммоний [108].

Аммоний присутствует в почвах в форме: а) водорастворимых солей, б) обменного  $\text{NH}_4$  и в) фиксированного (необменного)  $\text{NH}_4$ . В пахотных горизонтах преобладает обменный аммоний.

Нитраты находятся в почвах в виде водорастворимых солей. Они отличаются высокой подвижностью, в связи с чем их содержание в почвах подвержено большим колебаниям. Из пахотных горизонтов, особенно легких по гранулометрическому составу почв, нитраты могут вымываться атмосферными осадками (и поливными водами) в более глубокие слои. При этом в различные по метеорологическим условиям годы сезонная динамика нитратного азота заметно различается [126, 128, 130]. Однако, в зоне



неустойчивого увлажнения на малопроницаемых тяжелых по гранулометрическому составу почвах случаи опускания нитратов на глубину, относительно недоступную для растений, отмечаются редко.

В почвенных образцах одной и той же почвы, взятых в разные сроки, содержание нитратов может значительно варьировать. Как отмечает Л.И. Никифоренко (1990), культурные почвы характеризуются резко выраженной динамикой нитратов, накопление их достигает 960–1600 кг/га. Применение удобрений в меньшей степени изменяют динамику нитратов под озимой пшеницей, в большей – под сахарной свеклой и кукурузой.

Большую роль в обогащении почвы нитратным азотом играют минеральные удобрения. Увеличение содержания как нитратного, так и минерального азота наблюдалось во всех краткосрочных и длительных стационарных опытах с удобрениями [108, 207]. Однако исследованиями в нашей стране и за рубежом установлено, что коэффициент использования азота минеральных удобрений большинством сельскохозяйственных культур не превышает 40–50 % от вносимой дозы [109, 207].

Органические удобрения оказывают большое влияние на накопление минеральных форм азота в почве. В пору весны и в начале лета в процессе накопления нитратного азота ведущая роль принадлежит минеральным удобрениям, в конце лета и осенью – навозу [11].

Сравнивая содержание нитратного азота в почве под кукурузой бессменной и в севообороте, Э.Д. Адиньяев (1988) отмечает, что в севообороте складывались более благоприятные условия для питания кукурузы нитратным азотом [11].

В наших исследованиях изучалась динамика нитратного и аммиачного азота в почве севооборота под сахарной свеклой и кукурузой на силос в зависимости от применяемых доз минеральных и органических удобрений, а также их совместного внесения. Данные наших определений представлены в

таблицах 6 и 7, рисунках 1 и 2 и по отдельным годам исследований в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода в приложениях Д–Ж.

Как следует из результатов наших исследований, в среднем за 3 года (2007–2009 гг.) запасы минерального азота в почве под сахарной свеклой находились в прямой зависимости от внесенных удобрений. Так, на варианте без применения удобрений запасы минерального азота в метровом слое в начале вегетации составили 100,6 кг/га (таблица 6), а при внесении осенью под основную обработку почвы азотно-фосфорных удобрений ( $N_{90}P_{90}$ ) – 149,1 кг/га.

Внесение одинарной ( $N_{90}P_{90}K_{90}$  – вариант 8) и двойной доз ( $N_{180}P_{180}K_{180}$  – вариант 9) позволило в начале вегетации создать запасы минерального азота в почве 189,1 и 186,1 кг/га, соответственно. Здесь они были близки к рекомендуемым – 200–250 кг/га, которые позволят получить урожайность сахарной свеклы 40 т/га.

На варианте 11 (второй год последействия органических удобрений) создан запас минерального азота 167,7 кг/га. Наибольший запас минерального азота (197,4 кг/га) создается на варианте 13, при внесении по 90 кг/га NPK на фоне второго года последействия органических удобрений.

Потребление минерального азота находилось в прямой зависимости от его содержания в почве – на вариантах с большим содержанием минерального азота произошло и наибольшее его снижение в процессе вегетации сахарной свеклы. Так, на контрольном варианте запасы минерального азота снизились до 67,2 кг/га (на 33,4 кг/га) к середине вегетации.

На варианте с внесением азотно-фосфорных удобрений к середине вегетации запасы минерального азота в почве составили 96,4 кг/га, снижение по сравнению с началом вегетации произошло на 52,7 кг/га. На 84,7 кг/га

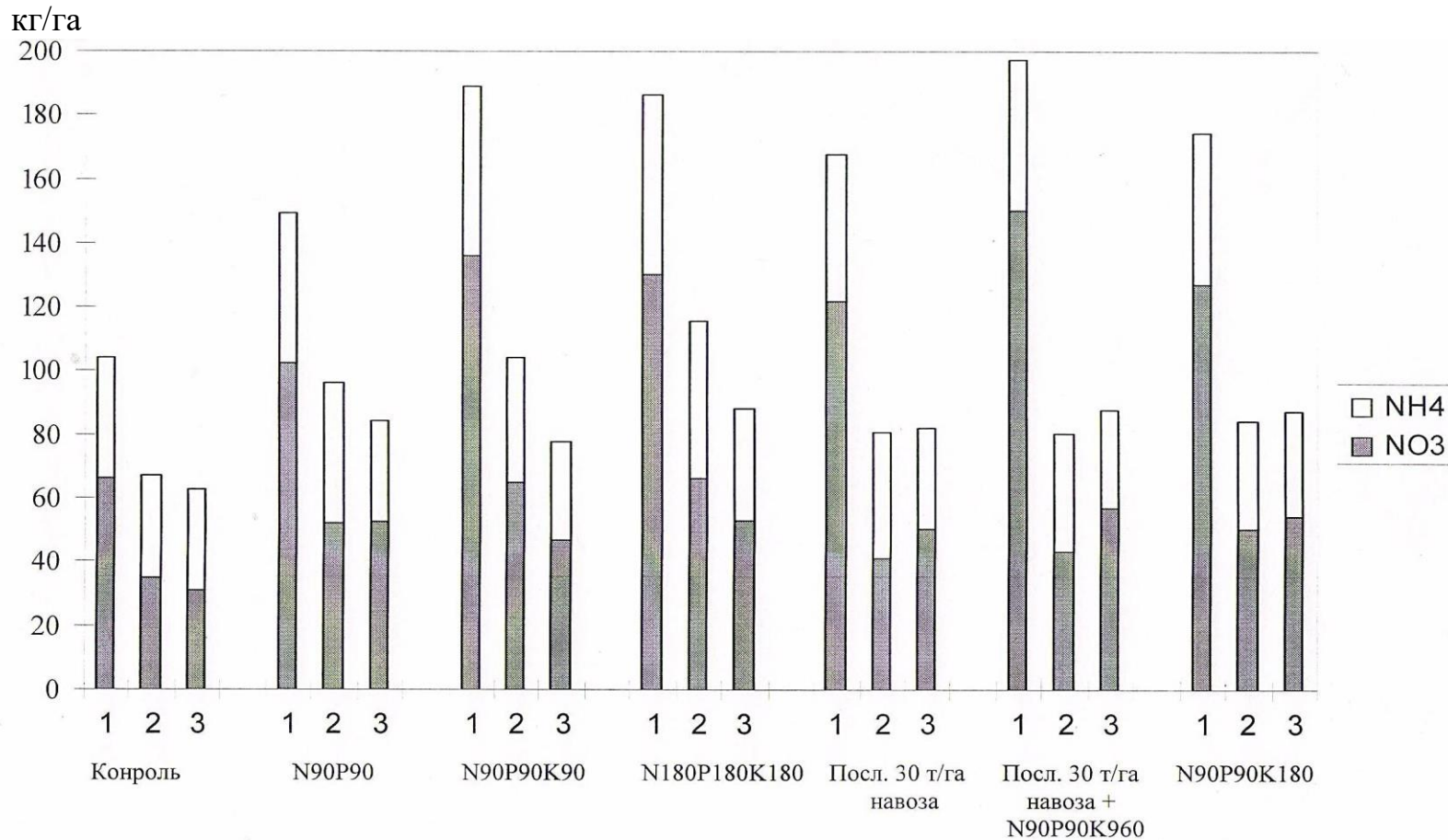
снизились запасы минерального азота на варианте с внесением одинарной дозы полного минерального удобрения.

Таблица 6 – Динамика запасов минерального азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, кг/га (среднее за 2007–2009 гг.)

Варианты опыта	Слой почвы, см	Сроки отбора образцов		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль, без удобрений	0–40	46,7	33,4	28,2
	40–60	20,2	14,4	12,9
	60–80	15,9	12,0	11,8
	80–100	17,8	7,3	9,9
	0–100	100,6	67,2	62,8
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–40	66,2	44,1	38,2
	40–60	33,6	19,3	18,4
	60–80	29,0	19,2	14,7
	80–100	23,3	13,8	13,1
	0–100	149,1	96,4	84,4
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–40	87,3	50,9	39,1
	40–60	38,1	24,9	15,1
	60–80	35,4	17,5	11,7
	80–100	28,2	11,2	11,8
	0–100	189,1	104,4	77,7
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–40	93,3	54,2	38,4
	40–60	38,2	25,7	22,1
	60–80	29,0	18,0	15,1
	80–100	25,6	17,4	12,5
	0–100	186,1	115,7	88,0
11. 2 год последействия 30 т/га навоза	0–40	79,1	35,4	39,7
	40–60	30,2	18,7	14,3
	60–80	32,1	15,5	14,4
	80–100	26,3	11,4	13,8
	0–100	167,7	81,0	82,1
13. 2 год последействия 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–40	89,0	40,0	43,3
	40–60	37,5	17,3	17,2
	60–80	36,7	13,7	13,6
	80–100	34,2	9,3	13,6
	0–100	197,4	80,3	87,7
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–40	80,5	35,9	38,3
	40–60	35,7	17,5	20,5
	60–80	30,5	17,0	14,8
	80–100	27,5	13,9	14,3
	0–100	174,2	84,3	87,9

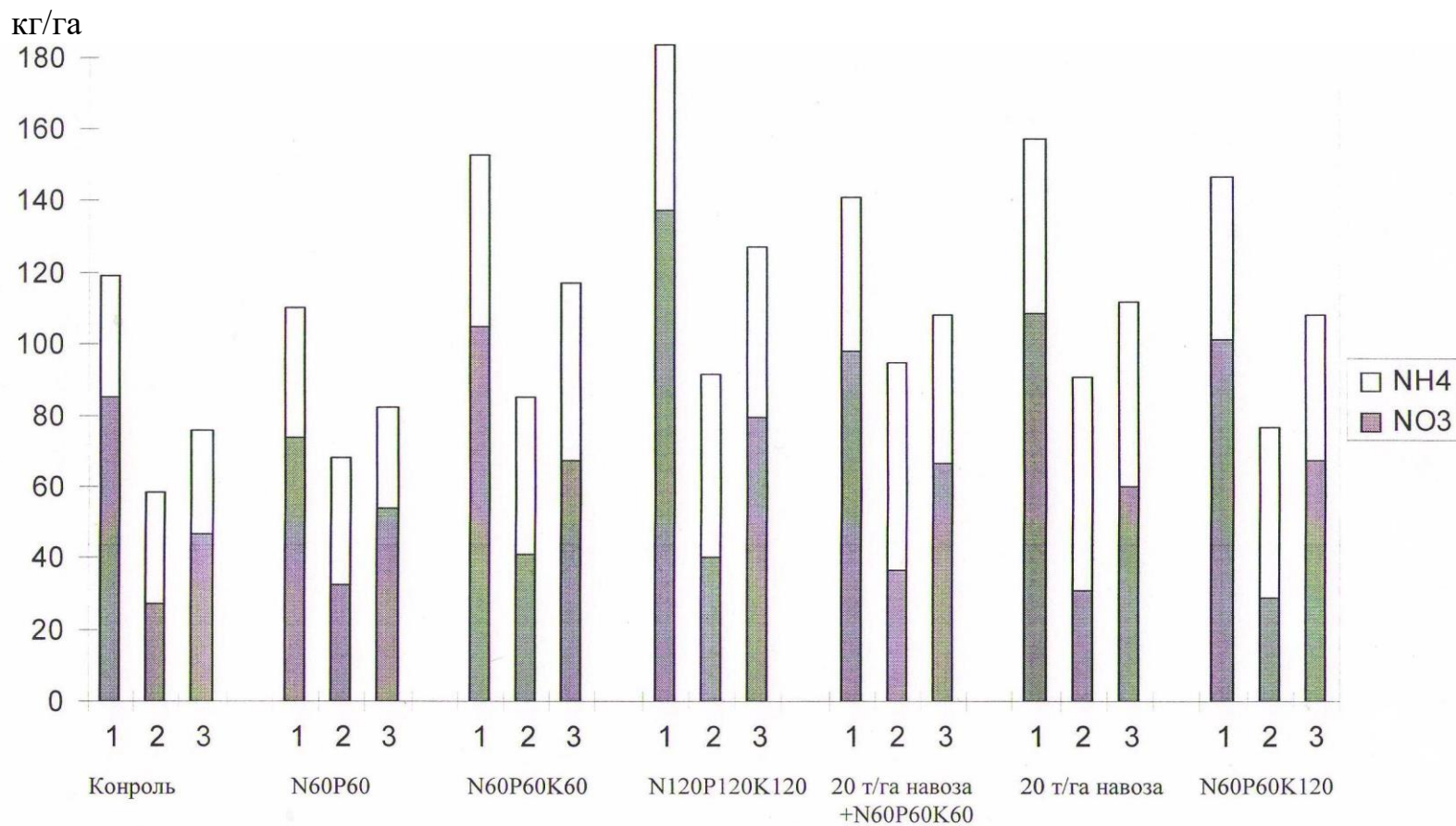
Таблица 7 – Динамика запасов минерального азота в почве в период вегетации кукурузы на силос, кг/га (среднее за 2007–2009 гг.)

Варианты опыта	Слой почвы, см	Сроки отбора образцов		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль, без удобрений	0–40	53,7	26,0	32,2
	40–60	25,2	11,0	17,8
	60–80	19,4	9,6	16,9
	80–100	19,4	11,5	9,1
	0–100	119,2	58,2	76,0
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–40	49,0	27,7	36,6
	40–60	23,4	12,8	19,2
	60–80	20,0	16,8	15,1
	80–100	17,8	10,6	11,4
	0–100	110,1	67,9	82,3
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–40	71,0	37,5	53,9
	40–60	33,8	18,1	23,5
	60–80	31,9	14,9	19,3
	80–100	27,4	14,7	20,4
	0–100	152,9	85,2	117,1
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–40	74,3	47,5	50,9
	40–60	42,1	18,6	28,6
	60–80	37,8	14,2	24,7
	80–100	29,2	11,1	23,0
	0–100	183,5	91,4	127,3
11. Навоз 20 т/га	0–40	63,2	40,2	47,9
	40–60	27,8	20,4	20,7
	60–80	24,5	18,3	20,0
	80–100	25,4	15,5	19,5
	0–100	140,8	94,5	108,0
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–40	74,9	40,0	54,1
	40–60	30,3	19,2	22,0
	60–80	31,5	18,2	18,7
	80–100	20,5	13,3	17,0
	0–100	157,2	90,8	111,7
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–40	68,2	36,9	42,2
	40–60	28,1	14,0	23,7
	60–80	27,5	14,2	22,2
	80–100	22,4	11,6	19,9
	0–100	146,7	76,7	108,0



Сроки отбора образцов: 1 – май, 2 – июль, 3 – сентябрь

Рисунок 1 – Динамика запасов минерального азота в почве под сахарной свеклой (среднее за 2007–2009 гг.)



Сроки отбора образцов: 1 – май, 2 – июнь, 3 – август

Рисунок 2 – Динамика запасов минерального азота в почве под кукурузой на силос (среднее за 2007–2009 гг.)

Самое заметное снижение в среднем за три года произошло на варианте 13, где в начале вегетации запасы минерального азота составляли 197,4 кг/га, а к середине вегетации сахарной свеклы запасы азота в почве снизились на 109,1 кг/га и составили 80,3 кг/га. Более чем на 50 % снизились запасы минерального азота в почве и на варианте 11 (второй год последействия органических удобрений).

К концу вегетации сахарной свеклы на варианте без применения удобрений и на вариантах с внесением только минеральных удобрений происходило дальнейшее уменьшение содержания запасов минерального азота в почве, однако, не столь значительное как в первой половине вегетации. На вариантах с использованием последействия органических удобрений, а также на варианте с внесением двойной дозы калийных удобрений на фоне азотно-фосфорных после значительного сокращения запасов минерального азота в почве в течение первой половины вегетации, во второй половине произошло незначительное их восполнение (от 1,1 до 7,4 кг/га).

Запасы минерального азота в черноземе типичном под кукурузой на силос в среднем за три года (2007–2009 гг.) в начале вегетации в метровом слое на варианте без внесения удобрений составили 119,2 кг/га. При внесении  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (вариант 8) запасы минерального азота в почве составили 152,9 кг/га, а увеличение дозы минеральных удобрений в два раза (вариант 9) приводило к их росту до 183,5 кг/га.

Внесение под основную обработку почвы 20 т/га навоза позволило создать запасы минерального азота в начале вегетации кукурузы 140,8 кг/га, а при добавлении к органическим минеральных удобрений (вариант 13) запас минерального азота составил 157,2 кг/га, то есть на уровне варианта с внесением только минеральных удобрений.

К середине вегетации кукурузы на силос – периоду наивысшего потребления элементов питания – запасы минерального азота в почве на контрольном варианте снизились на 61 кг/га и составили 58,2 кг/га. На варианте с применением одинарной дозы полного минерального удобрения произошло снижение запасов минерального азота на 67,7 кг/га, а при внесении двойной дозы минеральных ( $N_{120}P_{120}K_{120}$  – вариант 9) запасы минерального азота снизились на 92,4 кг/га. То есть просматривается зависимость между дозой вносимого азота и его потреблением кукурузой.

Запасы минерального азота в почве варианта с прямым действием органических удобрений к середине вегетации кукурузы снизились на 46,3 кг/га. При совместном использовании органических и минеральных удобрений за первую половину вегетации запасы минерального азота снизились на 66,4 кг/га, то есть, практически, как и на варианте с внесением только минеральных удобрений. Это согласуется с исследованиями Н.Н. Третьякова и И.А. Шкурлепы (1985), согласно которым в первый период потребность растений обеспечивается за счет минеральных удобрений, а в дальнейшем – за счет навоза, поэтому при удобрении кукурузы органические удобрения целесообразнее использовать совместно с минеральными [199].

Перед уборкой кукурузы на силос на всех вариантах произошло некоторое восстановление запасов минерального азота в почве, причем запасы азота в конце вегетации находились в прямой зависимости от их величины в начале вегетации. Наиболее заметное восполнение минерального азота во второй половине вегетации произошло на тех вариантах, где вносились органические удобрения. Восполнение минеральных форм азота произошло, на наш взгляд, за счет минерализации гумуса, внесенного навоза и в связи с прохождением кукурузой пика потребления элементов питания.

При возделывании сахарной свеклы в начале вегетации на всех исследуемых вариантах из минеральных форм азота преобладала нитратная.



Сокращение запасов минерального азота к середине вегетации произошло в основном за счет нитратного азота, причем наиболее заметное снижение было на вариантах с использованием последствия органических удобрений. Запасы аммонийного азота слабо зависели от доз вносимых удобрений, и увеличение их доли в общих запасах минерального азота в середине вегетации сахарной свеклы происходило за счет сокращения доли нитратного азота.

В начале вегетации кукурузы на силос запасы минерального азота на всех исследуемых вариантах состояли в основном из его нитратной формы. К середине вегетации произошло их уменьшение, и преобладающей в общих запасах минерального азота в почве стала аммонийная форма. На вариантах с использованием прямого действия органических удобрений доля аммонийного азота в общих запасах минерального была наибольшей. К концу вегетации кукурузы на силос произошло восполнение нитратного азота в почве и увеличение его доли в общих запасах минерального азота.

В середине вегетации кукурузы на силос в общих запасах минерального азота преобладает аммонийный, в то время как в начале вегетации и перед уборкой кукурузы на силос, во все сроки отбора образцов под сахарной свеклой преобладает нитратный азот. Снижение запасов минерального азота в почве под сахарной свеклой происходит в течение всей вегетации, под кукурузой на силос – после уменьшения в середине вегетации, происходит некоторое восполнение запасов минерального азота.

Таким образом, 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

последствия 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.

### 3.3 Изменение содержания в почве подвижного фосфора

На черноземных почвах из многочисленных макро– и микроэлементов, ограничивающих величину урожая сельскохозяйственных культур, все чаще отмечается фосфор. Несмотря на то, что для оптимального развития растений требуется фосфора почти в 10 раз меньше, чем азота, он является носителем энергии различных нуклеиновых кислот [61]. Черноземные почвы содержат общего фосфора около 10 т/га. Этого количества достаточно было бы для формирования урожая полевых культур на многие десятилетия [4]. Доступность фосфора для растений зависит от интенсивности химических процессов и в первую очередь от состояния почвенного поглощающего комплекса, биологической активности, влагообеспеченности, наличия в почве других элементов питания. Как считает Воронин В.И. и др. (2003) подвижность фосфора в кормовом севообороте зависит от стронция на 27,18 %, меди – 19,58 %, цинка – 17,09 %, марганца – 15,16 %, железа – 11,28 %, рН солевой вытяжки – 9,69 %; в полевом севообороте наиболее активную роль играет реакция почвенного раствора и ее доля влияния составляла 69,23 %, медь влияла на 30,42 %, и оставшаяся доля приходилась на цинк – 0,35 %. Вариабельность данных показателей говорит о том, что подвижность фосфора определяется многими факторами, связанной с антропогенной

нагрузкой на почву и его наличие в почве необходимо периодически определять на каждом конкретном поле [36].

Поскольку в природе не существует естественных источников возобновления запасов фосфора в почве, то обязательным приемом его пополнения является применение фосфорных удобрений.

В юго-западной части ЦЧР в зерно-свекловичном севообороте использование пашни без применения удобрений не привело к статистически достоверному изменению содержания в почве подвижного фосфора [126]. С увеличением доз минеральных удобрений повышалась обеспеченность почвы подвижным фосфором как на фоне навоза, так и на безнавозном фоне.

В наших исследованиях при многолетнем применении удобрений в почве под кукурузой и сахарной свеклой содержание подвижного фосфора в среднем за вегетационный период различалось незначительно и по уровню обеспеченности для некарбонатных почв лесостепной зоны относятся к среднеобеспеченной группе (Таблицы 8 и 9, Приложения Л, М). Однако в течение вегетационного периода по отдельным вариантам имеются существенные отклонения как под сахарной свеклой, так и под кукурузой.

Так, при внесении фосфорных удобрений 180 кг д.в. на га в пахотном слое почвы содержание подвижного фосфора под сахарной свеклой может достигать уровня повышенной обеспеченности – более 100 мг/кг. Близкие к данному показателю и варианты с внесением навоза, особенно в первой половине вегетации (Таблица 8).

Аналогичные данные получены при определении подвижного фосфора в почве под кукурузой с тенденцией некоторого преимущества под сахарной свеклой на вариантах с последствием навоза (Таблица 9).

На контрольном варианте, где удобрения не вносили более 40 лет, содержание подвижного фосфора в начале вегетации сахарной свеклы и кукурузы в слое почвы 0–20 см находилось на уровне 69 мг/кг почвы. Это

связано с корневым питанием растений из более глубоких горизонтов почвы, когда при активной деятельности растений, поглощенный фосфор поступает вверх и обогащает почву фосфатами. У растений с глубоко проникающей в материнские породы корневой системой, какими являются сахарная свекла и кукуруза, этот процесс происходит наиболее интенсивно.

Таблица 8 – Динамика содержания подвижного фосфора в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг (среднее за 2007–2009 гг.)

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль, без удобрений	0–20	69,8	70,6	59,9
	20–40	62,1	59,0	55,6
	0–40*	66,0	64,8	57,8
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	85,2	78,0	74,2
	20–40	69,5	61,7	72,1
	0–40*	77,4	69,9	73,2
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	83,9	82,3	78,4
	20–40	73,1	67,7	62,6
	0–40*	78,5	75,0	70,5
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	103,9	106,2	95,0
	20–40	82,4	75,6	72,9
	0–40*	93,2	90,9	84,0
11. 2 год последействия 30 т/га навоза	0–20	103,6	90,1	87,1
	20–40	81,5	79,3	73,3
	0–40*	92,6	84,7	80,2
13. 2 год последействия 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	111,2	95,0	98,2
	20–40	92,6	83,9	83,3
	0–40*	101,9	89,5	90,8
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	88,5	87,8	85,7
	20–40	76,3	81,1	75,5
	0–40*	82,4	84,5	80,6

\*0–40 – среднее содержание в слое 0–40 см

Сравнивая по слоям почвы содержание подвижного фосфора под сахарной свеклой и кукурузой следует отметить, что в слое 0–20 см преимущество по сравнению со слоем 20–40 см во все сроки определения у сахарной свеклы выражено более контрастно, чем у кукурузы, что

объясняется индивидуальной спецификой расположения корневой системы по профилю почвы. Данная закономерность не зависела от погодных условий и наблюдалась во все годы исследований.

Таблица 9 – Динамика подвижного фосфора в почве в период вегетации кукурузы на силос, мг/кг (среднее 2007–2009 гг.)

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль, без удобрений	0–20	68,5	65,4	67,2
	20–40	64,1	62,0	62,0
	0–40*	66,3	63,7	64,6
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	82,5	76,6	78,4
	20–40	74,1	67,3	73,6
	0–40*	78,3	72,0	76,0
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	88,6	82,2	79,5
	20–40	74,8	74,7	74,5
	0–40*	81,7	78,5	77,0
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	108,7	103,7	95,2
	20–40	102,3	93,9	91,4
	0–40*	105,5	98,8	93,3
11. Навоз 20 т/га	0–20	86,0	78,5	76,8
	20–40	76,7	74,0	74,8
	0–40*	81,4	76,3	75,8
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	102,4	95,3	87,3
	20–40	92,6	87,1	80,1
	0–40*	97,5	91,2	83,7
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	89,8	87,1	86,4
	20–40	80,0	79,0	79,0
	0–40*	84,9	83,1	82,7

\*0–40 – среднее содержание в слое 0–40 см

Фосфатный режим при многолетнем применении удобрений в почве под сахарной свеклой наиболее благоприятно складывается на фоне последствий органических удобрений и при внесении высоких доз минеральных удобрений. Однако в зависимости от погодных условий данная закономерность несколько нарушается. Тем не менее, просматривается

четкая закономерность: чем выше доза удобрений, тем больше в течение всей вегетации содержится в почве подвижного фосфора (Приложение Л, таблица 1).

Аналогичные данные получены при определении подвижного фосфора в почве под кукурузой (Приложение Л, таблица 2).

Внесение фосфорных удобрений приводит к повышению содержания подвижного фосфора в почве как под сахарной свеклой, так и под кукурузой. Если на контроле перед уборкой сахарной свеклы в среднем за 3 года в слое почвы 0–40 см содержание подвижного фосфора составляло 57,8 мг/кг почвы, то на варианте с одинарной дозой удобрения – 70,5, а на варианте с двойной дозой – 84,0 мг/кг почвы. Перед уборкой кукурузы, соответственно, 64,6, 77,0 и 93,3 мг/кг почвы. Основное действие удобрений в большей степени проявляется в пахотном слое почвы 0–20 см, что говорит о слабой миграции фосфора внесенных удобрений в более глубокие горизонты. В отдельные годы данная закономерность наблюдается еще более контрастно.

Так в 2009 году при внесении  $N_{180}P_{180}K_{180}$  в конце вегетации сахарной свеклы в слое 0–20 см, количество подвижного фосфора увеличилось на 27,7, то в слое 20–40 см – на 14,2 мг/кг почвы; в 2010 году, соответственно, на 48,3 и 13,4 мг/кг почвы (Приложение М, таблицы 1-3). Аналогичные данные получены при внесении удобрений под кукурузу (Приложение М, таблицы 4-6).

Значительного уменьшения содержания подвижного фосфора к концу вегетации по сравнению с начальным периодом роста не отмечается, что связано, на наш взгляд, во-первых, с невысоким выносом фосфора сахарной свеклой и, во-вторых, переходом части недоступных его форм в доступные.

Существенно повышается содержание в почве подвижного фосфора при внесении органических удобрений как в чистом виде, так и в сочетании с минеральными. На второй год после внесения 30 т/га навоза в начале

вегетации сахарной свеклы содержание подвижного фосфора в слое 0–20 см было на 34,1 мг/кг почвы больше, чем на контрольном варианте, в слое почвы 20–40 см – на 19,4 мг/кг почвы; в почве под кукурузой при прямом действии органических удобрений в дозе 20 т/га, соответственно, на 17,5 и 12,6 мг/кг почвы. В сочетании с минеральными удобрениями различия выражены еще в большей степени. Следует отметить, что последствие навоза под сахарной свеклой более эффективно, чем в прямом действии под кукурузу. Это можно объяснить тем, что в первый год наблюдается процесс связывания фосфатов почвы с органическими соединениями, в последующий период происходит их мобилизация.

Высокая роль органических удобрений в улучшении фосфатного режима почвы связана, вероятно, не только с внесением в почву фосфора с навозом, сколько с повышением биологической активности, трансформирования ППК под влиянием такого многокомпонентного вещества, каким является навоз и другими причинами непрямого действия.

На основании проведенных исследований можно заключить, что фосфорный режим чернозема типичного при многолетнем применении удобрений под сахарную свеклу наиболее благоприятно складывался на фоне последствия органических удобрений и при внесении высоких доз азота, фосфора и калия, где в начале вегетации культуры 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.

Таким образом, обязательным условием повышения содержания в почве подвижного фосфора и, соответственно, формирования высокого урожая сельскохозяйственных культур является применение фосфорсодержащих и органических удобрений. Но и без применения удобрений фосфатный фон почвы в некоторой степени может обновляться за счет культур с глубоко проникающей корневой системой, какими в наших опытах являются сахарная свекла и кукуруза. Перемещение фосфора из более глубоких горизонтов почвы позволило в пахотном слое без применения удобрений удерживать его количество на исходном уровне. Эти выводы согласуются с данными многолетних исследований Сокорева Н.С. (2008) на выщелоченном черноземе Курской области [151].



#### 4 КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПОД САХАРНОЙ СВЕКЛОЙ И КУКУРУЗОЙ

Сокращение использования удобрений привело к существенному ухудшению баланса основных элементов минерального питания растений в земледелии Центрально-Черноземного региона. Так, анализ изменения круговорота калия в земледелии Воронежской области за 1990–2009 гг. показал его отрицательный баланс. Если в 1976–1983 гг. в Белгородской области баланс калия был близким к бездефицитному, в 1984–1989 гг. положительным, то во время последних циклов агрохимического обследования наблюдался отрицательный баланс калия. Однако средневзвешенное содержание подвижных его форм в почве не изменилось [95, 98]. Следовательно, под влиянием антропогенных факторов происходит перегруппировка и трансформация соединений калия.

В питании растений большое значение имеет подвижный калий. В некарбонатных чернозёмных почвах его определяют по методу Чирикова. В качестве экстрагента используют 0,5 н.  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Подвижный калий включает водорастворимый калий и часть обменного, которая переходит в вытяжку 0,5 н.  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

Определение подвижного калия в почве под сахарной свеклой и кукурузой показало, что максимальное его количество в почве 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 (Таблицы 10, 11, Приложение П). Эти различия мы связываем с процессом разложения навоза и его влиянием в прямом действии при внесении под кукурузу и в последствии под сахарную свеклу.

Таблица 10 – Содержание в почве подвижного калия (мг/кг почвы) под сахарной свеклой, среднее за 2007–2009 гг.

Варианты опыта	Начало вегетации	Середина вегетации	Перед уборкой	Среднее
1. Контроль	95	87	91	91
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	93	87	103	94
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	108	99	111	106
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	135	123	132	130
11. 2 г. послед. навоза 30 т/га	120	104	110	111
13. 2 г. послед. навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	122	111	114	116
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	115	112	117	115
Среднее	113	103	111	109

Таблица 11 – Содержание в почве подвижного калия (мг/кг почвы) под кукурузой на силос, среднее за 2007–2009 гг.

Варианты опыта	Начало вегетации	Середина вегетации	Перед уборкой	Среднее
1. Контроль	91	86	87	88
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	95	87	90	91
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	123	114	111	116
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	140	114	120	125
11. Навоз 20 т/га	115	112	114	114
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	142	119	127	129
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	142	129	134	135
Среднее	121	108	112	114

Азотно-фосфорные удобрения без калийных не изменяют содержание подвижного калия, но на их фоне эффективность калийных удобрений существенно повышается. По срокам определения также имеются определенные различия. В почве под сахарной свеклой при внесении высоких доз калия в период активного роста вегетативной массы (середина вегетации) количество его подвижных форм значительно снижается, но к уборке во все годы исследований практически происходит его восстановление до первоначального уровня. Его повышение к концу

вегетации можно объяснить мобилизацией из необменно-поглощенного состояния в подвижные соединения. В почве под кукурузой динамика содержания подвижного калия менее выражена, но также отмечается тенденция его восстановления до первоначального уровня.

Таким образом, внесение калийных удобрений в повышенном количестве на фоне умеренных доз азота и фосфора способствует накоплению калия в подвижной форме, что согласуется с результатами других исследований [131, 134].

В многочисленных исследованиях и при проведении агрохимического мониторинга пренебрегают разницей в понятиях «подвижный» и «обменный» калий. Как правило, подвижную форму калия называют обменной. Однако необходимо понимать, что, хотя подвижный калий и включает какую-то часть обменного, но это не одно и то же. Содержание обменного калия определяется другими методами и может быть в 1,5-2 раза выше, чем содержание подвижного калия [160, 162, 164]. В связи с этим, на наш взгляд, нельзя говорить об оценке калийного состояния почвы по содержанию подвижного калия.

В наших исследованиях, 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 (Таблицы 12, 13, Приложение Р таблицы 1–6). 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.

Так, наибольшее содержание обменного калия под сахарной свеклой (как и подвижного) обеспечивало внесение  $N_{180}P_{180}K_{180}$  (вариант 9). Наименьшим содержанием обменного калия характеризовался вариант с

внесением только азотно-фосфорных удобрений. Но, стоит отметить, что, если содержание подвижного калия на этом варианте было практически таким же, как и на контроле, то содержание обменной его формы, в среднем за три года, было ниже контрольного варианта на 30 мг/кг в начале, на 24 мг/кг в середине и на 6 мг/кг в конце вегетации сахарной свеклы. По остальным вариантам опыта также прослеживались большие различия в величине содержания обменного калия, в отличие от подвижного.

Таблица 12 – Содержание в почве обменного калия (мг/кг почвы) под сахарной свеклой, среднее за 2007–2009 гг.

Варианты опыта	Начало вегетации	Середина вегетации	Перед уборкой	Среднее
1. Контроль	178	167	163	169
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	148	143	157	149
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	183	173	183	180
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	213	206	210	210
11. 2 г. послед. навоза 30 т/га	174	165	173	171
13. 2 г. послед. навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	197	195	200	197
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	194	191	203	196
Среднее	185	177	184	182

Таблица 13 – Содержание в почве обменного калия (мг/кг почвы) под кукурузой на силос, среднее за 2007–2009 гг.

Варианты опыта	Начало вегетации	Середина вегетации	Перед уборкой	Среднее
1. Контроль	139	128	133	133
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	146	138	140	141
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	177	167	174	173
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	199	195	200	198
11. Навоз 20 т/га	168	152	156	159
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	217	208	214	213
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	193	191	192	192
Среднее	177	168	173	173

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).

Такие закономерности, вероятно можно объяснить, тем, что та часть обменного калия, которую мы относим к подвижной форме, в поглощенном состоянии удерживается почвенными коллоидами менее интенсивно. Поэтому она способна достаточно легко извлекаться 0,5 н.  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Другая часть обменного калия более прочно закрепляется почвенными коллоидами и не извлекается 0,5 н.  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , но способна переходить в растворы более сильных экстрагентов (например, 1 н раствор  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  как в методе Масловой). В то же время весь фонд обменного калия может выступать источником питания растений. Обменные катионы калия в ППК постоянно переходят из менее подвижных позиций в более подвижные и, наоборот. Поэтому по содержанию подвижного калия (по методу Чирикова) нельзя в полной мере судить об обеспеченности растений этим элементом.

Под кукурузой на силос при внесении калийных удобрений в сочетании с азотно-фосфорными количество обменного калия по сравнению с вариантом  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}$  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).

Источником пополнения обменной формы калия в почве служит необменный калий. Поглощенный почвенными минералами, необменный калий заключен в межрешетчатых промежутках кристаллических решеток трехслойных алюмосиликатов, которые присутствуют в почве в составе илистой и пылеватой фракции. Поэтому содержание обменной формы калия в почве во многом определяется ее минералогическим составом, от которого зависит сама способность почвы фиксировать калий в необменном состоянии. Также ученые отмечают, что, чем сильнее антропогенное воздействие на почву, тем больше образуется необменных форм калия [4].

В наших исследованиях, в зависимости от уровня удобрения сахарной свеклы, содержание необменного калия в почве 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 (Таблица 14, Приложение Н таблицы 1–3). При этом минимальным в опыте оно было на варианте с внесением  $N_{90}P_{90}$ .

Таблица 14 – Содержание в почве необменного калия (мг/кг почвы) под сахарной свеклой, среднее за 2007–2009 гг.

Варианты опыта	Начало вегетации	Середина вегетации	Перед уборкой	Среднее
1. Контроль	546	520	494	520
5. $N_{90}P_{90}$	510	482	453	482
8. $N_{90}P_{90}K_{90}$	673	642	620	645
9. $N_{180}P_{180}K_{180}$	829	791	743	788
11. 2 г. послед. навоза 30 т/га	728	685	596	670
13. 2 г. послед. навоза 30 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	791	752	702	748
16. $N_{90}P_{90}K_{180}$	796	761	736	764
Среднее	696	662	621	660

Внесение одинарной и двойной доз калийных удобрений на фоне  $N_{90}P_{90}$  (варианты 8 и 16) приводило к увеличению содержания в почве необменного калия на 160–167 и 279–286 мг/кг почвы, соответственно, по сравнению с вариантом 5.

Использование только органических удобрений, даже на второй год их последствий (вариант 11), также способствовало накоплению в почве необменного калия. Здесь его содержание было на 102–182 мг/кг почвы выше, чем на контроле. При добавлении к навозу минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$  (вариант 13) содержание обменной формы калия увеличивалось еще на 63–106 мг/кг почвы.

Наибольшее в опыте содержание обменной формы калия отмечалось на варианте с внесением двойной дозы минеральных удобрений ( $N_{180}P_{180}K_{180}$ ). При этом оно было на 249–283 мг/кг почвы выше контроля и на 123–156 мг/кг почвы варианта с одинарной дозой минеральных удобрений ( $N_{90}P_{90}K_{90}$ ).

Говоря об изменении содержания обменной формы калия в течение вегетации сахарной свеклы, стоит отметить, что на протяжении всего роста и развития растений оно уменьшалось, достигая минимальной величины к уборке урожая. При этом наибольшее уменьшение его содержания наблюдалось во второй половине вегетации культуры и составляло 26–89 мг/кг почвы. За весь период вегетации содержание обменного калия уменьшалось на 52–132 мг/кг почвы. Вероятно, это связано с тем, что обменная форма калия, хотя и считается второстепенным источником для питания растений данным элементом (после обменной формы), все же активно участвует в этом процессе.

Распределение содержания обменного калия по вариантам опыта в почве под кукурузой имело свои особенности (Таблица 15, Приложение Н таблицы 4–6). На контрольном варианте и варианте с азотно-фосфорным

питанием оно различалось незначительно и достигало наименьшую в опыте величину. Внесение только минеральных удобрений увеличивало его тем сильнее, чем выше была доза калийных удобрений (от 660 мг/кг почвы при использовании  $N_{60}P_{60}K_{60}$  до 739 мг/кг почвы на варианте с внесением  $N_{120}P_{120}K_{120}$ ).

Содержание необменной формы калия увеличивалось и под влиянием органических удобрений. Причем наибольшим в опыте, в отличие от сахарной свеклы, оно было при совместном использовании 20 т/га навоза и минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (в случае с сахарной свеклой наибольшее содержание обменного калия наблюдалось на варианте с двойной дозой минеральных удобрений).

Таблица 15 – Содержание в почве обменного калия (мг/кг почвы) под кукурузой на силос, среднее за 2007–2009 гг.

Варианты опыта	Начало вегетации	Середина вегетации	Перед уборкой	Среднее
1. Контроль	570	526	566	554
5. $N_{60}P_{60}$	575	527	560	554
8. $N_{60}P_{60}K_{60}$	660	623	664	649
9. $N_{120}P_{120}K_{120}$	739	704	748	730
11. Навоз 20 т/га	670	626	669	655
13. Навоз 20 т/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$	758	709	750	739
16. $N_{60}P_{60}K_{120}$	726	683	725	711
Среднее	671	628	669	656

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. Вероятно, это было связано с биологическими особенностями кукурузы: наибольшее потребление калия у нее приходится на первую половину



вегетации, а к уборке урожая создавались условия для накопления необменной формы калия, что еще раз доказывает важную роль изучаемой формы калия в питании растений.

Как считает Авакян Н.О. (1969), обеспеченность растений калийным питанием обусловлена не столько величиной содержания в почве обменного калия, сколько его долей от суммы обменной и необменной форм элемента [2].

По нашим расчетам от общей суммы обменного и необменного калия доля обменной формы по вариантам опыта варьировала в пределах 18,9–25,7% (Таблица 16).

Таблица 16 – Доля обменного калия от общего его содержания (среднее за 2007–2009 гг.), %

Варианты опыта	Под сахарной свеклой				Под кукурузой			
	Начало вегетации	Середина вегетации	Перед уборкой	Среднее	Начало вегетации	Середина вегетации	Перед уборкой	Среднее
1. Контроль	24,6	24,3	24,8	24,5	19,6	19,6	19,0	19,4
5. N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	22,5	22,9	25,7	23,6	20,2	20,8	20,0	20,3
8. N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	21,4	21,2	22,8	21,8	21,1	21,1	20,8	21,0
9. N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	20,4	20,7	22,0	21,0	21,2	21,7	21,1	21,3
11. Навоз	19,3	19,4	22,5	20,3	20,0	19,5	18,9	19,5
13. Навоз + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	19,9	20,6	22,2	20,8	22,3	22,7	22,2	22,4
16. N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	19,6	20,1	21,6	20,4	21,0	21,9	20,9	21,3
Среднее	21,0	21,1	22,9	21,6	20,9	21,1	20,5	20,3

В среднем за вегетацию сахарной свеклы доля обменного калия от общего содержания обменной и необменной его форм наименьшую величину имела на варианте с внесением навоза. Использование одинарной дозы минеральных удобрений совместно с навозом увеличивало ее на 0,6%.

При внесении только азотно-фосфорных удобрений (вариант 5) доля обменного калия от общего содержания обменной и необменной его форм

составляла 23,6%. Добавление калийного удобрения в одинарной и двойной дозах уменьшало ее на 1,8 и 3,2%, соответственно.

Сравнивая варианты с различными дозами полного минерального удобрения (варианты 8 и 9), можно отметить, что внесение  $N_2P_2K_2$  приводило к уменьшению доли обменного калия от общего содержания обменной и необменной его форм на 0,8% по сравнению с использованием  $N_1P_1K_1$ .

Установленные закономерности сохранялись в течение всего периода вегетации сахарной свеклы.

Несколько иная тенденция наблюдалась под кукурузой. Так, внесение калийных удобрений в одинарной и двойной дозах на фоне  $N_1P_1$  (варианты 8 и 16) в среднем приводило к увеличению доли обменного калия от суммы обменной и необменной его форм на 0,7 и 1,0%, соответственно. Использование  $N_1P_1K_1$  совместно с навозом увеличивало данный показатель на 2,9%. Наблюдалась и разница между вариантами  $N_1P_1K_1$  и  $N_2P_2K_2$  в 0,3% с преимуществом варианта 9. То есть внесение минеральных удобрений под сахарную свеклу приводило к увеличению содержания необменного калия в почве и снижению доли обменного в большей степени, чем под кукурузой. Вероятно, это было связано как с тем, что сахарная свекла размещалась в севообороте до кукурузы на силос, так и с большей дозой минеральных удобрений, вносимых под свеклу.

Первое обстоятельство объясняет то, что, из-за потребления предшествующими культурами севооборота, уменьшалась доля обменного калия от суммы обменного и необменного в почве контрольного варианта и при внесении  $N_1P_1$ . Второе – большее накопление калия в необменной форме при внесении высоких доз калийных удобрений. Как отмечают ученые, калий при внесении в небольших количествах в первую очередь будет поглощаться обменно, а в случае его высоких доз помимо обменного поглощения, происходит и необменная фиксация этого элемента [229].

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что внесение калия как с минеральными, так и с органическими удобрениями увеличивало содержание всех изучаемых форм этого элемента в почве. Снижение количества обменного калия влечет за собой повышение содержания обменного и подвижного калия.

Определение содержания подвижного калия (метод Чирикова) не дает полной картины калийного режима чернозема типичного. Так, за период вегетации сахарной свеклы, несмотря на достаточно высокий вынос калия с корнеплодами, содержание подвижного калия уменьшалось на 4-10 мг/кг или увеличивалось на 2-3 мг/кг почвы. Под кукурузой на силос оно в основном уменьшалось, но опять-таки в несопоставимых с выносом размерах – на 4-20 мг/кг почвы. Больше информации о калийном состоянии чернозема дает определение содержания обменного калия (метод Масловой). Однако и в этом случае не прослеживается четкой зависимости снижения его содержания при питании растений. Поэтому без определения содержания обменной формы калия трудно представить полную картину трансформации форм калия в черноземе типичном.

## 5 УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ И ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ

### 5.1 Урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы

Величина урожайности является интегрирующим показателем влияния биотических и абиотических факторов на рост и развитие сельскохозяйственных культур.

Результаты наших исследований показали, что в 2007 году погодные условия сложились наиболее благоприятными для формирования урожая сахарной свеклы, поэтому даже без применения удобрений был получен более высокий урожай (282,8 ц/га), чем в другие годы исследований (Таблица 17).

Таблица 17 – Урожайность и содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы, 2007 г.

Варианты опыта	Урожайность корнеплодов, ц/га	Прибавка урожайности		Содержание сахара, %	Сбор сахара, ц/га
		ц/га	%		
1. Контроль без удобрений	282,8	–	–	16,8	47,5
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	363,9	81,1	29	16,1	58,6
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	377,8	95,0	34	16,3	61,6
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	438,3	145,5	51	15,7	68,8
11. Последействие навоза 30 т/га	330,6	47,8	17	16,6	54,9
13. Последействие навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	382,8	100,0	35	15,8	60,5
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	377,2	94,4	33	16,2	61,1
S <sub>x</sub> , %	1,9				
НСР <sub>0,95</sub> , ц/га	20,0				

Внесение минеральных удобрений привело к увеличению урожайности корнеплодов сахарной свеклы на 81,1–145,5 ц/га. Все прибавки математически достоверны по сравнению с контрольным вариантом.

Максимальные прибавки урожая корнеплодов (95,0–145,5 ц/га) получены на вариантах, где вносились азотные, фосфорные и калийные удобрения в одинарной и двойных дозах. Следует отметить особенность действия калия: при внесении одинарной дозы на фоне  $N_{90}P_{90}$  прибавка составила 13,9 ц/га, при дальнейшем же его увеличении на том же фоне (вариант 16) прибавка по сравнению с одинарной дозой отсутствовала.

В то же время двойная доза калия на повышенном фоне азота и фосфора (вариант  $N_{180}P_{180}K_{180}$ ) способствовала получению максимально высокого урожая корнеплодов – 428,3 ц/га. Эти данные согласуются с результатами определения различных форм калия в почве под сахарной свеклой: при увеличении дозы калийных удобрений на фоне двойных доз азота и фосфора в почве повышается содержание подвижного калия, что способствует созданию благоприятных условий калийного питания для сахарной свеклы.

Минимальная прибавка урожая получена при внесении в черном пару 30 т/га навоза (вариант 11). Его последствие повысило урожай корнеплодов сахарной свеклы на 17 %, в то время как минеральные удобрения на 51 %. Следует отметить, что минеральные удобрения на фоне последствия навоза прибавки урожая по сравнению с внесением без навоза практически не дают. Так, внесение  $N_{90}P_{90}K_{90}$  обеспечило прибавку 34 % по сравнению с контролем, а внесение такой же дозы совместно с последствием навоза – 35 %.

Следовательно, можно считать, что дополнительное внесение минеральных удобрений на фоне второго года последствия навоза нерационально. Кроме того, на этих вариантах опыта снижается качество

урожая. Так, при сочетании органических и минеральных удобрений сахаристость корнеплодов была ниже на 1,0 % по сравнению с контрольным вариантом, а на фоне последействия навоза без минеральных удобрений содержание сахара в корнеплодах практически осталось на уровне контроля.

Схожие данные получены и другими учеными. Например, на типичных черноземах Белгородской области внесение навоза под сахарную свеклу снизили ее сахаристость на 0,1 % [126], в опытах Васютина А.А. (2002) на маломощном типичном черноземе Воронежской области сахаристость снизилась по сравнению с контрольным вариантом на 0,59 % [28].

Наибольшее содержание сахара в корнеплодах было на контрольном варианте – 16,8%. На варианте с азотно-фосфорным фоном (вариант 5) сахаристость корнеплодов уменьшалась на 0,7% по сравнению с контролем, а при добавлении к нему калийного удобрения в дозах  $K_{90}$  и  $K_{180}$  увеличивалась на 0,2 и 0,1% по отношению к варианту 5, но на 0,5 и 0,6% была ниже контроля. В еще большей степени уменьшало содержание сахара в корнеплодах внесение двойной дозы минерального удобрения (вариант 9) – на 1,1% по сравнению с контролем и на 0,6% по сравнению с использованием  $N_{90}P_{90}K_{90}$ .

Аналогичные данные получены в условиях неустойчивого увлажнения на черноземе выщелоченном западной части ЦЧР [57]. На типичном черноземе Тамбовской области [17] азотные удобрения и навоз снижали сахаристость корнеплодов, фосфорно-калийные удобрения ослабляли отрицательное действие азотных.

В 2008 году, несмотря на засушливые условия в первой половине вегетационного периода, естественное плодородие почвы обеспечило урожайность корнеплодов 277,8 ц/га (Таблица 18). Это связано с тем, что во время активного роста корнеплодов в августе месяце прошли дожди, почва была хорошо увлажнена и при относительно высокой температуре прирост

корней за одни сутки достигал одного и более центнеров с гектара. Максимальная прибавка урожая корнеплодов, также, как и в 2007 году, получена при внесении двойной дозы азота, фосфора и калия, причем в значительно большем размере – 240,0 ц/га.

Таблица 18 – Урожайность и содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы, 2008 г.

Варианты опыта	Урожайность корнеплодов, ц/га	Прибавка урожайности		Содержание сахара, %	Сбор сахара, ц/га
		ц/га	%		
1. Контроль без удобрений	277,8	–	–	17,3	48,1
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	353,3	75,5	27	15,6	55,1
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	415,6	137,8	50	16,8	69,8
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	517,8	240,0	86	15,9	82,3
11. Последействие навоза 30 т/га	420,0	142,2	51	16,5	69,3
13. Последействие навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	431,1	153,3	55	16,3	70,3
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	437,8	160,0	58	15,8	69,2
S <sub>x</sub> , %	4,4				
HCP <sub>0,95</sub> , ц/га	50,9				

Сравнивая данные таблицы 18 с результатами учета урожая 2007 года следует отметить, что в 2008 году прибавки в физическом весе были более значительные при внесении полного минерального удобрения. Не имел преимущества вариант без калийных удобрений – N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>, однако добавление к этой дозе калийных удобрений, дало значительную прибавку урожайности – 137,8 ц/га, на 47,8 ц/га выше, чем в предыдущем году. Следовательно, при выпадении осадков в более влажной почве повышается подвижность калия и его усвояемость растениями сахарной свеклы.

Увеличение дозы калийных удобрений до 180 кг д.в. на га на фоне N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> приводит к дальнейшему росту урожайности. По сравнению с вариантом N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> внесение двойной дозы калия на фоне N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> дало

прибавку на 22,2 ц/га выше. Однако качество корнеплодов при этом резко снизилось. Здесь, а также по другим высокоурожайным вариантам наблюдается эффект «разбавления». Аналогичное явление отмечено в исследованиях Куракова В.И. (2006); Зориной М.С. (2011); Поповой Е.В. (2004) и др. [9, 62, 153].

Последствие навоза на фоне применения одинарной дозы минеральных удобрений, также, как и в предыдущий год, не дало доказуемой прибавки урожая по сравнению с минеральной системой удобрений в одинарной дозе.

Сбор сахара с гектара посевов, как производное величины урожайности и сахаристости корнеплодов оказался по вариантам различным. Так, при внесении  $N_{90}P_{90}K_{180}$  получен один из высоких урожаев (второе место после варианта  $N_{180}P_{180}K_{180}$ ), однако сбор сахара с гектара посевов несколько уступал другим вариантам с полным минеральным питанием. В то же время внесение удобрений в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$  в сочетании с навозом обеспечивает высокую урожайность корнеплодов и повышает их качество, что отразилось на валовом сборе сахара. Следовательно, подтверждается тот факт, что питание растений должно быть не только достаточным, но и сбалансированным, а для сахарной свеклы соотношение N:P:K должно быть близкое к 1:1:1.

Стоит отметить и то, что при внесении двойной дозы минеральных удобрений (вариант 9), хотя и происходило значительное снижение сахаристости корнеплодов (на 2,4% по сравнению с контролем), но за счет высокой урожайности был получен наибольший в опыте сбор сахара.

В 2009 году естественное плодородие почвы обеспечило урожайность корнеплодов сахарной свеклы 185,2 ц/га, что оказалось на 97,6 ц/га ниже по сравнению с 2007 г., и на 92,6 ц/га ниже, чем в 2008 году (Таблица 19).



Снижение урожая явилось следствием летней засухи, когда за июль и август месяцы выпало всего 78,1 мм при многолетней норме 110 мм. При этом в первой декаде июля осадки вовсе отсутствовали, в то время как вторая и третья декады отличались достаточно высоким их количеством (42,8 и 26,6 мм, соответственно). Засуха усилилась в августе, когда количество осадков составляло 8,7 мм или 16% от среднемноголетнего значения.

Вместе с тем, несмотря на более низкую урожайность по сравнению с предыдущими годами, прибавки по отношению к контролю были значительные (50–97%). В среднем по удобренным фонам в 2009 году прибавка урожайности корнеплодов составляла 62 % по отношению к контрольному варианту, в 2007 году – 33 %, в 2008 году – 55 %.

Таблица 19 – Урожайность и содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы, 2009 г.

Варианты опыта	Урожайность корнеплодов, ц/га	Прибавка урожайности		Содержание сахара, %	Сбор сахара, ц/га
		ц/га	%		
1. Контроль без удобрений	185,2	–	–	18,7	34,6
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	281,8	96,6	52	18,2	51,3
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	294,7	109,5	59	18,5	54,5
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	363,9	178,7	97	17,6	64,0
11. Последействие навоза 30 т/га	289,9	104,7	57	18,5	53,6
13. Последействие навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	278,6	93,4	50	18,5	51,5
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	286,6	101,4	55	18,4	52,7
S <sub>x</sub> , %	4,5				
НСР <sub>0,95</sub> , ц/га	36,4				

Максимальный урожай корнеплодов сахарной свеклы, как и в предыдущие годы, получен при внесении двойной дозы азота, фосфора и калия – 363,9 ц/га, почти в два раза больше, чем на контрольном варианте. По

остальным вариантам прибавки были значительно ниже и мало отличались между собой – в пределах 50–59 % от контроля.

Влияние удобрений на содержание сахара в корнеплодах и его сбор с 1 га было практически таким же, как и в предыдущие годы исследований. Но, стоит отметить, что из-за низкой урожайности корнеплодов, содержание сахара в них было выше, чем в 2007 и 2008 гг. и отличалось большей равномерностью распределения по вариантам опыта.

Обобщая данные по урожайности и сахаристости корнеплодов за три года, можно сделать вывод, что максимальная урожайность и сбор сахара с гектара получены на варианте с применением азота, фосфора и калия в удвоенной дозе (Таблица 20). В среднем за три года прибавка к контролю на этом варианте составила 188,1 ц/га или 76%.

Таблица 20 – Урожайность и содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы, среднее за 2007–2009 гг.

Варианты опыта	Урожайность корнеплодов, ц/га	Прибавка урожайности		Содержание сахара, %	Сбор сахара, ц/га
		ц/га	%		
2. Контроль без удобрений	248,6	–	–	17,6	43,8
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	333,0	84,4	34	16,6	55,4
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	362,7	114,1	46	17,2	62,4
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	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 <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	364,2	115,6	47	16,9	61,4
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	367,2	118,6	48	16,8	61,7

Самая низкая прибавка получена на варианте без внесения калийных удобрений (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>) и составила 84,4 ц/га или 34%. Добавление калия в дозе K<sub>90</sub> увеличивало прибавку урожайности по отношению к контролю до 46%.

Удвоение дозы калия ( $K_{180}$ ) по фону  $N_{90}P_{90}$  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  $N_{90}P_{90}$ , а в двойной дозе при незначительном повышении урожайности – на 0,2 %. Однако исследования ряда авторов свидетельствуют о том, что на высокогумусированных почвах тяжелосуглинистого состава с высоким содержанием обменного калия (в наших опытах 154–182 мг/кг почвы) чрезмерное увеличение дозы минеральных удобрений приводит к повышению концентрации азота и калия в корнеплодах, которые препятствуют выходу сахара в технологическом процессе его получения [17, 124, 125, 180, 182, 205].

Таким образом, среди изучаемых вариантов в среднем за 2007-2009 гг. 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.

## **5.2 Урожайность и качество зеленой массы кукурузы**

Урожайность зеленой массы кукурузы в меньшей степени, чем сахарной свеклы, зависела от погодных условий. 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 культуры.

Кукуруза на силос является пятой культурой экспериментального севооборота и ее предшественником была яровая пшеница, под которую удобрения не вносили.

Урожайность зеленой массы кукурузы за счет естественного плодородия почвы в 2007 году составила 215,3 ц/га (Таблица 21, приложение С).

Таблица 21 – Отзывчивость кукурузы на силос на удобрения в 2007 году

Варианты опыта	Урожайность зеленой массы, ц/га	Прибавка урожайности		Содержание протеина, %
		ц/га	%	
1. Контроль без удобрений	215,3	–	–	6,4
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	273,2	57,9	26,9	9,1
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	369,2	153,9	71,5	9,2
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	362,8	147,5	68,5	10,6
11. 20 т/га навоза	321,2	105,9	49,2	7,2
13. 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	342,0	126,7	58,8	8,9
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	319,9	104,6	48,6	7,1
НСР <sub>0,95</sub> , ц/га	11,7			
S <sub>x</sub> , %	1,68			

Все варианты с внесением минеральных и органических удобрений дали математически достоверную прибавку урожайности зеленой массы кукурузы.

Наиболее высокая прибавка урожайности получена при внесении под кукурузу N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – 153,9 ц/га. Внесение двойной дозы минеральных удобрений (N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub>) не только не повышало урожайность по сравнению с вариантом N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, но и несколько снижало его, несмотря на повышенное содержание питательных веществ в почве на этом варианте. Это, видимо, связано с тем, что кукуруза, во-первых, относится к культурам очень чувствительным к повышенной концентрации почвенного раствора и, во-вторых, при таких высоких дозах значительная часть калия переходит в необменные формы.

Внесение калийных удобрений в дозе 60 кг д.в. на фоне азота и фосфора обеспечивают одну из наиболее весомых прибавок урожая. Так, если при внесении  $N_{60}P_{60}$  получена прибавка урожая 57,9 ц/га, то добавление калия обеспечивает получение наиболее высокой урожайности – 369,2 ц/га, что выше, чем на варианте  $N_{60}P_{60}$  на 96,0 ц/га. Таким образом, из всех вариантов с удобрениями, в том числе в сочетании с органическими, от внесения калия получена максимальная прибавка.

Что касается органических удобрений, то внесение под кукурузу 20 т/га навоза обеспечило довольно значительную прибавку урожайности зеленой массы по отношению к контролю – 105,9 ц/га. При добавлении к навозу  $N_{60}P_{60}K_{60}$  урожайность по сравнению с вариантом, где вносился только навоз, возросла незначительно и составила 126,7 ц/га, тогда как при внесении только минеральных удобрений она была 153,9 ц/га. Это можно объяснить на наш взгляд, во-первых, высокой чувствительностью кукурузы к повышенной концентрации почвенного раствора, а, во-вторых, биологическим закреплением элементов питания микроорганизмами, разлагающими навоз.

Такая закономерность сохранялась во все годы исследований. Аналогичные результаты были получены и другими исследователями, что будет показано ниже.

Таким образом, в 2007 году лучшие результаты по формированию зеленой массы кукурузы показала минеральная система удобрений. Варианты с применением органических удобрений как в чистом виде, так и в сочетании с минеральными по величине урожайности уступали место минеральной системе удобрения.

Вегетационный период 2008 года для кукурузы по метеорологическим условиям был менее благоприятным. На естественном фоне плодородия получен самый низкий урожай зеленой массы – 171,3 ц/га. Отрицательную роль сыграли два фактора: первый – в мае и июне было прохладно, что для

кукурузы, как теплолюбивой культуры, сдерживало нарастание вегетативной массы, несмотря на достаточную влагообеспеченность; второй – сильнейшая атмосферная засуха в августе месяце, когда температура на поверхности почвы достигала 60<sup>0</sup>С, а средняя дневная – до 32–33<sup>0</sup>С, относительная влажность воздуха с небольшими перерывами удерживалась на уровне 25–30 %.

Тем не менее, рост урожайности зеленой массы кукурузы от применения удобрений был существенным (Таблица 22).

Удобрения снижали негативное действие природных явлений и прибавки от их применения в 2008 году как в физическом весе, так и в процентном отношении оказались по некоторым вариантам даже выше, чем предыдущем году.

Таблица 22 – Отзывчивость кукурузы на силос на удобрения в 2008 году

Варианты опыта	Урожайность зеленой массы, ц/га	Прибавка урожайности		Содержание протеина, %
		ц/га	%	
1. Контроль без удобрений	171,3	–	–	7,2
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	216,6	45,3	26,4	8,3
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	328,2	156,9	91,6	8,4
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	312,0	140,7	82,1	9,6
11. 20 т/га навоза	276,9	105,6	61,6	7,3
13. 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	292,9	121,6	71,0	8,3
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	281,6	110,3	64,4	7,3
НСР <sub>0,95</sub> , ц/га				
S <sub>x</sub> , %				

При этом закономерности влияния удобрений на урожайность зеленой массы кукурузы, отмеченные в 2007 году, сохранялись и в этом году. Максимальная урожайность (328,2 ц/га) отмечена при внесении N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Удвоение дозы до N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> несколько снижало урожайность по сравнению с вариантом N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

Калийные удобрения обеспечили значительную прибавку урожайности зеленой массы кукурузы. Если на варианте N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> урожайность составила 216,6 ц/га, то добавление калия способствовало приросту урожайности на 111,6 ц/га. Удвоение же дозы калия до 120 кг д.в. на 1 га на фоне N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> снижало урожайность по сравнению с вариантом N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> на 46,6 ц/га.

В 2009 году погодные условия складывались более благоприятно для кукурузы. Урожайность зеленой массы за счет естественного плодородия составила 206,2 ц/га, что выше, чем 2008 году на 34,9 ц/га.

Все варианты с применением органических и минеральных удобрений дали достоверную прибавку урожайности зеленой массы кукурузы (Таблица 23).

Таблица 23 – Отзывчивость кукурузы на силос на удобрения в 2009 году

Варианты опыта	Урожайность зеленой массы, ц/га	Прибавка урожайности		Содержание протеина, %
		ц/га	%	
1. Контроль без удобрений	206,2	–	–	6,8
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	261,5	55,3	26,8	8,6
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	339,2	133,0	64,5	8,6
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	331,5	125,3	60,8	10,2
11. 20 т/га навоза	307,1	100,9	48,9	7,4
13. 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	317,3	111,1	53,9	8,4
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	335,7	129,5	62,8	7,0
НСР <sub>0,95</sub> , ц/га	21,7			
S <sub>x</sub> , %	4,23			

На фоне азотно-фосфорных удобрений высокую эффективность показали калийные. Если азотно-фосфорные удобрения по сравнению с контрольным вариантом дали прибавку 55,3 ц/га зеленой массы, то добавление к дозе азота и фосфора калийных удобрений дало прирост урожая в 77,7 ц/га, а по сравнению с контрольным вариантом – 133,0 ц/га.

Внесение двойной дозы полного минерального удобрения, а также увеличение дозы калия на фоне N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>, несмотря на получение достоверных к

контролю прибавок, несколько уменьшили урожайность кукурузы на силос по сравнению с одинарной дозой полного минерального удобрения, что связано, как и в предыдущие годы с повышением концентрации почвенного раствора. Как показали многолетние исследования А.Ф. Витера (2011) применение высоких доз минеральных удобрений в сумме азота, фосфора и калия выше 270–300 кг д.в. на гектар приводит к снижению микробиологической активности почвы, что негативно отражается на потреблении растениями макро– и микроэлементов, участвующих в формировании урожая [33].

Невысокое влияние на повышение урожайности зеленой массы кукурузы по сравнению со всеми вариантами минеральных удобрений с участием калия, оказали органические. Внесение 20 т/га навоза непосредственно под кукурузу дало минимальную прибавку – 100,9 ц/га, а по сравнению с безкалийным фоном – 45,6 ц/га. Можно считать, что наличие калия в органическом удобрении – навозе, наряду с повышением биологической активности почвы, играли исключительно важную роль во всех физиологических процессах роста вегетативной массы сельскохозяйственных растений [205, 237].

Таким образом, наибольшая урожайность кукурузы в 2009 году на черноземе типичном получена на варианте, где применялись минеральные удобрения в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , которую можно считать оптимальной.

Усредненные трехлетние данные подтверждают те закономерности вариабельности величины урожайности по отдельным вариантам, которые были определены по годам исследований (Таблица 24).

В течение всех трех лет исследований внесение в почву калия на фоне азотно-фосфорных удобрений давало математически достоверную прибавку урожая. 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.



По данным Воронежского филиала ГНУ ВНИИ кукурузы даже при достаточном обеспечении растений кукурузы калием в отдельные годы получены математически достоверные прибавки урожая зеленой массы кукурузы и как считает А.Ф. Стулин (2009, 2012) роль калия на черноземных почвах требует дальнейшего углубленного изучения [186, 187].

Таблица 24 – 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 <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	250,4	52,8	26,7	8,6	1,8	21,6	8,2
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	345,5	147,9	74,8	8,6	1,8	29,8	16,4
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	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 <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	317,4	119,8	60,6	8,4	1,6	26,8	13,4
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	312,4	114,8	58,1	7,0	0,2	21,8	8,4

Неоднозначным оказалось действие органических удобрений. При внесении 20 т/га навоза получена прибавка урожая по сравнению с контрольным вариантом 104.1 ц/га, совместно с оптимальной (по нашим данным) дозой минеральных удобрений – прирост урожая незначительный – 15,7 ц/га, тогда как прирост урожая от применения той же дозы минеральных удобрений без навоза – 147.9 ц/га. Таким образом, нами не подтверждается высокая эффективность совместного применения органических и минеральных удобрений. Причины этого были показаны выше.

Аналогичные данные были получены и другими исследователями. На черноземе типичном Белгородской области (Акинчин А.В., 2012) при внесении азота, фосфора и калия по 70 кг д.в. на га получено 373 ц/га зеленой

массы кукурузы, а при совместном внесении с 40 т/га навоза прибавка в урожае была незначительной – всего 10 ц/га, удвоенная доза  $N_{140}P_{140}K_{140}$  также не привело к существенному росту урожая [16].

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.

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 оно составило 7,0%, что указывает на то, что питание растений должно быть не только достаточным, но и сбалансированным (оптимальным) [233].

Навоз не оказал существенного влияния на содержание протеина, что подтверждается и другими исследователями [16, 92].

Содержание нитратов является в настоящее время важным показателем качества корма. Повышенное их содержание вызывает у животных доброкачественные и злокачественные опухоли, бесплодие. Нами в течение трех лет определялось количество нитратов в зеленой массе кукурузы по всем фонам удобренности (Приложение Т).

За все годы исследований не наблюдалось превышение ПДК нитратов в кукурузе на силос (500 мг/кг). Максимальное их количество – 357 мг/кг в зеленой массе обнаружены в 2008 году при внесении одинарной дозы азота, фосфора и калия. Удвоенная доза удобрений незначительно увеличила содержание нитратов в 2007 году, а в 2008 году произошло даже снижение. Удвоенная доза калия на фоне  $N_{60}P_{60}$  существенно снижает содержание

нитратов, что связано на наш взгляд с тем, что калий интенсифицирует синтез углеводов, которые являются источником энергии, необходимой для восстановления нитратов до аммиака и включения его в синтез аминокислот и белков.

По другим вариантам содержание нитратов в корме изменялось без каких-либо закономерностей и не превышало допустимой концентрации – 500 мг/кг [203]. В 2009 году в корме обнаружены только следы нитратов.

Таким образом, 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.

## 6 БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ

Баланс питательных веществ – это количественное выражение содержания питательных веществ в почве на конкретной площади или объекте исследования с учетом всех статей их поступления (внесение удобрений, природные источники и т.д.) и расхода (вынос с урожаем, естественные потери – вымывание, смыв, улетучивание и т.д.) в течение определенного промежутка времени. Баланс элементов питания является одним из важнейших показателей оценки эффективности применения удобрений и экологической нагрузки на агроценозы.

Многочисленными исследованиями доказано, что баланс отдельных питательных элементов в земледелии имеет свои особенности. Статьи баланса хозяйства, зоны, республики носят относительный характер и часто претерпевают существенные изменения в зависимости от природных и хозяйственных факторов. Именно поэтому, мы считаем необходимым рассчитать баланс питательных веществ, сложившийся на изучаемых вариантах в конкретных условиях.

При расчете баланса элементов питания, в качестве источников поступления питательных веществ нами были приняты:

- 1) Поступление с минеральными удобрениями;
- 2) Поступление с органическими удобрениями;
- 3) Несимбиотическая азотфиксация (8 кг/га в год);
- 4) Поступление азота с осадками (6 кг/га в год).

Расход питательных веществ:

- 1) Газообразные потери азота:
  - из минеральных удобрений (20%);
  - из органических удобрений (10%);
  - из почвы (9 кг/га).

- 2) Вымывание (NPK соответственно по 6; 0,3 и 3 кг/га);
- 3) Вынос с урожаем (фактический, полученный в результате исследований, приложение У).

Баланс рассчитан путем вычитания из общего поступления общего расхода, интенсивность баланса путем деления суммы приходных статей на сумму расходных.

Результаты расчета баланса элементов питания под сахарной свеклой представлены в таблице 25 и приложении Ф таблицы 1–3. 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 последствием 30 т/га навоза, что объяснялось большим выносом элементов питания с возроставшей 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 ухудшению азотного режима чернозема типичного.

Таблица 25 – Баланс элементов питания под сахарной свеклой, среднее за 2007–2009 гг.

Варианты	Приход, кг/га			Расход, кг/га			Баланс +/-, кг/га			Интенсивность баланса, %		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2. Контроль, без удобрений	14	0	0	113,5	22,1	115,2	-99,5	-22,1	-115,2	12,3	-	-
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	104	90	0	173,6	31,6	155,9	-69,6	58,4	-155,9	59,9	285,1	-
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	104	90	90	179,9	32,7	171,3	-75,9	57,3	-81,3	57,8	275,5	52,5
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	194	180	180	240,0	41,9	210,5	-46,0	138,1	-30,5	80,8	429,6	85,5
11. Последствие 30 т/га навоза	44	7,5	18	160,5	27,0	166,8	-116,5	-19,5	-148,8	27,4	27,8	10,8
13. Последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	134	97,5	108	193,4	30,4	184,8	-59,4	67,1	-76,8	69,3	320,4	58,4
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	104	90	180	189,6	30,7	187,2	-85,6	59,3	-7,2	54,9	292,8	96,2

Рассчитанная интенсивность баланса калия при внесении всех изучаемых доз калийных удобрений выше 30% (допустимая интенсивность), что говорит о сохранении плодородия чернозема типичного в отношении калия на этих вариантах. В случае отказа от калийных удобрений (варианты 1, 5, 11) наблюдается ухудшение калийного состояния чернозема.

Допустимая интенсивность баланса фосфора составляет 90–100%. Все варианты опыта с минеральными удобрениями обеспечивали большую ее величину. Это связано с невысоким коэффициентом использования фосфора из минеральных удобрений (11,4%). Однако вносить меньшее количество фосфорных удобрений невозможно, из-за быстрого химического поглощения фосфатов и образования малорастворимых, и, следовательно, не доступных для питания растений соединений.

Баланс элементов питания под кукурузой на силос имел некоторые отличия (Таблица 26, Приложение Ф таблицы 4–6). В отношении азота достигнуто 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, но находящийся в пределах допустимого.

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

Варианты	Приход, кг/га			Расход, кг/га			Баланс +/-, кг/га			Интенсивность баланса, %		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2. Контроль без удобрений	14	0	0	70,8	38,7	74,5	-56,8	-38,7	-74,5	19,8	-	-
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	74	60	0	120,7	28,2	84,1	-46,7	31,8	-84,1	61,3	212,5	-
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	74	60	60	154,9	75,6	132,5	-80,9	-15,6	-72,5	47,8	79,4	45,3
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	134	120	120	190,9	70,6	133,6	-56,9	49,4	-13,6	70,2	169,9	89,8
11. 20 т/га навоза	34	12,5	60	110,5	52,7	117,1	-76,5	-40,2	-57,1	30,8	23,7	51,2
13. 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	94	72,5	120	145,0	50,3	118,2	-51,0	22,2	1,8	64,8	144,0	101,6
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	74	60	120	122,0	59,7	98,0	-48,0	0,3	22,0	60,7	100,6	122,5



Таким образом, можно сделать вывод о том, что 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).

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

В настоящее время период эволюции аграрной цивилизации определяется переходом к прогрессивным моделям экономики, которые базируются на постоянном росте уровня производства, и предусматривают комплексную интеграцию научно-технической сферы и внедрение в сельскохозяйственное производство эффективных агроприемов, поэтому перед тем как ввести то или иное мероприятие в практику предприятия необходимо определит их экономическую эффективность.

Экономическая результативность хозяйственно-финансовой деятельности сельскохозяйственного предприятия – это способность создавать условия для достижения наивысших показателей доходности, производительности и качества продукции.

Следует различать понятия – эффект или результат и экономическая эффективность. Эффект или результат – это следствие применяемых мероприятий в производственном процессе. Например, эффект от использования удобрений выражается в виде прибавки урожая, но этот показатель не характеризует выгодность данного агроприема. Условием экономической эффективности является максимальное получение эффекта от сельскохозяйственной деятельности при минимальных затратах овеществленного и живого труда. Таким образом, эффективность можно характеризовать, как сопоставление результатов и затрат на этот результат.

Расчет экономической эффективности производства на базе сопоставления его эффекта с общими затратами прошлого и живого труда, и с объемами использованных производственных ресурсов обусловлен тем, что результат определяется затратами и ресурсами, вовлеченными в

производственный процесс. О выгоде можно судить только на основе сравнения полученного эффекта с затратами на его достижение. Следовательно, не эффект, а экономическая эффективность характеризует выгодность производства.

Рост экономической эффективности аграрного производства способствует увеличению объемов сельскохозяйственной продукции и, одновременно, снижению трудовых и материальных затрат на единицу продукции. Увеличение эффективности производства может достигаться как за счет экономии текущих затрат (потребляемых ресурсов), так и путем лучшего использования действующего капитала и новых вложений в капитал (применяемых ресурсов).

Эффективность сельского хозяйства, в современных условиях рыночной экономики, зависит не только от производства, но и от потребления и распределения. Так же, на нее влияют природно-климатические условия, поэтому один из важнейших моментов выявления эффективности сельскохозяйственного производства – это анализ фактических показателей в динамике за 3-5 лет. Что позволяет объективно выявить закономерности и тенденции в развитии аграрного производства.

Для определения экономической эффективности производства необходима система натуральных и стоимостных показателей, это обусловлено различными видами производственных ресурсов, которые отличаются по экономической природе и не всегда сопоставимы и разным характером измерения эффекта. Показатели экономической эффективности являются средством количественного измерения ее уровня. Например, к натуральному показателю отрасли растениеводства относят - урожайность культур с 1 га, которая в свою очередь является основой для расчета стоимостных показателей: стоимости валовой и товарной продукции,

валового и чистого дохода, себестоимости, прибыли и рентабельности производства.

Система показателей для оценки производства продукции должна учитывать так же и общие затраты на возделывание и уборку сельскохозяйственных культур, таких как: оплата труда с отчислениями, нефтепродукты, семена, удобрения, средства защиты растений, энергозатраты, транспортные расходы, страховые платежи, затраты на амортизацию и на текущий ремонт, прочие прямые затраты, общепроизводственные и общехозяйственные расходы.

Лишь комплекс показателей позволяет провести полный анализ и получить выводы об основных направлениях повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Одним из важнейших направлений интенсивного развития земледелия, повышения плодородия почвы и улучшением качества сельскохозяйственной продукции – является применение удобрений. Расчеты экономической эффективности применения средств химизации позволяют объективно оценить мероприятия в прогрессивных технологиях выращивания культур и определить целесообразность их использования в сельскохозяйственном производстве.

Экономическую эффективность применения удобрений можно определить путем сравнения урожаев, полученных за счет естественного плодородия почвы и при использовании удобрений.

В работе рассматривается эффективность различных вариантов применения органических и минеральных удобрений при возделывании сахарной свеклы и кукурузы на корм.

При расчете экономической эффективности сумма затрат на их возделывание включает расходы на подготовку почвы, посев, уход за посевами, уборку урожая, транспортировку и первичную подработку. Эти

затраты определялись путем расчета соответствующих технологических карт по годам исследования, а потом выводились среднеарифметические данные за три анализируемые года, при этом учитывались затраты на внесение минеральных удобрений и последствия органических (по сахарной свекле 25% от стоимости и затрат на внесение в пар и по кукурузе на корм – 75%, так как было непосредственное внесение навоза под данную культуру).

Так как показатели экономической эффективности должны быть актуальными именно в современных условиях производства, то при их расчете мы использовали цены и расценки, сложившиеся на рынке Воронежской области в 2021 году. Стоимость используемых удобрений определяли по оптовым ценам промышленности с учетом наценок на транспортировку (Таблица 27).

Таблица 27 – Экономическая эффективность применения удобрений под сахарную свеклу, в расчете на 1 га, среднее за 2007-2009 гг. (актуализировано на 2021 год)

Показатели	Варианты опыта						
	1. Контроль без удобрений	5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	11. Последствия ие навоза 30 т/га	13. Последствия ие навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>
Урожайность, ц/га	248,6	333,0	362,7	440,0	346,8	364,2	367,2
Прибавка урожая, ц/га	-	84,4	114,1	191,4	98,2	115,6	118,6
Стоимость продукции, руб.	69608	93240	101556	123200	97113	101967	102816
Стоимость прибавки, руб.	-	23632	31948	53592	27505	32359	33208
Материально-денежные затраты, руб.	48209	61713	65033	80056	55531	68107	67187
Дополнительные материально-денежные затраты, руб.	-	13504	16824	31847	7322	19898	18978
Себестоимость 1ц продукции, руб.	193,92	185,32	179,3	181,95	160,11	187,02	182,97
Условно-чистый доход, руб.	21399	31527	36523	43144	41582	33860	35629
Дополнительный доход, руб.	-	10128	15124	21745	20183	12461	14230
Уровень рентабельности, %	44,4	51,1	56,2	53,9	74,9	49,7	53,0
Затраты труда, чел. час.	5,31	6,38	6,78	7,92	6,09	6,79	6,93
Затраты труда на 1 ц, чел. час.	0,021	0,019	0,019	0,018	0,018	0,019	0,019

Анализом экономических показателей установлено, что применение удобрений под сахарную свеклу повышает урожайность корнеплодов, что дает возможность получать дополнительно урожай с одного га на сумму в 1,3-1,5 раза выше, чем на контроле, самая высокая стоимость, в сравнении с контролем на варианте, где применялись минеральные удобрения в дозе  $N_{180}P_{180}K_{180}$ , на этом варианте получена дополнительная стоимость в среднем за три года от продажи корнеплодов в размере 53592 рублей. Однако этот показатель не может служить уровнем эффективности, поскольку он не отражает затрат на его производство.

Наименьшие материально-денежные затраты можно наблюдать на контрольном варианте, так как вообще не тратились средства на покупку дорогостоящих минеральных удобрений. На варианте с последствием навоза (вариант 11) они незначительно увеличивались, так как использовали процент последствия органики (25%) и были затрачены средства на уборку прибавки урожая. В связи, с большими затратами на приобретение и внесение минеральных удобрений, уборку дополнительной продукции материально-денежные затраты резко возросли на вариантах, где применялись минеральные удобрения, так как под сахарную свеклу они вносятся в весомых количествах, а это требует определенных затрат на их приобретение. Максимальны они были на варианте с внесением  $N_{180}P_{180}K_{180}$  (вариант 9). Себестоимость 1 ц продукции в среднем за три года варьировала от 160,11 рублей на варианте с последствием навоза (вариант 11) до 193,92 руб. на контроле без применения удобрений.

На всех вариантах опыта был получен условно-чистый доход. Причем максимальным он был на варианте, где применялись удобрения в дозе 180 кг д.в. на 1 га. В сравнение с контролем, по всем вариантам, где применялись минеральные удобрения и использовалось последствие навоза, получен так же и дополнительный доход. Важнейший показатель экономической

эффективности – уровень рентабельности, он характеризует сколько приходится дохода на 100 рублей затрат, был на всех вариантах опыта выше, чем на контроле, что свидетельствует о целесообразности применения удобрений под сахарную свеклу. Максимальный уровень рентабельности был отмечен на варианте с последствием навоза и применения удобрений в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$ . Достаточно высоким он был и на остальных вариантах, где использовались удобрения.

Затраты труда на 1 ц продукции практически по всем вариантам были одинаковыми в пределах 0,02 чел.час.

При выборе самого эффективного варианта в опыте необходимо учесть и то, что без внесения минеральных удобрений под сахарную свеклу, из-за высокого выноса элементов питания растениями, будет происходить истощение почвенного плодородия. А именно, внесение высоких доз минеральных удобрений ( $N_{180}P_{180}K_{180}$ ) приводило к стабилизации пищевого режима культуры и, обеспечивает стабильный дополнительный доход. Кроме того, предполагается учитывать последствие удобрений. Например, калийные удобрения действуют в течение двух производственных циклов, а фосфорные – трех и более.

Таким образом, анализируя экономические показатели можно сделать вывод, что внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{180}P_{180}K_{180}$  и использование последствия органических под сахарную свеклу экономически выгодно и оправдано.

Результаты расчета экономической эффективности вносимы удобрений под кукурузу представлены в таблице 28.

При применении удобрений повышается не только урожайность зеленой массы кукурузы и выход кормовых единиц, но значительно растет стоимость продукции, самая высокая стоимость, в сравнении с контролем на варианте, где применялись минеральные удобрения в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Таблица 28 – Экономическая эффективность применения удобрений под кукурузу на силос, в расчете на 1 га, среднее за 2007-2009 гг. (актуализировано на 2021 год)

Показатели	Варианты опыта						
	Контроль без удобрений	5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	11. Навоз 20 т/га	13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>
Урожайность, ц/га	197,6	250,4	345,5	335,4	301,7	317,4	312,4
Прибавка урожая, ц/га	-	52,8	147,9	137,8	104,1	119,8	114,8
Выход кормовых единиц, ц	39,52	50,09	69,11	67,09	60,35	63,48	62,48
Прибавка к. ед., ц	-	10,57	29,59	27,57	20,83	23,96	22,96
Стоимость продукции, руб.	27664	35061	48375	46961	42243	44436	43736
Стоимость прибавки, руб.	-	7397	20711	19297	14579	16772	16072
Материально-денежные затраты, руб.	18819	26186	28945	36623	26101	34353	29778
Дополнительные материально-денежные затраты, руб.	-	7367	10126	17805	7282	15534	10959
Себестоимость 1ц продукции, руб.	95,24	104,56	83,77	109,18	86,50	108,23	95,32
Себестоимость 1ц к. ед., руб.	476,18	522,81	418,85	545,91	432,52	541,16	476,60
Условно-чистый доход, руб.	8845	8875	19430	10337	16142	10083	13958
Дополнительный доход, руб.	-	29	10584	1492	7296	1238	5113
Уровень рентабельности, %	47,0	33,9	67,1	28,2	61,8	29,4	46,9
Затраты труда, чел. час.	5,58	6,68	8,34	8,51	11,11	11,76	7,87
Затраты труда на 1 ц, чел. час.	0,028	0,027	0,024	0,025	0,037	0,037	0,025
Затраты труда на 1 ц к. ед., чел. час.	0,14	0,13	0,12	0,13	0,18	0,19	0,13

Наименьшие материально-денежные затраты были на контрольном варианте, так как вообще не тратились средства на покупку дорогостоящих минеральных удобрений. На вариантах, где применялись минеральные и органические удобрения они значительно увеличились, в связи с дороговизной первых и высокими затратами на внесение вторых. Самая



высокая их величина в опыте была на варианте с внесением повышенных доз минеральных удобрений ( $N_{120}P_{120}K_{120}$ ).

Себестоимость 1 ц продукции варьировала от 83,77 руб. на варианте с  $N_{60}P_{60}K_{60}$  до 109,18 руб. на варианте с двойной дозой минеральных удобрений.

Практически на всех вариантах опыта был получен условно-чистый доход. Причем максимальным он был, где применялись минеральные удобрения в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

На этом же варианте был и наивысший уровень рентабельности, в среднем за три года – 67,1%. Достаточно высоким он был на варианте с внесением органических удобрений в дозе 20 т/га. Существенно ниже она была на варианте с двойной дозой удобрений.

Затраты труда на 1 ц продукции варьировали в пределах были одинаковыми в пределах 0,02 – 0,04 чел.час., их повышение связано с внесением органических удобрений.

Следовательно, применение удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  и использование последствий органических под кукурузу на корм экономически целесообразно.

## 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 последействия 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 последствия 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 обменного калия уменьшалось в большей степени, чем при внесении умеренных доз, что связано с повышенным выносом калия с более высоким урожаем и переходом части обменного 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 черноземе 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 ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абедиран Д.А. Эффективность локального внесения удобрений под кукурузу: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Д.А. Абедиран. – Краснодар, 1987. – 22 с.
2. Авакян Н.О. Почвенный поглощающий комплекс и калийное питание растений / Н.О. Авакян // Агрохимия. – 1969. – № 8. – С. 35–43.
3. Авакян Н.О. О питании растений калием и применении калийных удобрений / Н.О. Авакян // Агрохимия. – 1981. – № 7. – С. 37–43.
4. Агафонова Ю.А. Агрохимические свойства почв ландшафтных фаций Каменной Степи: диссерт. на соиск. уч. степени канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Ю.А. Агафонова. – Каменная Степь, 2000. – 182 с.
5. Агроклиматические ресурсы Воронежской области: справочник / Под ред. В.Н. Страшного. – Л.: Гидрометиздат, 1972. – 105 с.
6. Агроэкологический мониторинг при длительном применении агрохимических средств в севообороте лесостепи ЦЧЗ / Н.Г. Мязин [и др.] // Результаты длительных исследований в системе географической сети опытов с удобрениями российской федерации. – Москва, 2012. – С. 246–267.
7. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / Под ред. А.П. Щербакова, И.И. Васенева – Курск: ВНИИ Земледелия и защиты почв от эрозии, 1996. – 327 с.
8. Адерихин П.Г. Почвы Воронежской области, их генезис, свойства и краткая агропроизводственная характеристика / П.Г. Адерихин. – Воронеж: ВГУ, 1963. – 264 с.
9. Адерихин П.Г. Фосфор в почвах и земледелии Центрально-Черноземной полосы / П.Г. Адерихин. – Воронеж: ВГУ, 1970. – 248 с.
10. Адерихин А.П. Азот в почвах Центрально-Черноземной полосы / А.П. Адерихин, А.П. Щербаков. – Воронеж: ВГУ, 1974. – 169 с.

11. Адиньяев Э.Д. Возделывание кукурузы при орошении / Э.Д. Адиньяев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 174 с.
12. Акентьева Л.И. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / Л.И. Акентьева. – М.: Агропромиздат, 1985. – 155 с.
13. Ахтырцева Н.И. Доно-Воронежский водораздел / Н.И. Ахтырцева // Подворонежье. – Воронеж, 1973. – С. 60–67.
14. Ахтырцев Б.П. Серые лесные полосы Центральной России / Б.П. Ахтырцев. – Воронеж: ВГУ, 1979. – 239 с.
15. Ашрам Мазен Джумах. Особенности формирования физико-химических и агрохимических свойств выщелоченного чернозема при длительном применении различных систем удобрений в условиях Центрального Черноземного региона: дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.27 / Ашрам Мазен Джумах. - СПб, 2008. - 316 с.
16. Акинчин А.В. Формирование урожая и качество силоса кукурузы в зависимости от способов основной обработки почвы и удобрений. / А.В. Акинчин, Л.Н. Кузнецова, С.А. Линков // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 3. – С. 18–20.
17. Арцыбов Н.А. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от доз минеральных удобрений. / Н.А. Арцыбов // Влияние удобрений на урожай сельскохозяйственных культур: сборник научных трудов. – Каменная Степь, 1981. – С. 8–12.
18. Бильдебаева Р.М. Состав и свойства гумусовых веществ почв Казахстана / Р.М. Бильдебаева // Тезисы докладов VII делегатского съезда Всероссийского съезда почвоведов. Кн. 2. – Ташкент, 1985. – С. 20–22.
19. Блеканов Д.Н. Мониторинг гумусного состояния чернозема типичного ЦЧО и алгоритм расчета баланса гумуса и химических элементов / Д.Н. Блеканов, В.И. Воронин, П.И. Подрезов // Современные проблемы

мониторинга землепользования Центрального Черноземья России: материалы Межрегиональной научной конференции, посвященной 80-летию со дня рождения известного ученого-землеустроителя Заплетина В.Я. – Москва: Истоки, 2004. – С. 14–24.

20. Богомазов Н.П. Влияние азотных удобрений и элементов эффективного плодородия выщелоченных черноземов ЦЧЗ России на продуктивность сахарной свеклы / Н.П. Богомазов // Агрохимия. – 1996. – №2. – С. 57–62.

21. Болотов А.Т. Избранные труды / А.Т. Болотов. – М.: Агропроимздат, 1988. – 416 с.

22. Боронин Н.К. Влияние длительного применения удобрений и орошения на содержание калия в типичном черноземе и вынос его с урожаем. / Н.К. Боронин, Б.С. Носко, И.Н. Филон // Агрохимия. – 1990. – № 2. – С. 15–21.

23. Бурыкин А.М. Свойства почв Центрально-Черноземной зоны при применении удобрений / А.М. Бурыкин // Сборник научных трудов Воронежского СХИ. – Воронеж, 1983. – С. 5–14.

24. Буланцев Ю.В. Агроэкологические аспекты использования калия в земледелии региона, загрязненного выбросами Чернобыльской АЭС / Ю.В. Буланцев // Агрохимия. – 1994. – № 11. – С. 141–151.

25. Важенин И.Г. Агрохимические методы исследования почв / И.Г. Важенин. – М.: Наука, 1965. – 128 с.

26. Важенин И.Г. О формах калия в почвах и калийном питании растений / И.Г. Важенин, Г.И. Карасева // Почвоведение. – 1959. – № 3. – С. 11–21.

27. Важенин И.Г. Об агрохимических методах определения подвижных форм калия в почвах / И.Г. Важенин, Г.И. Карасева. // Почвоведение. – 1959. – № 8. – С. 87–92.

28. Васютин А.А. Урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от агрохимических и агротехнических факторов на черноземах Воронежской области.: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.А. Васютин. – Каменная Степь, 2002. – 26 с.

29. Василькина Л.Л. Плодородие почв и эффективность удобрений / Л.Л. Василькина, Г.Я. Ченяк // Сборник научных трудов. – Харьков, 1973. – Т. 189. – С. 26–31.

30. Василько В.П. Влияние системы удобрений на агрофизические свойства староорошаемого деградированного выщелоченного чернозема и урожайность сои на фоне отвальной системы обработки почвы / В.П. Василько, Д.В. Шаповалов // Труды Кубанского ГАУ. – 2009. – № 5. – С. 163–167.

31. Взаимовлияние калийного и кальциевого режимов чернозема выщелоченного при многолетнем внесении удобрений и мелиоранта / Н.Г. Мязин, А.Н. Кожокина, П.Т. Брехов, П.И. Подрезов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2019. – № 1. – С. 53–58.

32. Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения / В.Р. Вильямс. – М.: Сельхозиздат, 1951. – 576 с.

33. Витер А.Ф. Вопросы минимизации основной обработки почвы под сахарную свеклу в связи с применением высоких доз минеральных удобрений / А.Ф. Витер, А.П. Волобуев // Удобрение полевых культур в севообороте: сборник научных трудов Т. XV, вып. 2. – Каменная Степь, 1978. – С. 43–50.

34. 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.

35. Воронин А.Н. Плодородие черноземов и продуктивность сахарной свеклы в результате антропогенеза. / А.Н. Воронин, В.Д. Соловиченко, В.Н. Семькин, А.А. Потрясаев // Плодородие. – 2009. – № 1. – С. 34–35.
36. Воронин В.И. Оценка изменчивости основных показателей плодородия черноземов / В.И. Воронин, В.В. Верзилин, П.С. Русинов и др. – Часть 2. – М.: «Агроконсалт», 2003. – 310 с.
37. Газданов А.В. Агрохимия в вопросах и ответах / А.В. Газданов, А.У. Газданов. – Владикавказ: Изд.-во ГГАУ, 1999. – 282 с.
38. Гедройц К.К. Поглощительная способность почв / К.К. Гедройц. – М.: Наука, 1955. – 122 с.
39. Горбунов Н.И. Минералы и плодородие почв / Н.И. Горбунов // Агрохимия. – 1965. – № 7. – С. 3–14.
40. Горбунов Н.И. Почвенные коллоиды и их значение для плодородия / Н.И. Горбунов. – М.: Наука, 1967. – 160 с.
41. Городецкая С.П. Влияние растений и удобрений на азотный и калийный режимы почвы / С.П. Городецкая // Почвоведение. – 1976. – № 12. – С. 60–72.
42. Гулидова В.А. Теоретические основы повышения урожайности культур и снижения энергозатрат в севообороте с рапсом при разных системах основной обработки почвы в лесостепи ЦЧР: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01, 06.01.09 / В.А. Гулидова. – Воронеж, 2000. – 46 с.
43. Гулидова В.А. Ресурсосберегающая технология озимой пшеницы / В.А. Гулидова. – Липецк: «Центр полиграфии», 2006. – 400 с.
44. Дедов А.В. Воспроизводство органического вещества почвы в земледелии ЦЧЗ (вопросы теории и практики): автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01 / А.В. Дедов. – Воронеж, 2000. – 46 с.

45. Дедов А.В. Приемы воспроизводства плодородия черноземов / А.В. Дедов // Русский чернозем: юбилейный сборник научных работ. – Воронеж: Изд-во ФГОУ ВПО ВГАУ, 2007. – С. 117–124.
46. Дерюгин И.П. Калийный статус почвы и дозы калийных удобрений / И.П. Дерюгин // Плодородие. – 2002. – № 1(4). – С. 24–25.
47. Дзанагов С.Х. Ингибиторы нитрификации, удобрения и урожай / С.Х. Дзанагов, Т.Б. Хадинова. – Владикавказ: Изд.-во ГГАУ, 2002. – 296 с.
48. Дибабе А. Действие удобрений при основном внесении на продуктивность кукурузы, возделываемой в полевом севообороте на выщелоченном черноземе: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / А. Дибабе. – Краснодар, 1988. – 24 с.
49. Добровольский Г.В. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Наука, 2000. – 211 с.
50. Добровольский Г.В. Экология почв / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Изд.-во МГУ, 2006. – 306 с.
51. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
52. Донских И.Н. О кальциевом режиме выщелоченного чернозема при длительном применении разных систем удобрения в условиях Центрально-Черноземного региона / И.Н. Донских, М.Д. Ашрам, Н.Г. Мязин, К.Е. Стекольников, Т.В. Родичева // Плодородие. – 2012. – № 5(68). – С. 13–15.
53. Донских И.Н. Формы соединений калия в выщелоченном черноземе при длительном применении разных систем удобрения в условиях Центрально-Черноземного региона / И.Н. Донских, Мустафа Машкур Ибра, Н.Г. Мязин, Ашрам Мазен Дисумак // Плодородие. – 2012. – № 6(69). – С. 9–12.

54. Дубич А.В. Удобрение под планируемый урожай культур севооборота в связи с балансом гумуса на выщелоченных черноземах Курской области / А.В. Дубич, А.Г. Ступаков // Агрохимия. – 1987. – № 3. – С. 24–30.

55. Егоров П.П. Модели плодородия почв и методы их разработки / П.П. Егоров. – М.: Почвенный институт, 1982. – С. 101–106.

56. Ежов И.Н. Геоморфологические районы Центральных черноземных областей / И. Н. Ежов // Труды Воронеж. гос. ун-та. Т. 37. - Воронеж, 1957. – С. 67-111.

57. Ерохин В.А. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от основных приемов возделывания / В.А. Ерохин, М.М. Рукавицина // Пути сохранения плодородия почвы и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья: сборник научных трудов. – Каменная Степь, 2009. - Часть 1. – С. 169–171.

58. Жиленко С.В. Гумусное состояние черноземов Кубани – основа их высокого плодородия / С.В. Жиленко // Агрохимия. – 2010. – № 2. – С. 63–71.

59. Жиленко С.В. Плодородие и продуктивность черноземов Кубани / С.В. Жиленко. – М.: Изд-во МГУ, 2011. – 288 с.

60. Зайцева Г.А. Влияние минеральных удобрений на изменение общих физических свойств лугово-черноземной почвы / Г.А. Зайцева // Вестник Мичуринского ГАУ. – 2010. – № 1. – С. 43–45.

61. Зезюков Н.И. Сохранение и повышение плодородия черноземов / Н.И. Зезюков, В.Е. Острцов. – Воронеж: Центр.-Чернозем. кн. изд.-во, 1999. – 312 с.

62. Зорина М.С. Влияние различных технологий возделывания на продуктивность сахарной свеклы, структуру урожая и выход сахара в условиях Центрального Черноземья / М.С. Зорина // Наука и инновации в

сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции – Курск. 2011. - Часть 1. – С. 212–223.

63. Иващенко А.В. Эффективность удобрений под сахарную свеклу в северо-восточной Лесостепи Украины / А.В. Иващенко, В.И. Тараненко, А.П. Покуленко, С.П. Акименко // Агрохимия. – 1990. – № 2. – С. 61–67.

64. Изменение плодородия чернозема типичного и продуктивность севооборота при систематическом применении удобрений / Н.Г. Мязин [и др.] // Резервы стабилизации аграрного производства: тезисы докладов научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов Воронежского ГАУ по итогам исследований за 1991–1995 гг. – Воронеж: изд-во ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 1996. – С. 80–81.

65. Интегрированное применение удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии в Нечерноземной зоне Европейской части России / Под ред. Л.М. Державина. – М.: ВНИИА, 2005. – С. 64–75.

66. Карабутов А.П. Кислотность и содержание подвижного фосфора в почве многолетнего опыта с удобрениями и обработками / А.П. Карабутов, Г.И. Уваров, Я.Ю. Боровская // Сохранение и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии: сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, посвященной 70-летию академика А.П. Щербакова. – Курск, 2011. – С. 182–186.

67. Карабутов А.П. Изменение свойств чернозема типичного при длительном применении способов обработки почвы и удобрений в Центрально-Черноземном регионе: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 03.02.13 / А.П. Карабутов. – Курск, 2012. – 19 с.



68. Карепина Т.А. Микробные сообщества дерново-подзолистой почве после длительного применения удобрений / Т.А. Карепина, Н.А. Лисицина, Э.А. Муравин, В.А. Литвинский // Плодородие. – 2012. – № 5. – С. 29–31.

69. Камышев Н.С. Растительный покров Воронежской области и его охрана. / Н.С. Камышев, К.Ф. Хмелев. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1976. – 168 с.

70. Карпов А.П. Эффективность минеральных удобрений в звене типичного севооборота в лесостепной зоне Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / А.П. Карпов. – Москва, 1984. – 26 с.

71. Капранов В.Н. Использование природных агрохимических средств в качестве источников минерального питания полевых культур.: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / В.Н. Капранов. – Москва, 2009. – 42 с.

72. Карманенко Н.М. Зимостойкость, минеральное питание и продуктивность озимой пшеницы / Н.М. Карманенко. – М.: ВНИИА, 2011. – 500 с.

73. Квасов В.А. Состояние почвенного плодородия Липецкой области / В.А. Квасов, В.А. Никоноренков, Т.П. Куликова, В.И. Андросова // Агрохимический вестник. – 2004. – № 2. – С. 4–8.

74. Кидин В.В. Доступность растениям и особенности превращения аммонийного и нитратного азота разных горизонтов дерново-подзолистой почвы / В.В. Кидин, А.Б. Ахметова // Агрохимия. – 2011. – № 9. – С. 43–50.

75. Кирпичников Н.А. Действие и последствие фосфорных удобрений на дерново-подзолистой почве при различной степени известкования / Н.А. Кирпичников, С.Н. Андрианов // Агрохимия. – 2007. – № 10. – С. 1–11.

76. Кирсанов А.Т. Последствие калийных удобрений и усвоение ячменем необменного калия / А.Т. Кирсанов // Химизация земледелия. – 1940. – № 1–3. – С. 25–29.

77. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М.: КолосС, 1996. – 264 с.

78. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение / В.И. Кирюшин. – М.: КолосС, 2010. – 687 с.

79. Клостер Н.И. Динамика содержания обменного калия в черноземе за две ротации специализированных севооборотов / Н.И. Клостер, Б.Ф. Соловиченко // Информационно-техническое обеспечение адаптивно-ландшафтных систем земледелия: сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – Курск, 2012. – С. 145–148.

80. Кожокина А.Н. Калийный и кальциевый режимы чернозема выщелоченного под сахарной свеклой при многолетнем применении удобрений в севообороте: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / А.Н. Кожокина. – Воронеж, 2018. – 29 с.

81. Королев В.А. Изменение физических свойств при сельскохозяйственном использовании почв / В.А. Королев // Стабилизация развития АПК Центрального Черноземья на основе рационального использования природного ресурсного потенциала: сборник материалов по результатам Международной научно-практической конференции. – Воронеж: Изд-во ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 1996. – С. 41–43.

82. Королев В.А. Изменение общих физических свойств черноземов типичных Среднерусской лесостепи под влиянием удобрений / В.А. Королев // Русский чернозем: юбилейный сборник научных работ. – Воронеж: Изд-во ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2007. – С. 125–133.

83. Коренев Г.В. Растениеводство с основами селекции и семеноводства / Г.В. Коренев, П.И. Подгорный, С.Н. Щербак. – М.: Агропромиздат, 1990. – 575 с.

84. Костин С.М. Климат / С.И. Костин – Воронеж, 1952. – С. 99–133.

85. Красенькова Н.И. Влияние многолетнего применения форм калийных удобрений на урожай культур и свойства серой лесной почвы / Н.И. Красенькова // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. – М.: Колос, 1978. – Вып. 6. – С. 49–58.

86. Крупенников И.А. Почвенный покров Молдовы: прошлое, настоящее, управление, прогноз / И.А. Крупенников. – Кишинёв.: «Штиница», 1992. – 264 с.

87. Кузнецов А.В. Влияние запасного внесения хлористого калия на урожай сельскохозяйственных культур и свойства дерново-подзолистой почвы / А.В. Кузнецов // Доклады ТСХА. – 1972. – Вып. 176. – С. 43–48.

88. Кук Д.У. Регулирование плодородия почвы / Д.У. Кук. – М.: Колос, 1970. – 520 с.

89. Кук Д.У. Системы удобрения для получения максимальных урожаев / Д.У. Кук. – М.: Колос, 1975. – 416 с.

90. Куликова Е.В. Биологическая активность чернозема в условиях различной структуры севооборотов: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27 / Е.В. Куликова. – Воронеж, 2006. – 23 с.

91. Кураков В.И. Удобрение районированных сортов и гибридов в зерно-свекловичном севообороте Лесостепи ЦЧП / В.И. Кураков, О.А. Минакова, Л.В. Александрова // Сорта полевых культур в системе агроландшафтного земледелия: материалы заседания Территориального координационного совета «Проблемы земледелия ЦЧЗ». – Каменная Степь, 2006. – С. 100–101.

92. Курбанов С.А. Урожай зеленой массы кукурузы и ее качество при разных способах основной обработки почвы / С.А. Курбанов // Кукуруза и сорго. – 1998. – № 5. – С. 3–4.

93. Листопадов И.Н. Производство зерна в интенсивных севооборотах / И.Н. Листопадов. – М.: Наука, 1980. – 205 с.
94. Листопадов И.Н. Плодородие почвы в интенсивном земледелии / И.Н. Листопадов, И.М. Шапошникова. – М.: Наука, 1984. – 203 с.
95. Литвинский В.А. Изучение свойств дерново-подзолистой почвы и химический состав растений в длительном полевом опыте / В.А. Литвинский, Э.А. Муравин, В.А. Черников // Агрехимический вестник. – 2010. – № 3. – С. 30–33.
96. Лукин С.В. Экологические проблемы и пути их решения в земледелии Белгородской области / С.В. Лукин. – Белгород: Крестьянское дело, 2004. – 164 с.
97. Лукин С.В. Закономерности изменения содержания подвижного фосфора обменного калия в почвах Белгородской области / С.В. Лукин, П.М. Авраменко // Агрехимия. – 2007. – № 6. – С. 22–26.
98. Лукин С.В. Агрехимическое состояние почв Белгородской области / С.В. Лукин. – Белгород: Константа, 2008. – 176 с.
99. Лукин С.В. Агрехимическое состояние и продуктивность почв Белгородской области / С.В. Лукин. – Белгород: Константа, 2011. – 302 с.
100. Лукин С.В. Круговорот основных питательных элементов в земледелии Белгородской области / С.В. Лукин // Достижения науки и техники в АПК. – 2012. – № 4. – С. 15–17.
101. Луценко Н.М. Эффективность доз и способов внесения навоза и минеральных удобрений под кукурузу на мощном черноземе: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Н.М. Луценко. – Воронеж, 1969. – 25 с.
102. Ляхов А.И. Влияние высушивания и смачивания, замораживания и оттаивания на подвижность фосфора и калия в эродированных карбонатных черноземах / А.И. Ляхов, Н.С. Фещенко // Бюллетень ВНИИУА им. Д.Н. Прянишникова. – 1984. – № 71. – С. 53–57.

103. Маевский П.Ф. Флора средней полосы Европейской части СССР / П.Ф. Маевский. – Л.: Сельхозгиздат, 1964. – 911 с.
104. Мерзлая Г.Е. Действие и последствие систем удобрения с использованием навоза / Г.Е. Мерзлая, А.И. Еськов, С.И. Тарасов // Плодородие. – 2011. – № 3. – С. 16–19.
105. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Часть 2 (Программа и методы исследования почв) / Под общ. ред. В.Д. Банникова. – М.: ВИУА, 1983. – 173 с.
106. Методические рекомендации, по энергетической оценке, агроприемов и приемов обработки почвы. – М.: ВИУА, 1989. – 30 с.
107. Минеев В.Г. Оценка калийного режима дерново-подзолистых почв с использованием термодинамических показателей / Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф., Черных И.Н. // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1988. – № 12. – С. 43-47.
108. Минеев В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 485 с.
109. Минеев В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 208 с.
110. Минеев В.Г. Определение экономической и энергетической эффективности применения удобрений / В.Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. – М.: Аграрная наука, 1993. – 324 с.
111. Минеев В.Г. Агрохимия и экологические функции калия / В.Г. Минеев. – М.: МГУ, 1999. – 332 с.
112. Мочалова А.Д. Эффективность форм калийных удобрений в длительных опытах / А.Д. Мочалова. – М.: Изд-во ВНИИТЭИСХ, 1977. – 56 с.

113. Митрофанова Е.М. Динамика обменных оснований и кислотность дерново-подзолистой почвы Предуралья / Е.М. Митрофанова // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 5. – С. 64–67.

114. Митрофанова Е.М. Кальций и магний в дерново-подзолистых почвах Предуралья / Е.М. Митрофанова // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 2. – С. 9–11.

115. Муха В.Д. Естественно-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности) / В.Д. Муха. – М.: Колос, 2004. – 271 с.

116. Мухина С.В. Агрохимические и экологические аспекты применения удобрений на черноземных почвах юго-востока ЦЧЗ: дис. ... докт. с.-х. наук: 06.01.04 / С.В. Мухина. – Каменная Степь, 2006. – 580 с.

117. Муравин Э.А. Агрохимия / Э.А. Муравин. – М.: КолосС, 2004. – 318 с.

118. Муравин Э.А. Практикум по агрохимии / Э.М. Муравин, Л.В. Обуховская, Л.В. Рамодина. – М.: Колос, 2005. – 288 с.

119. Мязин Н.Г. Агроэкологическое обоснование интенсивного применения агрохимических средств в севооборотах ЦЧЗ: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01; 06.01.04 / Н.Г. Мязин. – Воронеж, 1994. – 44 с.

120. Мязин Н.Г. Изменение плодородия чернозема типичного и продуктивность севооборота при систематическом применении удобрений / Н.Г. Мязин, Г.А. Тибирькова. // Тезисы докладов на научной конференции ВГАУ им. К.Д. Глинки. – Воронеж, 1996. – Часть 1. – С. 80-82.

121. Мязин Н.Г. Калийный режим чернозема типичного при длительном применении удобрений в севообороте / Н.Г. Мязин, П.И. Подрезов // Химизация и экология в земледелии ЦЧЗ. – Воронеж: изд-во ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 1999. – С. 21–28.

122. Наумова Н.Б. Влияние удобрений на химические свойства дерново-подзолистой почвы в зернотравяном севообороте в длительном полевом опыте / Н.Б. Наумова, Р.П. Макарикова, О.А. Савенков, Ю.Н. Анкидович, О.Д. Вервайн // *Агрохимия*. – 2012. – № 3. – С. 3–11.

123. Нгуен Тыу Тхань. Калийный режим дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при длительном применении удобрений различными способами на постоянных участках: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. 06.01.04 / Нгуен Тыу Тхань. – Горки, 1992. – 24 с.

124. Нечипоренко О.С. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / О.С. Нечипоренко. – М.: Наука, 1985. – С. 189–211.

125. Никитина Л.В. Оценка калийного режима разных типов почв и эффективность калийных удобрений в длительных опытах: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Л.В. Никитина. – М., 1994. – 22 с.

126. Никитин В.В. Урожай и качество сахарной свеклы в зависимости от уровня питания на типичных черноземах ЦЧЗ / В.В. Никитин, Д.М. Иевлев, П.В. Курулюк // *Прогрессивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в ЦЧЗ: Материалы зональной научн.-практ. конф.* – Липецк, 1993. – С. 9–12.

127. Никитишен В.И. Влияние возрастающих доз азотного удобрения на усвоение калия культурами полевого севооборота и его баланс / В.И. Никитишен, И.А. Никитишена // *Агрохимия*. – 1978. – № 5. – С. 40–46.

128. Никитишен В.И. Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии / В.И. Никитишен. – М.: Наука, 1984. – 216 с.

129. Никитишен В.И. Продуктивность использования растениями калия на фоне длительного внесения удобрений в агроценозах / В.И.

Никитишен, А.К. Дмитракова, А.В. Заборин // *Агрохимия*. – 1996. – № 2. – С. 11–16.

130. Никитишен В.И. К методике исследований агрохимии азота / В.И. Никитишен // Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями: материалы Всероссийской научно-методической конференции Географической сети опытов с удобрениями. – М.: ВНИИА, 2006. – С. 12–16.

131. Носко Б.С. Калийный режим чернозема типичного и урожай сахарной свеклы при внесении калийных удобрений / Б.С. Носко, В.И. Бабыкин // *Агрохимия*. – 1995. – № 11. – С. 15–19.

132. Носко Б.С. Последствие удобрений на физико-химические и агрохимические свойства чернозема типичного / Б.С. Носко, В.И. Бабыкин, Е.Ю. Гладких // *Агрохимия*. – 2012. – № 4. – С. 3–13.

133. Носков Б.Н. Приемы повышения плодородия темно-каштановых почв / Б.Н. Носков // *Плодородие*. – 2012. – № 3. – С. 14–16.

134. Окорков В.В. Удобрения и некоторые параметры плодородия серых лесных почв Владимирского ополья / В.В. Окорков, О.А. Фенова, Л.А. Окоркова // Биологизация адаптивно-ландшафтной системы земледелия – основы повышения плодородия почвы, роста продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранения окружающей среды: материалы Всероссийской научно-практической конференции Белгородского НИИСХ Россельхозакадемии. – Белгород: «Отчий край», 2012. – С. 120–125.

135. Ониани О.Г. Агрохимия калия / О.Г. Ониани. – М.: Наука, 1981. – 200 с.

136. Павлов Р.А. Агроэкологическое состояние чернозема типичного при многолетнем использовании удобрений в звене зернопаропропашного севооборота: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Р.А. Павлов. – Воронеж, 2004. – 24 с.



137. Панников В.Д. Почва, климат, удобрения и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – 158 с.

138. Пестряков А.М. Роль применения удобрений и культур севооборота в повышении продуктивности и стабилизации плодородия / А.М. Пестряков // Комплексное применение средств химизации в адаптивно-ландшафтном земледелии: материалы 44-й международной научной конференции молодых ученых и специалистов (ВНИИА). – М.: ВНИИА, 2010. – С. 214–216.

139. Петербургский А.В. К вопросу об усвоении калия растениями из адсорбентов / А.В. Петербургский // Известия АН СССР. Серия Биология – 1942. – № 6. – С. 351–390.

140. Петербургский А.В. Обменное поглощение в почве и усвоение растениями питательных веществ / А.В. Петербургский. – М.: Высшая школа, 1959. – 252 с.

141. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии / А.В. Петербургский. – М.: Колос, 1968. – 496 с.

142. Петербургский А.В. О доступности растениями калия почвенных минералов / А.В. Петербургский, А.В. Кузнецов // Изв. ТСХА. – 1972. – Вып. 6. – С. 97–104.

143. Петербургский А.В. Формы калия в почве при многолетнем применении удобрений / А.В. Петербургский, Ф.В. Янишевский // Изв. ТСХА. – 1963. – Вып. 6. – С. 113–124.

144. Пивоварова Е.Г. Влияние калийных удобрений на содержание форм калия в почве и урожайность сельскохозяйственных культур / Е.Г. Пивоварова // Агрохимия. – 1993. – № 2. – С. 44–49.

145. Пивоварова Е.Г. Калийное состояние почв и его моделирование в условиях Алтайского края / Е.Г. Пивоварова. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 160 с.

146. Пищевой режим чернозема выщелоченного под свеклой сахарной в зависимости от доз минеральных удобрений / Н.Г. Мязин [и др.] // Аграрная наука. – 2017. – № 9-10. – С. 14–16.

147. Подколзин А.И. Плодородие почвы и эффективность удобрений в земледелии юга России / А.И. Подколзин. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 187 с.

148. Подколзин А.И. Применение удобрений в Ставропольском крае / А.И. Подколзин // Эколого-агрохимическая оценка состояния калийного режима почв и эффективность калийных удобрений: материалы научн.-практ. конф. – М.: ЦИНАО, 2002. – С. 196–208.

149. Подколзин, А.И. Эволюция, воспроизводство плодородия почв и оптимизация применения удобрений в агроландшафтах Центрального Предкавказья: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 06.01.04 / А.И. Подколзин. – Москва, 2008. – 45 с.

150. Понедельченко М.Н. Эффективность калийных удобрений при оптимальной обеспеченности азотом и фосфором в зерно-свекловичном севообороте на выщелоченном черноземе Центрально-Черноземной зоны: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / М.Н. Понедельченко. – Немчиновка, 1996. – 24 с.

151. Полевщиков С.И. Влияние возделывания сахарной свеклы на плодородие выщелоченных черноземов Тамбовской области / С.И. Полевщиков. – Мичуринск: изд-во Мичуринского государственного аграрного университета, 2002. – 113 с.

152. Попова М.В. Оптимизация минерального питания озимой пшеницы и сахарной свеклы на выщелоченном черноземе Белгородской области при разных уровнях обеспеченности фосфором / М.В. Попова, Н.С. Соколов // Параметры плодородия основных типов почв. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 107–112.

153. Попова Е.В. Влияние длительного применения удобрений на изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного и продуктивность сахарной свеклы в севообороте / Е.В. Попова, В.И. Кураков, М.М. Жуков // Черноземы Центральной России: генезис, география, эволюция: материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения П.Г. Адерикина. – Воронеж: изд-во ВГУ, 2004. – С. 460–463.

154. Постников А.В. Влияние содержания подвижных форм фосфора и калия на урожай сельскохозяйственных культур по результатам агрохимслужбы РСФСР / А.В. Постников, С.А. Шафран, Р.И. Виноградова, В.Д. Макарова // Параметры плодородия основных типов почв. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 35–44.

155. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 304 с.

156. Применение удобрений под фабричную сахарную свеклу по зонам свеклосеяния: Рекомендации / ВНИИСС. – М.: Агропромиздат, 1986. – 42 с.

157. Производство кукурузы на силос / Под ред. В.Н. Киреева, М.А. Федина. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 160 с.

158. Прокошев В.В. Калийные удобрения / В.В. Прокошев – М.: Россельхозиздат, 1977. – 48 с.

159. Прокошев В.В. Оптимизация калийного питания растений / В.В. Прокошев // Параметры плодородия основных типов почв. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 95–106.

160. Прокошев В.В. Влияние калийных удобрений на содержание различных форм калия в почве / В.В. Прокошев, С.С. Борзуков // Агрохимия. – 1980. – № 1. – С. 46–52.

161. Прокошев В.В. Калий и калийные удобрения / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин. – М.: «Ледум», 2000. – 185 с.

162. Прокошев В.В. Место и значение калия в агроэкосистеме / В.В. Прокошев // Российский химический журнал. – 2005. – Т. XLIX. – № 3. – С. 35–43.

163. Придворев Н.И. Органическое вещество и агрофизические свойства чернозема выщелоченного / Н.И. Придворев, В.В. Верзилин, А.П. Пичугин, В.А. Маслов // Русский чернозем: юбилейный сборник научных работ. – Воронеж: Изд-во ФГОУ ВПО ВГАУ, 2007. – С. 244–252.

164. Пчелкин В.У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. – М.: Колос, 1966. – 336 с.

165. Пчелкин В.У. Калийные удобрения и их применение / В.У. Пчелкин // Земледелие. – 1970. – № 1. – С. 33–34.

166. Радов А.С. Практикум по агрохимии / А.С. Радов, И.В. Пустовой, А.В. Корольков. – М.: Агропромиздат, 1985. – 312 с.

167. Раскатов Г.И. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антиклизы / Г.И. Раскатов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1969. – 123 с.

168. Ромейко И.Н. Гумус и его трансформация почвенными микроорганизмами при различных агротехнических приёмах / И.Н. Ромейко // Тезисы докладов VII делегатского съезда Всесоюзного общества почвоведов. – Ташкент, 1985. – С. 120.

169. Рудай И.Д. Агрохимические проблемы повышения плодородия почв / И.Д. Рудай. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 225 с.

170. Самохвалова Л.М. Влияние азотных удобрений на мобилизацию и вынос фосфора зерновыми культурами на солонцовых почвах / Л.М. Самохвалова // Современные технологии пр-ва и переработки с.-х. прод.: сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2011. – С. 58–62.

171. Самойлов Е.М. Почвообразующие породы / Е.М. Самойлов. – М.: Изд-во МГУ, 183. – 173 с.
172. Сдобников С.С. Плодородие почвы и пути его повышения / С.С. Сдобников. – М.: Колос, 1983. – 153 с.
173. Северов В.И. Кормопроизводство в зоне северных черноземов Европейской части Российской Федерации / В.И. Северов. – Тула, 1998. – 126 с.
174. Сергеева Н.Н. Эффективность макро– и микроудобрений в посевах озимой пшеницы разных сроков / Н.Н. Сергеева // Главный агроном. – 2012. – № 4. – С. 16–18.
175. Сердобольский И.П. Калий / И.П. Сердобольский. – М.: Изд-во АН СССР, 1944. – 84 с.
176. Сокорев Н.С. Агроэкологическое обоснование эффективности длительного применения минеральных удобрений на черноземе выщелоченном ЦЧЗ в зависимости от обеспеченности фосфором: автореф. дис. докт. ... с.-х. наук: 06.01.03 / Н.С. Сокорев. – Курск, 2008. – 42 с.
177. Соловиченко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области / В.Д. Соловиченко. – Белгород: «Отчий дом», 2005. – 292 с.
178. Соловиченко В.Д. Совершенствование элементов адаптивно-ландшафтного земледелия в современных условиях / В.Д. Соловиченко, Г.И. Уваров // Управление продуктивными процессами в агротехнологиях 21 века: реальность и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции. – Белгород: «Отчий дом», 2010. – С. 12–16.
179. Соловиченко В.Д. Почвенный покров Центрально-Черноземного региона и воспроизводство плодородия почв: дис. ... докт. с.-х. наук: 03.02.13 / В.Д. Соловиченко. – Белгород, 2011. – 284 с.

180. Слуцкая Л.Д. Превращение форм калия в пойменных тяжелосуглинистых почвах и их доступность растениям / Л.Д. Слуцкая, О.П. Медведева // Тезисы докладов V Всесоюзного съезда почвоведов. – Минск, 1977. – С. 11.

181. Спиридонов А.И. Геоморфология Европейской части СССР. / А.И. Спиридонов. – М.: Высшая школа, 1978. – 335 с.

182. Справочник свекловода России / Сост. Г.А. Словцова. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 239 с.

183. Столповский Ю.И. Влияние удобрений на продуктивность сахарной свеклы, накопление нитратов и микроэлементов в продукции / Ю.И. Столповский, Н.Г. Мязин // Агроэкологические проблемы применения средств химизации в земледелии ЦЧЗ: сборник научных трудов ВГАУ им. К.Д. Глинки. – Воронеж, 1995. – С. 38–43.

184. Столповский Ю.И. Изменение физико-химических показателей чернозема выщелоченного в зависимости от применения удобрений и мелиорантов / Ю.И. Столповский, Н.Г. Мязин // Стабилизация развития АПК Центрального Черноземья на основе рационального использования природно-ресурсного потенциала: тезисы докладов научно-практической конференции ВГАУ им. К.Д. Глинки. – Воронеж, 1996. – С. 74–76.

185. Столповский Ю.И. Влияние удобрений и кальцийсодержащих мелиорантов на изменение физико-химических показателей почвы и урожайность сахарной свеклы / Ю.И. Столповский // Черноземы Центральной России: генезис, география, эволюция: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения П.Г. Адерихина. – Воронеж:Изд-во ВГУ, 2004. – С. 496–501.

186. Стулин А.Ф. Урожайность кукурузы в зависимости от густоты стояния растений и удобрений / А.Ф. Стулин // Селекция, семеноводство,

производство зерна кукурузы: материалы научно-практической конференции. – Пятигорск, 2002. – С. 132–137.

187. Стулин А.Ф. Влияние видов удобрений на урожайность кукурузы в условиях Воронежской области / А.Ф. Стулин // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 1. – С. 19–24.

188. Супрун Л.Ф. Содержание гумуса в почвах / Л.Ф. Супрун // Тезисы докладов VII делегатского съезда Всесоюзного съезда почвоведов: Кн. 2. – Ташкент, 1985. – С. 29–30.

189. Сушеница Б.А. Фосфатный уровень почв и его регулирование / Б.А. Сушеница. – М.: Колос, 2007. – 376 с.

190. Сычев В.Г. Возможности совершенствования градаций содержания «доступного» калия / В.Г. Сычев // Агрохимический вестник. – 2000. – № 5. – С. 30–34.

191. Сычев В.Г. Фосфор и фосфорные удобрения / В.Г. Сычев, Б.А. Сушеница // Бюллетень Геосети опытов с удобрениями. – М.: ВНИИА, 2006. – Выпуск 2. – 40 с.

192. Сычев В.Г. Научные основы, состояние и рекомендации применения удобрений в Северо-Кавказском регионе / В.Г. Сычев, М.П. Листова // Бюллетень Геосети опытов с удобрениями. – М.: ВНИИА, 2007. – Вып. 4. – 40 с.

193. Сычев В.Г. Приемы оптимизации фосфорного режима почв в агротехнологиях / В.Г. Сычев, Н.А. Кирпичников. – М.: ВНИИА, 2009. – 176 с.

194. Тихова Е.П. Плодородие залежи и пашни / Е.П. Тихова // Труды ВГУ. – Воронеж, 1950. – С. 24–31.

195. Тибирькова Г.А. Влияние длительного применения удобрений на пищевой режим почвы и урожайность надземной массы кукурузы / Г.А. Тибирькова // Удобрения и мелиоранты в интенсивном земледелии

Центрально-Черноземной полосы: сборник научных трудов ВГАУ им. К.Д. Глинки. – Воронеж, 1989. – С. 4–13.

196. Тибирькова Г.А. Продуктивность кукурузы на силос в третьей ротации севооборота при длительном применении удобрений / Г.А. Тибирькова, Н.Л. Плескова // Достижения аграрной науки – стабилизация сельскохозяйственного производства: тезисы докладов научной и учебно-методической конференции ВГАУ. – Воронеж, 1991. – С. 24–25.

197. Тибирькова Г.А. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и урожайность надземной массы кукурузы по ротациям севооборота / Г.А. Тибирькова, Н.Л. Плескова, Л.П. Крутских // Агрохимия. – 1994. – № 1. – С. 44–50.

198. Терновых К.С. Экономическая оценка агротехнических мероприятий / К.С. Терновых, А.С. Алексеенко, Л.Г. Шустов, Л.А. Светашова и др. – Воронеж: Изд-во ФГОУ ВПО ВГАУ, 2005. – 23 с.

199. Третьяков И.А. Справочник кукурузовода / И.А. Третьяков, И.А. Шкурпела. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 193 с.

200. Удобрение в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / Под ред. И.П. Дерюгина. – М.: Агропромиздат, 1991. – 223 с.

201. Уваров Г.И. Изменения агрохимических свойств чернозема типичного при применении удобрений в длительном полевом опыте / Г.И. Уваров, А.П. Карабутов // Агрохимия. – 2012. – № 4. – С. 14–20.

202. Уоллес Г. Кукуруза и ее возделывание / Г. Уоллес, Е. Брессман. – М.: Наука, 1954. – 220 с.

203. Фатьянов В.А. Кукуруза в зоне неустойчивого увлажнения / В.А. Фатьянов, О.Г. Котлярова. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2003. – 95 с.



204. Федотов В.А. Агротехнологии зерновых и технических культур в Центральном Черноземье / В.А. Федотов, А.К. Свиридов, С.В. Федотов. – Воронеж: «Истоки», 2006. – 178 с.

205. Филатов Г.В. Физиологическая генетика продукционных процессов сельскохозяйственных растений / Г.В. Филатов, В.Е. Шевченко, Н.Д. Верзилина. – Воронеж: Изд-во ФГОУ ВПО ВГАУ, 2003. – 249 с.

206. Филон И.И. Эволюция и экологическое состояние чернозема типичного лесостепи при окультуривании: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 11.00.11 / И.И. Филон. – Курск, 1997. – 39 с.

207. Харченко С.В. Влияние некорневых подкормок микроэлементами на урожай и качество корнеплодов сахарной свеклы в условиях лесостепи ЦЧЗ: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / С.В. Харченко. – Воронеж, 2010. – 23 с.

208. Храпова А.Н. Эффективность применения удобрений под сахарную свеклу на типичном и выщелоченном черноземах Воронежской области / А.Н. Храпова // Удобрения и мелиоранты в интенсивном земледелии Центрально-Черноземной полосы: сборник научных трудов ВГАУ им. К.Д. Глинки. – Воронеж, 1989. – С. 36–41.

209. Хмельницкий А.А. Агроприемы повышения продуктивности сахарной свеклы при интенсивной технологии ее возделывания в условиях Белгородской области / А.А. Хмельницкий // Прогрессивные технологии возделывания с.-х. культур в ЦЧЗ: материалы зональной научно-практической конференции. – Липецк, 1993. – С. 27–40.

210. Чевердин Ю.И. Минеральные удобрения и реакция среды / Ю.И. Чевердин, А.К. Свиридов, И.Ф. Поротиков // Удобрения, мелиоранты и средства защиты растений в современном земледелии: материалы научной конференции. – пос. Персиановский, 2010. – С. 187–189.

211. Чижикова Н.П. Взаимосвязь содержания гидрослюдов илистых фракций со степенью обеспеченности растений калием на территории Европейской части России / Н.П. Чижикова, И.Е. Королева // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения. – М.: Наука, 1998. – Т. 1. – С. 322–323.

212. Чириков Ф.В. Агрохимия калия и фосфора / Ф.В. Чириков. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 464 с.

213. Чуб М.П. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / М.П. Чуб. – М.: Наука, 1985. – С. 126–143.

214. Шаймухаметов М.Ш. Калийное состояние пахотных почв Европейской территории России / М.Ш. Шаймухаметов, Л.С. Травникова // Почвоведение. – 2000. – № 3. – С. 329–339.

215. Шаймухаметов М.Ш. Влияние длительного применения удобрений на К-фиксирующую способность почв / М.Ш. Шаймухаметов, В.Л. Петрофанов // Почвоведение. – 2008. – № 4. – С. 494–506.

216. Шеуджен А.Х. Система удобрения / А.Х. Шеуджен, Н.Н. Нецадим, Л.М. Онищенко. – Краснодар, 2009. – 206 с.

217. Шеуджен А.Х. Эффективность удобрений в Краснодарском крае / А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, С.В. Жиленко // Проблемы агрохимии и экологии. – 2009. – № 4. – С. 32–38.

218. Шкабарда С.Н. Влияние интенсивность использования агрочерноземов Ставропольской возвышенности в ландшафтном земледелии на состояние эдафических факторов / С.Н. Шкабарда, Е.И. Годунова // Агрохимический вестник. – 2011. – № 6. – С. 27–30.

219. Штефан В.К. Жизнь растения и удобрения / В.К. Штефан. – М.: Московский рабочий, 1981. – 240 с.

220. Щербаков А.П. Азот в обыкновенных черноземах Каменной Степи / А.П. Щербаков, И.Б. Годунов // Агрохимия. – 1978. – № 5. – С. 3–8.

221. Щербаков А.П. Азотсодержащие компоненты черноземов и серых лесных почв, их трансформация и роль в современном почвообразовании: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.03 / А.П. Щербаков. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 40 с.

222. Щербаков А.П. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ / А.П. Щербаков, И.Д. Рудай. – М.: Колос, 1983. – 189 с.

223. Щербаков А.П. Азот в современных агроландшафтах ЦЧЗ / А.П. Щербаков, Г.А. Чуян, Ю.А. Виноградов // Агрохимия. – 1990. – № 11. – С. 38–47.

224. Щербаков А.П. Русский чернозем на рубеже веков. Антропогенная эволюция черноземов / А.П. Щербаков, И.И. Васенев. – Воронеж: Изд-во ВГНУ, 2000. – 412 с.

225. Эффективность внесения калийных удобрений в запас и влияние последствий калия на урожай культур / В.В. Прокошев, Ю.М. Безуглая, Т.А. Жуков, А.Д. Баринава // Агрохимия. – 1977. – № 6. – С. 25–30.

226. Юдин Ф.А. Методика агрохимических исследований / Ф.А. Юдин. – М.: Колос, 1980. – 366 с.

227. Яичкин В.Н. Негативные последствия при внесении минеральных удобрений под полевые культуры и пути их устранения / В.Н. Яичкин, А.Н. Косых, И.И. Сотникова, А.Г. Бекмухамедова // Известия Оренбургского ГАУ. – 2010. – № 2. – С. 53–54.

228. Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири / В.Н. Якименко. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – 230 с.

229. Якименко В.Н. К вопросу оценки калийного состояния почв агроценозов / В.Н. Якименко // Плодородие. 2009. – № 4. – С. 8–10.

230. Ehlers W. Investigations into the position of specific bonds of potassium to illite, kaolinite, montmorillonite and humus / W. Ehlers, H. Gerhardt, B. Meyer // *Zeitschrift für pflanzenernahrung und Bodenkunde*. – 1968. – № 119. – P. 173–186.

231. Khodabakhsh P.K. (2006). Sorption–desorption behavior of phosphorus and potassium in four soil series of Isfahan / P.K. Khodabakhsh // 18th world congress of soil science, July 9–15, 2006. – USA, Philadelphia, Pennsylvania, 2006. – P. 154–159.

232. Loannou A. Kinetics of potassium adsorption by Alfisols of Greece / A. Loannou, A. Dimirku, J. Mitsios, M. // *Doula Comm. Soil Sci. Plant Anal.* – 1994. – № 25. – P. 1401–1415.

233. Mengel K. Determination of available interlayer potassium and its uptake by ryegrass / K. Mengel, K. Uhlenbecker // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 1993. – № 11. P. 206–225.

234. Mengel K. Principles of plant nutrition / K. Mengel, E.A. Kickby // *Annals of Botany*. – 2004. – № 93 (4). – P. 479–480.

235. Mengel K. The importance of potassium buffer power on the critical potassium levels in soils. / K. Mengel, R. Busch // *Soil Sci.* – 1982. – V 133. – № 1. – P. 27–32.

236. Pal Y. The forms of potassium and potassium adsorption in some virgin soils from South-Western Australia / Y. Pal, M.T.F. Wong, K.J. Gilkes // *Aust. J. Soil Res.* – 1999. – № 37. – P. 695–709.

237. Reinink K. Genetics of nitrate content of lettuce. Analysis of generation means / K. Reinink // *Euphytica*. – 1991. – V. 54. – № 1. – P. 83–92.

238. Stagin A.V. Functioning Regimes of Bio–Abiotic Systems / A.V. Stagin // *Eurasian Soil Science*. – 1999. – № 32 (12) – P. 1277–1290.

239. Wyszowski M. The content of macroelement in spring barley / M. Wyszowski, J. Wyszowska // Polish. J. Environ. Stud. – 2006. – V. 15. – № 2a. – P. 212–221.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Приложение А

Таблица 1 – Изменение обменной кислотности ( $pH_{KCl}$ ) почвы под сахарной свеклой при длительном применении удобрений

Варианты опыта	Глубина отбора, см	Годы исследований		
		2007	2008	2009
1. Контроль без удобрений	0–20	5,30	5,50	5,10
	20–40	5,10	5,20	5,00
5. $N_{90}P_{90}$	0–20	5,00	5,20	5,30
	20–40	5,00	5,10	5,10
8. $N_{90}P_{90}K_{90}$	0–20	5,30	5,10	5,10
	20–40	5,40	5,00	5,10
9. $N_{180}P_{180}K_{180}$	0–20	5,10	5,30	5,00
	20–40	5,20	5,20	4,90
11. Последействие 30 т/га навоза	0–20	5,40	5,40	5,50
	20–40	5,40	5,30	5,40
13. Последействие 30 т/га навоза + $N_{90}P_{90}K_{90}$	0–20	5,20	5,40	5,30
	20–40	5,30	5,30	5,30
16. $N_{90}P_{90}K_{180}$	0–20	5,40	5,30	5,20
	20–40	5,20	5,20	5,20

## Продолжение приложения А

Таблица 2 – Изменение обменной кислотности ( $pH_{KCl}$ ) почвы под кукурузой на силос при длительном применении удобрений

Варианты опыта	Глубина отбора, см	Годы исследований		
		2007	2008	2009
1. Контроль без удобрений	0–20	5,40	5,20	5,10
	20–40	5,20	5,20	5,20
5. $N_{60}P_{60}$	0–20	5,00	5,20	5,20
	20–40	5,00	5,10	5,00
8. $N_{60}P_{60}K_{60}$	0–20	5,20	5,30	5,10
	20–40	5,30	5,10	5,10
9. $N_{120}P_{120}K_{120}$	0–20	5,20	5,20	5,10
	20–40	5,10	5,20	5,00
11. 20 т/га навоза	0–20	5,40	5,40	5,30
	20–40	5,20	5,50	5,20
13. 20 т/га навоза + $N_{90}P_{90}K_{90}$	0–20	5,30	5,20	5,20
	20–40	5,30	5,40	5,20
16. $N_{60}P_{60}K_{120}$	0–20	5,40	5,20	5,10
	20–40	5,20	5,20	5,00



## Приложение Б

Таблица 1 – Изменение гидролитической кислотности (Нг, мг-экв на 100 г почвы) под сахарной свеклой при длительном применении удобрений

Варианты опыта	Глубина отбора, см	Годы исследований		
		2007	2008	2009
1. Контроль без удобрений	0–20	4,80	4,80	4,90
	20–40	4,60	4,70	4,80
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	4,60	5,00	4,90
	20–40	4,30	5,00	4,90
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	5,00	5,20	4,80
	20–40	4,60	4,80	4,70
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	5,10	5,00	5,20
	20–40	4,80	4,80	5,00
11. Последействие 30 т/га навоза	0–20	4,40	4,50	4,60
	20–40	4,20	4,20	4,50
13. Последействие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	4,80	5,00	4,80
	20–40	4,60	5,20	4,60
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	4,80	5,00	5,00
	20–40	4,60	4,80	5,00

## Продолжение приложения Б

Таблица 2 – Изменение гидролитической кислотности (Нг, мг-экв на 100 г почвы) под кукурузой на силос при длительном применении удобрений

Варианты опыта	Глубина отбора, см	Годы исследований		
		2007	2008	2009
1. Контроль без удобрений	0–20	4,60	4,60	4,80
	20–40	4,50	4,60	4,70
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	5,00	4,80	5,00
	20–40	4,90	4,70	5,00
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	4,90	4,70	5,00
	20–40	4,80	4,60	4,90
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	4,90	5,00	4,90
	20–40	4,60	5,00	4,80
11. 20 т/га навоза	0–20	4,50	4,80	4,60
	20–40	4,40	4,60	4,50
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	4,70	4,80	4,80
	20–40	4,50	4,60	4,80
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	4,70	4,90	4,80
	20–40	4,60	5,00	4,70

## Приложение В

Таблица 1 – Изменение суммы поглощенных оснований (S, мг-экв на 100 г почвы) под сахарной свеклой при длительном применении удобрений

Варианты опыта	Глубина отбора, см	Годы исследований		
		2007	2008	2009
1. Контроль без удобрений	0–20	32,0	34,6	34,6
	20–40	34,8	34,8	35,2
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	32,4	32,3	32,2
	20–40	34,3	33,6	32,4
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	33,2	33,6	32,6
	20–40	34,0	34,8	33,8
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	34,0	33,0	32,4
	20–40	35,3	33,4	32,8
11. Последействие 30 т/га навоза	0–20	36,5	35,2	35,6
	20–40	37,0	35,8	35,6
13. Последействие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	31,2	34,5	34,8
	20–40	32,2	35,1	34,6
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	32,2	33,8	34,2
	20–40	33,4	34,6	33,6

## Продолжение приложения В

Таблица 2 – Изменение суммы поглощенных оснований (S, мг-экв на 100 г почвы) под кукурузой на силос при длительном применении удобрений

Варианты опыта	Глубина отбора, см	Годы исследований		
		2007	2008	2009
1. Контроль без удобрений	0–20	35,0	34,2	34,8
	20–40	35,4	34,0	34,0
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	33,4	33,4	33,2
	20–40	33,2	33,0	34,4
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	34,2	32,8	32,3
	20–40	33,0	33,5	33,0
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	33,2	32,0	32,0
	20–40	34,3	32,8	32,2
11. 20 т/га навоза	0–20	36,8	36,9	34,8
	20–40	36,0	36,4	35,9
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	35,0	34,0	33,8
	20–40	35,2	34,0	34,7
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	34,2	33,2	33,6
	20–40	34,3	33,0	33,0

## Приложение Г

Таблица 1 – Изменение степени насыщенности почвы основаниями (V, %) под сахарной свеклой при длительном применении удобрений

Варианты опыта	Глубина отбора, см	Годы исследований		
		2007	2008	2009
1. Контроль без удобрений	0–20	87,0	87,8	87,6
	20–40	88,3	88,1	88,0
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	87,6	86,6	86,8
	20–40	88,9	87,0	86,9
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	86,9	86,6	87,2
	20–40	88,1	87,9	87,8
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	87,0	86,8	86,1
	20–40	88,0	87,4	86,8
11. Последействие 30 т/га навоза	0–20	89,2	88,7	88,6
	20–40	89,8	89,5	88,8
13. Последействие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	86,7	87,3	87,9
	20–40	87,5	87,1	88,3
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	87,0	87,1	87,2
	20–40	88,0	87,8	87,0

## Продолжение приложения Г

Таблица 2 – Изменение степени насыщенности почвы основаниями (V, %) под кукурузой на силос при длительном применении удобрений

Варианты опыта	Глубина отбора, см	Годы исследований		
		2007	2008	2009
1. Контроль без удобрений	0–20	88,4	88,1	87,9
	20–40	88,7	88,1	87,9
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	87,0	87,4	86,9
	20–40	87,1	87,5	87,3
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	87,5	87,5	86,6
	20–40	87,8	87,9	87,1
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	87,1	86,5	86,7
	20–40	88,2	86,8	87,0
11. 20 т/га навоза	0–20	89,1	88,5	88,1
	20–40	89,1	88,8	88,9
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	88,2	87,6	87,6
	20–40	88,7	88,1	87,8
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	87,9	87,1	87,5
	20–40	88,1	86,8	87,5

## Приложение Д

Таблица 1 – Динамика содержания нитратного азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг абс. сухой почвы, 2007 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание нитратного азота в почве, мг/кг		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	7,1	1,2	2,4
	20–40	5,2	1,3	2,9
	40–60	5,9	1,0	2,9
	60–80	4,1	1,3	2,5
	80–100	2,5	1,5	2,6
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	6,2	1,7	7,1
	20–40	7,1	1,0	4,2
	40–60	5,8	2,0	4,4
	60–80	5,8	2,0	3,6
	80–100	4,4	1,5	2,3
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	8,9	5,0	3,5
	20–40	6,3	0,2	2,6
	40–60	6,0	2,2	2,5
	60–80	4,4	2,2	2,5
	80–100	4,4	1,0	2,5
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	10,7	0,3	2,7
	20–40	5,9	2,2	2,3
	40–60	4,4	1,7	3,2
	60–80	4,3	1,8	2,8
	80–100	4,3	0,2	2,8
11. 2 год последствие 30 т/га навоза	0–20	5,1	не обнар.	4,1
	20–40	8,1	не обнар.	3,9
	40–60	4,9	2,2	3,5
	60–80	3,8	0,2	3,5
	80–100	3,8	не обнар.	3,5
13. 2 год последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	5,8	не обнар.	5,1
	20–40	5,1	0,7	4,9
	40–60	4,8	1,5	4,2
	60–80	3,8	0,2	3,5
	80–100	3,6	0,1	3,5
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	5,6	0,2	5,6
	20–40	4,8	0,1	5,5
	40–60	4,3	не обнар.	5,5
	60–80	3,5	не обнар.	3,9
	80–100	3,5	2,3	3,5

## Продолжение приложения Д

Таблица 2 – Динамика содержания нитратного азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг абс. сухой почвы, 2008 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание нитратного азота в почве, мг/кг		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	5,9	2,4	4,3
	20–40	5,2	2,9	3,0
	40–60	4,8	2,0	2,6
	60–80	3,8	0,8	3,0
	80–100	3,4	1,4	2,3
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	6,3	5,1	4,3
	20–40	6,7	5,3	9,0
	40–60	9,6	2,4	6,7
	60–80	6,7	2,6	7,0
	80–100	4,4	0,8	5,3
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	10,3	8,0	9,3
	20–40	8,4	3,9	8,7
	40–60	9,0	5,6	6,3
	60–80	6,3	2,4	4,0
	80–100	6,0	2,0	4,0
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	12,3	8,9	10,1
	20–40	12,5	7,5	8,4
	40–60	7,7	5,2	12,3
	60–80	6,5	2,8	4,4
	80–100	4,6	5,5	4,2
11. 2 год последствие 30 т/га навоза	0–20	10,0	3,7	9,6
	20–40	12,8	2,9	8,6
	40–60	4,0	2,8	5,0
	60–80	8,9	2,1	6,9
	80–100	7,9	2,7	9,0
13. 2 год последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	16,6	3,7	10,1
	20–40	13,9	2,8	8,3
	40–60	8,0	3,4	6,0
	60–80	11,3	3,2	5,4
	80–100	11,5	2,7	5,4
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	17,3	4,9	7,7
	20–40	7,6	4,9	6,3
	40–60	9,0	5,3	8,0
	60–80	8,0	6,3	4,4
	80–100	6,0	3,0	4,9



## Продолжение приложения Д

Таблица 3 – Динамика содержания нитратного азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг абс. сухой почвы, 2009 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание нитратного азота в почве, мг/кг		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	10,0	9,3	2,7
	20–40	7,6	9,3	1,9
	40–60	4,3	5,9	1,0
	60–80	2,6	3,4	1,0
	80–100	5,0	не обнар.	1,6
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	14,9	10,1	5,4
	20–40	17,3	9,6	2,3
	40–60	10,6	8,3	2,2
	60–80	9,6	6,4	не обнар.
	80–100	10,1	5,6	1,0
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	23,6	17,1	4,9
	20–40	21,4	7,4	3,8
	40–60	19,6	10,9	1,4
	60–80	20,0	8,3	0,9
	80–100	12,3	4,4	0,9
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	26,6	13,0	5,0
	20–40	24,0	10,9	2,9
	40–60	17,0	10,0	3,3
	60–80	12,9	6,0	1,0
	80–100	8,3	6,0	не обнар.
11. 2 год последствие 30 т/га навоза	0–20	14,7	8,2	4,4
	20–40	25,2	10,0	2,1
	40–60	16,6	7,7	1,0
	60–80	14,0	4,9	не обнар.
	80–100	9,9	3,1	не обнар.
13. 2 год последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	24,4	10,0	4,9
	20–40	22,9	12,1	4,1
	40–60	20,4	6,3	3,0
	60–80	18,0	4,2	1,0
	80–100	13,9	2,9	1,0
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	21,4	9,3	1,6
	20–40	20,0	8,1	3,1
	40–60	19,9	6,6	3,0
	60–80	14,6	6,6	2,6
	80–100	11,1	3,9	1,3

## Продолжение приложения Д

Таблица 4 – Динамика содержания нитратного азота в почве в период вегетации кукурузы на силос, мг/кг абс. сухой почвы, 2007 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание нитратного азота в почве, мг/кг		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	5,2	3,5	4,8
	20–40	5,2	2,4	4,8
	40–60	5,3	2,6	3,6
	60–80	4,5	2,2	2,1
	80–100	3,8	3,5	1,7
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	3,5	5,5	8,9
	20–40	4,9	4,1	3,9
	40–60	5,5	3,1	3,0
	60–80	4,4	2,2	2,1
	80–100	5,8	2,2	1,7
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	10,8	5,6	9,8
	20–40	10,5	4,3	9,6
	40–60	8,5	3,7	4,9
	60–80	7,0	3,7	4,7
	80–100	6,4	3,6	5,8
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	11,1	6,2	9,1
	20–40	9,6	3,5	8,2
	40–60	6,9	3,1	8,7
	60–80	9,9	2,2	7,2
	80–100	6,0	2,3	6,0
11. 20 т/га навоза	0–20	9,8	3,2	8,9
	20–40	8,7	2,8	6,0
	40–60	5,9	3,5	3,8
	60–80	5,1	2,3	3,8
	80–100	4,4	2,0	3,5
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	10,6	4,4	8,6
	20–40	6,6	3,9	9,1
	40–60	6,2	3,6	3,2
	60–80	5,1	3,5	7,8
	80–100	4,4	3,4	3,5
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	15,8	3,9	10,2
	20–40	7,8	3,9	7,4
	40–60	5,1	2,6	6,6
	60–80	6,3	2,5	3,7
	80–100	3,8	2,2	4,0

## Продолжение приложения Д

Таблица 5 – Динамика содержания нитратного азота в почве в период вегетации кукурузы на силос, мг/кг абс. сухой почвы, 2008 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание нитратного азота в почве, мг/кг		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	8,4	1,0	3,4
	20–40	7,3	1,5	3,0
	40–60	5,7	1,0	2,8
	60–80	5,2	0,8	2,0
	80–100	3,7	2,3	2,0
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	11,6	2,3	4,1
	20–40	8,0	1,9	4,2
	40–60	5,8	0,7	4,0
	60–80	3,7	0,7	3,9
	80–100	3,1	1,9	1,6
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	14,4	3,2	4,9
	20–40	10,4	0,3	5,6
	40–60	8,5	3,5	2,3
	60–80	5,9	2,8	0,7
	80–100	4,5	1,3	2,3
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	10,5	0,9	4,0
	20–40	12,9	2,6	3,6
	40–60	16,2	2,1	2,0
	60–80	10,8	2,3	2,0
	80–100	7,6	0,8	4,9
11. 20 т/га навоза	0–20	10,3	1,2	3,6
	20–40	7,2	2,0	2,7
	40–60	6,8	2,6	4,2
	60–80	4,9	0,7	3,6
	80–100	5,4	1,4	2,0
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	13,8	1,8	4,1
	20–40	14,4	1,3	2,0
	40–60	6,2	1,2	2,0
	60–80	9,8	1,8	3,6
	80–100	4,5	1,0	3,7
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	12,8	2,4	2,6
	20–40	8,9	1,7	2,9
	40–60	8,3	0,9	2,7
	60–80	4,7	1,1	4,3
	80–100	4,8	0,8	4,0

## Продолжение приложения Д

Таблица 6 – Динамика содержания нитратного азота в почве в период вегетации кукурузы на силос, мг/кг абс. сухой почвы, 2009 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание нитратного азота в почве, мг/кг		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	11,3	3,4	7,7
	20–40	12,7	3,6	7,0
	40–60	9,6	2,3	6,6
	60–80	8,6	1,6	4,3
	80–100	7,8	1,5	2,0
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	7,2	3,7	5,3
	20–40	12,5	3,6	7,0
	40–60	8,1	2,9	10,0
	60–80	3,3	3,6	4,1
	80–100	3,5	1,7	3,0
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	9,4	5,5	7,3
	20–40	12,1	4,9	8,7
	40–60	10,1	3,3	7,8
	60–80	6,4	2,7	4,9
	80–100	4,9	2,0	3,8
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	8,6	6,5	6,4
	20–40	16,4	6,3	10,0
	40–60	16,5	5,2	10,4
	60–80	12,6	2,9	9,1
	80–100	11,8	2,7	5,3
11. 20 т/га навоза	0–20	8,8	5,1	8,0
	20–40	15,0	2,9	8,7
	40–60	10,3	5,1	7,9
	60–80	7,7	6,1	7,0
	80–100	10,1	3,5	7,9
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	11,8	2,9	5,5
	20–40	15,0	2,3	9,6
	40–60	11,8	2,6	6,2
	60–80	9,0	2,3	2,5
	80–100	5,3	1,8	2,7
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	8,1	2,6	6,6
	20–40	11,6	3,1	7,8
	40–60	7,8	4,6	6,0
	60–80	11,3	2,2	7,7
	80–100	8,1	0,9	6,0

## Приложение Е

Таблица 1 – Динамика содержания аммиачного азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг абс. сухой почвы, 2007 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание аммиачного азота в почве, мг/кг		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	2,5	2,0	3,3
	20–40	2,5	2,3	2,6
	40–60	2,3	2,1	2,4
	60–80	1,2	2,0	3,6
	80–100	2,3	1,9	1,9
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	2,9	2,8	3,0
	20–40	2,4	2,7	2,9
	40–60	2,5	2,0	2,9
	60–80	2,7	2,0	2,5
	80–100	1,6	1,4	2,0
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	4,6	3,0	4,9
	20–40	6,8	3,2	4,3
	40–60	2,3	2,0	2,1
	60–80	2,5	2,4	2,2
	80–100	2,1	1,6	2,0
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	4,7	2,3	3,0
	20–40	4,3	3,2	3,0
	40–60	4,0	3,2	2,9
	60–80	3,5	3,4	5,1
	80–100	4,7	3,0	3,6
11. 2 год последствие 30 т/га навоза	0–20	3,8	2,7	3,9
	20–40	2,1	2,0	3,0
	40–60	2,3	2,0	2,6
	60–80	2,1	1,9	2,0
	80–100	2,5	1,4	2,0
13. 2 год последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	2,5	2,4	2,8
	20–40	2,5	2,0	2,6
	40–60	2,5	1,9	2,0
	60–80	2,5	1,9	2,0
	80–100	2,9	2,3	2,0
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	4,7	2,2	3,2
	20–40	2,1	2,3	3,0
	40–60	2,8	2,4	2,9
	60–80	2,9	2,0	2,9
	80–100	4,7	2,1	3,0

## Продолжение приложения Е

Таблица 2 – Динамика содержания аммиачного азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг абс. сухой почвы, 2008 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание аммиачного азота в почве, мг/кг		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	2,3	2,8	5,5
	20–40	2,1	2,2	3,9
	40–60	1,7	2,2	4,8
	60–80	2,9	3,9	2,6
	80–100	2,8	1,4	2,0
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	3,1	2,9	3,9
	20–40	3,5	5,6	3,9
	40–60	5,5	3,3	4,1
	60–80	2,9	4,2	3,0
	80–100	1,5	3,3	3,1
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	4,0	3,6	2,4
	20–40	3,6	3,0	2,6
	40–60	2,9	2,0	4,3
	60–80	3,0	2,0	3,1
	80–100	2,4	1,4	3,0
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	3,1	6,9	4,0
	20–40	2,1	6,0	4,2
	40–60	5,0	5,5	3,6
	60–80	2,9	2,8	3,2
	80–100	3,8	2,1	2,4
11. 2 год последствие 30 т/га навоза	0–20	2,9	4,6	3,1
	20–40	4,0	3,5	3,4
	40–60	2,7	3,7	3,0
	60–80	3,0	5,2	2,9
	80–100	2,4	2,9	2,9
13. 2 год последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	2,5	3,6	4,4
	20–40	3,6	4,2	3,0
	40–60	2,9	3,5	3,0
	60–80	3,2	4,7	2,6
	80–100	2,8	1,4	2,6
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	4,0	2,9	3,3
	20–40	2,3	4,2	3,4
	40–60	2,0	2,3	2,9
	60–80	2,9	1,9	1,7
	80–100	3,1	1,6	2,0

## Продолжение приложения Е

Таблица 3 – Динамика содержания аммиачного азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг абс. сухой почвы, 2009 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание аммиачного азота в почве, мг/кг		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	5,6	4,1	1,7
	20–40	5,4	4,0	1,9
	40–60	5,0	3,9	1,6
	60–80	3,9	2,6	1,0
	80–100	3,9	2,0	0,7
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	7,1	5,6	2,1
	20–40	5,2	5,3	2,0
	40–60	6,0	5,0	1,6
	60–80	6,0	5,1	1,0
	80–100	4,1	2,9	1,0
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	8,8	4,4	2,3
	20–40	7,9	8,3	2,0
	40–60	5,6	6,9	1,4
	60–80	5,0	3,0	0,9
	80–100	4,4	2,1	0,8
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	10,1	5,4	2,6
	20–40	6,3	5,0	2,2
	40–60	7,4	5,0	1,0
	60–80	3,6	4,1	1,0
	80–100	3,0	2,7	1,0
11. 2 год последствие 30 т/га навоза	0–20	8,1	4,6	3,0
	20–40	6,4	4,2	3,0
	40–60	5,5	3,9	1,9
	60–80	5,5	3,7	1,4
	80–100	2,9	2,7	1,0
13. 2 год последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	11,1	5,6	4,1
	20–40	6,0	5,3	2,6
	40–60	6,0	4,0	2,3
	60–80	3,9	1,7	1,3
	80–100	3,6	1,0	0,7
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	6,4	4,0	3,9
	20–40	9,6	3,9	3,6
	40–60	4,5	4,2	2,1
	60–80	3,6	3,0	1,7
	80–100	2,4	2,7	1,3

## Продолжение приложения Е

Таблица 4 – Динамика содержания аммиачного азота в почве в период вегетации кукурузы на силос, мг/кг абс. сухой почвы, 2007 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание аммиачного азота в почве, мг/кг		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	4,3	2,9	1,3
	20–40	4,3	2,6	3,3
	40–60	4,1	2,3	2,6
	60–80	2,5	2,0	2,9
	80–100	2,0	1,9	1,3
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	3,0	2,6	4,2
	20–40	1,5	2,7	2,4
	40–60	3,0	3,1	2,0
	60–80	6,8	3,3	2,0
	80–100	2,6	1,8	2,7
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	8,7	3,2	7,5
	20–40	6,8	3,2	2,0
	40–60	5,7	2,8	3,3
	60–80	6,0	1,4	4,9
	80–100	5,3	3,3	4,7
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	7,5	6,6	5,8
	20–40	7,5	6,3	5,6
	40–60	4,5	4,3	4,2
	60–80	4,5	2,4	3,5
	80–100	3,0	2,2	2,0
11. 20 т/га навоза	0–20	7,5	6,9	7,8
	20–40	6,8	7,2	7,8
	40–60	6,0	3,4	4,9
	60–80	6,0	3,5	3,6
	80–100	3,8	3,9	3,0
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	7,7	6,3	6,2
	20–40	7,5	5,5	5,9
	40–60	5,3	5,9	6,9
	60–80	6,0	3,6	3,5
	80–100	3,0	2,9	4,3
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	7,2	4,8	4,6
	20–40	7,8	2,4	4,2
	40–60	6,8	2,9	3,3
	60–80	4,5	2,5	2,6
	80–100	4,5	3,0	2,3



## Продолжение приложения Е

Таблица 5 – Динамика содержания аммиачного азота в почве в период вегетации кукурузы на силос, мг/кг абс. сухой почвы, 2008 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание аммиачного азота в почве, мг/кг		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	3,2	4,0	2,1
	20–40	3,2	5,2	3,1
	40–60	2,8	3,3	3,3
	60–80	1,4	3,1	2,8
	80–100	3,3	2,7	2,7
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	4,8	3,9	2,7
	20–40	2,6	2,0	2,2
	40–60	2,9	3,8	2,1
	60–80	2,6	8,1	3,6
	80–100	3,1	3,2	3,3
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	3,7	8,3	3,9
	20–40	0,5	7,0	4,9
	40–60	3,3	6,1	5,4
	60–80	3,4	5,6	3,4
	80–100	1,6	4,6	4,0
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	5,8	10,1	2,1
	20–40	1,1	9,4	4,2
	40–60	2,9	5,3	6,1
	60–80	3,1	5,6	4,7
	80–100	2,7	3,8	5,4
11. 20 т/га навоза	0–20	2,2	10,1	5,7
	20–40	1,5	8,2	1,1
	40–60	2,5	7,0	2,8
	60–80	3,2	7,0	3,1
	80–100	2,1	4,4	3,2
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	3,2	10,0	7,3
	20–40	3,2	9,7	7,0
	40–60	3,1	6,6	5,2
	60–80	3,2	7,3	2,6
	80–100	2,7	3,9	3,0
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	2,1	9,4	1,9
	20–40	2,5	8,9	3,9
	40–60	3,6	3,5	6,3
	60–80	3,7	5,6	5,3
	80–100	2,0	4,5	5,5

## Продолжение приложения Е

Таблица 6 – Динамика содержания аммиачного азота в почве в период вегетации кукурузы на силос, мг/кг абс. сухой почвы, 2009 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание аммиачного азота в почве, мг/кг		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	2,6	3,0	0,5
	20–40	2,6	1,0	1,1
	40–60	2,5	1,6	2,3
	60–80	2,2	1,5	5,5
	80–100	1,1	1,0	0,5
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	2,9	2,0	1,0
	20–40	1,8	2,1	2,2
	40–60	2,5	1,6	1,7
	60–80	2,4	1,6	1,8
	80–100	1,8	1,1	0,5
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	3,3	2,2	2,2
	20–40	2,7	1,6	4,3
	40–60	1,9	2,2	4,3
	60–80	3,2	1,1	3,8
	80–100	2,5	1,6	2,2
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	3,4	2,3	3,3
	20–40	2,9	1,6	3,3
	40–60	3,1	2,2	2,7
	60–80	3,1	1,1	2,2
	80–100	1,6	0,6	2,2
11. 20 т/га навоза	0–20	2,7	2,2	2,2
	20–40	2,2	1,1	0,5
	40–60	1,6	2,7	1,0
	60–80	1,6	1,7	2,2
	80–100	2,6	2,2	2,2
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	2,7	2,2	3,3
	20–40	1,6	2,2	2,2
	40–60	3,5	3,0	2,7
	60–80	3,5	2,7	1,7
	80–100	2,1	1,9	1,8
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	3,3	2,6	1,0
	20–40	2,2	2,7	2,2
	40–60	1,9	2,2	3,3
	60–80	1,5	2,6	2,2
	80–100	1,9	1,6	0,5

## Приложение Ж

Таблица 1 – Динамика запасов нитратного азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, кг/га, 2007 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы нитратного азота в почве, кг/га		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	15,8	2,7	7,5
	20–40	12,3	3,1	6,8
	40–60	14,9	2,5	7,3
	60–80	10,6	3,4	6,5
	80–100	6,7	4,0	7,0
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	13,8	3,8	15,8
	20–40	16,8	2,4	9,9
	40–60	14,6	5,0	11,1
	60–80	15,0	5,2	9,3
	80–100	11,8	4,0	6,2
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	19,8	11,1	7,8
	20–40	14,9	0,5	6,1
	40–60	15,1	5,5	6,3
	60–80	11,4	5,7	6,5
	80–100	11,8	2,7	6,7
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	23,8	0,7	6,0
	20–40	13,9	5,2	5,4
	40–60	11,1	4,3	8,1
	60–80	11,1	4,6	7,2
	80–100	11,5	0,5	7,5
11. 2 год последействие 30 т/га навоза	0–20	11,3	0	9,1
	20–40	19,1	0	9,2
	40–60	12,3	5,5	8,8
	60–80	9,8	0,5	9,0
	80–100	10,2	0	9,4
13. 2 год последействие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	12,9	0	11,3
	20–40	12,0	1,7	11,6
	40–60	12,1	3,8	10,6
	60–80	9,8	0,5	9,0
	80–100	9,6	0,3	9,4
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	12,4	0,4	12,4
	20–40	11,3	0,2	13,0
	40–60	10,8	0	13,9
	60–80	9,0	0	10,1
	80–100	9,4	6,2	9,4

## Продолжение приложения Ж

Таблица 2 – Динамика запасов нитратного азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, кг/га, 2008 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы нитратного азота в почве, кг/га		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	13,1	5,3	9,5
	20–40	12,3	6,8	7,1
	40–60	12,1	5,0	6,6
	60–80	9,8	2,1	7,7
	80–100	9,1	3,8	6,2
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	14,0	11,3	9,5
	20–40	15,8	12,5	21,2
	40–60	24,2	6,0	16,6
	60–80	17,3	6,7	18,1
	80–100	11,8	2,1	14,2
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	22,9	17,8	20,6
	20–40	19,8	9,2	20,5
	40–60	22,7	14,1	15,9
	60–80	16,3	6,2	10,3
	80–100	16,1	5,4	10,7
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	27,3	19,8	22,4
	20–40	29,5	17,7	19,8
	40–60	19,4	13,1	31,0
	60–80	16,8	7,2	11,4
	80–100	12,3	14,7	11,3
11. 2 год последствие 30 т/га навоза	0–20	22,2	8,2	21,3
	20–40	30,2	6,8	20,3
	40–60	10,1	7,1	12,6
	60–80	23,0	5,4	17,8
	80–100	21,2	7,2	16,1
13. 2 год последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	36,9	8,2	22,4
	20–40	32,8	6,6	19,6
	40–60	20,2	8,6	15,1
	60–80	29,2	8,3	13,9
	80–100	30,8	7,2	14,5
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	38,4	10,9	17,1
	20–40	17,9	11,6	14,9
	40–60	22,7	13,4	20,2
	60–80	20,6	16,3	11,4
	80–100	16,1	8,0	13,1

## Продолжение приложения Ж

Таблица 3 – Динамика запасов нитратного азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, кг/га, 2009 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы нитратного азота в почве, кг/га		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	22,2	20,6	6,0
	20–40	17,9	21,9	4,5
	40–60	10,8	14,9	2,5
	60–80	6,7	8,8	2,6
	80–100	13,4	0	4,3
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	33,1	22,4	12,0
	20–40	40,8	22,7	5,4
	40–60	26,7	20,9	5,5
	60–80	24,8	16,5	0
	80–100	27,1	15,0	2,7
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	52,4	38,0	10,9
	20–40	50,5	17,5	9,0
	40–60	49,4	27,5	3,5
	60–80	51,6	21,4	2,3
	80–100	33,0	11,8	2,4
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	59,1	28,9	11,1
	20–40	56,6	25,7	6,8
	40–60	42,8	25,2	8,3
	60–80	33,3	15,5	2,6
	80–100	22,2	16,1	0
11. 2 год последствие 30 т/га навоза	0–20	32,6	18,2	9,8
	20–40	59,5	23,6	5,0
	40–60	41,8	19,4	2,5
	60–80	36,1	12,6	0
	80–100	26,5	8,3	0
13. 2 год последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	54,2	22,2	10,9
	20–40	54,0	28,6	9,7
	40–60	51,4	15,9	7,6
	60–80	46,4	10,8	2,6
	80–100	37,3	7,8	2,7
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	47,5	20,6	3,6
	20–40	47,2	19,1	7,3
	40–60	50,1	16,6	7,6
	60–80	37,7	17,0	6,7
	80–100	29,7	10,5	3,5

## Продолжение приложения Ж

Таблица 4 – Динамика запасов нитратного азота в почве в период вегетации кукурузы на силос, кг/га, 2007 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы нитратного азота в почве, кг/га		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	11,5	7,8	10,7
	20–40	12,3	5,7	11,3
	40–60	13,4	6,6	9,1
	60–80	11,6	5,7	5,4
	80–100	10,2	9,4	4,6
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	7,8	12,2	19,8
	20–40	11,6	9,7	9,2
	40–60	13,9	7,8	7,6
	60–80	11,4	5,7	5,4
	80–100	15,5	5,9	4,6
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	24,0	12,4	21,8
	20–40	24,8	10,1	22,7
	40–60	21,4	9,3	12,3
	60–80	18,1	9,5	12,1
	80–100	17,2	9,6	15,5
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	24,6	13,8	20,2
	20–40	22,7	8,3	19,4
	40–60	17,1	7,8	21,9
	60–80	25,5	5,7	18,6
	80–100	16,1	6,2	16,1
11. 20 т/га навоза	0–20	21,8	7,1	19,8
	20–40	20,5	6,6	14,2
	40–60	14,9	8,8	9,6
	60–80	13,2	5,9	9,8
	80–100	11,8	5,4	9,4
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	23,5	9,8	19,1
	20–40	15,6	9,2	21,5
	40–60	15,6	9,1	8,1
	60–80	13,2	9,0	20,1
	80–100	11,8	9,1	9,4
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	35,1	8,7	22,6
	20–40	18,4	9,2	17,5
	40–60	12,9	6,6	16,6
	60–80	16,3	6,5	9,5
	80–100	10,2	5,9	10,7

## Продолжение приложения Ж

Таблица 5 – Динамика запасов нитратного азота в почве в период вегетации кукурузы на силос, кг/га, 2008 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы нитратного азота в почве, кг/га		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	18,6	2,2	7,5
	20–40	17,2	3,5	7,1
	40–60	14,4	2,5	7,1
	60–80	13,4	2,1	5,2
	80–100	9,9	6,2	5,4
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	25,8	5,1	9,1
	20–40	18,9	4,5	9,9
	40–60	14,6	1,8	10,1
	60–80	9,5	1,8	10,1
	80–100	8,3	5,1	4,3
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	32,0	7,1	40,9
	20–40	24,5	0,7	13,2
	40–60	21,4	8,8	5,8
	60–80	15,2	7,2	1,8
	80–100	12,1	3,5	6,2
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	23,3	2,0	8,9
	20–40	30,4	6,1	8,5
	40–60	40,8	5,3	5,0
	60–80	27,9	5,9	5,2
	80–100	20,4	2,1	13,1
11. 20 т/га навоза	0–20	22,9	2,7	8,0
	20–40	17,0	4,7	6,4
	40–60	17,1	6,6	10,6
	60–80	12,6	1,8	9,3
	80–100	14,5	3,8	5,4
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	30,6	4,0	9,1
	20–40	34,0	3,1	4,7
	40–60	15,6	3,0	5,0
	60–80	25,3	4,6	9,3
	80–100	12,1	2,7	9,9
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	28,4	5,3	5,8
	20–40	21,0	4,0	6,8
	40–60	20,9	2,3	6,8
	60–80	12,1	2,8	11,1
	80–100	12,9	2,1	10,7

## Продолжение приложения Ж

Таблица 6 – Динамика запасов нитратного азота в почве в период вегетации кукурузы на силос, кг/га, 2009 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы нитратного азота в почве, кг/га		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	25,1	7,5	17,1
	20–40	30,0	8,5	16,5
	40–60	24,2	5,8	16,6
	60–80	22,2	4,1	11,1
	80–100	20,9	4,0	5,4
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	16,0	8,2	11,8
	20–40	29,5	8,5	16,5
	40–60	20,4	7,3	25,2
	60–80	8,5	9,3	10,6
	80–100	9,4	4,6	8,0
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	20,9	12,2	16,2
	20–40	28,6	11,6	20,5
	40–60	25,5	8,3	19,7
	60–80	16,5	7,0	12,6
	80–100	13,1	5,4	10,2
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	19,1	14,4	14,2
	20–40	38,7	14,9	23,6
	40–60	41,6	13,1	26,2
	60–80	32,5	7,5	23,5
	80–100	31,6	7,2	14,2
11. 20 т/га навоза	0–20	19,5	11,3	17,8
	20–40	35,4	6,8	20,5
	40–60	26,0	12,9	19,9
	60–80	19,9	15,7	18,1
	80–100	27,1	9,4	21,2
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	26,2	6,4	12,2
	20–40	34,4	5,4	22,7
	40–60	29,7	6,6	15,6
	60–80	23,2	5,9	6,5
	80–100	14,2	4,8	7,2
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	18,0	5,8	14,7
	20–40	27,4	7,3	18,4
	40–60	19,7	11,6	15,1
	60–80	29,2	5,7	19,9
	80–100	21,7	2,4	16,1



## Приложение К

Таблица 1 – Динамика запасов аммиачного азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, кг/га, 2007 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы аммиачного азота в почве, кг/га		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	5,6	4,4	7,3
	20–40	5,9	5,4	6,1
	40–60	5,8	5,3	6,0
	60–80	3,1	5,2	9,3
	80–100	6,2	5,1	5,1
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	6,4	6,2	6,7
	20–40	5,7	6,4	6,8
	40–60	6,3	5,0	7,3
	60–80	7,0	5,2	6,5
	80–100	4,3	3,8	5,4
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	10,2	6,7	10,9
	20–40	16,0	7,6	10,1
	40–60	5,8	5,0	5,3
	60–80	6,5	6,2	5,7
	80–100	5,6	4,3	5,4
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	10,4	5,1	6,7
	20–40	10,1	7,6	7,1
	40–60	10,1	8,1	7,3
	60–80	9,0	8,8	13,2
	80–100	12,6	8,0	9,6
11. 2 год последствие 30 т/га навоза	0–20	8,4	6,0	8,7
	20–40	5,0	4,7	7,1
	40–60	5,8	5,0	6,6
	60–80	5,4	4,9	5,2
	80–100	6,7	3,8	5,4
13. 2 год последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	5,6	5,3	6,2
	20–40	5,9	4,7	6,1
	40–60	6,3	4,8	5,0
	60–80	6,5	4,9	5,2
	80–100	7,8	6,2	5,4
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	10,4	4,9	7,1
	20–40	5,0	5,4	7,1
	40–60	7,1	6,0	7,3
	60–80	7,5	5,2	7,5
	80–100	12,6	5,6	8,0

## Продолжение приложения К

Таблица 2 – Динамика запасов аммиачного азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, кг/га, 2008 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы аммиачного азота в почве, кг/га		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	5,1	6,2	12,2
	20–40	5,0	5,2	9,2
	40–60	4,3	5,5	12,1
	60–80	7,5	10,1	6,7
	80–100	7,5	3,8	5,4
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	6,9	6,4	8,7
	20–40	8,3	13,2	9,2
	40–60	13,9	8,3	10,3
	60–80	7,5	10,8	7,7
	80–100	4,0	8,8	8,3
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	8,9	8,0	5,3
	20–40	8,5	7,1	6,1
	40–60	7,3	5,0	10,8
	60–80	7,7	5,2	8,0
	80–100	6,4	3,8	8,0
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	6,9	15,3	8,9
	20–40	5,0	14,2	9,9
	40–60	12,6	13,9	9,1
	60–80	7,5	7,2	8,3
	80–100	10,2	5,6	6,4
11. 2 год последействие 30 т/га навоза	0–20	6,4	10,2	6,9
	20–40	9,4	8,3	8,0
	40–60	6,8	9,3	7,6
	60–80	7,7	13,4	7,5
	80–100	6,4	7,8	7,8
13. 2 год последействие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	5,6	8,0	9,8
	20–40	8,5	9,9	7,1
	40–60	7,3	8,8	7,6
	60–80	8,3	12,1	6,7
	80–100	7,5	3,8	7,0
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	8,9	6,4	7,3
	20–40	5,4	9,9	8,0
	40–60	5,0	5,8	7,3
	60–80	7,5	4,9	4,4
	80–100	8,3	4,3	5,4

## Продолжение приложения К

Таблица 3 – Динамика запасов аммиачного азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, кг/га, 2009 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы аммиачного азота в почве, кг/га		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	12,4	9,1	3,8
	20–40	12,7	9,4	4,5
	40–60	12,6	9,8	4,0
	60–80	10,1	6,7	2,6
	80–100	10,5	5,4	1,9
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	15,8	12,4	4,7
	20–40	12,3	12,5	4,7
	40–60	15,1	12,6	4,0
	60–80	15,5	13,2	2,6
	80–100	11,0	7,8	2,7
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	19,5	9,8	5,1
	20–40	18,6	19,6	4,7
	40–60	14,1	17,4	3,5
	60–80	12,9	7,7	2,3
	80–100	11,8	5,6	2,1
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	22,4	12,0	5,8
	20–40	14,9	11,8	5,2
	40–60	18,6	12,6	2,5
	60–80	9,3	10,6	2,6
	80–100	8,0	7,2	2,7
11. 2 год последствие 30 т/га навоза	0–20	18,0	10,2	6,7
	20–40	15,1	9,9	7,1
	40–60	13,9	9,8	4,8
	60–80	14,2	9,5	3,6
	80–100	7,8	7,2	2,7
13. 2 год последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	24,6	12,4	9,1
	20–40	14,2	12,5	6,1
	40–60	15,1	10,1	5,8
	60–80	10,1	4,4	3,4
	80–100	9,6	2,7	1,9
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	14,2	8,9	8,7
	20–40	22,7	9,2	8,5
	40–60	11,3	10,6	5,3
	60–80	9,3	7,7	4,4
	80–100	6,4	7,2	3,5

## Продолжение приложения К

Таблица 4 – Динамика запасов аммиачного азота в почве в период вегетации кукурузы на силос, кг/га, 2007 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы аммиачного азота в почве, кг/га		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	9,5	6,4	2,9
	20–40	10,1	6,1	7,8
	40–60	10,3	5,8	6,6
	60–80	6,5	5,2	7,5
	80–100	5,4	5,1	3,5
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	6,7	5,8	9,3
	20–40	3,5	6,4	5,7
	40–60	7,6	7,8	5,0
	60–80	17,5	8,5	5,2
	80–100	7,0	4,8	7,2
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	19,3	7,1	16,7
	20–40	16,0	7,6	4,7
	40–60	14,4	7,1	8,3
	60–80	15,5	3,6	12,6
	80–100	14,2	8,8	12,6
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	16,7	14,7	12,9
	20–40	17,7	14,9	15,6
	40–60	11,3	10,8	10,6
	60–80	11,6	6,2	9,0
	80–100	8,0	5,9	5,4
11. 20 т/га навоза	0–20	16,7	15,3	17,3
	20–40	16,0	17,0	18,4
	40–60	15,1	8,6	12,3
	60–80	15,5	9,0	9,3
	80–100	10,2	10,5	8,0
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	17,1	14,0	13,8
	20–40	17,7	13,0	13,9
	40–60	13,4	14,9	17,4
	60–80	15,5	9,3	9,0
	80–100	8,0	7,8	11,5
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	16,0	10,7	10,2
	20–40	18,4	5,7	9,9
	40–60	17,1	7,3	8,3
	60–80	11,6	6,5	6,7
	80–100	12,1	8,0	6,2

## Продолжение приложения К

Таблица 5 – Динамика запасов аммиачного азота в почве в период вегетации кукурузы на силос, кг/га, 2008 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы аммиачного азота в почве, кг/га		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	7,1	8,9	4,7
	20–40	7,6	12,3	7,3
	40–60	7,1	8,3	8,3
	60–80	3,6	8,0	7,2
	80–100	8,8	7,2	7,2
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	10,7	8,7	6,0
	20–40	6,1	4,7	5,2
	40–60	7,3	9,6	5,3
	60–80	6,7	20,9	9,3
	80–100	8,3	8,6	8,8
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	8,2	18,4	8,7
	20–40	1,2	16,5	11,6
	40–60	8,3	15,4	13,6
	60–80	8,8	14,4	8,8
	80–100	4,3	12,3	10,7
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	12,9	22,4	4,7
	20–40	2,6	22,2	9,9
	40–60	7,3	13,4	15,4
	60–80	8,0	14,4	12,1
	80–100	7,2	10,2	14,5
11. 20 т/га навоза	0–20	4,9	22,4	12,7
	20–40	3,5	19,4	2,6
	40–60	6,3	17,6	7,1
	60–80	8,3	18,1	8,0
	80–100	5,6	11,8	8,6
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	7,1	22,2	16,2
	20–40	7,6	22,9	16,5
	40–60	7,8	16,6	13,1
	60–80	8,3	18,8	6,7
	80–100	9,9	10,5	8,0
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	4,7	20,9	4,2
	20–40	5,9	21,0	9,2
	40–60	9,1	8,8	15,9
	60–80	9,5	14,4	13,7
	80–100	5,4	12,1	14,7

## Продолжение приложения К

Таблица 6 – Динамика запасов аммиачного азота в почве в период вегетации кукурузы на силос, кг/га, 2009 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы аммиачного азота в почве, кг/га		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	5,8	6,7	1,1
	20–40	6,1	2,4	2,6
	40–60	6,3	4,0	5,8
	60–80	5,7	3,9	14,2
	80–100	2,9	2,7	1,3
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	6,4	4,4	2,2
	20–40	4,2	5,0	5,2
	40–60	6,3	4,0	4,3
	60–80	6,2	4,1	4,6
	80–100	4,8	2,9	1,3
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	7,3	4,9	4,9
	20–40	6,4	3,8	10,1
	40–60	4,8	5,5	10,8
	60–80	8,3	2,8	9,8
	80–100	6,7	4,3	5,9
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	7,5	5,1	7,3
	20–40	6,8	3,8	7,8
	40–60	7,8	5,5	6,8
	60–80	8,0	2,8	5,7
	80–100	4,3	1,6	5,9
11. 20 т/га навоза	0–20	6,0	4,9	4,9
	20–40	5,2	2,6	1,2
	40–60	4,0	6,8	2,5
	60–80	4,1	4,4	5,7
	80–100	7,0	5,9	5,9
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	6,0	4,9	7,3
	20–40	3,8	5,2	5,2
	40–60	8,8	7,6	6,8
	60–80	9,0	7,0	4,4
	80–100	5,6	5,1	4,8
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	7,3	5,8	2,2
	20–40	5,2	6,4	5,2
	40–60	4,8	5,5	8,3
	60–80	3,9	6,7	5,7
	80–100	5,1	4,3	1,3

## Приложение Л

Таблица 1 – Динамика запасов подвижного фосфора в почве в период вегетации сахарной свеклы, кг/га (среднее за 2007-2009 гг.)

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы подвижного фосфора в почве, кг/га		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	155,0	156,8	133,0
	20–40	146,6	139,3	131,1
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	189,1	173,2	164,7
	20–40	164,0	145,5	170,1
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	186,3	182,7	174,0
	20–40	172,5	159,8	147,8
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	230,7	235,8	210,8
	20–40	194,4	178,4	172,1
11. 2 год последействие 30 т/га навоза	0–20	230,0	199,9	193,4
	20–40	192,3	187,1	173,1
13. 2 год последействие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	246,9	211,0	218,0
	20–40	218,6	197,9	196,7
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	196,5	195,0	190,2
	20–40	180,1	191,3	178,3

## Продолжение приложения Л

Таблица 2 – Динамика запасов подвижного фосфора в почве в период вегетации кукурузы на силос, кг/га (среднее за 2007-2009 гг.)

Варианты опыта	Слой почвы, см	Запасы подвижного фосфора в почве, кг/га		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	152,1	142,2	142,5
	20–40	151,4	146,4	146,3
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	183,2	170,1	174,1
	20–40	175,0	158,8	173,7
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	196,8	182,4	176,6
	20–40	176,5	176,3	175,9
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	241,4	230,1	211,3
	20–40	241,4	221,5	215,6
11. 2 год последействие 30 т/га навоза	0–20	190,9	174,3	170,6
	20–40	180,9	174,7	176,6
13. 2 год последействие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	227,4	211,6	193,8
	20–40	218,5	205,5	189,1
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	199,3	193,3	191,9
	20–40	188,8	186,5	186,4



## Приложение М

Таблица 1 – Динамика содержания подвижного фосфора в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг, 2007 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	60,3	72,4	63,0
	20–40	59,5	63,2	60,0
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	84,3	81,0	73,6
	20–40	69,4	66,5	94,1
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	70,4	92,4	88,4
	20–40	65,4	72,3	62,4
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	88,5	119,3	90,7
	20–40	80,4	73,5	74,2
11. 2 год последействие 30 т/га навоза	0–20	95,6	85,4	83,5
	20–40	72,4	73,6	70,0
13. 2 год последействие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	108,2	94,6	93,7
	20–40	94,4	86,0	78,2
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	84,5	83,6	81,8
	20–40	77,4	81,0	76,2

## Продолжение приложения М

Таблица 2 – Динамика содержания подвижного фосфора в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг, 2008 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	62,7	79,2	62,4
	20–40	60,0	63,4	56,4
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	81,3	99,6	82,8
	20–40	68,7	67,3	59,3
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	85,0	78,0	76,4
	20–40	69,4	66,0	59,5
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	93,9	126,1	110,7
	20–40	76,4	83,0	69,8
11. 2 год последействие 30 т/га навоза	0–20	105,4	91,6	96,3
	20–40	82,4	81,0	80,6
13. 2 год последействие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	125,0	92,0	106,1
	20–40	100,0	83,2	91,8
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	87,7	96,6	86,6
	20–40	70,0	81,4	77,2

## Продолжение приложения М

Таблица 3 – Динамика содержания подвижного фосфора в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг, 2009 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг		
		май	июль	сентябрь
1. Контроль без удобрений	0–20	86,4	60,3	54,3
	20–40	66,8	50,5	50,3
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0–20	90,0	53,4	66,2
	20–40	70,4	51,2	62,8
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	96,3	76,5	70,4
	20–40	84,5	64,8	66,0
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0–20	129,4	73,2	83,5
	20–40	90,3	70,3	74,8
11. 2 год последействие 30 т/га навоза	0–20	109,8	93,2	81,6
	20–40	89,6	83,2	96,4
13. 2 год последействие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0–20	100,4	98,5	94,8
	20–40	83,5	82,4	80,0
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0–20	93,4	83,3	88,6
	20–40	81,5	80,8	73,2

## Продолжение приложения М

Таблица 4 – Динамика содержания подвижного фосфора в почве в период вегетации кукурузы на силос, мг/кг, 2007 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	70,3	68,4	65,0
	20–40	66,4	63,6	60,9
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	79,3	80,5	73,0
	20–40	70,7	72,2	77,4
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	83,5	80,6	78,7
	20–40	64,4	73,8	71,0
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	99,6	95,4	113,2
	20–40	90,0	91,3	100,6
11. 20 т/га навоза	0–20	85,2	86,4	79,1
	20–40	81,1	79,3	80,5
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	100,6	93,4	91,2
	20–40	90,5	79,6	82,2
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	89,6	88,1	82,3
	20–40	81,1	80,5	79,9

## Продолжение приложения М

Таблица 5 – Динамика содержания подвижного фосфора в почве в период вегетации кукурузы на силос, мг/кг, 2008 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	66,4	63,3	61,5
	20–40	60,0	59,3	55,9
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	82,8	69,2	74,2
	20–40	81,0	60,5	70,0
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	89,6	80,5	83,3
	20–40	78,6	80,0	82,6
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	116,4	102,4	82,2
	20–40	110,3	90,2	80,1
11. 20 т/га навоза	0–20	83,2	79,1	77,1
	20–40	74,4	70,0	71,1
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	95,6	92,4	90,1
	20–40	86,6	88,4	81,6
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	84,2	82,6	85,4
	20–40	76,4	75,2	73,3

## Продолжение приложения М

Таблица 6 – Динамика содержания подвижного фосфора в почве в период вегетации кукурузы на силос, мг/кг, 2009 год

Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг		
		май	июнь	август
1. Контроль без удобрений	0–20	68,9	64,5	66,0
	20–40	66,0	63,2	69,2
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0–20	85,5	80,2	88,1
	20–40	70,7	69,2	73,4
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	92,8	85,4	76,6
	20–40	81,4	70,3	70,0
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0–20	110,2	113,2	90,1
	20–40	106,6	100,1	93,4
11. 20 т/га навоза	0–20	89,6	70,0	74,3
	20–40	74,5	72,8	72,9
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	111,1	100,1	80,6
	20–40	100,6	93,2	76,6
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0–20	95,5	90,5	91,6
	20–40	82,5	81,4	83,8

## Приложение Н

Таблица 1 – Содержание в почве обменного калия (мг/100 г почвы) под кукурузой на силос в 2007 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	577	536	588	567
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	632	577	619	609
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	770	728	798	765
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	763	620	746	710
11. Навоз 20 т/га	688	607	662	652
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	751	743	817	770
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	726	673	716	705
Среднее	701	641	707	683
НСР <sub>0,95</sub>	16,9	14,1	15,6	

Таблица 2 – Содержание в почве обменного калия (мг/100 г почвы) под кукурузой на силос в 2008 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	595	542	586	574
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	576	504	582	554
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	635	595	655	628
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	701	783	787	757
11. Навоз 20 т/га	664	610	701	658
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	808	735	820	788
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	723	707	773	734
Среднее	672	639	701	671
НСР <sub>0,95</sub>	13,1	11,6	14,4	

Таблица 3 – Содержание в почве обменного калия (мг/100 г почвы) под кукурузой на силос в 2009 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	538	501	524	521
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	517	500	479	499
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	575	547	540	554
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	753	710	711	725
11. Навоз 20 т/га	658	662	645	655
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	715	649	613	659
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	729	669	687	695
Среднее	641	605	600	615
НСР <sub>0,95</sub>	17,2	10,8	10,3	

## Продолжение приложения Н

Таблица 4 – Содержание в почве обменного калия (мг/100 г почвы) под сахарной свеклой в 2007 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	598	546	542	562
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	586	548	490	541
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	725	704	672	700
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	863	823	775	820
11. 2 год последействия навоза 30 т/га	756	717	674	716
13. 2 год последействия навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	841	890	663	798
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	846	853	825	841
Среднее	745	726	663	711
НСР <sub>0,95</sub>	34,1	36,4	28,9	

Таблица 5 – Содержание в почве обменного калия (мг/100 г почвы) под сахарной свеклой в 2008 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	547	526	491	521
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	506	472	467	482
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	692	653	631	659
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	839	835	769	814
11. 2 год последействия навоза 30 т/га	699	697	606	667
13. 2 год последействия навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	800	681	677	719
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	794	779	741	771
Среднее	697	663	626	662
НСР <sub>0,95</sub>	31,4	30,8	24,5	

Таблица 6 – Содержание в почве обменного калия (мг/100 г почвы) под сахарной свеклой в 2009 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	494	489	450	478
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	439	426	403	423
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	603	570	557	577
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	786	715	686	729
11. 2 год последействия навоза 30 т/га	730	641	509	627
13. 2 год последействия навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	732	685	766	728
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	748	651	643	681
Среднее	647	597	573	606
НСР <sub>0,95</sub>	20,2	18,4	21,4	



## Приложение П

Таблица 1 – Содержание в почве подвижного калия (мг/кг) под сахарной свеклой в 2007 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	96	82	87	88
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	84	77	92	84
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	99	96	102	99
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	134	122	131	129
11. 2 год последействия навоза 30 т/га	120	104	106	110
13. 2 год последействия навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	118	105	102	108
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	112	104	122	113
Среднее	109	99	106	104
НСР <sub>0,95</sub>	26,4	14,6	22,1	

Таблица 2 – Содержание в почве подвижного калия (мг/кг) под сахарной свеклой в 2008 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	88	92	83	88
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	86	85	106	92
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	109	90	112	104
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	140	118	129	129
11. 2 год последействия навоза 30 т/га	124	98	114	112
13. 2 год последействия навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	112	99	112	108
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	108	106	114	109
Среднее	110	98	110	106
НСР <sub>0,95</sub>	19,4	16,7	21,1	

Таблица 3 – Содержание в почве подвижного калия (мг/кг) под сахарной свеклой в 2009 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	100	86	103	96
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	110	98	112	107
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	116	110	120	115
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	130	129	136	132
11. 2 год последействия навоза 30 т/га	116	111	110	112
13. 2 год последействия навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	136	131	128	132
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	124	126	130	127
Среднее	119	113	120	117
НСР <sub>0,95</sub>	21,0	18,1	20,4	

## Продолжение приложения П

Таблица 4 – Содержание в почве подвижного калия (мг/кг) под кукурузой на силос в 2007 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	91	87	88	89
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	100	94	94	96
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	132	126	111	123
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	149	121	119	130
11. Навоз 20 т/га	124	120	125	123
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	148	131	130	136
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	151	140	138	143
Среднее	128	117	115	120
НСР <sub>0,95</sub>	30,3	18,6	19,1	

Таблица 5 – Содержание в почве подвижного калия (мг/кг) под кукурузой на силос в 2008 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	94	92	92	93
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	100	96	98	98
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	128	119	121	123
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	149	121	130	133
11. Навоз 20 т/га	121	116	115	117
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	144	112	119	125
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	146	131	133	137
Среднее	126	112	115	118
НСР <sub>0,95</sub>	28,4	16,6	16,8	

Таблица 6 – Содержание в почве подвижного калия (мг/кг) под кукурузой на силос в 2009 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	88	80	81	83
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	86	76	77	80
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	108	96	100	101
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	122	101	110	111
11. Навоз 20 т/га	100	100	103	101
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	136	114	131	127
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	130	116	132	126
Среднее	110	98	105	104
НСР <sub>0,95</sub>	26,4	19,3	21,1	

## Приложение Р

Таблица 1 – Содержание в почве обменного калия (мг/кг) под сахарной свеклой в 2007 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	180	176	162	173
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	150	137	159	149
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	169	172	174	172
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	205	200	214	206
11. 2 год последействия навоза 30 т/га	160	165	164	163
13. 2 год последействия навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	186	190	191	189
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	194	192	196	194
Среднее	178	176	180	178
НСР <sub>0,95</sub>	21,4	17,4	19,1	

Таблица 2 – Содержание в почве обменного калия (мг/кг) под сахарной свеклой в 2008 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	194	172	180	182
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	140	141	153	145
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	183	166	182	177
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	219	208	204	210
11. 2 год последействия навоза 30 т/га	176	157	174	165
13. 2 год последействия навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	184	180	185	183
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	186	186	204	192
Среднее	183	173	183	180
НСР <sub>0,95</sub>	18,4	22,6	21,1	

Таблица 3 – Содержание в почве обменного калия (мг/кг) под сахарной свеклой в 2009 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	163	153	146	154
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	154	150	159	154
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	196	180	192	189
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	216	211	212	213
11. 2 год последействия навоза 30 т/га	186	173	180	180
13. 2 год последействия навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	221	214	225	220
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	201	196	210	205
Среднее	195	182	189	188
НСР <sub>0,95</sub>	18,7	24,3	17,9	

## Продолжение приложения Р

Таблица 4 – Содержание в почве обменного калия (мг/кг) под кукурузой на силос в 2007 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	141	129	130	133
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	146	133	143	141
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	176	170	178	175
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	201	206	198	202
11. Навоз 20 т/га	171	150	156	159
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	225	210	214	216
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	206	199	199	201
Среднее	181	169	174	175
НСР <sub>0,95</sub>	33,6	19,5	21,9	

Таблица 5 - Содержание в почве обменного калия (мг/кг) под кукурузой на силос в 2008 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	136	120	128	128
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	141	130	139	137
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	176	161	163	165
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	191	184	193	189
11. Навоз 20 т/га	164	148	150	164
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	206	204	208	206
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	180	184	185	183
Среднее	170	161	167	166
НСР <sub>0,95</sub>	30,1	21,0	36,4	

Таблица 6 - Содержание в почве обменного калия (мг/кг) под кукурузой на силос в 2009 году

Варианты	1 отбор	2 отбор	3 отбор	Среднее
1. Контроль	140	136	141	139
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	152	151	152	152
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	194	170	190	178
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	204	206	210	207
11. Навоз 20 т/га	168	168	161	162
13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	219	211	220	217
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	194	190	191	192
Среднее	180	175	179	178
НСР <sub>0,95</sub>	32,4	23,3	36,5	

## Приложение С

Таблица 1 - Содержание протеина в зеленой массе кукурузы, %

Варианты	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Среднее
1. Контроль без удобрений	6,4	7,2	6,8	6,8
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	9,1	8,3	8,4	8,6
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	9,2	8,4	8,2	8,6
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	10,6	9,6	10,3	10,2
11. 20 т/га навоза	7,2	7,3	7,8	7,4
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8,9	8,3	8,1	8,4
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	7,1	7,3	6,6	7,0
Среднее	8,4	8,1	8,0	8,1

Таблица 2 - Сбор протеина с 1 га посевов кукурузы на силос (ц/га)

Варианты	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Среднее
1. Контроль без удобрений	13,8	12,3	14,0	13,4
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	24,9	18,0	22,0	21,6
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	34,0	27,6	27,8	29,8
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	38,5	30,0	34,1	34,2
11. 20 т/га навоза	23,1	20,2	24,0	22,4
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	30,4	24,3	25,7	26,8
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	22,7	20,6	22,2	21,8

## Приложение Т

Содержание нитратов в кукурузе на силос, мг/кг

Варианты	Годы исследований		
	2007	2008	2009
1. Контроль без удобрений	142	283	следы
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	187	261	следы
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	168	357	следы
9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	255	263	следы
11. 20 т/га навоза	224	298	следы
13. 20 т/га навоза + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	189	260	следы
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	140	193	следы
ПДК	500		

## Приложение У

Таблица 1 – Вынос элементов питания с урожаем сахарной свеклы, 2007 г.

Вариант	Корнеплоды, кг/га			Листья, кг/га			Общий вынос, кг/га			На 1 т основной продукции		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	61,5	14,1	58,7	29,4	34,5	44,1	90,9	48,6	102,8	3,21	1,72	3,64
5	81,9	17,3	98,3	49,1	7,6	52,8	131,0	24,9	151,1	3,60	0,68	4,15
8	103,9	17,0	103,9	48,2	7,6	59,5	152,1	24,6	163,4	4,03	0,65	4,33
9	115,1	23,0	137,0	62,5	11,4	66,4	177,6	34,4	203,4	4,05	0,78	4,64
11	82,7	14,9	109,9	41,2	6,3	50,9	123,9	21,2	160,8	3,75	0,64	4,86
13	90,9	16,3	107,2	45,7	8,8	59,0	136,6	25,1	166,2	3,57	0,66	4,34
16	84,9	23,6	118,8	52,1	10,9	56,6	137,0	34,5	175,4	3,63	0,91	4,65

Таблица 2 – Вынос элементов питания с урожаем сахарной свеклы, 2008 г.

Вариант	Корнеплоды, кг/га			Листья, кг/га			Общий вынос, кг/га			На 1 т основной продукции		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	64,6	16,7	72,9	32,2	5,0	55,6	96,8	21,7	128,5	3,49	0,61	4,63
5	90,1	23,8	102,5	51,9	9,5	56,2	142,0	33,4	158,6	4,02	0,80	4,49
8	93,5	24,9	124,7	58,4	11,6	68,6	151,9	36,6	193,3	3,66	0,71	4,65
9	128,2	37,5	148,9	74,8	15,5	89,6	203,0	53,1	238,4	3,92	1,26	4,61
11	121,8	21,0	122,9	54,4	10,5	68,5	176,2	31,5	191,3	4,20	0,73	4,56
13	117,5	24,8	142,3	56,7	11,6	72,9	174,2	36,4	215,1	4,04	0,83	4,99
16	116,0	18,6	142,3	64,8	10,1	71,8	180,8	28,7	214,1	4,13	0,66	4,89

Таблица 3 – Вынос элементов питания с урожаем сахарной свеклы, 2009 г.

Вариант	Корнеплоды, кг/га			Листья, кг/га			Общий вынос, кг/га			На 1 т основной продукции		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	74,2	16,3	65,8	33,7	7,1	39,6	107,9	23,3	105,3	3,815	0,83	3,73
5	100,1	26,4	94,6	48,8	9,1	54,4	148,8	35,5	149,0	4,09	0,98	4,10
8	89,7	24,6	91,6	46,8	11,3	56,7	136,6	35,9	148,3	3,615	0,95	3,93
9	127,1	26,3	120,5	59,2	11,0	60,3	186,3	37,3	180,8	4,25	0,85	4,13
11	89,3	18,2	92,6	38,0	9,3	46,8	127,3	27,4	139,3	3,85	0,83	4,22
13	114,8	18,2	103,4	46,7	10,7	60,9	161,5	28,9	164,2	4,22	0,76	4,29
16	103,7	19,8	107,5	48,3	8,3	55,6	152,0	28,1	163,1	4,03	0,75	4,33

## Продолжение приложения У

Таблица 4 – Вынос элементов питания с урожаем зеленой массы кукурузы, 2007 г.

Вариант	Общий вынос, кг/га			На 1 т основной продукции		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	57,7	42,5	73,3	2,68	1,98	3,41
5	103,7	26,3	82,4	3,80	0,96	3,02
8	141,1	95,0	144,9	3,82	2,57	3,93
9	159,4	86,8	141,5	4,39	2,39	3,90
11	94,4	48,4	129,4	2,94	1,51	4,03
13	126,3	54,2	135,2	3,69	1,59	3,95
16	95,7	65,7	90,7	2,99	2,05	2,83

Таблица 5 – Вынос элементов питания с урожаем зеленой массы кукурузы, 2008 г.

Вариант	Общий вынос, кг/га			На 1 т основной продукции		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	51,2	36,1	62,4	2,99	2,11	3,64
5	74,3	24,2	70,4	3,43	1,12	3,25
8	115,2	67,4	123,7	3,51	2,05	3,77
9	124,1	69,0	120,1	3,98	2,21	3,85
11	84,2	50,4	104,4	3,04	1,82	3,77
13	101,3	47,2	109,7	3,46	1,61	3,74
16	85,7	60,0	84,2	3,04	2,13	2,99

Таблица 6 – Вынос элементов питания с урожаем зеленой массы кукурузы, 2009 г.

Вариант	Общий вынос, кг/га			На 1 т основной продукции		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	58,4	36,5	78,8	2,83	1,77	3,82
5	91,1	33,3	90,4	3,48	1,27	3,46
8	115,5	63,5	119,9	3,41	1,87	3,54
9	142,2	55,2	130,1	4,29	1,66	3,93
11	99,8	58,3	108,6	3,25	1,90	3,54
13	106,4	48,7	100,6	3,35	1,53	3,17
16	91,6	52,4	110,0	2,73	1,56	3,28



Приложение Ф

Таблица 1 – Баланс элементов питания под сахарной свеклой, 2007 год

Показатели	В - 1			В - 5			В - 8			В - 9			В - 11			В - 13			В - 16		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Поступление:</b>																					
с минеральными удобрениями	-	-	-	90	90	-	90	90	90	180	180	180	-	-	-	90	90	90	90	90	180
с органическими удобрениями	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	7,5	18	30	7,5	18	-	-	-
Фиксация азота	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-
С осадками	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-
<b>ИТОГО</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>0</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>194</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>44</b>	<b>7,5</b>	<b>18</b>	<b>134</b>	<b>97,5</b>	<b>108</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>180</b>
<b>Расход:</b>																					
Газообразные потери:																					
- из минеральных удобрений	-	-	-	18	-	-	18	-	-	36	-	-	-	-	-	18	-	-	18	-	-
- из органических удобрений	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-
- из почвы	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-
Вымывание	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3
Вынос	90,9	20,3	102,8	131,0	24,9	151,1	152,1	24,6	163,4	177,6	34,4	203,4	123,9	21,2	160,8	136,6	25,1	166,2	137,0	34,5	175,4
<b>ИТОГО</b>	<b>105,9</b>	<b>20,6</b>	<b>105,8</b>	<b>164</b>	<b>25,2</b>	<b>154,1</b>	<b>185,1</b>	<b>24,9</b>	<b>166,4</b>	<b>228,6</b>	<b>34,7</b>	<b>206,4</b>	<b>141,9</b>	<b>21,5</b>	<b>163,8</b>	<b>172,6</b>	<b>25,4</b>	<b>169,2</b>	<b>170</b>	<b>34,8</b>	<b>178,4</b>
<b>БАЛАНС, кг/га</b>	<b>-91,9</b>	<b>-20,6</b>	<b>-105,8</b>	<b>-60</b>	<b>64,8</b>	<b>-154,1</b>	<b>-81,1</b>	<b>65,1</b>	<b>-76,4</b>	<b>-34,6</b>	<b>145,3</b>	<b>-26,4</b>	<b>-97,9</b>	<b>-14</b>	<b>-145,8</b>	<b>-38,6</b>	<b>72,1</b>	<b>-61,2</b>	<b>-66</b>	<b>55,2</b>	<b>1,6</b>
<b>ИНТЕНСИВНОСТЬ БАЛАНСА,%</b>	<b>13,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>63,4</b>	<b>357,1</b>	<b>0,0</b>	<b>56,2</b>	<b>361,4</b>	<b>54,1</b>	<b>84,9</b>	<b>518,7</b>	<b>87,2</b>	<b>31,0</b>	<b>34,9</b>	<b>11,0</b>	<b>77,6</b>	<b>383,9</b>	<b>63,8</b>	<b>61,2</b>	<b>258,6</b>	<b>100,9</b>

Продолжение приложения Ф

Таблица 2 – Баланс элементов питания под сахарной свеклой, 2008 год

Показатели	В - 1			В - 5			В - 8			В - 9			В - 11			В - 13			В - 16		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Поступление:</b>																					
с минеральными удобрениями	-	-	-	90	90	-	90	90	90	180	180	180	-	-	-	90	90	90	90	90	180
с органическими удобрениями	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	7,5	18	30	7,5	18	-	-	-
Фиксация азота	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-
С осадками	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-
<b>ИТОГО</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>0</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>194</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>44</b>	<b>7,5</b>	<b>18</b>	<b>134</b>	<b>97,5</b>	<b>108</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>180</b>
<b>Расход:</b>																					
Газообразные потери																					
- из минеральных удобрений	-	-	-	18	-	-	18	-	-	36	-	-	-	-	-	18	-	-	18	-	-
- из органических удобрений	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-
- из почвы	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-
Вымывание	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3
Вынос	96,8	21,7	128,5	142,0	33,4	158,6	151,9	36,6	193,3	203,0	53,1	238,4	176,2	31,5	191,3	174,2	36,4	215,1	180,8	28,7	214,1
<b>ИТОГО</b>	<b>111,8</b>	<b>22</b>	<b>131,5</b>	<b>175</b>	<b>33,7</b>	<b>161,6</b>	<b>184,9</b>	<b>36,9</b>	<b>196,3</b>	<b>254</b>	<b>53,4</b>	<b>241,4</b>	<b>194,2</b>	<b>31,8</b>	<b>194,3</b>	<b>210,2</b>	<b>36,7</b>	<b>218,1</b>	<b>213,8</b>	<b>29</b>	<b>217,1</b>
<b>БАЛАНС, кг/га</b>	<b>-97,8</b>	<b>-22</b>	<b>-131,5</b>	<b>-71</b>	<b>56,3</b>	<b>-161,6</b>	<b>-80,9</b>	<b>53,1</b>	<b>-106,3</b>	<b>-60</b>	<b>126,6</b>	<b>-61,4</b>	<b>-150,2</b>	<b>-24,3</b>	<b>-176,3</b>	<b>-76,2</b>	<b>60,8</b>	<b>-110,1</b>	<b>-109,8</b>	<b>61</b>	<b>-37,1</b>
<b>ИНТЕНСИВНОСТЬ БАЛАНСА, %</b>	<b>12,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>59,4</b>	<b>267,1</b>	<b>0,0</b>	<b>56,2</b>	<b>243,9</b>	<b>45,8</b>	<b>76,4</b>	<b>337,1</b>	<b>74,6</b>	<b>22,7</b>	<b>23,6</b>	<b>9,3</b>	<b>63,7</b>	<b>265,7</b>	<b>49,5</b>	<b>48,6</b>	<b>310,3</b>	<b>82,9</b>

Продолжение приложения Ф

Таблица 3 – Баланс элементов питания под сахарной свеклой, 2009 год

Показатели	В - 1			В - 5			В - 8			В - 9			В - 11			В - 13			В - 16		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Поступление:</b>																					
с минеральными удобрениями	-	-	-	90	90	-	90	90	90	180	180	180	-	-	-	90	90	90	90	90	180
с органическими удобрениями	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	7,5	18	30	7,5	18	-	-	-
Фиксация азота	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-
С осадками	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-
<b>ИТОГО</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>0</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>194</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>44</b>	<b>7,5</b>	<b>18</b>	<b>134</b>	<b>97,5</b>	<b>108</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>180</b>
<b>Расход:</b>																					
Газообразные потери:																					
- из минеральных удобрении	-	-	-	18	-	-	18	-	-	36	-	-	-	-	-	18	-	-	18	-	-
- из органических удобрений	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-
- из почвы	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-
Вымывание	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3
Вынос	107,9	23,3	105,3	148,8	35,5	149,0	136,6	35,9	148,3	186,3	37,3	180,8	127,3	27,4	139,3	161,5	28,9	164,2	152,0	28,1	163,1
<b>ИТОГО</b>	<b>122,9</b>	<b>23,6</b>	<b>108,3</b>	<b>181,8</b>	<b>35,8</b>	<b>152</b>	<b>169,6</b>	<b>36,2</b>	<b>151,3</b>	<b>237,3</b>	<b>37,6</b>	<b>183,8</b>	<b>145,3</b>	<b>27,7</b>	<b>142,3</b>	<b>197,5</b>	<b>29,2</b>	<b>167,2</b>	<b>185</b>	<b>28,4</b>	<b>166,1</b>
<b>БАЛАНС, кг/га</b>	<b>-108,9</b>	<b>-23,6</b>	<b>-108,3</b>	<b>-77,8</b>	<b>54,2</b>	<b>-152</b>	<b>-65,6</b>	<b>53,8</b>	<b>-61,3</b>	<b>-43,3</b>	<b>142,4</b>	<b>-3,8</b>	<b>-101,3</b>	<b>-20,2</b>	<b>-124,3</b>	<b>-63,5</b>	<b>68,3</b>	<b>-59,2</b>	<b>-81</b>	<b>61,6</b>	<b>13,9</b>
<b>ИНТЕНСИВНОСТЬ БАЛАНСА,%</b>	<b>11,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>57,2</b>	<b>251,4</b>	<b>0,0</b>	<b>61,3</b>	<b>248,6</b>	<b>59,5</b>	<b>81,8</b>	<b>478,7</b>	<b>97,9</b>	<b>30,3</b>	<b>27,1</b>	<b>12,6</b>	<b>67,8</b>	<b>333,9</b>	<b>64,6</b>	<b>56,2</b>	<b>316,9</b>	<b>108,4</b>

Продолжение приложения Ф

Таблица 4 – Баланс элементов питания под кукурузой, 2007 год

Показатели	В - 1			В - 5			В - 8			В - 9			В - 11			В - 13			В - 16		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Поступление:</b>																					
с минеральными удобрениями	-	-	-	60	60	-	60	60	60	120	120	120	-	-	-	60	60	60	60	60	120
с органическими удобрениями	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	12,5	60	20	12,5	60	-	-	-
Фиксация азота	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-
С осадками	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-
<b>ИТОГО</b>	14	0	0	74	60	0	74	60	60	134	120	120	34	12,5	60	94	72,5	120	74	60	120
<b>Расход:</b>																					
Газообразные потери:																					
- из минеральных удобрений	-	-	-	12	-	-	12	-	-	24	-	-	-	-	-	12	-	-	12	-	-
- из органических удобрений	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
- из почвы	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-
Вымывание	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3
Вынос	57,7	42,5	73,3	103,7	26,3	82,4	141,1	95,0	144,9	159,4	86,8	141,5	94,4	48,4	129,4	126,3	54,2	135,2	95,7	65,7	90,7
<b>ИТОГО</b>	72,7	42,8	76,3	130,7	26,6	85,4	168,1	95,3	147,9	198,4	87,1	144,5	111,4	48,7	132,4	155,3	54,5	138,2	122,7	66	93,7
<b>БАЛАНС, кг/га</b>	-58,7	-42,8	-76,3	-56,7	33,4	-85,4	-94,1	-35,3	-87,9	-64,4	32,9	-24,5	-77,4	-36,2	-72,4	-61,3	18	-18,2	-48,7	-6	26,3
<b>ИНТЕНСИВНОСТЬ БАЛАНСА,%</b>	19,3	0,0	0,0	56,6	225,6	0,0	44,0	63,0	40,6	67,5	137,8	83,0	30,5	25,7	45,3	60,5	133,0	86,8	60,3	90,9	128,1

Продолжение приложения Ф

Таблица 5 – Баланс элементов питания под кукурузой, 2008 год

Показатели	В - 1			В - 5			В - 8			В - 9			В - 11			В - 13			В - 16		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Поступление:</b>																					
с минеральными удобрениями	-	-	-	90	90	-	90	90	90	180	180	180	-	-	-	90	90	90	90	90	180
с органическими удобрениями	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	7,5	18	30	7,5	18	30	7,5	18	-	-	-
Фиксация азота	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-
С осадками	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-
<b>ИТОГО</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>0</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>224</b>	<b>187,5</b>	<b>198</b>	<b>44</b>	<b>7,5</b>	<b>18</b>	<b>134</b>	<b>97,5</b>	<b>108</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>180</b>
<b>Расход:</b>																					
Газообразные потери:																					
- из минеральных удобрений	-	-	-	18	-	-	18	-	-	36	-	-	-	-	-	18	-	-	18	-	-
- из органических удобрений	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-
- из почвы	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-
Вымывание	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3
Вынос	51,2	36,1	62,4	74,3	24,2	70,4	115,2	67,4	123,7	124,1	69,0	120,1	84,2	50,4	104,4	101,3	47,2	109,7	85,7	60,0	84,2
<b>ИТОГО</b>	<b>66,2</b>	<b>36,4</b>	<b>65,4</b>	<b>107,3</b>	<b>24,5</b>	<b>73,4</b>	<b>148,2</b>	<b>67,7</b>	<b>126,7</b>	<b>178,1</b>	<b>69,3</b>	<b>123,1</b>	<b>102,2</b>	<b>50,7</b>	<b>107,4</b>	<b>137,3</b>	<b>47,5</b>	<b>112,7</b>	<b>118,7</b>	<b>60,3</b>	<b>87,2</b>
<b>БАЛАНС, кг/га</b>	<b>-52,2</b>	<b>-36,4</b>	<b>-65,4</b>	<b>-33,3</b>	<b>35,5</b>	<b>-73,4</b>	<b>-74,2</b>	<b>-7,7</b>	<b>-66,7</b>	<b>-44,1</b>	<b>50,7</b>	<b>-3,1</b>	<b>-68,2</b>	<b>-38,2</b>	<b>-47,4</b>	<b>-43,3</b>	<b>25</b>	<b>7,3</b>	<b>-44,7</b>	<b>-0,3</b>	<b>32,8</b>
<b>ИНТЕНСИВНОСТЬ БАЛАНСА, %</b>	<b>21,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>69,0</b>	<b>244,9</b>	<b>0,0</b>	<b>49,9</b>	<b>88,6</b>	<b>47,4</b>	<b>75,2</b>	<b>173,2</b>	<b>97,5</b>	<b>33,3</b>	<b>24,7</b>	<b>55,9</b>	<b>68,5</b>	<b>152,6</b>	<b>106,5</b>	<b>62,3</b>	<b>99,5</b>	<b>137,6</b>

Продолжение приложения Ф

Таблица 6 – Баланс элементов питания под кукурузой, 2009 год

Показатели	В - 1			В - 5			В - 8			В - 9			В - 11			В - 13			В - 16		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Поступление:</b>																					
с минеральными удобрениями	-	-	-	90	90	-	90	90	90	180	180	180	-	-	-	90	90	90	90	90	180
с органическими удобрениями	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	7,5	18	30	7,5	18	30	7,5	18	-	-	-
Фиксация азота	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-	8	-	-
С осадками	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-	6	-	-
<b>ИТОГО</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>0</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>224</b>	<b>187,5</b>	<b>198</b>	<b>44</b>	<b>7,5</b>	<b>18</b>	<b>134</b>	<b>97,5</b>	<b>108</b>	<b>104</b>	<b>90</b>	<b>180</b>
<b>Расход:</b>																					
Газообразные потери:																					
- из минеральных удобрений	-	-	-	18	-	-	18	-	-	36	-	-	-	-	-	18	-	-	18	-	-
- из органических удобрений	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-
- из почвы	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-
Вымывание	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3	6	0,3	3
Вынос	58,4	36,5	78,8	91,1	33,3	90,4	115,5	63,5	119,9	142,2	55,2	130,1	99,8	58,3	108,6	106,4	48,7	100,6	91,6	52,4	110,0
<b>ИТОГО</b>	<b>73,4</b>	<b>36,8</b>	<b>81,8</b>	<b>124,1</b>	<b>33,6</b>	<b>93,4</b>	<b>148,5</b>	<b>63,8</b>	<b>122,9</b>	<b>196,2</b>	<b>55,5</b>	<b>133,1</b>	<b>117,8</b>	<b>58,6</b>	<b>111,6</b>	<b>142,4</b>	<b>49</b>	<b>103,6</b>	<b>124,6</b>	<b>52,7</b>	<b>113</b>
<b>БАЛАНС, кг/га</b>	<b>-59,4</b>	<b>-36,8</b>	<b>-81,8</b>	<b>-50,1</b>	<b>26,4</b>	<b>-93,4</b>	<b>-74,5</b>	<b>-3,8</b>	<b>-62,9</b>	<b>-62,2</b>	<b>64,5</b>	<b>-13,1</b>	<b>-83,8</b>	<b>-46,1</b>	<b>-51,6</b>	<b>-48,4</b>	<b>23,5</b>	<b>16,4</b>	<b>-50,6</b>	<b>7,3</b>	<b>7</b>
<b>ИНТЕНСИВНОСТЬ БАЛАНСА,%</b>	<b>19,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>59,6</b>	<b>178,6</b>	<b>0,0</b>	<b>49,8</b>	<b>94,0</b>	<b>48,8</b>	<b>68,3</b>	<b>216,2</b>	<b>90,2</b>	<b>28,9</b>	<b>21,3</b>	<b>53,8</b>	<b>66,0</b>	<b>148,0</b>	<b>115,8</b>	<b>59,4</b>	<b>113,9</b>	<b>106,2</b>



## Продолжение приложения X

Таблица 2 – Экономическая эффективность применения удобрений под сахарную свеклу, в расчете на 1 га, 2008 г. (актуализировано на 2021 год)

Показатели	Варианты опыта						
	1. Контроль без удобрений	5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	11. Последствий ие навоза 30 т/га	13. Последствий ие навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>
Урожайность, ц/га	277,8	353,3	415,6	517,8	420	431,1	437,8
Прибавка урожая, ц/га	-	75,5	137,8	240	142,2	153,3	160
Стоимость продукции, руб.	77784	98924	116368	144984	117600	120708	122584
Стоимость прибавки, руб.	-	21140	38584	67200	39816	42924	44800
Материально-денежные затраты, руб.	49460	62598	67491	83602	58857	71166	70403
Дополнительные материально-денежные затраты, руб.	-	13138	18031	34142	9397	21706	20943
Себестоимость 1ц продукции, руб.	178,04	177,18	162,39	161,46	140,14	165,08	160,81
Условно-чистый доход, руб.	28324	36326	48877	61382	58743	49542	52181
Дополнительный доход, руб.	-	8002	20553	33058	30419	21218	23857
Уровень рентабельности, %	57,3	58,0	72,4	73,4	99,8	69,6	74,1
Затраты труда, чел. час.	5,51	6,54	7,30	8,64	6,76	7,41	7,57
Затраты труда на 1 ц, чел. час.	0,020	0,019	0,018	0,017	0,016	0,017	0,017



## Продолжение приложения X

Таблица 3 – Экономическая эффективность применения удобрений под сахарную свеклу, в расчете на 1 га, 2009 г. (актуализировано на 2021 год)

Показатели	Варианты опыта						
	1. Контроль без удобрений	5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	11. Последейств ие навоза 30 т/га	13. Последейств ие навоза 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>
Урожайность, ц/га	185,2	281,8	294,7	363,9	289,9	278,6	286,6
Прибавка урожая, ц/га	-	96,6	109,5	178,7	104,7	93,4	101,4
Стоимость продукции, руб.	51856	78904	82516	101892	81172	78008	80248
Стоимость прибавки, руб.	-	27048	30660	50036	29316	26152	28392
Материально-денежные затраты, руб.	45492	59489	62000	76557	52973	64322	63615
Дополнительные материально-денежные затраты, руб.	-	13997	16508	31065	7481	18830	18123
Себестоимость 1ц продукции, руб.	245,64	211,1	210,38	210,38	182,73	230,88	221,96
Условно-чистый доход, руб.	6364	19415	20516	25335	28199	13686	16633
Дополнительный доход, руб.	-	13051	14152	18971	21835	7322	10269
Уровень рентабельности, %	14,0	32,6	33,1	33,1	53,2	21,3	26,1
Затраты труда, чел. час.	4,86	6,00	6,21	7,20	5,59	6,09	6,27
Затраты труда на 1 ц, чел. час.	0,026	0,021	0,021	0,020	0,019	0,022	0,022

## Продолжение приложения X

Таблица 4 – Экономическая эффективность применения удобрений под кукурузу на силос, в расчете на 1 га, 2007 г. (актуализировано на 2021 год)

Показатели	Варианты опыта						
	Контроль без удобрений	5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	11. Навоз 20 т/га	13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>
Урожайность, ц/га	215,3	273,2	369,2	362,8	321,2	342	319,9
Прибавка урожая, ц/га	-	57,9	153,9	147,5	105,9	126,7	104,6
Выход кормовых единиц, ц	43,06	54,64	73,84	72,56	64,24	68,40	63,98
Прибавка к. ед., ц	-	11,58	30,78	29,50	21,18	25,34	20,92
Стоимость продукции, руб.	30142	38248	51688	50792	44968	47880	44786
Стоимость прибавки, руб.	-	8106	21546	20650	14826	17738	14644
Материально-денежные затраты, руб.	19037	26453	29240	36962	26431	34743	29967
Дополнительные материально-денежные затраты, руб.	-	7416	10203	17925	7394	15706	10930
Себестоимость 1ц продукции, руб.	88,42	96,83	79,20	101,88	82,29	101,59	93,68
Себестоимость 1ц к. ед., руб.	442,10	484,13	395,99	509,40	411,44	507,94	468,38
Условно-чистый доход, руб.	11105	11795	22448	13830	18537	13137	14819
Дополнительный доход, руб.	-	690	11343	2725	7432	2032	3714
Уровень рентабельности, %	58,3	44,6	76,8	37,4	70,1	37,8	49,5
Затраты труда, чел. час.	5,84	7,00	8,69	8,91	11,47	12,19	8,05
Затраты труда на 1 ц, чел. час.	0,027	0,026	0,024	0,025	0,036	0,036	0,025
Затраты труда на 1 ц к. ед., чел. час.	0,14	0,13	0,12	0,12	0,18	0,18	0,13

## Продолжение приложения X

Таблица 5 – Экономическая эффективность применения удобрений под кукурузу на силос, в расчете на 1 га, 2008 г. (актуализировано на 2021 год)

Показатели	Варианты опыта						
	Контроль без удобрений	5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	11. Навоз 20 т/га	13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>
Урожайность, ц/га	171,3	216,6	328,2	312	276,9	292,9	281,6
Прибавка урожая, ц/га	-	45,3	156,9	140,7	105,6	121,6	110,3
Выход кормовых единиц, ц	34,26	43,32	65,64	62,40	55,38	58,58	56,32
Прибавка к. ед., ц	-	9,06	31,38	28,14	21,12	24,32	22,06
Стоимость продукции, руб.	23982	30324	45948	43680	38766	41006	39424
Стоимость прибавки, руб.	-	6342	21966	19698	14784	17024	15442
Материально-денежные затраты, руб.	18489	25789	28733	36340	25607	33863	29214
Дополнительные материально-денежные затраты, руб.	-	7300	10244	17851	7118	15374	10725
Себестоимость 1ц продукции, руб.	107,93	119,06	87,55	116,47	92,48	115,61	103,74
Себестоимость 1ц к. ед., руб.	539,67	595,31	437,74	582,37	462,39	578,06	518,71
Условно-чистый доход, руб.	5493	4535	17215	7340	13159	7143	10210
Дополнительный доход, руб.	-	-958	11722	1847	7666	1650	4717
Уровень рентабельности, %	29,7	17,6	59,9	20,2	51,4	21,1	34,9
Затраты труда, чел. час.	5,2	6,2	8,09	8,18	10,60	11,25	7,27
Затраты труда на 1 ц, чел. час.	0,030	0,029	0,025	0,026	0,038	0,038	0,026
Затраты труда на 1 ц к. ед., чел. час.	0,15	0,14	0,12	0,13	0,19	0,19	0,13

## Продолжение приложения X

Таблица 6 – Экономическая эффективность применения удобрений под кукурузу на силос, в расчете на 1 га, 2009 г. (актуализировано на 2021 год)

Показатели	Варианты опыта						
	Контроль без удобрений	5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	9. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	11. Навоз 20 т/га	13. Навоз 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>
Урожайность, ц/га	206,2	261,5	339,2	331,5	307,1	317,3	335,7
Прибавка урожая, ц/га	-	55,3	133	125,3	100,9	111,1	129,5
Выход кормовых единиц, ц	41,24	52,30	67,84	66,30	61,42	63,46	67,14
Прибавка к. ед., ц	-	11,06	26,60	25,06	20,18	22,22	25,90
Стоимость продукции, руб.	28868	36610	47488	46410	42994	44422	46998
Стоимость прибавки, руб.	-	7742	18620	17542	14126	15554	18130
Материально-денежные затраты, руб.	18930	26316	28862	36568	26265	34453	30152
Дополнительные материально-денежные затраты, руб.	-	7386	9932	17638	7335	15523	11222
Себестоимость 1ц продукции, руб.	91,80	100,63	85,09	110,31	85,53	108,58	89,82
Себестоимость 1ц к. ед., руб.	459,02	503,17	425,44	551,55	427,63	542,91	449,09
Условно-чистый доход, руб.	9938	10294	18626	9842	16729	9969	16846
Дополнительный доход, руб.	-	356	8688	-96	6791	31	6908
Уровень рентабельности, %	52,5	39,1	64,5	26,9	63,7	28,9	55,9
Затраты труда, чел. час.	5,71	6,83	8,25	8,45	11,27	11,84	8,28
Затраты труда на 1 ц, чел. час.	0,028	0,026	0,024	0,025	0,037	0,037	0,025
Затраты труда на 1 ц к. ед., чел. час.	0,14	0,13	0,12	0,13	0,18	0,19	0,12