

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ  
ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

*На правах рукописи*

**БЕЛЬГИН АНДРЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ**

**ВЛИЯНИЕ ПОДСТИЛОЧНОГО КУРИНОГО ПОМЕТА  
И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПИЩЕВОЙ РЕЖИМ  
ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО НИЖНЕГО ДОНА  
И УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ**

**06.01.04 – агрохимия**

**ДИССЕРТАЦИЯ**  
на соискание учёной степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
Заслуженный деятель науки РФ,  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор Агафонов Е.В.

п. Персиановский – 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	11
1.1 Особенности питания кукурузы	11
1.2 Применение удобрений под кукурузу	17
1.3 Выход, состав и свойства птичьего помета	22
1.4 Влияние птичьего помета на плодородие почвы	27
1.5 Утилизация и применение птичьего помета под сельскохозяйственные культуры	30
2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	38
2.1 Почва	38
2.2 Климат и погодные условия в годы проведения исследований	39
2.3 Методика исследований	43
3. ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ И ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ ПОД КУКУРУЗОЙ	46
3.1 Содержание продуктивной влаги в почве	46
3.2 Содержание минерального азота в почве под кукурузой	48
3.3 Динамика подвижного фосфора в почве	66
3.4 Динамика обменного калия в почве	75
4. ФОРМИРОВАНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ МАССЫ И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЯМИ КУКУРУЗЫ	79
4.1 Влияние удобрений на биометрические показатели растений	79
4.2 Потребление элементов питания растениями кукурузы	83
5. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО И ЕЁ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ СОДЕРЖАНИЯ NPK В ПОЧВЕ	92
6. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ КУКУРУЗЫ	98
7. ВЫНОС И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ, КОЭФФИЦИЕНТЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗ УДОБРЕНИЙ	101

8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ	108
Заключение	111
Рекомендации производству	114
Литература	115
Приложение 1 "Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в 2011 году, мм"	133
Приложение 2 "Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в 2012 году, мм"	133
Приложение 3 "Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в 2013 году, мм"	134
Приложение 4 "Структура урожая кукурузы в 2011–2013 гг. (масса зерна и побочной продукции 1 растения, г) "	134
Приложение 5 "Урожайность вегетативной массы кукурузы, т/га"	135
Приложение 6 "Вынос NPK с урожаем основной и побочной продукции кукурузы, кг/га"	136
Приложение 7 "Суммарный вынос NPK с урожаем основной и побочной продукции кукурузы, кг/га"	137
Приложение 8 " Коэффициенты использования элементов питания кукурузой из удобрений, %"	138
Приложение 9 "Дисперсионный анализ данных"	138

## ВВЕДЕНИЕ

Эффективность развития сельского хозяйства на современном этапе базируется на принципе наращивания производства сельскохозяйственной продукции с сокращением потребления энергоресурсов (Курчевский С., 2015).

Валовый сбор зерновых и зернобобовых культур в РФ составил в 2011 г. – 94,2 млн т. В соответствии с новой Государственной программой к 2020 г. нужно довести производство зерновых и зернобобовых культур до 115 млн т, сахарной свеклы – до 40,9 млн т, овощей – до 16 млн т, масличных – до 12 млн т (Чекмарев П.А., 2013).

Повышается роль кукурузы в общем валовом сборе зерна в России. Посевная площадь кукурузы на зерно увеличилась с 813 в 2000 г. до 2094 тыс. га в 2012, урожайность – с 1,9 в 2000 до 3,2 т/га в 2012 г. По прогнозу она к 2020 г. может быть доведена до 3,80 т/га (Черепанов А.В., 2013).

В Ростовской области зерновая кукуруза в 2011-2014 гг. высевалась в среднем на площади 232,4 тыс. га, что значительно больше, чем в 2000 г. (109,7) и даже 1990 году (142,4 тыс. га). Существенно растёт и её урожайность. В 2000 г. она составила 16,4, в 2011-2014 гг. – 2,65 т/га, но уровень 1990 г. – 2,87 т/га ещё не достигнут. Значительно ниже по сравнению с ним пока и урожайность озимой пшеницы – 2,76 и 3,88, ярового ячменя – 1,83 и 2,69 и зерновых культур в целом – 2,53 и 3,29 т/га (Агропромышленный комплекс Ростовской области, 2015). До него предполагается поднять урожайность этих культур к 2020 г. (Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 гг.).

Около половины всего прироста урожая получают за счет применения удобрений. Внесение органических и минеральных удобрений повышает окультуренность почв и урожайность сельскохозяйственных культур (Левченкова А.Н., Володина Т.И., 2013).

В Ростовской области в период с 1991 по 1999 г. произошло очень резкое уменьшение уровня внесения минеральных и органических удобрений. Приход НРК с ними понизился со 121,9 до 10,1 кг на 1 га пашни. В последующие годы

наметилась тенденция роста применения минеральных удобрений, но использование органических удобрений продолжало снижаться – до 0,13 т/га (Агафонов Е.В., Громаков А.А., 2008). В 2011 г. вносили уже 54 кг/га посевов д.в. минеральных удобрений. Но применение органических удобрений осталось на том же крайне низком уровне несмотря на то, что побочная продукция многих культур остается на поле. Дефицит баланса элементов питания по-прежнему очень высок – около 60% по России и 40% по Ростовской области (Чекмарев П.А., 2012; Агафонов Е.В., 2015).

В большинстве регионов РФ вынос элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур превышает их поступление в почву, что приводит к некомпенсированному расходу ресурсов и снижению плодородия пахотных почв. В условиях недостаточного применения удобрений особенно актуальна задача интенсификации использования возобновляемых биоресурсов, поддерживающих механизм саморегуляции в агроэкосистемах и замкнутость биогеохимических циклов биофильных элементов (Русакова И.В., 2013).

Повышение почвенного плодородия невозможно без соблюдения закона возврата в почву веществ, используемых растениями при создании урожая. В последнее время из-за снижения объемов животноводства резко сократилось количество навоза, применяемого в качестве органического удобрения. Поэтому земледельцам пришлось обратить внимание на другие источники восполнения гумуса (Плескачев Ю.Н. и др., 2012).

В настоящее время в общей структуре агропромышленного комплекса РФ важное место занимает птицеводство. С увеличением объемов получения яиц и мяса птицы одновременно в пропорциональных количествах возрастает и выход птичьего помета (Лысенко В.П., Мерзлая Г.Е., Афагасьева Р.А., 2014).

В целом в год от птицеводческой отрасли поступает свыше 30 млн тонн пометной массы (Харитонов В.Д., Базиков В.И. и др., 2012). После соответствующей переработки помет может быть использован в АПК (Фисинин В.И., Сычев В.Г., 2013).

Общее количество накапливающегося птичьего помета в Ростовской области достигает 1 млн тонн в год. Однако, практически все птицефабрики здесь, как и в целом в стране, оказались в сложной экологической ситуации из-за чрезмерного скопления птичьего помета на прилегающих территориях. Его применение в качестве удобрения сдерживается недостаточной изученностью вопросов оптимизации и экономической целесообразности внесения в полевых севооборотах, соответствия правовым нормам использования органических отходов (Каменев Р.А., 2013).

В Ростовской области имеется большой положительный опыт применения птичьего помета в земледелии. Использование бесподстильного куриного помета в качестве удобрения под кукурузу в звене севооборота кукуруза – ячмень – просо обеспечило увеличение суммарного сбора зерна в звене на 2,37 т/га или 22,0%, а сбора протеина – на 32,3% (Ефремов В.А., 1998).

Применение подстильного куриного помета под сахарную свеклу позволило увеличить урожайность этой культуры в среднем за 2002-2005 гг. на 15,5%, сбор сахара – на 16,9% (Понятовский Ф.А., 2006).

Внесение индюшиного помета на подстилке из подсолнечной лузги осенью под подсолнечник и заделка его плугом оказало существенное влияние на урожайность. Прибавка к контролю на варианте с 10 т/га помета в среднем за 2011-2013 гг. составила 0,66 т/га или 49%. Действие помета значительно превышает эффект от минеральных удобрений (Манашов Д.А., 2015).

Представляет интерес изучение использования помета на подстилке из подсолнечной лузги и под другие культуры.

**Актуальность темы.** В Ростовской области отмечается значительный рост применения минеральных удобрений после 2000 г. – в период 2011-2014 гг. оно составило 55,5 д.в. кг/га посевов. Однако, при крайне низком поголовье КРС в крупных сельхозпредприятиях и фермерских хозяйствах и совершенно недостаточном внесении органических удобрений (100-150 кг/га) баланс элементов питания в земледелии остается дефицитным на 40% и более.

Важным резервом увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, пополнения запасов NPK и органического вещества в почвах является применение птичьего помета, поскольку птицеводство наиболее динамически развивающаяся отрасль регионального АПК. Общий выход помета на птицефабриках Ростовской области сейчас составляет 1 млн. т в год, но его сельскохозяйственное использование сдерживается из-за недостатка сведений об оптимальных дозах и сроках применения в качестве удобрения. В настоящее время помет накапливается в зоне расположения птицефабрик и приводит к загрязнению окружающей среды.

Решение проблемы использования помета в земледелии, которое позволит предотвратить негативные экологические последствия и одновременно повысить плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур является актуальной проблемой агрохимических исследований в регионе.

**Степень разработанности темы исследований.** В период за 1995-2015 гг. сотрудниками кафедры агрохимии ДонГАУ было изучено влияние птичьего помета на урожайность сахарной свеклы, подсолнечника, ярового ячменя и проса, возделываемых на Нижнем Дону (Агафонов Е.В., Понятовский Ф.А., 2006; Агафонов Е.В., Каменев Р.А., 2013; Манашов Д.А., 2013). Исследований по применению подстилочного куриного помета под кукурузу на зерно ранее не проводилось. Кроме того, отсутствуют научные данные о влиянии на её урожайность весеннего срока внесения куриного помета.

**Цель и задачи исследований.** Целью исследований являлось изучение влияния перепревшего куриного помета на подстилке из подсолнечной лузги, а также минеральных удобрений на пищевой режим чернозема обыкновенного предкавказского, урожайность и качество зерна кукурузы.

В задачи исследований входило:

1. Определить влияние куриного помета и минеральных удобрений на динамику минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в почве под кукурузой.

2. Установить оптимальные дозы удобрений, оказывающих наибольшее влияние урожайность и качество зерна кукурузы.
3. Определить зависимость урожайности кукурузы от обеспеченности почвы элементами питания.
4. Изучить динамику поглощения элементов питания растениями кукурузы. Определить вынос NPK с урожаем и баланс при внесении удобрений.
5. Провести экономическую оценку применения удобрений под кукурузу.

**Научная новизна.** Впервые на чернозёме обыкновенном в условиях Нижнего Дона изучено влияние перепревшего подстилочного куриного помёта, вносимого весной под предпосевную культивацию, на азотный, фосфорный и калийный режимы почвы под кукурузой; урожайность и качество зерна кукурузы в сравнении с эффектом от минеральных удобрений; найден оптимальный уровень содержания  $N_{\text{мин}}$  в почве; определено потребление элементов питания растениями кукурузы и установлены коэффициенты использования NPK из помёта. Дана экономическая и биоэнергетическая оценка применения помёта при выращивании кукурузы на зерно.

**Теоретическая и практическая значимость.** Установлена динамика изменения азотного, фосфорного и калийного режимов чернозема обыкновенного под влиянием куриного помета в зависимости от исходной обеспеченности почвы элементами питания и их количества, вносимого с пометом; определены изменения химического состава растений под влиянием помета, коэффициенты усвоения элементов питания кукурузой из помета. Выявлена тесная криволинейная зависимость изменений урожайности зерна кукурузы от содержания  $N_{\text{мин}}$  в почве в фазу 7-8 листьев.

Установлена оптимальная доза куриного помёта – 10 т/га для внесения под предпосевную культивацию кукурузы, обеспечивающая получение прибавки урожайности зерна кукурузы 1,0 т/га, повышения сбора белка с 1 га на 118 кг/га или 38,2%. Определено экономически целесообразное расстояние перевозки помёта от места хранения до поля. Внедрение разработанных приемов



выращивания кукурузы в сельхозпредприятиях Азовского района Ростовской области в 2012-2013 гг. способствовало повышению урожайности на 0,84–1,05 т/га, увеличению условного чистого дохода – на 4200-6510 руб./га и рентабельности – на 21- 29 %.

**Объекты исследований.** Объектами исследований были: среднепоздний гибрид кукурузы ПР 38А24; перепревший куриный помет (6-8 месяцев пассивного компостирования) на подстилке из подсолнечной лузги производства птицефабрики СПК «Победа» Азовского района Ростовской области.

**Методология и методы.** В работе использованы имеющиеся научно-практические материалы по технологиям применения органических удобрений в земледелии и возделывания кукурузы на зерно. При получении и обработке опытных данных использованы аналитический, экспериментальный, статистический, энергетический экономический методы исследований.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- Динамика изменения азотного, фосфорного и калийного режимов чернозема обыкновенного под кукурузой под влиянием куриного помета на подстилке из подсолнечной лузги.

- Оптимальная доза помета 10 т/га, вносимого весной под предпосевную культивацию. Её применение вызывает максимальное увеличение урожайности зерна кукурузы и сбор белка с 1 га.

- Уровень содержания минерального азота в слое почвы 0-40 см в фазу 7-8 листьев кукурузы, обеспечивающий стабильное повышение урожайности, - 100-110 кг/га.

- Применение помета под кукурузу в дозе 10 т/га способствует созданию оптимального баланса элементов питания и коэффициентов использования NPK растениями

- Наибольший экономический эффект обеспечивает использование 10 т/га куриного помета при дальности транспортировки от места хранения к полю до 12 км.

**Достоверность** результатов, полученных в ходе проведения исследований, подтверждается большим количеством наблюдений, учетов и анализов, проведенных в полевых опытах и лабораторных условиях, их статистической обработкой и положительными итогами апробации результатов научных исследований при внедрении в производство.

**Апробация работы.** Основные итоги выполненной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях Донского государственного аграрного университета (2011–2015) и на НТС МСХ Российской Федерации (2016). Результаты исследований опубликованы в восьми работах, в том числе три – в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

**Объём и структура диссертации.** Диссертация изложена на 177 страницах компьютерного текста, содержит 34 таблицы и 19 рисунков; включает введение, 8 глав, заключение, предложения производству. Список литературы содержит 181 источник, в т. ч. 10 зарубежных авторов и приложения на страницах 133-177.

## 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Особенности питания кукурузы

Кукуруза – одна из важнейших сельскохозяйственных зерновых культур в мире. Уникальность и ценность кукурузы состоят в высокой потенциальной урожайности и широкой универсальности её применения. Зерно используется на продовольственные, кормовые и технические цели (Кузнецова С.В., 2009).

Кукуруза имеет мощную корневую систему, способную извлекать питательные вещества из большого объема почвы (Шиндин А.П. и др., 2009).

По мнению А.А. Батакова (1999), В.А. Ефремова (1998), В.В. Кидина (2012), А.Х. Шеуджена и др., (2007), Б.А. Ягодина (2002) для получения 1 т зерна кукуруза потребляет 23-34 кг азота, 9-13 – фосфора, 25-40 калия, по 5-10 кг кальция и 3-6 кг магния. Кукуруза предъявляет повышенные требования к условиям минерального питания по сравнению с другими зерновыми культурами, так как способна усваивать питательные вещества вплоть до созревания зерна (Киреев В.Н. и др., 1985; Тудель Н.В., 1991).

По мнению украинских ученых (Удобрения и их использование, 2011) современные гибриды кукурузы для создания 1 т зерна используют 18-25 кг азота, 8-12 кг фосфора и 16-24 кг калия.

Кукуруза довольно требовательна к плодородию почвы. Лучшие для неё являются чистые от сорняков, воздухопроницаемые, плодородные черноземы, тёмно-серые лесные суглинистые, супесчаные и пойменные почвы, имеющие рН 5,5-7. Первые 25-30 дней кукуруза растёт медленно. После фазы 7-8 листьев резко возрастает интенсивность роста стебля – до 12-15 см (Филин В.И., 1994; Федотов В.А. и др., 1998).

До фазы 9-10 листьев она образует лишь 1,2% сухого вещества и потребляет 2,5-4,4% NPK от максимального. Затем начинается интенсивный рост, но потребление элементов питания значительно опережает накопление сухого ве-

щества. К цветению его образуется 35%, а азота и фосфора поглощается 61, калия около 80% от максимума (Лисовая А.П. и др. 1989).

По данным Б.А. Ягодина (2002) в начальные периоды роста (от всходов до 4-5 листьев) кукуруза потребляет всего лишь 5-7% питательных элементов от общей потребности, а наиболее интенсивно (до 90% общей потребности) – с фазы 9-10 листьев до молочной спелости зерна.

Кукуруза лишь с фазы 7-8 листьев начинает интенсивно расти (Грушка Я. 1965; Филин В.И., 1994; Федотов В.А., Коломеченко Г.В., 1998). В результате чего к фазе 9-10 листьев количество сухих веществ в растениях по сравнению с фазой 4-5 листьев накапливается больше в 12, N – в 14, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – в 12, K<sub>2</sub>O – в 22 раза (Лисовая П.П., Макаренко В.М., Кравчук С.Н., 1989; Шеуджен А.Х., 2010).

Поглощение основных элементов питания идет по одновершинной кривой и соответствует ходу накопления сухого вещества (Югенхеймер Р.У., 1979; Панфилов А.Э., 2004).

Кукуруза весьма требовательна к концентрации почвенного раствора (Панников В.Д., Минеев В.Г., 1977).

Азот поступает в растения на протяжении всей вегетации. Он больше всего нужен растениям на ранних этапах развития – в период от всходов до образования 4-5 листьев. В это время они медленно растут, но накопление азота в растениях опережает образование сухого вещества. По мере усиления роста интенсивность поступления азота увеличивается. Период наибольшего потребления начинается за две-три недели до выметывания и достигает максимума в фазу выметывание метёлки–цветение. Суточная потребность азота в этот период составляет до 4,5 кг/га (Журбицкий З.И., 1975; Третьяков Н.Н, Шкурпела И.А., 1985; Вавилов П.П., 1986; Федотов В.А. и др., 1998).

Поступление азота в растение полностью прекращается в фазу восковой спелости зерна. При недостатке азота формируются мелкие, светло-зеленые или желтовато-зеленые листья, которые постепенно желтеют и засыхают; формируется низкорослость растений и низкое содержание белка в зерне, вершина по-

чатка не заполнена зерном. Избыток азота задерживает созревание всего растения и зерна, в частности его признаком служат зеленые рыльца у зрелых початков (Шеуджен А.Х., 2010).

Азот является основным элементом, лимитирующим урожайность кукурузы. Прирост урожая кукурузы на силос при создании оптимального уровня азотного питания достигает 60-80% (Брагин В.Н., Кушниренко Ю.Д., 1997; Медведев А.Г., 1997).

Потребность растений кукурузы в фосфоре особенно велика в начале роста. Кукуруза поглощает фосфор в меньших количествах, медленнее и равномернее, чем азот и калий, вплоть до созревания. Больше всего фосфор нужен растениям на ранних этапах развития, от появления 3-4 листьев до 10 листа. Потребление кукурузой фосфора опережает накопление сухого вещества надземной массы, так как идёт усиленный рост корневой системы, использующий в больших количествах фосфорную кислоту. Недостаток фосфора в этот период нельзя компенсировать в дальнейшем (Крамарев С.М., 1995; Минеев В.Г., 2004; Толорая Т.Р. и др., 2008; Шеуджен А.Х., 2010).

Усиленное поглощение фосфора происходит также после выметывания метелки, максимальное – в период цветения. Второй критический период в фосфорном питании кукурузы приходится на фазу цветения, когда хорошая обеспеченность фосфором крайне необходима для формирования генеративных органов.

Потребление фосфора кукурузой приходится на период формирования зерна и продолжается почти до созревания (Киреев В.Н. и др., 1985).

В ранний период развития при недостатке фосфора кукуруза растёт медленно, листья становятся темно-зелеными, с краев приобретают фиолетовую окраску, начиная с верхушки, становятся коричневыми и отмирают. При недостатке фосфора в поздний период развития наблюдается медленный рост растений, образуются недоразвитые початки, слабо развитая корневая система. Удлиняется период вегетации, листья приобретают интенсивную фиолетовую

пурпурную окраску. Початки образуются небольшие, часто уродливой формы, с искривленными рядами зерен. Корневая система мелким залеганием корней и недостаточной их разветвленностью (Дрогалин П.В., Казанков В.И., Тарасенко Н.Д., 1983).

Однако именно для кукурузы значительное повышение содержания фосфатов в почве нежелательно вследствие обострения цинкового голодания (Кудзин Ю.К., Голуб С.С., 1970; Бергер К.К., Пратт П.Ф., 1965; Анснок П.И., 1978; Сдобников О.В., 1985). Кукуруза является одной из наиболее чувствительных к цинку полевых культур (Barnette R.M., Warner I.D., 1935; Каталамов М.В., 1965). Наиболее остро цинковое голодание проявляется на посевах кукурузы после сахарной свеклы, которая выносит большее количество цинка. При этом наблюдается целый комплекс внешних признаков: межжилковый хлороз, широкие светло-желтые (этиолированные) полосы вдоль листа, покраснение листьев – от оранжевого до красно-фиолетового цвета, некрозы тканей, отставание в росте. По наиболее яркой форме проявления болезни земледельцы Краснодарского края дали ей название «краснуха». Исследования, выполненные в 1972-1973 гг. в Ленинградском районе на черноземе обыкновенном по применению под кукурузу удобрений, содержащих ряд макро и микроэлементов (N, P, K, Zn, Mn, Cu) и их сочетаний позволили сделать однозначный вывод, что причиной болезни является недостаток цинка в питании растений (Е.В. Агафонов, 1974). Она усугублялась от применения фосфорных удобрений уже в дозе 60 кг/га. Внесение цинка с осени в дозе 20 кг/га (ПМУ-7) или 5 кг/га в рядки при посеве ( $ZnSO_4$ , ПМУ-7) полностью устраняло болезнь и способствовало увеличению урожайности зерна. Прибавка достигала 8-10 ц/га (Диброва В.С., Агафонов Е.В., 1976).

Существенное ухудшение цинкового питания кукурузы отмечено и на посевах после других предшественников на черноземе обыкновенном в Ростовской области при повышении дозы фосфора до 120 кг и более (Мокревич Г.М.,

Агафонов Е.В., 1976). Позднее – на черноземе южном (Агафонов Е.В., Юрьева Л.Н., 1994) и каштановой почте (Батаков А.А., 1999).

По данным И.Я. Бунякина (1978) степень падения урожая кукурузы с увеличением фосфатного уровня почвы до 2,6; 4,4 и 6,5 мг/100 г почвы составляла 25, 42 и 52%.

На основании исследований, выполненных в Молдавии на карбонатных черноземах, К.Л. Загорча (1990) пришел к выводу, что при содержании в почве подвижного фосфора в пределах 1,5-2,5 мг/100 г почвы под кукурузу надо вносить 1-2 кг/га цинка, при 3,1-4,0 мг/100 – 3,5, а при содержании более 4 мг/100 г – 5-8 кг/га.

Выполненное в 1985-1987 гг. в северной зоне Краснодарского края и ряде районов Ростовской области сопоставление цинкового голодания растений кукурузы в фазу 8-10 листьев, процента и степени поражения растений с содержанием в почвах подвижного цинка и подвижного фосфора показало, что коэффициент корреляции с первым параметром составил,  $r = -0,697 \pm 0,121$ , а со вторым,  $r = 0,614 \pm 0,133$ , множественная корреляция болезни очень тесная,  $\eta = 0,870 \pm 0,101$  (Агафонов Е.В., 1992).

На основе многолетних исследований по применению цинковых удобрений под основные полевые культуры на черноземах обыкновенном и южном, а также темно-каштановой почве в Краснодарском крае и Ростовской области разработана шкала обеспеченности этих почв цинком, учитывающая как содержание цинка, так и фосфора. Согласно уточнённой шкале при содержании в почве 16-30 мг/кг почвы подвижного фосфора среднюю обеспеченность цинком обеспечивает его содержание в пределах 0,26-0,35 мг/кг почвы (Агафонов Е.В., 2013).

Калий поглощается растениями до фазы цветения, причем в первые шесть недель роста растения усваивают ежедневно до 12 кг/га калия, который активизирует обменные процессы и особенно важен для образования сахаров и крахмала. Его потребление усиливается за две-три недели до выметывания метелки

и достигает максимума в период выметывания. За это время они потребляют до 90% калия. При недостатке калия снижается устойчивость к полеганию, стеблевой гнили, пузырчатой головне; листья кажутся непропорционально длинными по отношению к высоте растений, края нижних листьев сначала желтеют, а затем становятся коричневыми и засыхают; початки образуются щуплыми, с заостренной верхушкой, с плохим наполнением или без завязи (Посыпанов Г.С., 1997).

При недостатке калия молодые растения кукурузы замедляют рост, стебель укорачивается, листья становятся сначала желтовато-зелеными по краям с зеленой серединой, а потом желтыми, верхушки и края листьев засыхают, как от ожога. Початки щуплые, с плохо выполненным зерном (Наумкин В.Н., 1999).

Калий начинает поступать в растения с первых дней появления всходов и наиболее интенсивно поглощается кукурузой в первый период ее вегетации. Содержание калия выше в вегетативных органах растений, чем в репродуктивных. В стеблях кукурузы калия содержится в 5 раз больше, чем в зерне. Легкая подвижность калия в растениях обуславливает его реутилизацию путем перемещения из старых листьев в молодые (Штефан В.В., 1981; Лебедев С.И., 1988).

Вскоре после окончания цветения использование этого элемента стабилизируется, а, начиная с фазы молочно-восковой спелости зерна, содержание его в тканях кукурузы снижается в результате вымывания осадками и экзоосмоса через корневую систему (Минеев В.Г., 2004; Шеуджен А.Х., 2007).

Кукуруза экономно использует влагу: на создание 1 т сухого вещества ее расходуется в два раза меньше, чем у большинства зерновых культур (Циков В.С., Матюха Л.А., 1989). Это, однако, не дает основания считать кукурузу культурой, толерантной к водному режиму. Потребление воды кукурузой – процесс неравномерный. Максимальное использование влаги начинается за 10 дней до выметывания и заканчивается через 20 дней после него, этим завер-



шается критический период водопотребления (Володарский Н.И., 1986; Шелуха В.С., 1986). Применение удобрений снижает коэффициент водопотребления кукурузы на 20-25% (Агафонов Е.В., 1992).

Недостаток влаги в фазе молочной спелости зерна является причиной преждевременного прекращения его налива, формирования мелких зерен в верхней части початка, то есть снижению урожая (Циков В.С., Матюха Л.А., 1989).

Для своего роста и развития кукуруза требует определенных условий внешней среды: света, тепла, влаги, питания и других. В засушливой зоне Северного Кавказа температурный режим соответствует требованиям кукурузы, но осадков выпадает в два раза меньше потребности (Сотченко В.С., 2009).

## **1.2 Применение удобрений под кукурузу**

Увеличение сборов кукурузного зерна может решаться как за счет совершенствования структуры посевных площадей сельскохозяйственных культур и расширения площади под кукурузой, так и за счет роста урожайности (Багринцева В.Н., 2014).

Наиболее эффективным и быстродействующим, а в большинстве районов страны, решающим фактором, способствующим повышению урожая и качества зерна кукурузы, служат удобрения (Созинов А.С., Жемела Г.П., 1983).

Органические удобрения являются основными при выращивании кукурузы. Их дозы в среднем составляют 30-60 т/га, но применяют и более высокие дозы (100 т/га). Вносят органические удобрения осенью под зяблевую вспашку, возможно применение весной под перепашку зяби. В качестве основного удобрения применяют и одни минеральные. Оптимальными дозами являются  $N_{60-120}P_{60-90}K_{60-120}$  (кг д.в./га). Дозы элементов питания могут варьировать в зависимости от плодородия почвы, содержания питательных веществ, предшественников и других факторов. При этом дозы минеральных должны уменьшаться пропорционально увеличению доз органических (Минеев В.Г., 2004).

Под кукурузу можно вносить высокие дозы органических удобрений. В Ростовской области 40 т/га полуперепревшего навоза КРС осенью под вспашку на черноземе обыкновенном и южном увеличивает урожайность кукурузы на 15-30% (Агафонов Е.В., Юрьева Л.Н., 1994; Шапошникова И.М., 2004).

В опытах, выполненных в 1993-1995 гг. на черноземе поверхностно-мицелярно-карбонатном мощном слабогумисированном в Молдове (Мутунда М.П., 1998) установлено, что большее влияние на урожайность зерна кукурузы оказывает применение навоза в дозах 40 т/га - прибавка урожая 5,3 т/га (17,8%). Действие минеральных удобрений было слабее. Оптимальная доза  $N_{50}P_{25}K_{60}$  дала прибавку урожая 3,8 т/га или 12,8%.

При посеве кукурузы вносят только фосфорные удобрения в дозе 7-10 кг/га сеялками, обеспечивающими размещение удобрений на расстоянии 2-3 см от семян (в сторону или ниже семян). Подкормка является одним из важнейших агротехнических приемов возделывания кукурузы. Особенно эффективна она в следующих случаях: 1) не удалось внести достаточно элементов питания в основное внесение; 2) при необходимости внесения большого количества удобрений. В степной зоне Украины на обыкновенных черноземах рекомендуется вносить полное удобрение под кукурузу –  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (Иншин Н.А., 1990; 1991);  $N_{60-90}P_{60-90}K_{30}$  (Крамарев С.М., 1994).

Обобщая данные 20 полевых опытов, выполненных на выщелоченном черноземе Северного Кавказа, А.И. Симакин (1976) отмечает, что внесение  $N_{45}P_{35}K_{20}$  увеличило урожай зерна кукурузы на 12,3 ц/га при урожае на контроле 41 ц/га.

При выращивании кукурузы на Северном Кавказе минеральные удобрения при орошении и в зоне достаточного увлажнения вносят в дозах  $N_{90-120}P_{90-120}K_{60-90}$ , в орошаемой засушливой –  $N_{40-60}K_{20-40}$ , на карбонатных черноземах северной и восточной зон –  $N_{60-90}P_{60}K_{60}$ , на выщелоченных черноземах южной и предгорной зон Северного Кавказа  $N_{90-120}P_{80}K_{60}$  (Кореньков Д.А., 1976; 1990).

На обыкновенном черноземе максимальный эффект под кукурузу, по данным М.П. Балана (1977), обеспечивает применение полного удобрения в соотношении азота, фосфора и калия 2 : 1 : 1. Прибавка урожая зерна составила 7,8 ц/га.

Я.И. Исакова, С.А. Игнатъева (1990), С.А. Игнатъева (1995) установили, что в Ростовской области на предкавказских карбонатных черноземах оптимальная доза при выращивании кукурузы на зерно  $N_{60}P_{40}K_{30}$ .

На темно-каштановой почве Ростовской области при выращивании кукурузы на зерно необходимо вносить до посева  $N_{60}P_{60}$  при возделывании средне-спелых гибридов кукурузы, для среднепоздних гибридов –  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (Батаков А.А., 2000).

Высокая эффективность минеральных удобрений, особенно азотных, под кукурузу на черноземных почвах других стран отмечается в опытах Hera Cetal (1981), Desvignes P. (1981), Nistor, (1981). По данным первого автора, в Румынии в богарных условиях на 1 кг внесенного под кукурузу азотного удобрения получено по 8 кг зерна.

В опытах, выполненных в последнее десятилетие в степной зоне, оптимальные дозы удобрений под кукурузу существенно различаются.

На черноземе типичном среднегумусном среднемощном тяжелосуглинстом в Оренбургской области Боровкова А.С. (2003) рекомендует вносить под кукурузу на силос минеральные удобрения в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , в составе которых в качестве азотных следует применять КАС. Прибавка урожая к контролю составила в среднем за 2000-2001 гг. 6,8 т/га или 40,4%, а содержание протеина увеличилось на 1,31%.

На чернозёме обыкновенном в Ростовской области в 2002-2004 гг. установлены два уровня оптимальных доз:  $N_{50}P_{50}K_{50}$  – прибавка к контрольному варианту 25,2% и  $N_{100}P_{100}K_{100}$  – прибавка 34,0%, но последний вариант является экономически и энергетически неоправданным (Турчин В.В., 2007).

На черноземе обыкновенном в Ставропольском крае в зоне неустойчивого увлажнения рекомендуется под раннеспелые и среднеранние гибриды проводить основную поверхностную мелкую обработку почвы и вносить минеральные удобрения в дозе  $N_{80}P_{80}K_{80}$  (Тронева О.В., 2011).

В Воронежском филиале ГНУ ВНИИ кукурузы в многолетних исследованиях на черноземе выщелоченном применение  $N_{60}P_{60}K_{60}$  под кукурузу на зерно обусловило увеличение урожайности в пределах 0,6-0,8 т/га при продуктивности на контроле 2,6 т/га (Стулин А.Ф., 2014).

В полевом стационарном опыте Белгородского НИИСХ установлено, что в среднем за 2003-2008 гг. без внесения удобрений (контроль) урожай составил по вспашке 3,80 т/га, при безотвальном глубоком рыхлении – 3,88 т/га и при минимальной обработке – 3,75 т/га. С внесением минеральных удобрений этот показатель по сравнению с контролем заметно возрастал: при  $N_{70}P_{70}K_{70}$  на 1,47-1,87 т/га, при  $N_{140}P_{140}K_{140}$  – на 1,88-3,11 т/га с большими величинами при вспашке. Внесение органических удобрений (последействие 80 т/га на четвертый год) повысило урожай зерна кукурузы на 1,27-2,03 т/га. Наибольший урожай – 8,0 т/га – получен от совместного внесения минеральных и органических удобрений в дозе  $N_{140}P_{140}K_{140}$  на фоне последействия 80 т/га навоза при вспашке, а при минимальной обработке – 7,30 т/га (Воронин А.Н., Самыкин В.Н. и др., 2010).

Согласно данным исследований С.В. Никитина (2012) на черноземе обыкновенном опытного поля Ставропольского филиала ВНИИ кукурузы, расположенном в зоне неустойчивого увлажнения, в 2009-2011 гг. применение минеральных удобрений в небольшой дозе  $N_{30}P_{30}K_{30}$  способствовало увеличению урожайности зерна различных гибридов кукурузы в среднем по трём видам обработки почвы на 0,41-0,57 т/га или 10,7-19,0%, на раннеспелом гибриде эффект ниже – 0,20 т/га (6,6%).

В опытах, выполненных в 2005-2007 гг. в Ставропольском крае в зоне недостаточного увлажнения Г.Н. Сухоярской (2009), установлено, что при выра-

щивании среднеспелого гибрида кукурузы Машук 360 МВ и среднепозднего Машук 480 СВ необходимо вносить под предпосевную культивацию только аммиачную селитру в дозе  $N_{30}$ , а при посеве – нитроаммофоску –  $N_{20}P_{20}K_{20}$ . При этом урожайность зеленой массы повышалась в большей степени – на 31,3-33,4% у гибрида Машук 360МВ и на 13,4-16,6% у гибрида Машук 480 СВ, а урожайность зерна соответственно на 8,8-9,7 и 14,4-8,2%.

По данным В.И. Тюрина (2010) при возделывании среднеранних и среднеспелых гибридов кукурузы на черноземе обыкновенном наиболее эффективным является применение полного удобрения. Оптимальная доза  $N_{60}P_{40}K_{30}$ . Прибавка урожайности в среднем за 2007-2009 гг. была в пределах 15,3-24,2%. Доля азота в обеспечении прибавки урожая составила 70,7-75,3, фосфора – 4,0%, калия – 23,0-29,3%.

На черноземе предкавказском выщелоченном сверхмощном слабогумусном в Краснодарском крае в исследованиях, выполненных в 2001-2003 гг. (Мышко М.Н., 2004), применение удобрений в оптимальной дозе  $N_{60}P_{60}K_{30}$  дало прибавку урожая зерна кукурузы 24,5 ц/га или 56,2%.

При достаточном увлажнении на орошении эффективность удобрений значительно повышается. Так на каштановой почве в Саратовском Заволжье максимальное действие на урожайность зерна кукурузы оказало применение удобрений в дозе  $N_{210}P_{120}$ . Оно повышалось с 3,37 т/га (на контроле) до 6,56 т/га или на 94,7% (Белоголовцев В.П., 2009).

Существенный результат дает использование под кукурузу и органических удобрений. Так в опытах, проведенных в 2002-2004 гг. на черноземе обыкновенном мицелярно-карбонатном слабогумусированном среднесуглинстом в Ставропольском крае (Букарев В.В., 2010), установлено, что применение навоза в дозе 30 т/га способствовало увеличению урожайности зелёной массы кукурузы в среднем на 3,3 т/га или 10,5%, зерна – на 0,49 т/га или 8,9%. Действие минеральных в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  было сильнее. Прибавка урожая зеленой массы составила 5,6 т/га (17,8%), а зерна – 0,79 т/га (15,8%).

### 1.3 Выход, состав и свойства птичьего помета

Продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от содержания в почве гумуса и подвижных форм элементов питания. Практика передовых хозяйств свидетельствует о том, что в различных почвенно-климатических зонах внесение навоза или компостов в дозах 30-60 т/га является основным средством для получения высоких и устойчивых урожаев. Внесение в почву органических удобрений не только улучшает питание растений, но с другой стороны улучшает условия существования почвенных микроорганизмов, в результате чего увеличивается трансформация всех элементов питания (Комаревцева Л.Г., 2010).

Вместе с тем, в последние годы навоз находится в большом дефиците и возникает вопрос об изыскании других источников органического вещества для внесения в почву. Повышается роль птичьего помета. Основными реально используемыми видами органических удобрений в сельскохозяйственном производстве являются навоз, помет и различные компосты на их основе. В настоящее время в России выход навоза и помета во всех категориях хозяйств составляет 294 млн т, или 211 млн т в пересчете на подстилочный навоз (Лукин С.М., 2013).

Птичий помет по своей природе – продукт обмена веществ коллоидной консистенции, комковато-пористой структуры, выделенный из организма в виде смеси мочи и кала (Лысенко В.П., Агеичкин А.П., Титов О.Н., 2014), (таблица 1).

Суточное поступление помета от птицефабрики средней мощности (400 тыс. кур-несушек или 10 млн цыплят-бройлеров) составляет свыше 100 т. (Харитонов В.Д., Базиков В.И., 2012).

Л.С. Фастюков (1986) отмечает, что при клеточном содержании птицы выход помёта от взрослых кур составляет от одной головы 176-300 г в сутки.

От кур яичных родительского стада от одной головы получают 189 г помета в сутки, мясных родительского стада – 276-300 г, индейки – 450 г., уток – 423 и гусей – 594 г (Голубев И.Г. и др., 2011).

Таблица 1 – Суточное поступление помета с учетом вида и возраста домашней птицы (по данным ВНИТИП)

Вид домашней птицы	Поступление помета, г/сут.	Химический состав, % на сухое вещество			
		Вода	Азот	Фосфор	Калий
Молодняк (1-120 суток – среднее значение)					
Яичные куры	100	66	1,65	1,00	0,62
Мясные куры	110	65	1,70	1,12	0,72
Цыплята-бройлеры (1-49 сут)	65	62	1,82	1,21	0,83
Индейки	160	70	1,76	0,69	0,40
Гуси	200	76	1,42	0,72	0,48
Утки	190	78	1,10	0,45	0,20
Взрослая птица					
Куры	155	73	1,31	0,68	0,58
Индейки	260	64	1,68	0,61	0,38
Гуси	392	82	1,38	0,58	0,43
Утки	340	80	1,00	0,62	0,62

По данным специалистов птицефабрики СПК «Победа», расположенной в Азовском районе Ростовской области, при среднегодовом поголовье кур-несушек 109000 выход куриного помета в год составляет 4360000 кг. Таким образом, от одной головы получают около 40 кг бесподстилочного помета, что в среднем в сутки составляет 110 г (Агафонов Е.В., Каменев Р.А., 2013).

На бройлерной фабрике мощностью 50 тыс. цыплят скапливается в год до 13,5 тыс. т помета (Седых В.А., Карауш П.Ю., 2010).

Птичий помет – ценное органическое удобрение с высоким содержанием питательных веществ (азота, фосфора, калия и микроэлементов), (Ягодин Б.А., 2003; Муравин Э.А., 2004; Беззубцев А.В., Шмидт А.Г., 2013).

Благодаря высокой концентрации органических компонентов и их постепенному высвобождению птичий помет оказывает влияние на урожай и в последующие 2-3 года (Лысенко В.П., 2014), (таблица 2).

Выход птичьего помета и его удобрительная ценность сильно колеблется в зависимости от состава, количества и качества корма, вида и возраста птицы,

способа ее содержания (Новиков М.Н., Хохлов В.И., Рябков В.В., 1989; Смирнов П.М., Муравин Э.А., 1991).

Таблица 2 – Содержание основных химических веществ в помете кур с учетом способов содержания и возраста, г/кг (по данным В.П. Лысенко, 2014)

Исследуемые образцы	Вла-га	Зола	Органическое вещество	Угле-лед-род	Азот общий	Фос-фор
Помет с подстилкой от птицы за период от 120 дн. до 10 мес.	162	188	650	325	26	14
Помет с подстилкой от птицы за период от 1 до 120 дней	254	137	609	304	16	14
Помет с подстилкой от птицы за период от 1 до 47 дней	288	71	642	321	22	10
Помет кур при клеточном содержании	612	106	282	141	20	8

В курином помете – содержатся все важные для питания растений элементы, причём в необходимом количестве и сочетании. По действию на урожай куриный помет ближе к минеральным удобрениям, чем к навозу. Но его действие более благоприятное по сравнению с минеральными удобрениями, так как часть азота здесь находится в органической форме и постоянно переходит в доступное для растений состояние (Бакиров Ф.Г., Арапова Ю.Н., 2013).

Но исследователи расходятся в оценке содержания в курином помете элементов питания.

А.А. Мاستик (1982) считает, что содержание питательных веществ в воздушно-сухом курином помете может колебаться в довольно широких пределах: азота – 1,20-5,82; фосфора – 0,60-3,65; калия – 0,50-2,94 %. По сведениям В.И. Чуканова (1984, 1988), свежий помет кур при естественной влажности 56-76% содержит 1,20-2,74% азота; 1,18-2,00% фосфора; 0,61-1,10% калия.

Н.А. Пунда (1989) сопоставил удобрительную ценность различных видов куриного помета. Свежий помет, по его мнению, при влажности 67% содержит



общего азота – 2,09%, общего фосфора – 3,89%, общего калия – 1,60% на абсолютно сухое вещество. Подстилочный помёт при влажности 68% содержит 3,09; 4,21 и 1,06% азота, фосфора и калия соответственно.

По данным А.Х. Шеуджена с соавторами (2012) в сырой массе куриного помёта содержится: общего азота – 2,2%, фосфора ( $P_2O_5$ ) – 1,8%, калия ( $K_2O$ ) – 1,1%, в утином помёте – общего азота – 0,8%, фосфора ( $P_2O_5$ ) – 1,5%, калия ( $K_2O$ ) – 0,5%, в гусином помёте – общего азота – 0,6%, фосфора ( $P_2O_5$ ) – 0,5%, калия ( $K_2O$ ) – 0,9%.

Помёт представляет большую ценность как органическое удобрение. Оно содержит в пересчете на сухое вещество 70% органики, из которой 35-40% приходится на долю протеина, 4-6% - азота, 5-6% - кальция, 1,7-2% - калия, 2,4-2,9% - фосфора и 1,2 -1,4% - магния (Кисиль Н., Тер-Саркисян Э., 2007).

Ценность помёта как удобрения определяется не только высокой концентрацией в нем элементов питания, но и нахождением их в легкодоступной для растений форме (Бачило Н.Г., 1990). Свежий помёт содержит следы аммиачного азота. Но более 60% общего азота находится в помёте в форме мочевой кислоты и других продуктов азотистого обмена. Органический и минеральный фосфор, содержащиеся в помёте, соотносятся приблизительно как 1:1 (Шконде Э.Н., 1962). Окись калия, содержащаяся в помёте, хорошо растворима. До 60-68% окиси калия переходит в водную вытяжку, т.е. калий помёта характеризуется высокой подвижностью (Бачило Н.Г., 1990). Согласно обобщенным рекомендациям по использованию птичьего помёта на удобрение (1986), содержание водорастворимых форм элементов питания в свежем помёте кур при естественной влажности составляет: N – 0,7;  $P_2O_5$  – 0,05;  $K_2O$  – 0,3% на сырое вещество. Такие же данные приводят Н.С. Зверева, С.К. Логинов, А.В. Мосевнин, (2007).

По мнению М.А. Цуркана (1984), бесподстилочный куриный помёт при влажности 79,6% содержит азота – 1,48; фосфора – 1,62 и калия – 0,42%. По данным Е.П. Ореховской и др. (1976), в бесподстилочном помёте птиц в сред-

нем содержится сухих веществ – 34,5-48,3; золы от 15 до 40 (в том числе кальция – до 8,5; фосфора – 2-3; калия – 1-2); сырого жира (эфирный экстракт) – 2,8-4,5; сырой клетчатки – 14-25; безазотистых экстрактивных веществ – 46-48%.

Согласно средним данным по химическому составу помета, представленным в рекомендациях по использованию птичьего помета на удобрение (1986), куриный помет характеризуется следующими параметрами: влажность – 75%, N – 1,5±0,2; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1,4±0,2; K<sub>2</sub>O – 0,5±0,1% на сырое вещество.

Наряду с органическим веществом значительную роль в общей массе помета играет зола, которая для растений одновременно является калийно-фосфорным и известковым удобрением, так как содержит фосфор, калий, кальций. В золе птичьего помета около 30 микроэлементов, в том числе магний, сера, железо, бор, марганец. Все они находятся в доступной для растений форме. Фосфор из золы лучше усваивается, чем из суперфосфата, а K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (поташ) хорошо растворим в воде. Зола почти не содержит хлора, поэтому полезна для растений, которые его не переносят (Лысенко В.П., 2014).

Решение проблемы получения высокого урожая и качества сельскохозяйственной продукции напрямую связано с применением биологически активных веществ (БАВ), к которым относят микроэлементы, витамины и многие другие химические соединения. Такие вещества содержатся в широко распространенном и возобновляемом сырье – птичьем помете (Кравец А., Касимова Л., Николаева Д., 2015).

По данным В.Г. Минеева (2004) и Л.Г. Комаревцева (2010) в 100 г сухого вещества птичьего помета содержится 15-38 мг марганца, 12-39 мг – цинка, кобальта 1 – 1,2, 1 – 2,5 мг – меди и 300-900 мг железа.

В исследованиях, проведенных кафедрой агрохимии ДонГАУ в период с 1995 по 2014 годы, установлено, что содержание основных элементов питания для растений в помете значительно варьирует в зависимости от вида птицы (ку-

риный, индюшиный, утиный), вида помета (нативный и подстилочный), а также степени разложения птичьего помета.

В перепревшем бесподстилочном курином помете, произведенном на птицефабрике «Ильичевская» в Октябрьском районе Ростовской области, содержалось в среднем за 1995-1997 гг. в пересчете на абсолютно сухое вещество 3,45% N, 3,51% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,6% K<sub>2</sub>O, в свежем курином помете – 4,78%N, 4,11%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,80% K<sub>2</sub>O(Агафонов Е.В., Ефремов В.А., Агафонова Л.Н., 2002).

Перепревший куриный помет на подстилке из подсолнечной лузги птицефабрики СПК «Победа» в Азовском районе Ростовской области, который применяли в 2002-2005 гг. под сахарную свеклу, имел следующий состав на абсолютно сухое вещество: 2,61% общего азота, 4,38% общего фосфора, 2,11% общего калия, органического вещества – 26,52% (Агафонов Е.В., Понятовский Ф.А., 2006).

#### **1.4 Влияние птичьего помета на плодородие почвы**

Исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, показали положительное влияние птичьего помета на многие показатели почвенного плодородия.

Общеизвестно, что органические удобрения является основой плодородия почв, оказывают большое влияние на структуру почвы, служат своеобразным резервом необходимых растениям питательных веществ, а также источником энергии для многих полезных микроорганизмов (Лысенко В.П., 2014).

При использовании птичьего помета особенно важна равномерность его распределения по поверхности и качество заделки в почву. Равномерность разбрасывания необходима для избежания очагов с высокой концентрацией питательных элементов, а немедленная заделка – обусловлена тем, что в помете содержится большое количество азота в аммиачной форме, улетающего при поверхностном внесении (Шеуджен А.Х. и др., 2006).

Н.Г. Бачило (1981) считает, что применение помета в сухом виде и с естественной влажностью в дозах 6-16 т/га способствовало увеличению содержания гумуса в почве на 0,04-0,05%. Е.П. Сергенту, В.М. Барага (1988) в своих исследованиях установили, что 1 т бесподстилочного помета повышает содержание гумуса в почве на 140 кг/га.

С.С. Сдобников и др. (1988) сообщают о том, что внесение 40,0 т/га торфопометного компоста усиливают активность микроорганизмов во всем пахотном слое. Интенсивность разложения льняной ткани в среднем в слое почвы 0-40 см составила 16%, а продуцирование почвенной микрофлорой углекислоты – 62,8 мг/кг. Авторы объясняют это тем, что в компосте в период созревания присутствует и размножается большое число групп микроорганизмов, которые сразу же после внесения приступают к разложению азотсодержащих, целлюлозосодержащих и других сложных органических веществ. Птичий помет способствует развитию и азотфиксирующих микроорганизмов, в частности азотобактера, которого на 4-8% больше, чем на контрольном варианте.

Однако нахождение элементов корневого питания растений в подвижных формах может стать причиной их потери на всех стадиях использования помета – от сбора до заделки в почву. И.В. Филиппенко и др. (1977) отмечают, что хранение помета кур в чистом виде приводит к большим потерям питательных веществ, особенно азота, а эффективность помета и пометных удобрений во многом зависит от содержания в них легкодоступных форм азота и, прежде всего, аммиака. П.М. Смирнов, Э.А. Муравин (1981) связывают потери азота с тем, что в помете он находится главным образом в форме мочевой кислоты. Она в первые часы хранения под действием фермента уреазы разлагается до аммиака и углекислого газа. Этот процесс протекает как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Наряду с биологическим разложением помета идет и химический процесс, в результате которого происходят потери азота в форме NO и NO<sub>2</sub>, а также молекулярного азота (Перепелица В.М. и др., 1989).

Выявлено, что внесение разных доз птичьего помета повышает содержание в пахотном слое почвы аммиачного и нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия (Бачило Н.Г., 1981; Пунда НА., 1985).

По данным Е.П. Серженчу, В.М. Барага (1988) содержание нитратного азота в почве увеличивается до 200,3 кг/га при внесении 100 т/га бесподстилочного помета. По данным этих авторов, 1 т помета, внесенного в дозе 100 и 150 т/га, повышала содержание фосфора в почве на 2,0 и 1,7 кг/га соответственно. Использование бесподстилочного птичьего помета в таких дозах способствовало накоплению доступного калия в почве.

В исследованиях, проведенных на черноземе обыкновенном кафедрой агрохимии ДонГАУ в Октябрьском районе Ростовской области в 1995-1997 гг. установлено, что при внесении перепревшего бесподстилочного куриного помета птицефабрики Ильичевская весной под первую культуру в звене севооборота кукуруза, яровой ячмень, просо количество минерального азота в слое почвы 0-60 см в начале их вегетации повышалось на 40-70 кг/га, содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см – на 2,5-5,0 мг/кг. В первый год применение помета не вызывало изменений в содержании гумуса. Под второй и третьей культурами звена севооборота в слое почвы 0-20 см по сравнению с контролем прослеживалась слабая тенденция увеличения его запасов – на 0,01-0,08%. В сумме за 3 года на варианте с оптимальной дозой перепревшего помета 10,0 т/га коэффициент использования фосфора из него составил 12,8-15,4, азота – 34,4-36,2, калия – 53,7-67,3% (Агафонов Е.В., Агафонова Л.Н., Ефремов В.А., 2001).

На черноземе обыкновенном в Азовском районе Ростовской области в 2002-2005 гг. изучалась эффективность применения куриного помета на подстилке из подсолнечной лузги. Установлено, что внесение помета под сахарную свеклу в дозе 7,5 т/га под предпосевную культивацию в среднем за 4 года увеличивало к фазе всходов содержание нитратного азота в слое почвы 0-60 см по отношению к контролю на 30 кг/га, подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см

– на 8,0 и обменного калия в слое 0-40 см – на 6 мг/кг почвы (Понятовский Ф.А., 2006).

Полевые опыты 2010-2013 гг. в Октябрьском районе показали, что при внесении перепревшего индюшиного помета под дискование содержание аммонийного азота в почве к посеву подсолнечника повышалось в большей степени, чем при заделке плугом. В среднем по вариантам с дозами 10–25 т/га при дисковании повышение содержания аммонийного азота составило 31, при вспашке – 21 кг/га. Положительное влияние на содержание нитратного азота в почве, наоборот, значительно больше при равномерном распределении помета в почве до глубины 25-27 см – 61, нежели до 8–10 см – 43 кг/га (Манашов Д.А., 2015).

Также установлено, что внесение помета под вспашку способствовало повышению фосфатного уровня почвы. К посеву наибольшее увеличение – на 5,6 мг/кг почвы отмечено в варианте с дозой помета 10 т/га. В среднем за вегетацию подсолнечника оно составило 4,4 мг/кг почвы. Увеличение содержания обменного калия в почве происходило с ростом дозы помета до 25 т/га. В целом за вегетацию по сравнению с контролем количество калия повышалось максимально на 59 мг/кг – с 325 до 384 мг/кг почвы (Агафонов Е.В., Каменев Р.А., Манашов Д.А., 2015).

### **1.5 Утилизация и применение птичьего помета под сельскохозяйственные культуры**

В сохранившихся записях римских историков отмечается, что ещё в древности люди обращали внимание на ценные удобрительные качества помета. Действие помета на повышение урожая они знали превосходно и успешно использовали для поверхностного внесения в почву. Качество оценивалось в основном по видам птицы. Например, помет голубей и кур оценивали выше, менее – от гусей и водоплавающей птицы, а в некоторых записях указывалось

на полную его непригодность в качестве удобрения и даже на отрицательные действие на урожай (Лысенко В.П., Агеичкин А.П., Титов О.Н., 2014).

В настоящее время доля удобренных почв в России составляет 24%, а органические удобрения вносят только на 2% пашни. В то же время потенциал производства органических удобрений и биоресурсов позволяет ежегодно вносить на поля до 100 млн. т органического вещества и получать дополнительно 20-25 млн. т зерн. ед. Технологии производства и внесения органических удобрений должны отвечать требованиям Госкомсанэпиднадзора, ветеринарной службы и ораны окружающей среды (Еськов А.И., Рябков В.В., 2013).

При высоком уровне интенсификации земледелия и недостаточном внесении органического вещества в пахотный слой это приводит к усилению минерализации гумуса и ухудшению агрохимических и агрофизических свойств почвы (Арефьев А.Н., 2006).

Утилизация органических отходов АПК – это дополнительные расходы, но, в то же время, это постоянно возобновляемые сырьевые ресурсы, которые после соответствующей переработки могут приносить доход. Под утилизацией понимается не технология уничтожения этого вида органического отхода, а использование его (Мерзлая Г.Е., Лысенко В.П., 2005).

Использование «опасного отхода» - птичьего помета для повышения плодородия полей одновременно решает две задачи:

- появление нового источника дохода от увеличения урожая;
- обеспечивается надёжная защита окружающей среды из-за отсутствия объекта загрязнения. Это самый простой, доступный и малозатратный способ так называемой утилизации помета (Лысенко В.П., 2015).

По данным С.М. Лукина (2008) нормативная окупаемость 1 т подстилочного помета 1,6 ц з.е., бесподстилочного полужидкого – 0,8 ц з.е., жидкого – 0,3 ц з.е.

По данным Н. Маругиной (2012) внесение 1 т подстилочного навоза в севооборотах России окупалось 68 кг з. ед. на естественном фоне и 60 кг з. ед. на

фоне минеральных удобрений. Подстилочный птичий помет в 2 раза эффективнее подстилочного навоза, окупаемость 1 т подстилочного помета без NPK – 143 кг з. ед., на фоне NPK – 115,7 кг з. ед.

Рациональное использование помета, кроме экономического эффекта, обеспечит надежное экологическое благополучие окружающей среды, а растениеводческие хозяйства будут иметь возможность роста урожайности сельскохозяйственных культур за счет повышения плодородия полей (Дарбасов В.Р., Федорова Е.Я., 2015).

Один из важнейших аспектов утилизации птичьего помета в агроэкосистеме – правильное определение дозы. Исследования, проводимые в этом направлении, в основном ориентированы на установление оптимальной дозы удобрения, применение которой дает максимальную агрономическую и экономическую эффективность (Чекаев Н.П., 2009).

Нормы внесения помета устанавливаются, как правило, на основании потребности удобряемых культур в азоте и содержания его в удобрении. Норма помета и компостов на его основе в различных почвенно-климатических зонах разные (Новиков М.Н., Панов Е.П., 1988; Шеуджен А.Х., Куркаев В.Т., Котляров Н.С., 2006).

По существующим рекомендациям для ориентировочных расчетов необходимых площадей внесения органических удобрений предлагается определять допустимую дозу навоза и навозных стоков устанавливать по азоту: при орошении – до 300 кг/га; без орошения – 200 кг/га (Самоделкин А.Г., Титова В.И., Дабахова Е.В., 2013).

При внесении средних доз органических удобрений общее количество макроэлементов достигает 300 и более кг/га. Такие дозировки в степных районах опасны для растений, однако не следует забывать, что лишь определенная часть элементов питания сразу же доступна для полевых культур (Ряховский А.В., Кравченко В.Н., Лысенко С.И., 2007).



Птичий помет рекомендуется использовать в качестве основного удобрения под различные сельскохозяйственные культуры и в первую очередь под пропашные.

Р.А. Розумна (1989) в опыте на оподзоленном черноземе в Харьковской области установила, что под озимую пшеницу лучшими нормами внесения сухого куриного помета являются 1-2 т/га под вспашку. Эти нормы обеспечивают прибавку урожая 4,4-7,7 ц/га при урожае на контроле 28,3 ц/га. Для кукурузы на силос и сахарной свеклы оптимальными нормами являются 5,0 и 10,0 т/га сухого куриного помета. Такие нормы обеспечивают получение прибавок урожая кукурузы на силос 72,0-113,7 ц/га, сахарной свеклы 67,5-123,3 ц/га.

М.В. Базилинская (1998) предлагает вносить 10-15 т/га свежего куриного помета под кукурузу с осени или весной. Урожайность зерна кукурузы на этих вариантах составляет 47,0-48,5 ц/га при 42,2 ц/га на контроле. Последствие проявилось на горохе и озимой пшенице. Прирост урожайности зерна гороха составил 2,4-4,5 ц/га, а озимой пшеницы – 5,4-6,8 ц/га.

В.Е. Кизяков (1985) установил, что урожай зерна кукурузы возрастал с увеличением доз птичьего помета от 2,5 до 10 т/га. Автор отмечает, что при допосевном внесении помета прибавки урожая зерна кукурузы составляли 3,0-6,2 ц/га при урожайности на контроле 30,3 ц/га. В последствии на ячмене прибавки урожая зерна были в пределах 1,5-4,7 ц/га.

В.А. Васильев и Н.В. Филиппов (1988) рекомендуют куриный помет применять из расчета 5-6 т/га под зерновые и по 8-10 т/га под пропашные культуры.

По данным А.С. Королевой и М.Д. Рогова (1995), максимальный суммарный урожай зеленой массы клевера, клеверотимофеевичной смеси и покровной культуры получен при внесении 40 т/га помета – 300-309 ц/га. На втором месте – вариант с применением 20,0 т/га помета совместно с  $N_{100}P_{200}K_{260}$ . Урожай на контроле составил всего 188 ц/га.

Э.А. Скориков, Н.П. Черняхова (1990) изучали эффективность куриного помета в дозах 6; 8 и 12 т/га под яровую пшеницу на южном черноземе Южного Урала. Применение куриного помета позволило получить прибавки зерна от 1,6 до 2,0 ц/га при повышении процента сырой клейковины и сырого протеина.

Сотрудники Белорусского НИИ земледелия (Н.Г. Бачило, 1990) установили, что подстилочный помет с добавлением КС1 до 120 кг/га увеличивал урожай картофеля в среднем за 3 года на 90,5-111,6 ц/га.

Г.М. Білоус, В.В. Коцар (1983) предлагают вносить 10,0 т/га куриного помета под кукурузу. Урожайность зерна кукурузы на этих вариантах увеличилось на 5,7 ц/га при 42,2 ц/га на контроле.

Москаленко А.А. (1990) свидетельствует о прибавке урожайности корней сахарной свеклы от птичьего помета на фоне  $N_{90}P_{120}K_{120}$  33 ц/га, эквивалентная по углероду доза помета после термосушки обеспечила прибавку к фону 20 ц/га, на 0,3% повысилась сахаристость, а сбор сахара вырос на 4,5-4,1 ц/га соответственно.

В исследованиях, проведенных в Пензенской ГСХА на черноземе выщелоченном, установлено, что прибавка урожайности озимой пшеницы от действия куриного помёта в дозе 20,0 т/га составила 0,92 т/га, при урожайности на контроле 2,63 т/га (Чекаев Н.П., 2009).

Весьма интересен опыт утилизации куриного помета в качестве органического удобрения в ЗАО «Иртышское» Омской области. Установлено, что систематическое применение органического удобрения на основе птичьего помета позволяет повысить сбор зерна яровой пшеницы с 1 га до 34,0-34,1 ц/га. При этом прибавка к контролю в 2010 г. составила 8,2-9,0 ц/га, в 2011 г. – 15,0-15,1 ц/га. На других полях также была отмечена высокая отзывчивость выращиваемых культур на внесение органических удобрений, уровень урожайности яровой мягкой пшеницы достигал 30-42 ц/га (Беззубцев А.В., Шмидт А.Г., 2013).

Весьма интенсивно этот вид удобрения используется за рубежом: в странах Восточной и Западной Европы, США и Японии (Малофеев В.И., 1988). В

США вносят сухой помет поздней осенью или ранней весной под травы в дозе 2,5 т/га. Прибавки урожая составляют до 23% (Базилинская М.В., 1998).

США В.W. Hall, С.W. Wood и др. (1994) определили оптимальные дозы птичьего помета с точки зрения возможного вымывания питательных веществ и загрязнения грунтовых вод. Под кукурузу они предлагают использовать 8-12 т/га свежего помета. О положительном влиянии свежего куриного помета на урожай кукурузы и овса свидетельствуют румынские исследователи Blaga G., Dimitruetal M., (1993).

В условиях Ростовской области кафедрой агрохимии Донского государственного аграрного университета в 1995-2015 гг. выполнены обширные исследования по изучению эффективности весеннего применения птичьего помета под полевые культуры. Установлено его влияние на показатели плодородия почвы, урожайность отдельных культур и в звеньях севооборота, коэффициенты использования питательных веществ из помета, определены оптимальные дозы этого ценного органического удобрения.

Выявлено, что при применении перепревшего куриного помета на черноземе обыкновенном в Октябрьском районе Ростовской области в дозе 10,0 т/га весной под предпосевную культивацию на черноземе обыкновенном под кукурузу на зерно её урожайность увеличивалась на 1,27 т/га (Агафонов Е.В., Ефремов В.А., Агафонова Л.Н., 2002).

В 2002-2005 гг. в условиях Азовского района Ростовской были проведены исследования по применению подстилочного перепревшего куриного помета под сахарную свеклу. Установлено, что существенному увеличению урожайности корнеплодов сахарной свеклы способствовала доза куриного помета 7,5 т/га, которая больше, чем на контрольном варианте на 4,9 т/га или 15,5%. Сбор сахара с 1 га повысился на 15-20%. Применение помета в оптимальной дозе позволяет экономить ежегодно около 180 кг/га д.в. минеральных удобрений, вносимых под свеклу (Агафонов Е.В., Понятовский Ф.А., 2006).

Однако необходимо учитывать, что большое количество птичьего помета накапливается на птицефабриках в летний и осенний период. Кроме того, внесение помета весной из-за напряженности полевых работ в этот период является организационно и агротехнически достаточно сложным. Поэтому целесообразным является изучение других сроков применения и способов заделки куриного помета. В полевых опытах, проведенных в 2010-2012 гг. в агрофирме «Новобатайская» Кагальницкого района Ростовской области, установлено, что внесение оптимальной дозы помета 15,0 т/га осенью под вспашку обеспечило повышение урожайности корнеплодов сахарной свеклы в среднем на 20%, а сбора сахара с 1 га – на 26%. Эффект от помета был выше, чем от минеральных удобрений. Применение куриного помета позволило сэкономить, как минимум, 270 кг/га NPK минеральных удобрений (Агафонов Е.В., Каменев Р.А., 2013).

Наибольшая прибавка урожайности подсолнечника в 2010-2012 гг. получена при внесении куриного помета в дозе 15,0 т/га осенью под вспашку – 0,67 т/га или 30%. Урожайность подсолнечника на контрольном варианте составила 2,23 т/га (Каменев Р.А., Собочкина О.О., Токарев А.С., 2013).

Действие органических удобрений в севообороте проявляется не только на первой культуре, но и на последующих в течение нескольких лет. Это называется последствием удобрения. В севооборотах с учетом их специализации последствие органических удобрений бывает довольно значительными и существенно определяется почвенно-климатическими условиями. В засушливых южных районах нашей страны невысокий эффект от органических удобрений в отдельные годы связан с тем, что из-за недостатка влаги органика слабо разлагается в почве и в первый год бывает мало эффективной. Во второй и последующие годы органические удобрения оказывают значительное действие на урожайность культур (Минеев В.Г., 2004).

При применении перепревшего бесподстилочного куриного помета в дозе 10,0 т/га весной под предпосевную культивацию на черноземе обыкновенном под кукурузу на зерно он оказал существенное последствие на урожайность

последующих культур: на второй год на яровом ячмене получена прибавка урожайности 0,65 т/га, а на третий на просе – 0,45 т/га. Суммарный сбор зерна на контрольном варианте в звене полевого севооборота составил 10,77 т/га. Применение помета увеличивало его на 2,77 т/гаили на 25,7% (Агафонов Е.В., Ефремов В.А., Агафонова Л.Н., 2002).

Литературных данных о влиянии куриного помета на подстилке из подсолнечной лузги, вносимого весной, на плодородие чернозема обыкновенного, и урожайность кукурузы нет.

## **2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1 Почва**

На территории Азовского района преобладающим типом почв является чернозём обыкновенный карбонатный мощный (предкавказский). Данный тип почв подробно описан в работах Е.В. Агафонова, Е.В. Полуэктова, (1999); О.С. Безугловой, (2008). Расположены они на плато и верхних частях слабо пологих склонов междуречных водоразделов. Структура пахотного горизонта комковато-порошистая или пылевато-порошистая. Мощность гумусовых горизонтов (А+В) – 90-127 см.

Чернозём обыкновенный сформировался на лессовидных желто-бурых глинах, в связи с чем имеет глинистый или тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Для этого подтипа почв характерно высокое содержание карбонатов в пахотном слое – до 2,5-4,0%. В горизонте А содержание гумуса – 3,4-3,8%, запас общего азота – 22-25 т/га. Однако, несмотря на довольно значительные валовые запасы азота, содержание его усвояемых форм подвержено сезонным колебаниям и зависит от интенсивности микробиологических процессов в почве. При хорошем увлажнении и холодной весне, когда нитрификационные процессы подавлены, в первом минимуме для растений находится азот. Содержание подвижной фосфорной кислоты в пахотном слое опытного участка составило 11-26 мг/кг почвы, что соответствует низкой и средней обеспеченности. Обменного калия в пахотном слое находилось в пределах от 400 до 800 мг/кг почвы. Это высокая и очень высокая обеспеченность.

Сумма поглощенных оснований в пахотном горизонте – 38-40 мг-экв./100 г почвы. В составе поглощенных оснований преобладает кальций, на долю которого приходится 89% от суммы. Магния содержится приблизительно 10% и в очень небольшом количестве, менее 2%, присутствует натрий. Физические свойства почвы опытного участка благоприятны в связи с высокой порозностью в верхней части профиля и водопроницаемостью, низкой плотностью сложения – в слое 0-40 см 1,18 – 1,22 г/см<sup>3</sup>, в слое 60-100 см – до 1,30 – 1,38 г/см<sup>3</sup>.

Влажность устойчивого завядания растений (ВУЗР) кукурузы составляет в слое почвы 0 – 20 см 12,5% на абсолютно сухое вещество почвы до 10,6% в слое 80-100 см (Агафонов Е.В., 1992). В целом почва опытного участка по плодородию, гранулометрическому составу, физико-химическим и другим свойствам благоприятны для возделывания кукурузы.

## **2.2 Климат и погодные условия в годы проведения исследований**

Отдельные районы нашей страны, в том числе и Ростовская область, периодически подвергаются засухе. По своему характеру засухи могут быть почвенными и атмосферными (Сотченко В.С., Горбачева А.Г. и др., 2014).

Природно-климатические условия оказывают большое влияние на производство зерновых культур. Они в значительной мере определяют урожайность, качество, затраты, эффективность производства (Алабушев А.В., Раева С.А., 2011).

Климат зоны проведения исследований засушливый, гидротермический коэффициент 0,7-0,8. Сумма осадков за теплый период составляет 270-300 мм (таблица 3).

Лето жаркое. Сумма температур за период с температурой с температурой более 10<sup>0</sup>С составляет 3200-3400<sup>0</sup>С, средняя температура июля 22-23 <sup>0</sup>С, продолжительность безморозного периода 180-190 дней. Зима умеренно мягкая: средняя температура января -5,0 <sup>0</sup>С, средний из абсолютных минимумов температуры воздуха за зиму - -20 – 25<sup>0</sup>С. Среднемноголетнее количество осадков составляет 502мм (Хрусталеv Ю.П., Василенко В Н. и др., 2002).

Погодно-климатические условия в годы проведения полевых опытов существенно отличались от средних значений.

Таблица 3 – Среднемноголетняя сумма осадков, температура воздуха и относительная влажность воздуха (метеостанция Маргаритово)

	Температура воз-	Количество	Относительная
--	------------------	------------	---------------

Месяцы	духа, °С	осадков, мм	влажность воздуха, %
Сентябрь	16,7	46	64
Октябрь	9,8	31	74
Ноябрь	3,3	35	85
Декабрь	-4,2	48	83
Январь	-2,0	35	85
Февраль	-2,8	28	83
Март	2,0	31	84
Апрель	10,3	38	75
Май	16,3	50	73
Июнь	21,0	62	64
Июль	23,3	50	61
Август	22,4	48	42
Среднее	9,7	-	73
Сумма	-	502	-

За 2010-2011 сельскохозяйственный год выпало 504,7 мм осадков (таблица 4), что практически равно среднегодовой норме.

Таблица 4 – Погодные условия в 2010-2011 сельскохозяйственном году  
(метеостанция Маргаритово)

Месяцы	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Относительная влажность воздуха, %
Сентябрь	19,3	27,4	61
Октябрь	8,6	47,7	77
Ноябрь	9,2	42,6	80
Декабрь	3,1	84,8	90
Январь	-4,3	33,5	85
Февраль	-5,5	28,7	77
Март	0,5	11,6	79
Апрель	8,9	51,7	70
Май	17,0	50,9	74
Июнь	22,4	42,9	66
Июль	26,1	64,6	62
Август	23,5	18,3	57
Среднее	10,7	-	73,2
Сумма	-	504,7	-

Среднегодовая температура воздуха превысила её на 1,0°С. Обильное увлажнение в осенне-зимний период и близкое к норме в весенний благоприят-



но отразилось на содержании продуктивной влаги в почве на начальном этапе вегетации растений кукурузы.

Летний период 2011 года характеризовался недобором осадков в 34,2 мм, но их дефицит отмечен только в августе. Во все летние месяцы температура была выше нормы: в июне - на 1,4, в июле – на 2,8, а в августе – на 1,1<sup>0</sup>С. Июльские осадки (64,6 мм) несколько сгладили влияние очень высоких температур, но острая засуха в августе оказала отрицательное действие на продуктивность кукурузы.

В 2011-2012 сельскохозяйственном году недобор осадков составил 50,2 мм. Среднегодовое значение температуры было выше нормы на 0,9 <sup>0</sup>С (таблица 5).

Таблица 5 - Погодные условия в 2011-2012 сельскохозяйственном году  
(метеостанция Маргаритово)

Месяцы	Температура воздуха, <sup>0</sup> С	Количество осадков, мм	Относительная влажность воздуха, %
Сентябрь	18,1	54,5	66
Октябрь	10,4	57,3	78
Ноябрь	0,5	17,3	79
Декабрь	2,8	41,9	88
Январь	-3,5	26,8	86
Февраль	-9,0	54,5	82
Март	-0,1	41,5	83
Апрель	13,2	44,4	72
Май	20,3	59,1	60
Июнь	23,8	9,8	63
Июль	26,0	15,4	53
Август	25,1	29,3	55
Среднее	10,6	-	72,1
Сумма	-	451,8	-

Распределение осадков в течение года было очень неравномерным. За осенне-зимний период их выпало больше нормы на 29,3 мм, а весной – на 31 мм, что обеспечило накопление наибольшего количества влаги в почве к посеву

кукурузы за все годы исследований. Но во все летние месяцы отмечен и острый дефицит влаги. Недостаток осадков за июнь-август составил 105,5 мм. Засуху усилила очень высокая температура, которая превысила норму на 2,7-2,8 °С, а в среднем за июнь-август составила 25,0 °С.

В 2012-2013 сельскохозяйственном году недобор осадков составил 110,6 мм, а превышение среднесезонных температур – 2,5°С (таблица 6). Острый недостаток влаги отмечен в осенний период – 75,8 мм. Зимние месяцы отличались обильным увлажнением – на 44,8 мм больше среднесезонных значений. Неравномерно выпадали осадки и в весенние месяцы, но в целом их сумма на 11,2 мм выше нормы. Лето было засушливым. Осадков выпало лишь 43% от среднесезонной нормы. Средняя температура за июнь-август составила 24,3°С. Засушливость в этом году в течение вегетации кукурузы была сильной, но несколько менее напряженной, чем в предыдущем году.

Таблица 6 - Погодные условия в 2012-2013 сельскохозяйственном году  
(метеостанция Маргаритово)

Месяцы	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Относительная влажность воздуха, %
Сентябрь	19,1	18,0	62
Октябрь	14,3	3,7	69
Ноябрь	6,1	14,5	76
Декабрь	-2,4	66,2	83
Январь	-0,8	74,0	90
Февраль	1,8	15,6	82
Март	3,8	62,4	76
Апрель	11,4	9,8	66
Май	20,4	58,0	61
Июнь	23,1	25,3	61
Июль	24,7	24,3	57
Август	25,1	19,6	50
Среднее	12,2	-	69
Сумма	-	391,4	-

### 2.3 Методика исследований

Объектами исследований были: среднепоздний гибрид кукурузы ПР 38А24. Оригинатор: PIONEERHI-BRED INTERNATIONALINK. Включен в Госреестр по Северо-Кавказскому региону. Рекомендован для возделывания в Ростовской области (Смиловенко Л.А., Романов Б.В., Чепец Т.А., 2007) и перепревший куриный помет (6-8 месяцев пассивного компостирования) на подстилке из подсолнечной производства птицефабрики СПК «Победа» Азовского района Ростовской области. Химический состав помёта представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Химический состав перепревшего куриного помета на подстилке из подсолнечной лузги

Наименование показателей	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 3 года
на абсолютно сухое вещество				
Влажность, %	48,5	32,0	45,6	42,0
Азот общий, %	1,98	1,66	2,90	2,18
Фосфор общий, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	4,20	3,80	2,50	3,50
Калий общий, K <sub>2</sub> O, %	2,90	1,80	3,00	2,57
Органическое вещество, %	38,06	31,16	46,10	40,10
Соотношение C:N	9,61	9,38	7,94	8,98
CaO, %	-	-	3,4	-
на фактическую влажность				
Азот общий, %	1,02	1,13	1,58	1,24
Фосфор общий, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	2,16	2,58	1,36	2,03
Калий общий, K <sub>2</sub> O, %	1,49	1,22	1,63	1,45
Органическое вещество, %	19,60	21,19	25,08	21,96
CaO, %	-	-	1,85	-

Исследования проводили в 2011-2013 гг. в условиях СПК «Победа» Азовского района Ростовской области.

Агротехника кукурузы на зерно - рекомендованная Зональными системами земледелия Ростовской области на 2011 - 2015 гг. Предшественник кукурузы – озимая пшеница.

**Схема однофакторного опыта была следующей:**

Применение удобрений: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2-6 варианты – применение перепревшего куриного помета в дозах 5,0; 7,5; 10,0; 15,0; 20,0 т/га; 7-9 варианты – применение минеральных удобрений в дозах  $N_{30}P_{30}K_{30}$ ;  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ;  $N_{90}P_{90}K_{90}$ ;

Опыт применения помёта на подстилке из подсолнечной лузги под сахарную свеклу и подсолнечник (Понятовский Ф.А., 2006; Манашов Д.А., 2012) свидетельствуют о существенном увеличении урожайности при повышении доз помета с 5 до 10 т/га и значительно более слабых изменениях при дальнейшем увеличении доз. Поэтому их шаг в диапазоне от 5 до 10 т/га выбран в пределах 2,5, а от 10 до 20 – 5 т/га.

Куриный помет в дозах 5-20 т/га вносили вручную весной под предпосевную культивацию почвы и заделывали на глубину 6-8 см. Применялось минеральное удобрение азофоска (16-16-16). Минеральные удобрения вносили весной под предпосевную культивацию кукурузы. Площадь опытной делянки в опытах – 36 м<sup>2</sup> (6 м\*6 м). Повторность опыта – 4х-кратная.

Закладка опытов, проведение наблюдений и учётов в течение вегетации осуществляли согласно методикам опытов с удобрениями (С.В. Щерба, Ф.А. Юдин, 1975; Ф.А. Юдин, 1980). Уборку урожая кукурузы проводили вручную.

Исследования проводили полевым и лабораторным методами с использованием следующих методик: отбор проб почвы – ГОСТ-28168-89; общие требования к проведению анализов – ГОСТ-29269-91; определение обменного аммония по методу ЦИНАО – ГОСТ 26489-85; нитратный азот – ГОСТ-26951-86; подвижные формы фосфора и обменного калия по методу Мачигина – ГОСТ 26205-91; влажность почвы – ГОСТ-28268-89; расчет продуктивной влаги с учетом влажности устойчивого завядания кукурузы – Е.В. Агафонов (1992); определение в растительных образцах фосфора – ГОСТ 26657-97; калия – ГОСТ 30504-97; азота – ГОСТ 13496.4-93; экономическую эффективность применения удобрений определяли по Баранову Н.Н. (1966); определение коэффициентов использования элементов питания из удобрений – разностным мето-

дом; математическая обработка полученных результатов по Б.А. Доспехову (1979) с использованием ПК и программы STATISTIKA 19.

Химические анализы почвенных и растительных образцов выполнены в лаборатории кафедры агрохимии и садоводства ДонГАУ, анализ химического состава подстилочного куриного помёта проведен в лаборатории ФГБУ ГЦАС «Ростовский».

Почва опытных участков - чернозём обыкновенный карбонатный мощный (предкавказский).

Климат Азовского района, где проводились исследования, засушливый, гидротермический коэффициент 0,7-0,8. Сумма осадков за теплый период составляет 270-300 мм. Лето жаркое. Сумма температур за период с температурой с температурой более 10<sup>0</sup>С составляет 3200-3400<sup>0</sup>С, средняя температура июля 22-23 <sup>0</sup>С, продолжительность безморозного периода 180-190 дней.

### **3. ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ И ЭЛЕМЕНТОВ**

## ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ ПОД КУКУРУЗОЙ

### 3.1 Содержание продуктивной влаги в почве

Производство зерна в засушливых условиях жестко лимитируется показателями почвенного плодородия и сухостью климата (Сорокин А.И., Гольдварг Б.А., Унканжинов Г.Д., 2012).

Анализ динамики продуктивной влаги в почве под кукурузой (рисунок 1, приложение 1-3) свидетельствует, что её запас в метровом слое к посеву находился в пределах от 195,9 (2011 г.) до 252,6 (2012 г.) мм, а в слое 0-60 см соответственно от 111,7 до 140,58 мм. В 2013 г. содержание влаги в слое 0-100 см было на 13,9 мм больше, чем в 2011, а в слое 0-60 см – практически таким же.

В течение вегетации кукурузы запас влаги в почве во все годы исследований существенно уменьшался. К фазе молочно-восковая спелость в 2012 и особенно в 2013 гг. при большом дефиците осадков и более высоких температурах в июне-начале августа снижение было значительно круче, чем в 2012 г. К уборке темп падения влажности почвы в 2012 г. существенно замедлился, в 2011 г. – приостановились, а в 2013 г. - продолжали нарастать. В связи с этим в слое почвы 0-100 см от посева до уборки потеря влаги в 2011 г. составила 108,4, в 2012 г. - 128,5, а в 2013 г. – 202,8 мм. В последнем случае расход почвенной влаги обусловлен в равной мере большим испарением с поверхности почвы и потреблением растениями на формирование очень большой массы растений и транспирацию.

Несмотря на очень высокие температуры и дефицит осадков в июле и августе 2013 г. в слоях почвы 0-20 и 20-40 см доступная влага в небольших количествах сохранялась даже в фазу молочно-восковой спелости. В 2011 и 2012 гг. вследствие выпадения осадков во второй половине вегетации, к уборке содержание влаги в почве изменилось в меньшей степени.

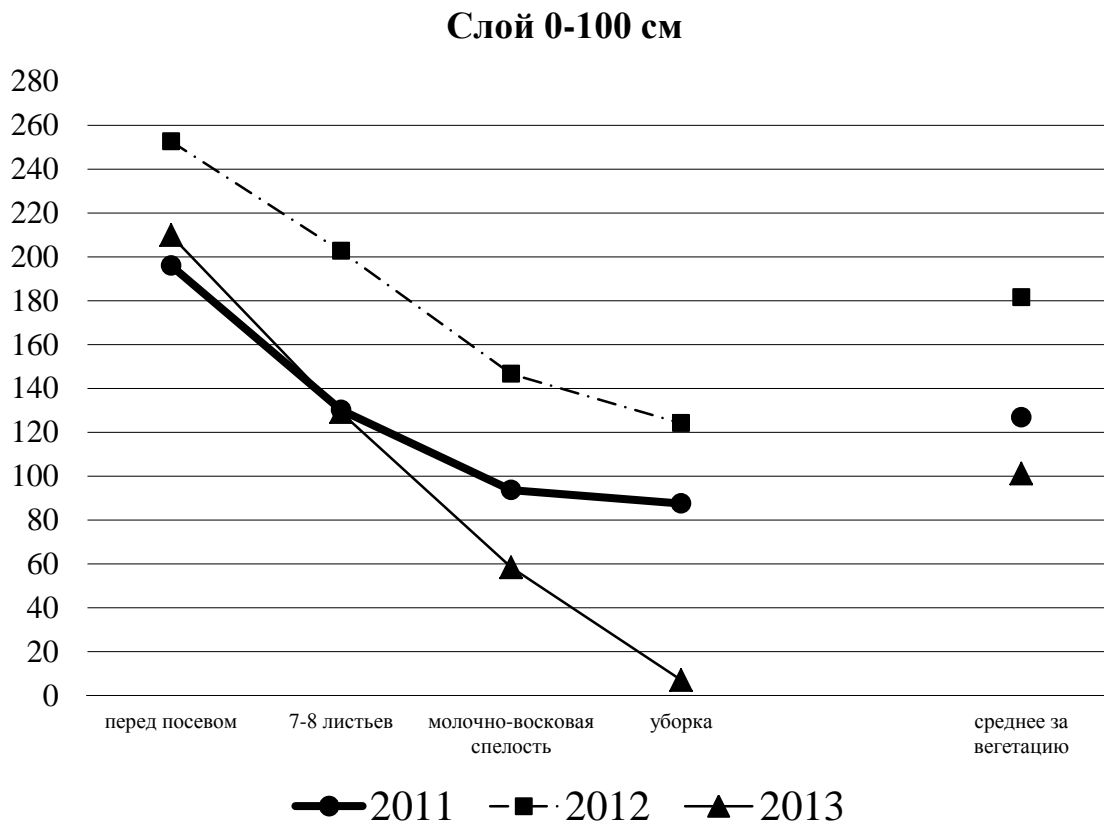
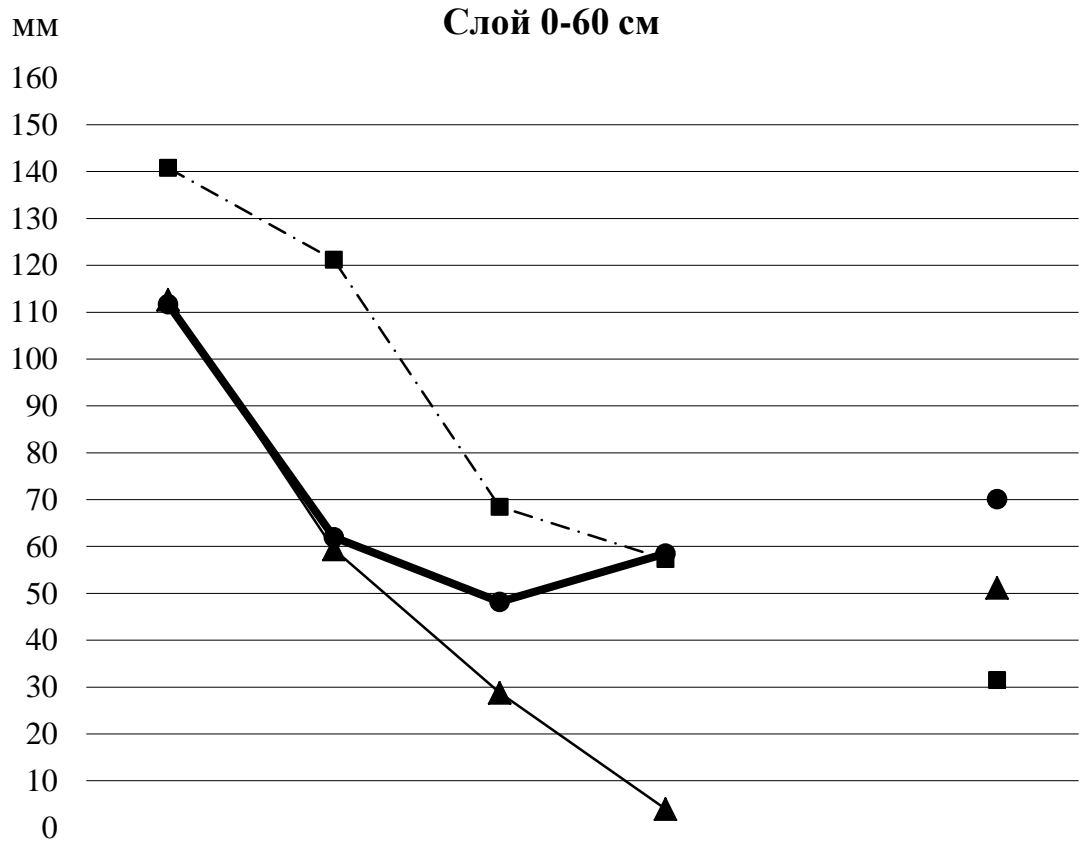


Рисунок 1. Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой, мм

В среднем за вегетацию кукурузы наибольшее содержание доступной влаги в почве зафиксировано в 2012 г. – 181,1 мм в слое 0-100 см. Главную роль здесь сыграл очень высокий её весенний запас. В фазу 7-8 листьев в почве ещё содержалось 202,6 мм продуктивной влаги, а в фазу молочно-восковой спелости и уборки 147 и 124 мм. В 2013 г. этот показатель был самым низким – 101,0 мм, вследствие низкой влажности почвы в середине и в конце вегетации. Второй год исследований занимает промежуточное положение – 126,8 мм в целом за вегетацию.

По содержанию влаги в слое 0-60 см различия между годами меньше – 19-27 мм от средней величины. В верхних слоях почвы режим влажности зависит не только от потребления растениями, испарения с поверхности почвы, но и от пополнения за счет поднятия влаги по капиллярам из слоя 60-80 см и более глубоких, а также осадков.

### **3.2 Содержание минерального азота в почве под кукурузой**

Основными формами минерального азота в почве являются нитратная и аммонийная. Эти формы азота хорошо усваиваются растениями, значение каждой из них определяется количеством в почве, степенью подвижности и скоростью утилизации в растениях (Ягодин Б.А. и др., 2002).

Перед посевом кукурузы запас минерального азота в слое почвы 0-40 см в 2011 году составил 82,4, в 2012 г. – 52,1, в 2013 г. – 47,9 кг/га. В первый период развития до образования 7-8 листьев растения кукурузы растут очень медленно и мало потребляют влаги и элементов питания. Он длится около полутора месяцев и проходит часто при достаточно высоких температурах, существенно активизирующих микробиологические процессы в почве. Поэтому к началу активной вегетации кукурузы обеспеченность почвы доступным азотом часто изменяется.

В фазу 7-8 листьев на контроле в 2011 г. содержание  $N_{\text{мин}}$  уменьшилось до 56,5, в 2012 г. – увеличилось до 102,4, а в 2013 г. изменилось мало – до 38,8



кг/га. Основная его часть была представлена нитратной формой: в 2011 г. 76,8, в 2012 г. – 82,8, в 2013 г. – 84,0%.

Погодные условия весны и начала лета оказали также большое влияние на минерализацию помета и уровень содержания доступного азота в почве. Его изменения к фазе 7-8 листьев в зависимости от дозы помета в разные годы наиболее наглядно представлены на рисунке 2.

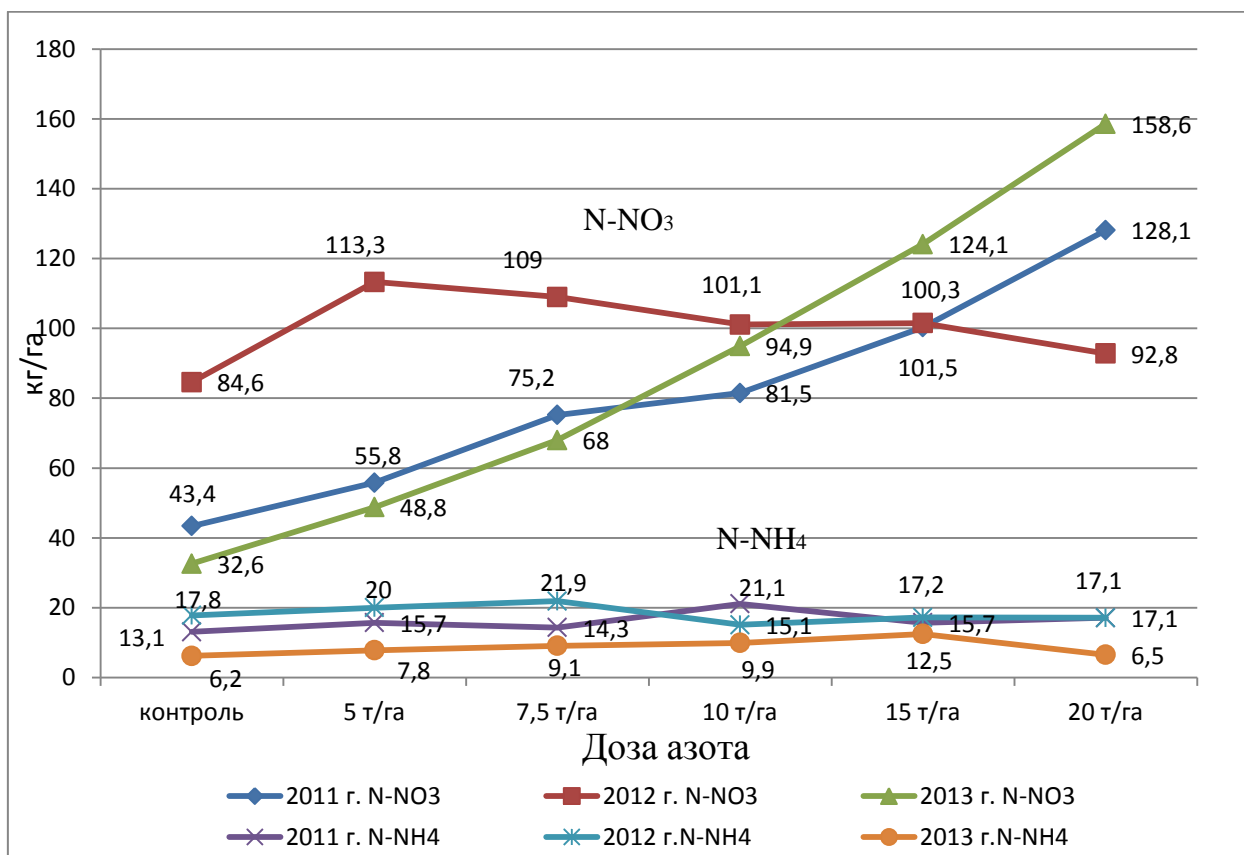


Рисунок 2. Влияние помета на содержание N-NH<sub>4</sub> и N-NO<sub>3</sub> в почве в фазу 7-8 листьев в слое почвы 0-40 см, кг/га

В 2011 г. на вариантах с помётом к фазе 7-8 листьев произошло увеличение содержания обеих форм азота в почве по сравнению с контролем, но в разной степени. Количество нитратного азота нарастало с повышением дозы помета. При внесении 15 т/га – до 100,3, 20 т/га – до 128,1 кг/га. Содержание аммонийного азота увеличилось лишь на 1,2-8,0 кг/га и зависимость от дозы помета была менее чёткой.

Изменения содержания всего минерального азота очень сходны с динамикой  $N-NO_3$ , но на более высоком уровне. При внесении 15 т/га помета запас  $N_{мин}$  составил 116,0, 20 т/га – 145,2 кг/га (рисунок 3).

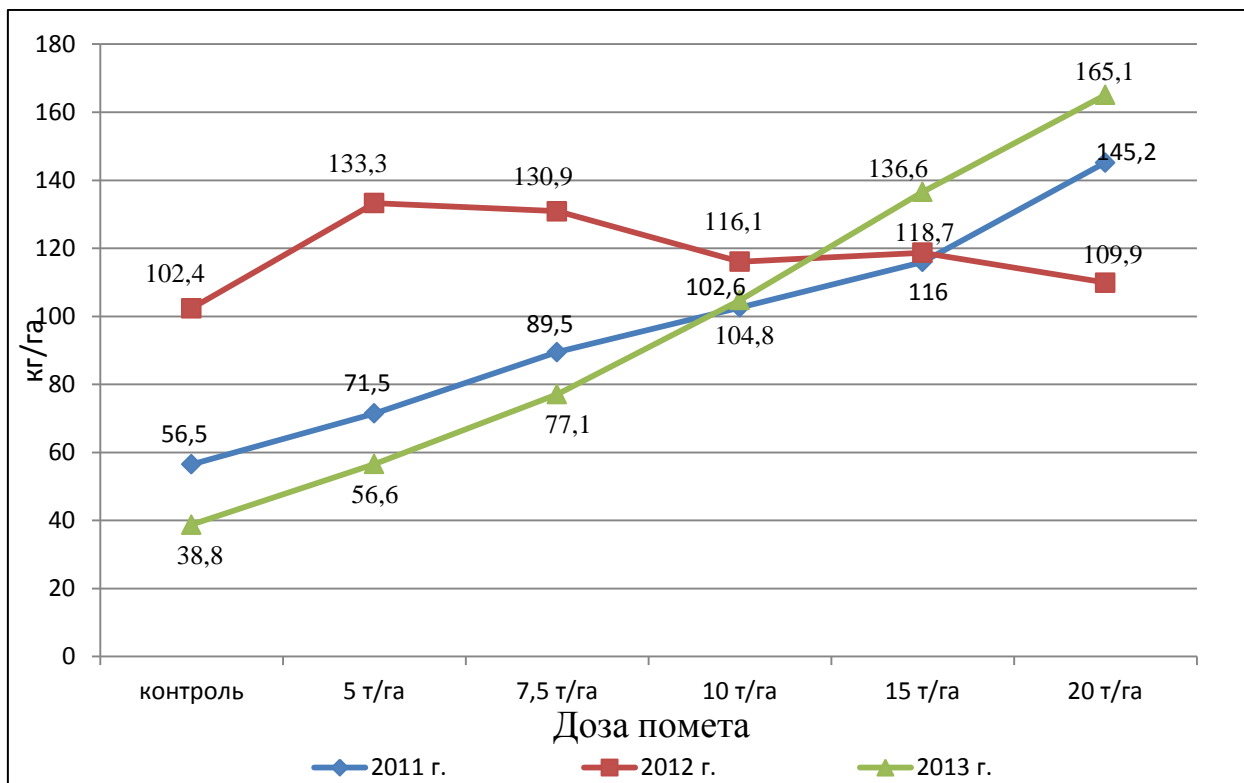


Рисунок 3. Содержание  $N_{мин}$  в почве под кукурузой в фазу 7-8 листьев, кг/га в слое почвы 0-40 см

В 2012 году при наиболее высоком уровне обеспеченности почвы нитратным азотом за все годы исследований – 84,6 кг/га на контроле наибольшее влияние на этот показатель оказало применение минимальной дозы помета 5 т/га. Здесь он увеличился до 113,3 кг/га.

С ростом дозы происходило уменьшение количества  $N-NO_3$  в почве. Минимум 92,8 кг/га отмечен на варианте с дозой 20 т/га. Содержание аммонийного азота в наибольшей степени – на 4,1 кг/га повышалось от внесения 7,5 т/га помета. Максимальное содержание  $N_{мин}$ , также, как и  $N-NO_3$ , отмечено на варианте с дозой помета 5 т/га – 133,3, а минимальное – 109,9 кг/га при внесении 20 т/га.

Объяснить такое явление, по-видимому, можно следующим образом. В 2012 г. сложились самые благоприятные условия для минерализационных процессов в почве и особенно нитрификации: температура в апреле была на 2,9, а в мае на 4,0<sup>0</sup>С выше нормы и существенно больше, чем в другие годы. Количество осадков за эти месяцы на 15,5 мм превышало норму.

Более высокая, чем в 2011 и 2013 гг. температура отмечена также в первой половине июня. В целом за месяц она 2,8<sup>0</sup>С превысила норму. К середине июня в 40-сантиметровом слое содержалось в 2012 г. – 17,8 кг/га азота в форме аммония, в 2011 г. - 13,1, в 2013 г. – 6,2 кг/га. Но наибольшее преимущество в 2012 г. по сравнению с другими проявилось в содержании нитратного азота – на 41,2-52,0 кг/га.

Благоприятными были в 2012 г. условия и для минерализации органического вещества помета. Однако уже при внесении 5-7,5 т/га количество нитратного азота в почве превысило 110,0, а всего минерального 130 кг/га. С повышением дозы помета положительный эффект уменьшался. Создалась концентрация соединений азота в почвенном растворе, которая, по-видимому, была предельной для оптимальной деятельности аммонифицирующей и нитрифицирующей микрофлоры. Дальнейшее увеличение дозы помета приводило к её угнетению. Нельзя исключить и вероятность негативного влияния антибиотиков, используемых при выращивании птицы и содержащихся в помете ([http://revolution.allbest.ru/biology/00100917\\_0.html](http://revolution.allbest.ru/biology/00100917_0.html)). Их активность при повышенных температурах почвы могла усилиться.

В 2013 г. отмечено минимальное содержание аммонийного азота в почве. Использование помета вызвало существенное его увеличение. Максимальный прирост к контролю дало применение 15 т/га помета – 6,3 кг/га или 101,6%. Лишь при внесении 20 т/га он резко сократился. Кривая увеличения содержания нитратного азота в почве при повышении дозы помета была самой крутой за все годы исследований – от 32,6 кг/га на контроле до 158,6 кг/га на варианте с дозой 20 т/га. Одной из основных причин этого является и более высокая кон-

центрация общего азота в помете, внесенном в 2013 г. В 10 т/га помета содержание азота составляло: в 2011 г. – 102, 2012 г. – 113, а в 2013 г. – 158 кг. Кроме того, повышалась интенсивность нитрификации аммония, образующегося из органического вещества помета весной и в начале лета, в этом году. Возможно, лишь большая концентрация солей азотной кислоты в почвенном растворе на варианте с дозой помета 20 т/га негативно действовала на почвенные микроорганизмы, осуществляющие аммонификацию органического вещества.

Характер изменения содержания  $N_{\text{мин}}$  в почве под действием помета во все годы очень сходен с динамикой содержания нитратного азота вследствие незначительной доли в нём аммонийного. Здесь также проявилось существенные различия между 2011, 2013 и 2012 гг. как по уровню содержания на контроле, так и по влиянию помета на этот показатель. Максимальное увеличение содержания  $N_{\text{мин}}$  в 2011 и 2013 гг. отмечено при внесении 20 т/га – до 145,2 и 165,1 кг/га, а в 2012 г. – до 133,3 кг/га от 5 т/га.

Ещё более наглядны изменения содержания минерального азота в почве в зависимости от количества азота, вносимого с пометом (рисунок 4). В 2013 г. при минимальном исходном уровне  $N_{\text{мин}}$  – 38,8 кг/га и наибольшем – в помете амплитуда его изменений максимальная: от 17,8 до 126,3 кг/га. В 2011 г. при содержании  $N_{\text{мин}}$  на контроле 56,5 кг/га диапазон изменений был в пределах от 15,0 до 88,7 кг/га. Их характер, как и в 2013 г., был практически линейным. В целом за 2 эти года зависимость очень тесная,  $r = 0,922 \pm 0,193$  и описывается уравнением  $y = 0,088x + 59,1$ . Каждые 10 кг азота в помете вызывали увеличение содержания  $N_{\text{мин}}$  в слое почвы 0-40 см на 3,82 кг/га.

В 2012 г. на фоне 102,4 кг/га  $N_{\text{мин}}$ , содержащегося в почве, наибольшее его повышение – 30,9 кг/га произошло при внесении с 5 т/га помета 56 кг/га азота, а с увеличением дозы азота до 224 кг/га разница с контролем уменьшилась до 7,5 кг/га.

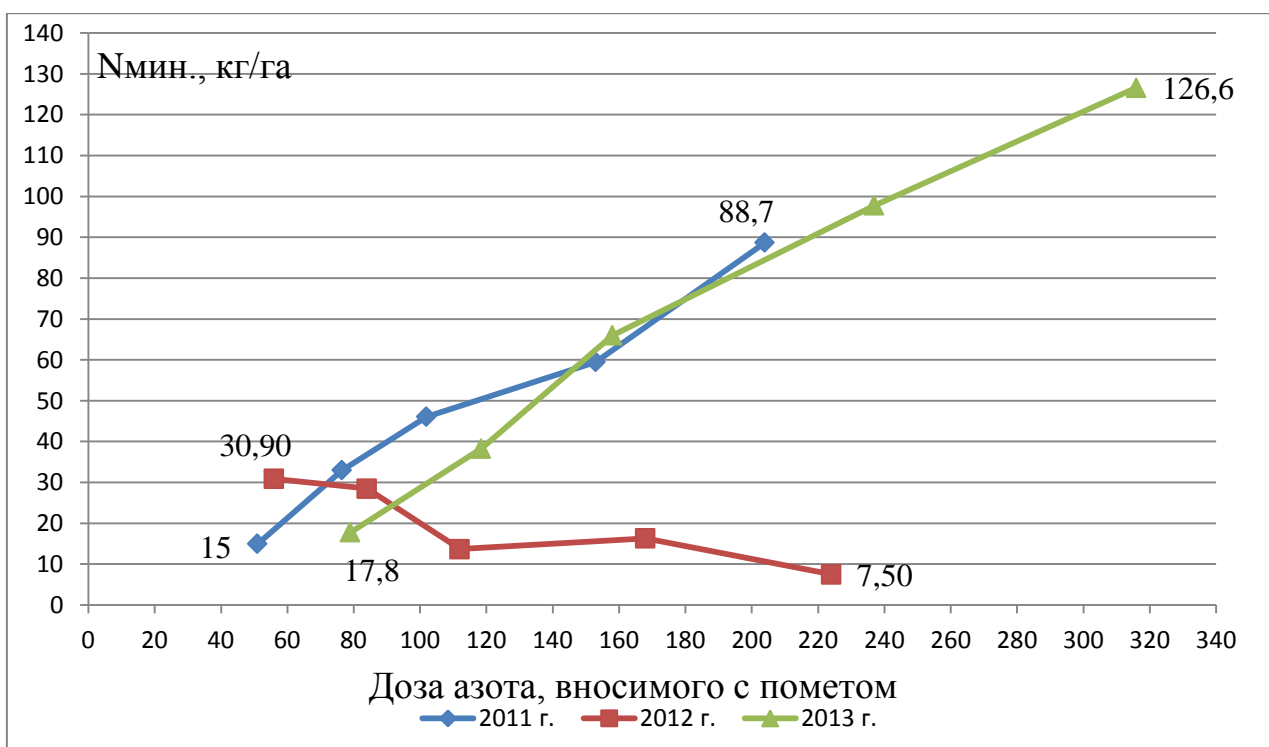


Рисунок 4. Изменения содержания  $N_{\text{мин.}}$  в почве под кукурузой в фазу 7-8 листьев в зависимости от количества азота, вносимого с пометом, кг/га в слое почвы 0-40 см

Применение минеральных удобрений также существенно влияло на азотный режим почвы. К фазе 7-8 листьев большие изменения произошли в 2011 и 2013 г. (таблица 8) в основном за счёт повышения содержания нитратного азота в почве. Максимальное увеличение содержания  $N\text{-NO}_3$  отмечено при внесении оптимальной дозы  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – на 85,5 кг/га по сравнению с контролем.

Дальнейшее повышение дозы удобрений к росту этого показателя не привело, вероятнее всего, по уже описанной выше причине. В 2013 г. содержание нитратного азота на варианте с  $N_{60}P_{60}K_{60}$  повысилось по сравнению с контролем на 57,2, при внесении  $N_{90}P_{90}K_{90}$  – на 63,6 кг/га. Изменения в содержании аммонийного азота по сравнению с контролем во все годы незначительны – 0,8-2,0 кг/га. Содержание минерального азота в почве было более высоким во все годы исследований на вариантах с дозами NPK 60 и 90 кг/га: в 2011 г. – 143,9 и 135,1 кг/га, в 2012 г. – 111,6 и 123,0 кг/га, в 2013 г. – 97,9 и 105, кг/га. В среднем за три года отмечено небольшое преимущество варианта с наибольшей дозой NPK. Действие  $N_{30}P_{30}K_{30}$  во все годы исследований было слабее.

Таблица 8 – Динамика азота в почве под кукурузой при внесении минеральных удобрений, слой 0-40 см, кг/га

Вариант	Срок отбора								
	7-8 листьев			молочно-восковая спелость			полная спелость		
	N- NH <sub>4</sub>	N- NO <sub>3</sub>	N <sub>мин</sub>	N- NH <sub>4</sub>	N- NO <sub>3</sub>	N <sub>мин</sub>	N- NH <sub>4</sub>	N- NO <sub>3</sub>	N <sub>мин</sub>
2011 г.									
контроль	13,1	43,4	56,5	8,3	64,6	72,9	10,0	24,8	34,8
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	13,9	78,3	92,2	10,6	56,4	67,0	8,3	25,4	33,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	15,1	128,8	143,9	9,1	43,6	52,7	7,4	27,4	34,8
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	15,1	120,0	135,1	9,8	57,5	67,3	9,8	30,5	40,3
2012 г.									
контроль	17,8	84,6	102,4	11,5	64,4	75,9	11,0	65,2	76,2
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	17,6	91,8	109,4	11,3	73,6	84,9	12,6	72,7	85,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16,5	95,1	111,6	11,9	88,7	100,6	13,1	69,5	82,6
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	21,0	102,0	123,0	14,6	88,6	103,2	9,8	73,3	83,6
2013 г.									
контроль	6,2	32,6	38,8	5,5	85,9	91,4	6,2	52,1	58,3
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	9,1	52,5	61,6	5,0	87,1	92,1	6,4	57,6	64,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8,1	89,8	97,9	6,2	95,1	101,3	5,5	49,4	54,9
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	8,8	96,2	105,0	5,0	99,1	104,1	6,2	64,7	70,9
среднее за 2011-2013 гг.									
контроль	12,4	53,5	65,9	8,4	71,6	80,1	9,1	47,4	56,4
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	13,5	74,2	87,7	9,0	72,4	81,4	9,1	51,9	61,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13,2	104,6	117,8	9,1	75,8	84,9	8,7	48,7	57,4
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	15,0	106,1	121,1	9,8	81,7	91,5	8,6	56,2	64,8

Общим в динамике аммонийного азота в почве в течение вегетации кукурузы при внесении помета было уменьшение его содержания в период от фазы 7-8 листьев до молочно-восковой спелости зерна (рисунок 5). Это проявилось как на контроле, так и на всех вариантах с пометом также, как и с минеральными удобрениями. Снижение чаще было в пределах 2-6, но иногда достигало 10 кг/га.

На следующем этапе – до полной спелости зерна картина несколько изменилась. На контроле и при внесении минеральных удобрений уровень содержания N-NH<sub>4</sub> в почве стабилизировался, а на вариантах с пометом продолжал

уменьшаться и стал ниже, чем на контроле. Последнее является следствием усиления интенсивности процесса нитрификации в почве при внесении помета.

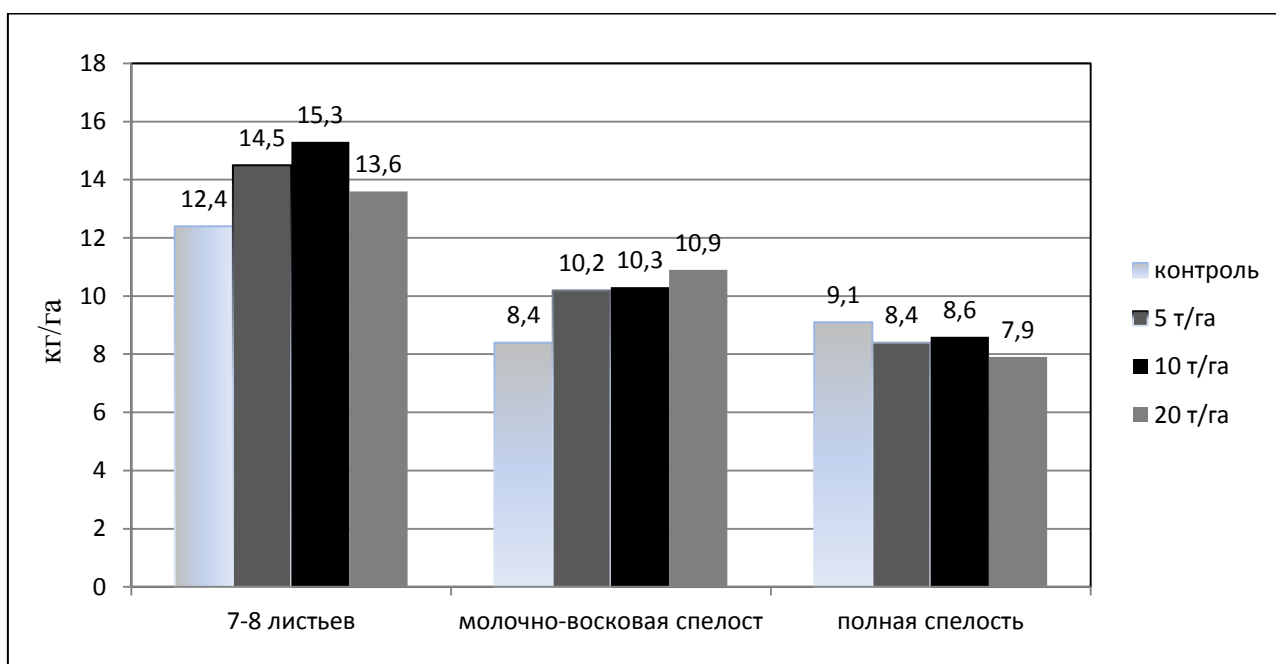


Рисунок 5. Динамика N-NH<sub>4</sub> в почве под кукурузой в слое 0-40 см при внесении помета среднее за 2011-2013 гг.

Значительно большее изменялось обеспеченность почвы в течение вегетации нитратным азотом (рисунок 6-8). В 2011 г. содержание N-NO<sub>3</sub> с фазы 7-8 листьев до молочно-восковой спелости на контроле и варианте с минимальной дозой помета увеличилось, при внесении, 7,5 и 10 т/га оставалось примерно на одинаковом уровне, а при дальнейшем повышении дозы снижалось, особенно резко на варианте с 20 т/га. Это можно объяснить следующим. При внесении 7,5-10 т/га помета дополнительный азот, образующийся в результате нитрификации, полностью поглощался растениями кукурузы.

При внесении 15 т/га поглощение превышало поступление, а доведение дозы до 20 т/га вызывало угнетение нитрификационного процесса. Об этом свидетельствует и уменьшение убыли количества аммонийного азота.

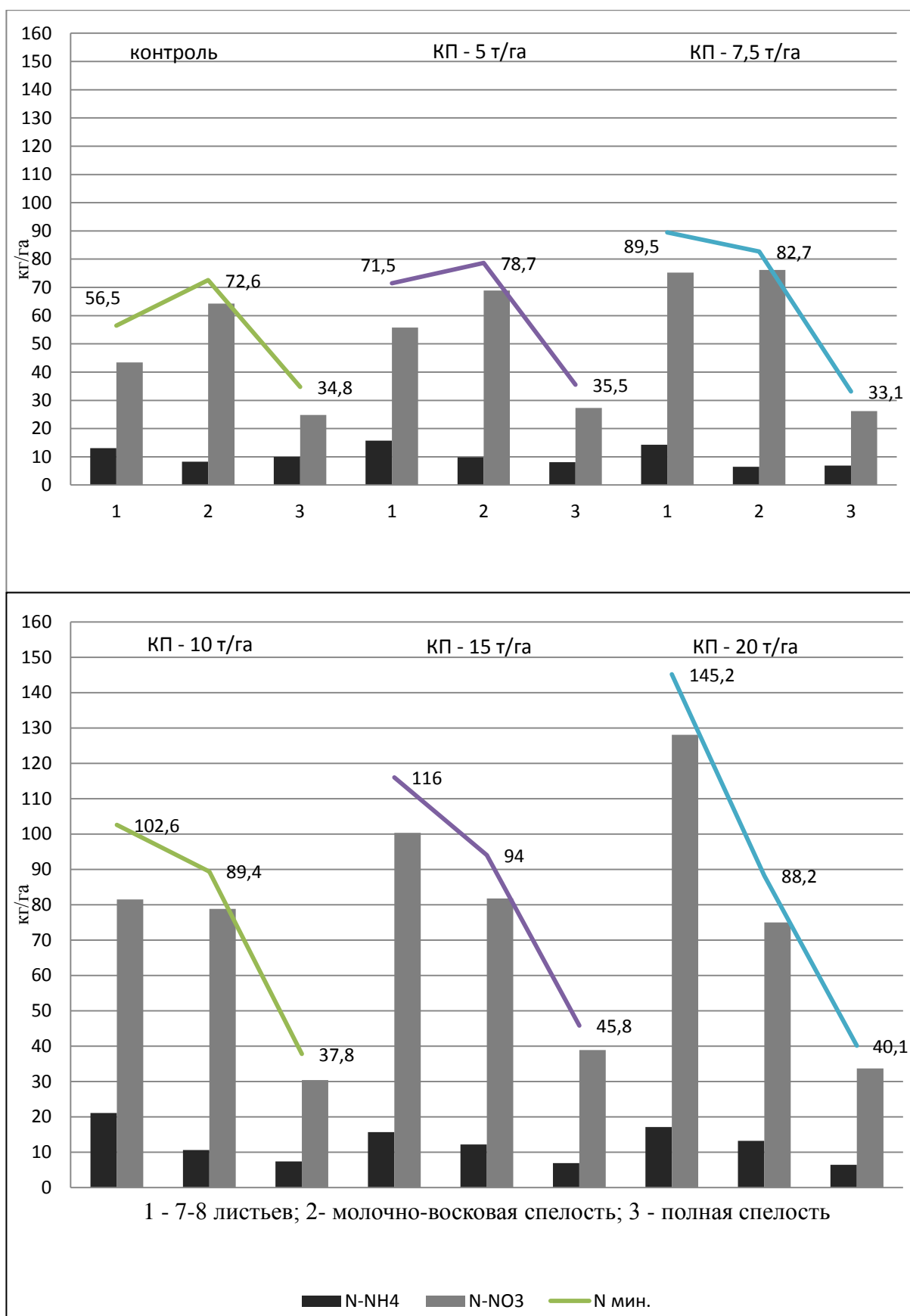


Рисунок 6. Динамика минерального азота в почве под кукурузой в 2011 году в слое почвы 0-40 см, кг/га



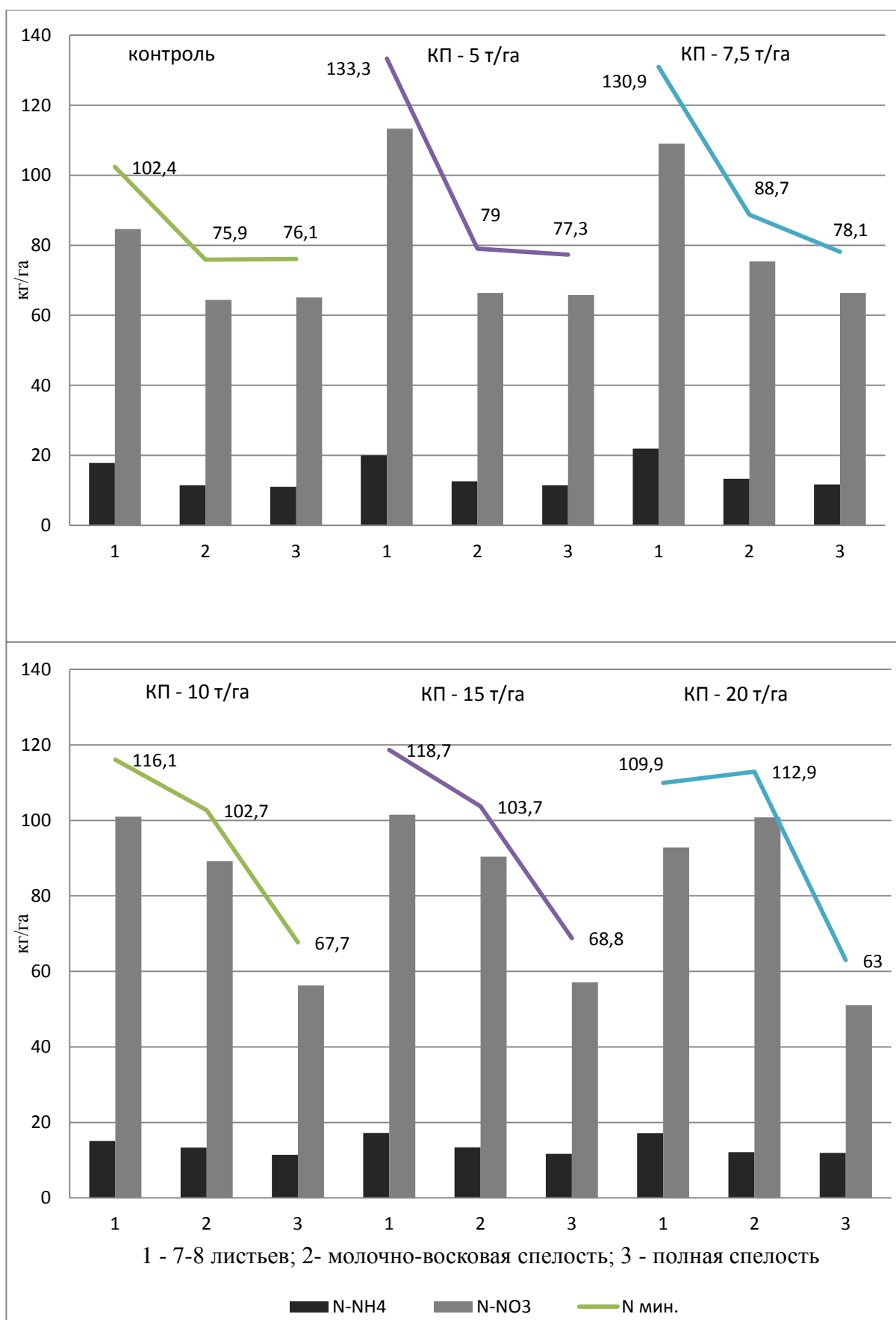


Рисунок 7. Динамика минерального азота в почве под кукурузой в 2012 году в слое почвы 0-40 см, кг/га

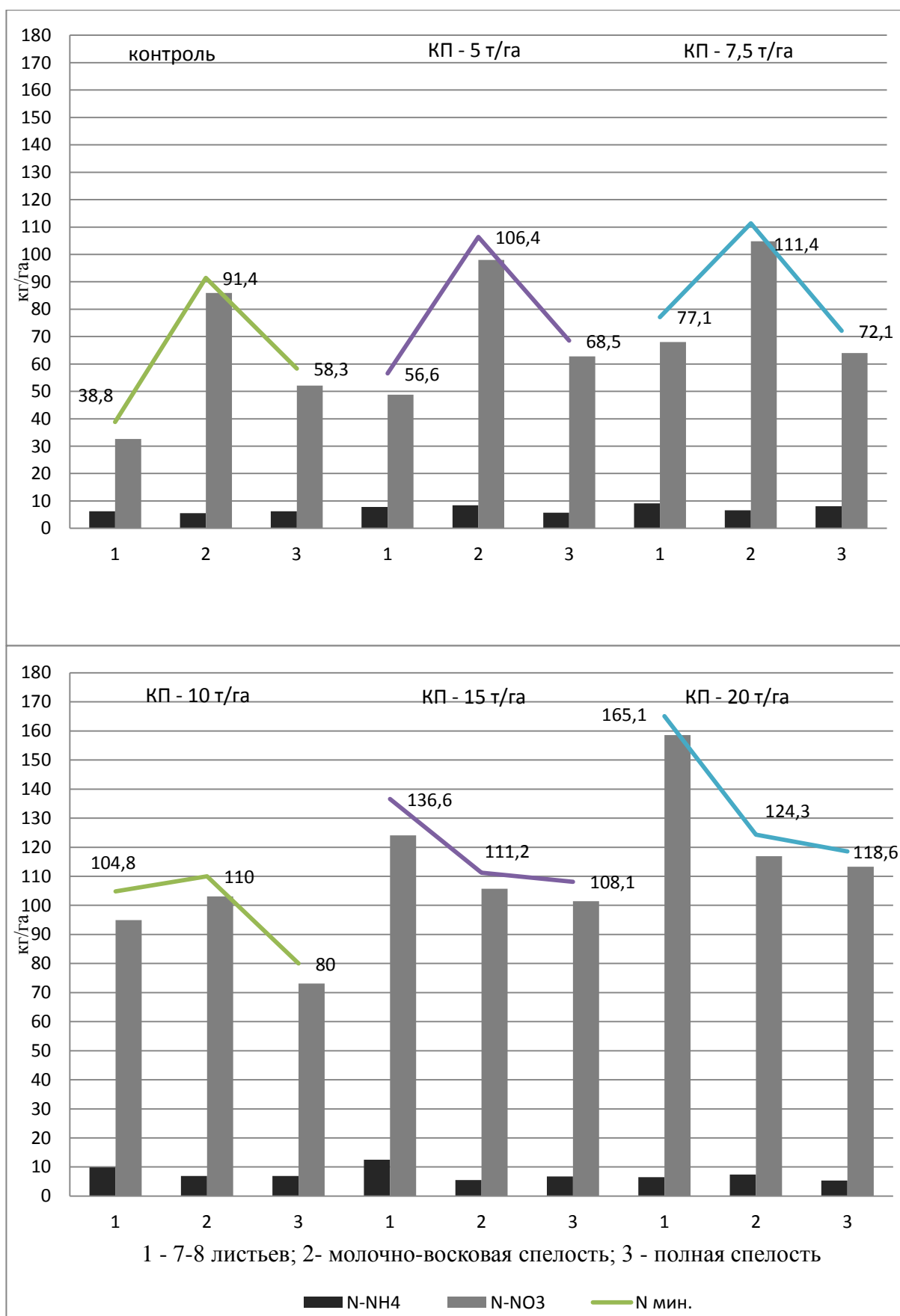


Рисунок 8. Динамика минерального азота в почве под кукурузой в 2013 году в слое почвы 0-40 см, кг/га

В период от молочно-восковой до полной спелости зерна на всех вариантах проявлялось одинаковая тенденция – резкое падение уровня содержания нитратного азота в почве в связи с ослаблением нитрификации и продолжающимся использованием почвенного азота растениями и почвенной микрофлорой. На вариантах с минеральными удобрениями отмечены те же закономерности, что и на вариантах с пометом в высоких дозах.

В 2012 г. к фазе молочно-восковая спелость зерна на контроле и вариантах с дозами помета 5 и 7,5 т/га содержание нитратного азота существенно снизилось, но оставалось ещё на высоком уровне – 76-89 кг/га. При внесении 10 и 15 т/га снижение составило всего 14-15 кг/га, а при 20 т/га оно даже незначительно увеличилось. Следовательно, процесс нитрификации, который сдерживался здесь в начале вегетации из-за большой концентрации почвенного раствора, усилился. На последующем этапе произошло снижение содержания N-NO<sub>3</sub> в почве, которое становилось больше с ростом дозы помета, но на всех вариантах опыта его уровень и к уборке остался достаточно высоким – 63,0-78,1 кг/га. Можно предположить, что более интенсивное снижение запаса минерального азота в почве на вариантах с пометом в дозах 10, 15 и особенно 20 т/га, обусловлено усиленным потреблением почвенной микрофлорой.

В 2013 г. все варианты с пометом по характеру изменений содержания N-NO<sub>3</sub> в почве, происходивших на этапах 7-8 листьев – молочно-восковая спелость-полная спелость зерна можно разделить на две группы: первая – контроль, 5 и 7,5 т/га помета; вторая – 15 и 20 т/га. В первой произошло резкое увеличение уровня N-NO<sub>3</sub>, начиная с фазы 7-8 листьев до молочно-восковой спелости и практически такое же его падение на следующем этапе. Во второй – значительное уменьшение в первой период и небольшое – во второй. Обеспеченность почвы этой формой азота на вариантах с пометом в дозах 15 и 20 т/га в целом за вегетацию была очень высокой – 110-130 кг/га.

Промежуточное положение занимает вариант с дозой помета 10 т/га. В течение всего первого периода содержание N-NO<sub>3</sub> в почве было в пределах 104-

110, а к уборке понизилось до 80 кг/га. То есть, обеспеченность почвы нитратной формой азота была здесь стабильной и умеренно высокой.

Обобщение данных о динамике содержания нитратного азота в почве за 2011-2013 гг. показывает, что к фазе 7-8 листьев происходило существенное повышение количества N-NO<sub>3</sub> под действием помета. Различия по сравнению с контролем увеличились с ростом дозы и на варианте с 20 т/га достигли 73 кг/га или 136,4% (рисунок 9).

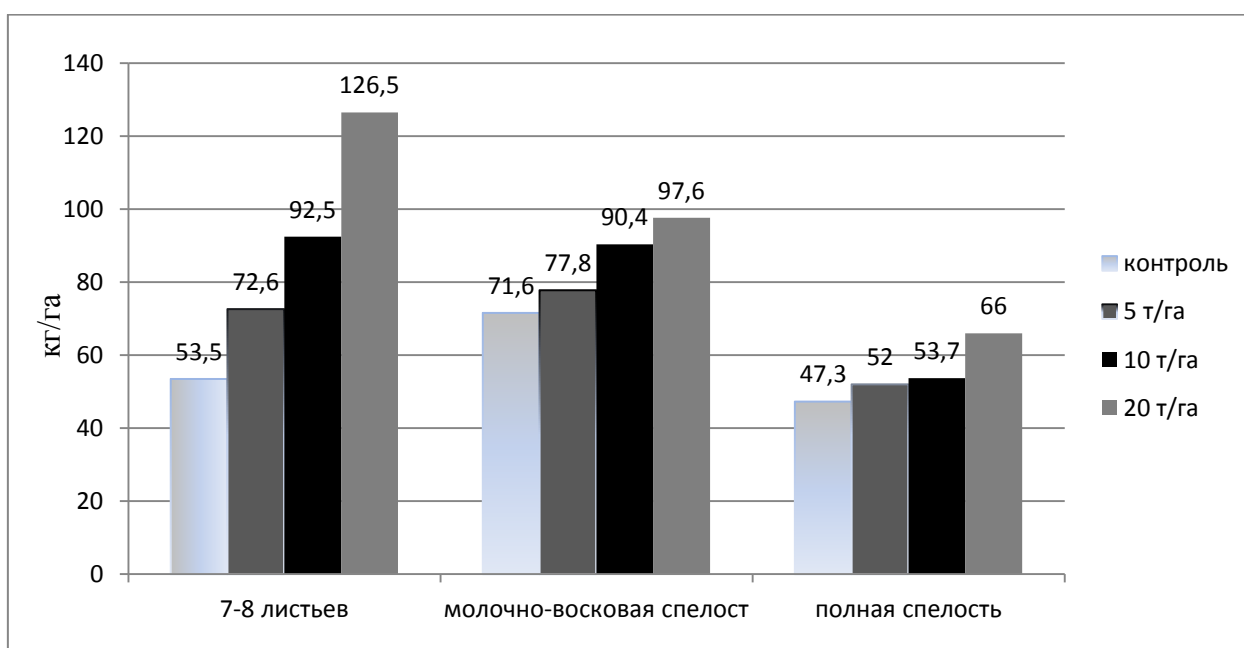


Рисунок 9. Динамика N-NO<sub>3</sub> в почве под кукурузой в слое почвы 0-40 см, при внесении помета, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

К фазе молочно-восковой спелости на контроле запас N-NO<sub>3</sub> в почве повысился на 18,1 кг/га, на варианте с дозой помета 5 т/га – на 5,2 кг/га, при внесении 10 т/га он остался практически на том же уровне, а при 20 т/га уменьшился на 29,0 кг/га. Различия между вариантами сохранились, но сократились при этом до 6,2-12,6 кг/га. Такие изменения стали, по-видимому, следствием совокупности нескольких процессов. Количество азота, образовавшегося в результате нитрификации за этот период в почве на контроле и варианте с дозой помета 5 т/га, превышало его потребление растениями. При внесении 10 т/га оно выравнивалось. Причиной резкого уменьшения содержания N-NO<sub>3</sub> в почве на варианте с дозой помета 20 т/га вероятнее всего стало усиление его потреб-

ления почвенной микрофлорой, поскольку существенного увеличения массы растений кукурузы и потребления ими азота здесь не наблюдалось.

К концу вегетации на всех вариантах чётко обозначилось тенденция значительного уменьшения запаса нитратного азота в почве вследствие ослабления нитрификационного процесса при продолжении интенсивного потребления азота кукурузой. Преимущество вариантов с помётом сравнению с контроле сократилось до 5-9 кг/га.

Анализ динамики всего минерального азота в почве под кукурузой показывает, что она очень сходна с изменениями в содержании нитратного азота в почве при несколько более высоком уровне значений.

В 2013 г. при наиболее низком исходном содержании  $N_{\text{мин}}$  в почве на этапе 7-8 листьев - молочно-восковая спелость произошло увеличение его содержания на контроле и вариантах с дозами помёта 5-10 т/га, но с повышением дозы до 10 т/га положительный эффект резко уменьшался. На вариантах с 15 и 20 т/га он сменился на обратный, который усилился с повышением дозы. Аналогичная картина была и в 2011 году, но отрицательный эффект проявился уже при доведении дозы помёта до 7,5 т/га, а на варианте с 20 т/га падение содержания  $N_{\text{мин}}$  составило уже 57 кг/га. При самом большом исходном запасе минерального азота в 2012 г. его снижение проявилось особенно сильно на вариантах с дозами помёта 5 и 7,5 т/га, где количество  $N_{\text{мин}}$  в почве в фазу 7-8 листьев было в пределах 130,9-165,1 кг/га. Следовательно, увеличение содержания минерального азота в слое 0-40 см свыше 130 кг/га на последующем этапе на фоне снижения влажности почвы вызывает угнетение почвенной микрофлоры, как аммонифицирующей, так и нитрифицирующей.

Во второй половине вегетации содержание  $N_{\text{мин}}$  в почве уменьшалось во все годы и на всех вариантах опыта. В 2011 г. отрицательный эффект нарастал при повышении дозы, в 2012 г. – мало зависел от неё, а в 2013 г. - уменьшался при внесении больших доз. В последнем случае это связано с большим количе-

ством азота в помете и продолжающийся до конца вегетации кукурузы его минерализации.

Существенное уменьшение количества минерального азота в почве к концу вегетации кукурузы может быть обусловлено не только продолжающимся потреблением растениями кукурузы, но и иммобилизацией его почвенной микрофлорой (Агеев В.В., 2006; Шеуджен А.Х., 2006).

При внесении минеральных удобрений к фазе 7-8 листьев наибольшие изменения во все годы произошли в содержании N-NO<sub>3</sub>. В среднем за 2011-2013 гг. оно увеличилось по сравнению с контролем на 51,1 кг/га. Действие N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> было эквивалентно влиянию помета в дозе 10 т/га. Изменения в количестве аммонийного азота незначительны – 0,8 кг/га. К фазе молочно-восковая спелость содержание обеих форм азота существенно уменьшилось. Преимущество по сравнению с контролем стало минимальным: N-NO<sub>3</sub> – 4,2, а N-NH<sub>4</sub> – 0,7 кг/га. К концу вегетации и оно утратилось.

Обобщение данных за три года исследований показывает, что от фазы 7-8 листьев до молочно-восковой спелости увеличение количества N<sub>мин.</sub> в почве произошло только на контроле (рисунок 10).

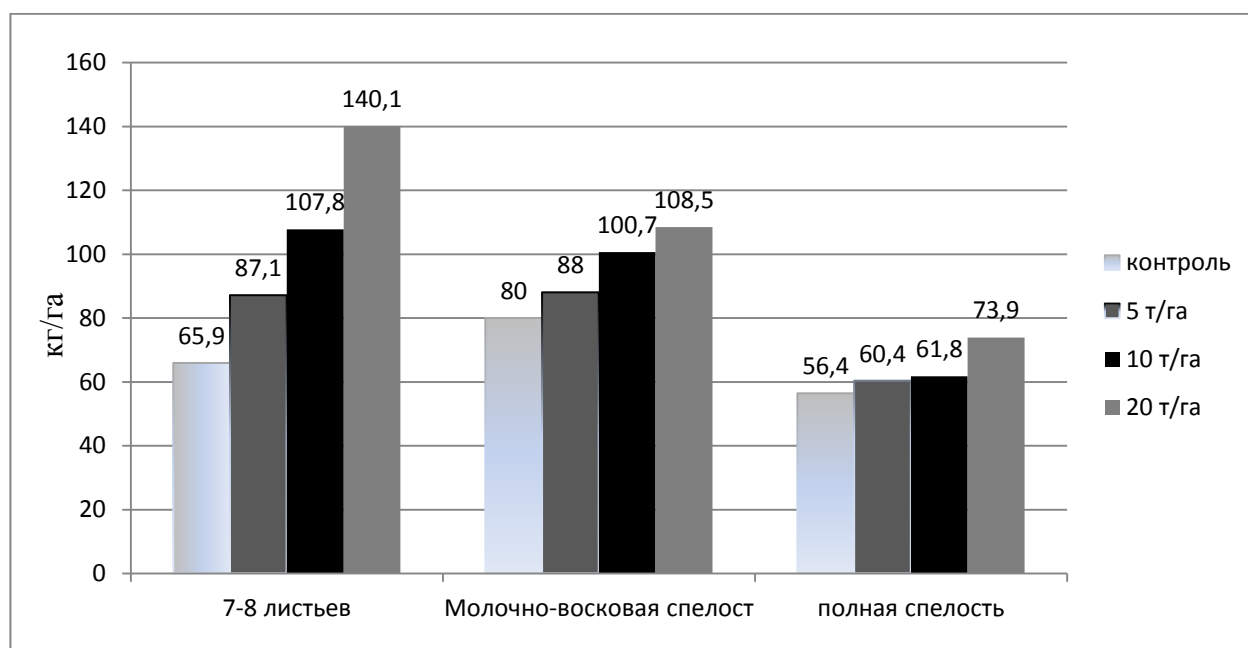


Рисунок 10. Динамика N<sub>мин.</sub> в почве под кукурузой в слое почвы 0-40 см, при внесении помета, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

При внесении 5 т/га помета оно стабилизировалось на уровне 87-88 кг/га, а при внесении 10 т/га произошло небольшое снижение – на 7,1 кг/га. В целом обеспеченность почвы минеральным азотом на этом варианте в период 7-8 листьев – молочно-восковая спелость была в пределах 108-101 кг/га. Существенное уменьшение  $N_{\text{мин.}}$  произошло лишь на варианте с дозой помета 20 т/га.

Анализ влияния помёта на азотный режим почвы в целом за вегетацию кукурузы (рисунок 11) показывает, что в год с наибольшим содержанием нитратного и аммонийного азота в почве к началу активной вегетации кукурузы (2012 г.) содержание  $N\text{-NO}_3$  увеличивалось под влиянием всех доз помета примерно одинаково – с 71,4 до 81,6-83,6 кг/га.

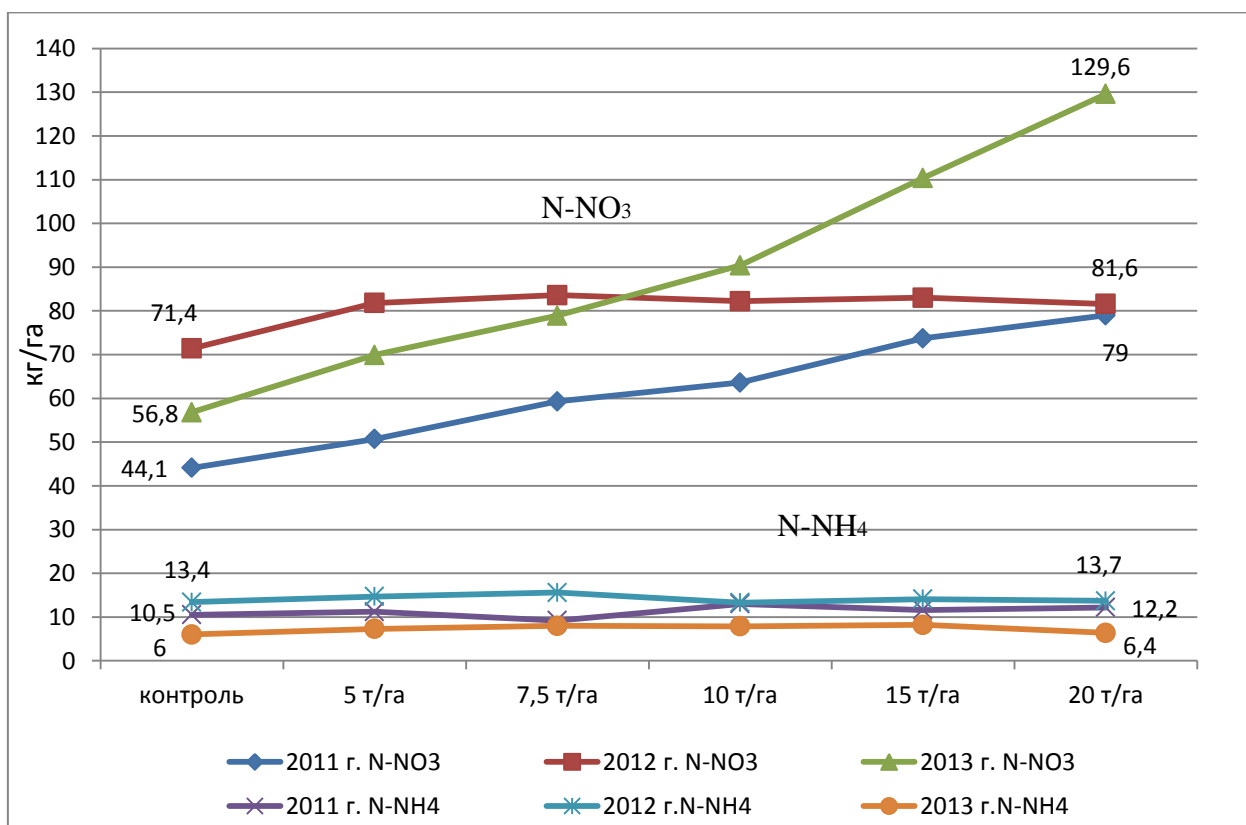


Рисунок 11. Влияние помета на содержание  $N\text{-NH}_4$  и  $N\text{-NO}_3$  в почве в целом за вегетацию кукурузы в слое почвы 0-40 см, кг/га

Наибольшие изменения нитратного режима почвы применение помёта вызвало в 2013 г. за счёт интенсивной нитрификации. Количество  $N\text{-NO}_3$  повышалось почти линейно с увеличением дозы до 20 т/га, где прирост к контролю составил около 73 кг/га. Содержание  $N\text{-NH}_4$  в почве в этом году было мини-

мальным за все годы исследований, поскольку он в большей степени подвергался нитрификации. Чёткой зависимости содержания этой формы азота в почве от дозы помета во все годы не наблюдалось. Имела место небольшая тенденция увеличения по сравнению с контролем.

Обобщение результатов по влиянию помета на содержание доступного растениям азота в почве в среднем за 2011-2013 гг. сделано в целом за вегетацию и в начале интенсивного роста растений кукурузы – фаза 7-8 листьев (рисунок 12, 13).

В обоих случаях прослеживается чёткая картина повышения содержания нитратного азота с увеличением дозы помета. Более крутой наклон линии тренда отмечен в фазу 7-8 листьев. Максимальное увеличение достигнуто при внесении 20 т/га помета – 73,0 кг/га. Содержание аммонийного азота было практически одинаковым на вариантах с дозами помета 7,5-15 т/га и несколько меньше при внесении 20 т/га. Это могло быть следствием как более интенсивной нитрификации, так и некоторого ослабления процесса аммонификации при повышенной концентрации нитратов в почве.

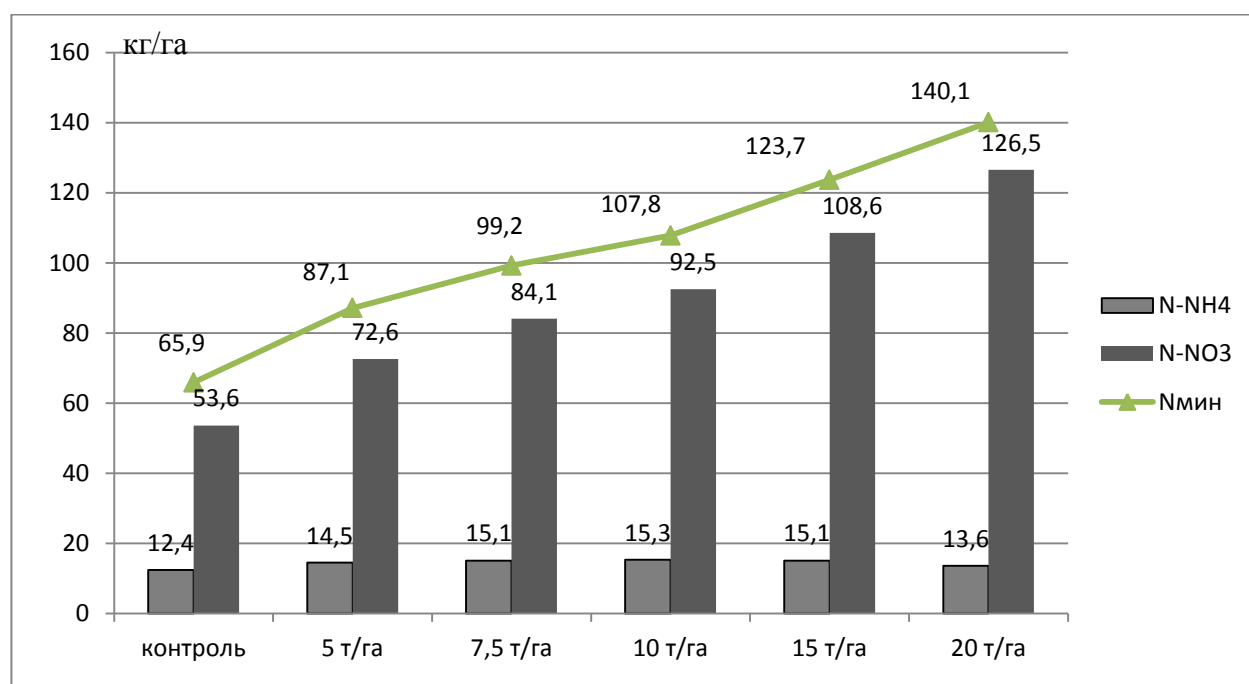


Рисунок 12. Влияние помета на содержание азота в почве под кукурузой в фазу 7-8 листьев в слое почвы 0-40 см, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.



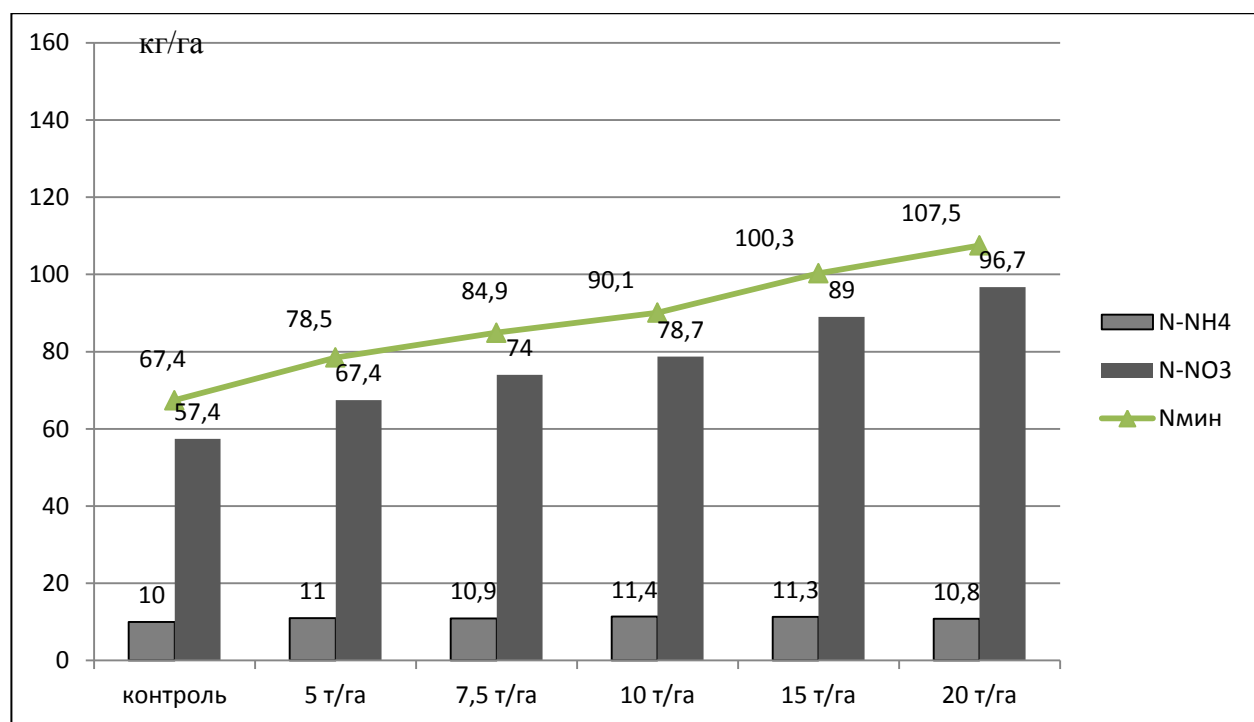


Рисунок 13 Влияние помета на содержание азота в почве под кукурузой в целом за вегетацию кукурузы в слое 0-40 см, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

В целом за вегетацию кукурузы тенденции те же, только амплитуда изменений содержания N-NO<sub>3</sub> в почве меньше. Уровень содержания N-NH<sub>4</sub> на вариантах с пометом слабо отличается от контроля.

В действии помета на содержание всего минерального азота в почве проявились те же закономерности, что и во влиянии на количество нитратного азота.

Представляет интерес также определение соотношения между аммонийной и нитратной составляющими минерального азота в почве в разные фазы развития кукурузы и в целом за вегетацию (таблица 9).

Эти данные свидетельствуют о том, что нитратная форма азота в почве под кукурузой является доминирующей во все фазы вегетации и в среднем на контроле составила 85,2% от N<sub>мин</sub>. Это особенно сильно проявляется в середине активной вегетации.

В фазу 7-8 листьев при внесении максимальной дозы помета процент N-NH<sub>4</sub> в N<sub>мин</sub> уменьшился в 0,6 раза по сравнению с контролем, а в целом на вариантах с пометом - на 4,1%. К фазе молочно-восковой спелости зерна различия

сгладились. Доля N-NO<sub>3</sub> на вариантах с пометом в среднем составляла 89,5%, на контроле – 89,1%.

Таблица 9 – Влияние помета на соотношение аммонийной и нитратной форм азота в почве под кукурузой, %. Среднее за 2011-2013 гг. в слое 0-40 см

Варианта	N-NH <sub>4</sub>				N-NO <sub>3</sub>			
	1*	2	3	среднее	1	2	3	среднее
контроль	17,9	10,9	17,9	15,9	81,1	89,1	82,1	84,1
5 т/га	16,9	12,1	15,4	14,8	83,1	87,9	84,6	85,2
7,5 т/га	14,8	9,2	15,7	13,2	85,2	90,8	84,3	86,8
10 т/га	14,3	10,4	15,0	13,2	85,8	89,6	85,0	86,8
15 т/га	12,5	10,3	12,8	11,8	87,6	89,7	87,2	88,2
20 т/га	10,4	10,6	13,1	11,4	89,6	89,4	86,9	88,6
Среднее на вариантах с пометом	13,8	10,5	14,4	12,9	86,2	89,5	85,6	87,1

Примечание: 1\* – 7-8 листьев; 2 – молочно-восковая спелость; 3 – полная спелость.

К концу вегетации доля N-NH<sub>4</sub> в составе N<sub>мин.</sub> вновь увеличивается и достигала первоначального уровня. Восстанавливалась преимущество в доле нитратной формы азота на вариантах с пометом по сравнению с контролем - до 2-5%.

### 3.3 Динамика подвижного фосфора в почве

Исходное содержание подвижного фосфора в почве под кукурузой в разные годы существенно различалось. В 2011 г. в апреле перед внесением удобрений в слое почвы 0-20 см содержалось 20,2, а слое 20-40 см – 20,8 мг/кг почвы подвижного фосфора, в 2012 г. соответственно 15,1 и 14,0, а в 2013 г. – 33,4 и 22,7 мг/кг. К началу интенсивного роста кукурузы – фаза 7-8 листьев в слое 0-20 см в 2011 г. оно составило 17,9, в 2012 г. – 11,3, в 2013 г. – 30,3 мг/кг почвы (рисунок 14). Обеспеченность почвы доступным фосфором в первый год была средней, во второй – низкой, а в третий – на границе средней и повышенной.

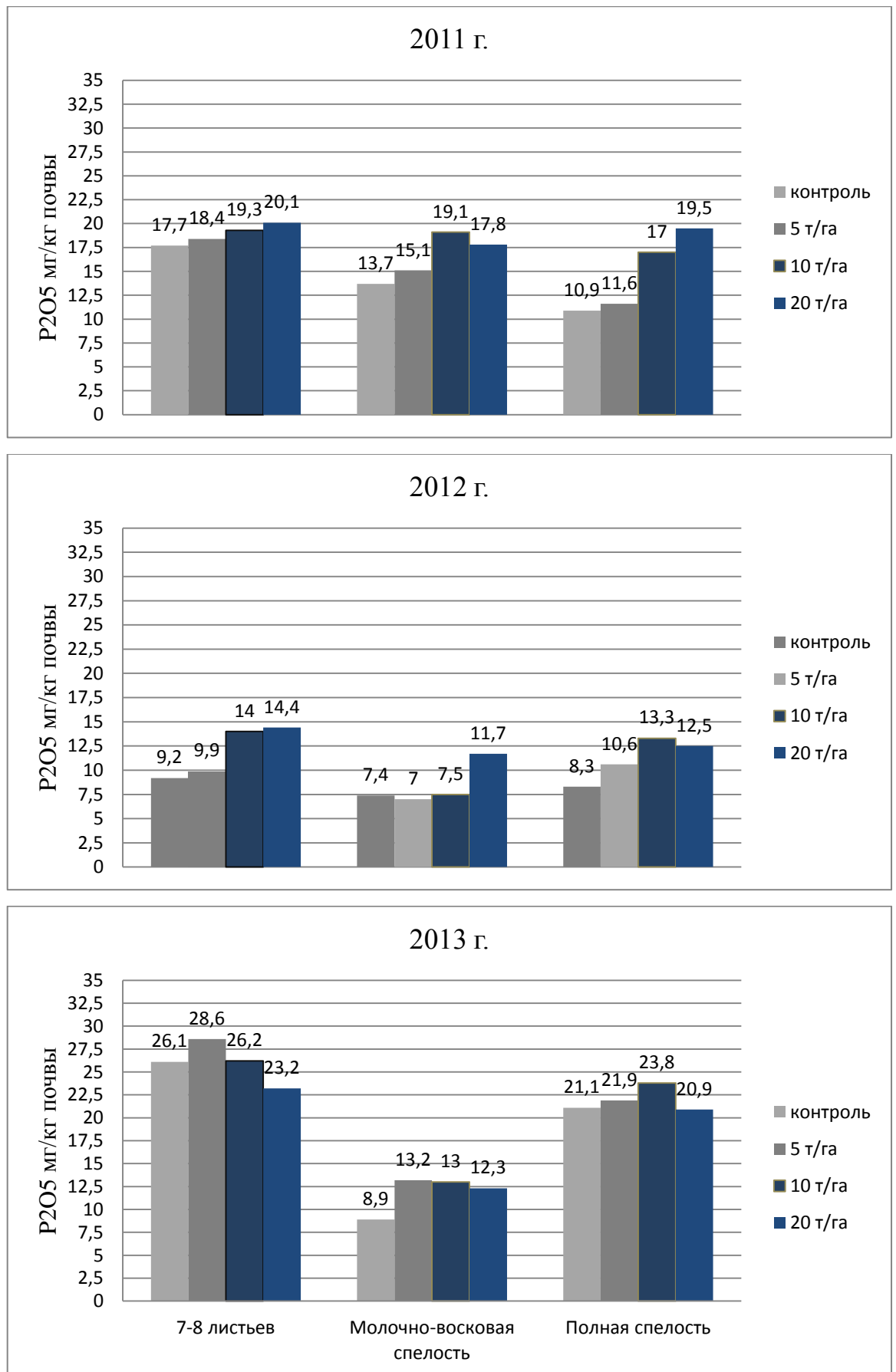


Рисунок 14 – Динамика подвижного фосфора в почве при внесении помета, мг/кг в слое 0-40 см

Содержание подвижного в слое почвы 20-40 см в эти годы находилось в пределах от 7,1 до 21,9 мг/кг почвы. В среднем по слою 0-40 см в 2011 г. она было равно 17,7, в 2012 г. – 9,2, в 2013 г. – 26,1 мг/кг почвы.

Эти данные свидетельствуют о существенном снижении содержания подвижного фосфора в почве в период апрель-июнь не зависимо от его первоначального уровня, хотя в разные годы этот процесс был неодинаков. В среднем за три года уменьшение составило 3,4 мг/кг почвы. Поскольку к фазе 7-8 листьев растения кукурузы потребляют фосфор ещё незначительно. Это связано главным образом снижением доступности фосфорных соединений в результате ретроградации.

В динамике подвижного фосфора в почве под кукурузой в течение её активной вегетации можно отметить следующие тенденции. Во все годы в период от фазы 7-8 листьев до молочно-восковой спелости зерна происходило снижение уровня обеспеченности почвы фосфором, как на контроле, так и на вариантах с пометом. Интенсивность этого процесса в разные годы различна. Чем выше было исходное содержание, тем сильнее оно уменьшалось к середине вегетации, особенно круто в 2013 г. Это было характерно, как для контрольного варианта, так и при внесении помёта.

На последующем этапе в 2013 г. произошло достаточно большое повышение содержания подвижного фосфора в почве, но при этом не был достигнут первоначальный уровень. В 2012 г. он практически сравнялся с исходным, а в 2011 г. на всех вариантах, за исключением варианта с максимальной дозой помёта, уменьшение продолжалось до полного созревания зерна.

В период от фазы образования 7-8 листьев до молочно-восковой спелости зерна главной причиной уменьшения содержания подвижного фосфора в почве является интенсивное потребление фосфора растениями кукурузы. В 2013 г. была сформирована значительно большая, чем в другие годы, масса растений, поэтому и вынос элементов питания из почвы был максимальным. На последующем этапе потребление фосфора уменьшилось и первостепенную роль в из-

менении фосфатного уровня почвы стало играть равновесие между различными формами фосфора. По-видимому, доминирующим фактором стал его сдвиг в сторону образования легкоподвижных моно и дикальциевых соединений фосфора из труднорастворимых трехзамещенных фосфатов.

В действии помета на содержание подвижного фосфора в почве проявилось очень характерная особенность, связанная с его исходным уровнем. В 2011 и 2012 гг. при средней и низкой обеспеченности почвы фосфором к фазе 7-8 листьев прослеживается достаточно равномерное и значительное увеличение концентрации  $P_2O_5$  с повышением дозы помета вплоть до 20 т/га (рисунок 15).

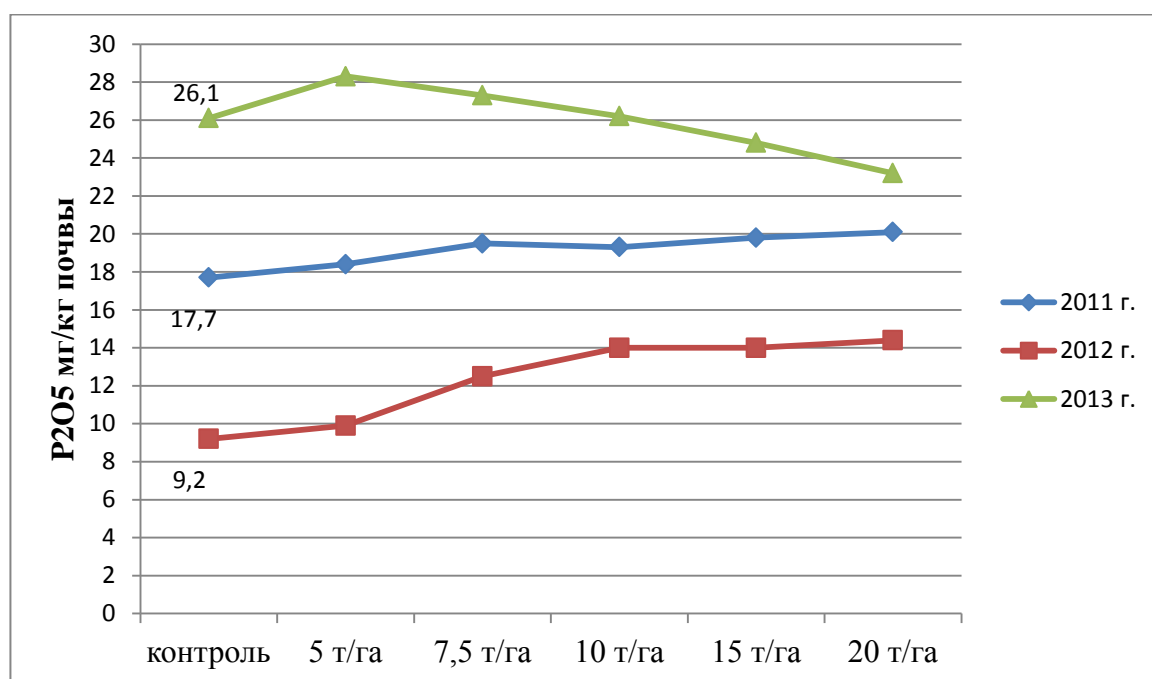


Рисунок 15. Изменения обеспеченности почвы подвижным фосфором под влиянием помета. Фаза 7-8 листьев

В 2011 г. максимальный прирост по сравнению с контролем составил 2,4, а в 2012 г. — 5,2 мг. В 2013 г. на повышенном фосфатном фоне почвы картина совершенно иная. Максимальное увеличение содержания подвижного фосфора в почве отмечено на варианте с минимальной дозой помета 5 т/га — 2,2 мг/кг почвы, с увеличением дозы фосфатный уровень снижался. При внесении 10 т/га он сравнивался с контрольным, а под влиянием 15 и 20 т/га уменьшился до 24,8 и 23,2 мг/кг почвы. Следовательно, при внесении помета в дозах более 5 т/га рав-

новесие сдвигалось в сторону превращения растворимых форм фосфора в нерастворимые. С повышением дозы помета увеличивалось и количество кальция, вносимого в почву. И это, по-видимому, имело первостепенное значение при достаточно высоком уровне фосфора в почве. При меньшей обеспеченности роль такого эффекта была незначительна.

В целом за вегетацию кукурузы положительное действие помета на содержание подвижного фосфора в почве усилилось. В большей степени это проявилось в 2011 и 2012 гг. При внесении помета в 2011 г. обеспеченность почвы фосфором увеличилась в зависимости от дозы на 0,9-5,0 мг/кг почвы (рисунок 16).

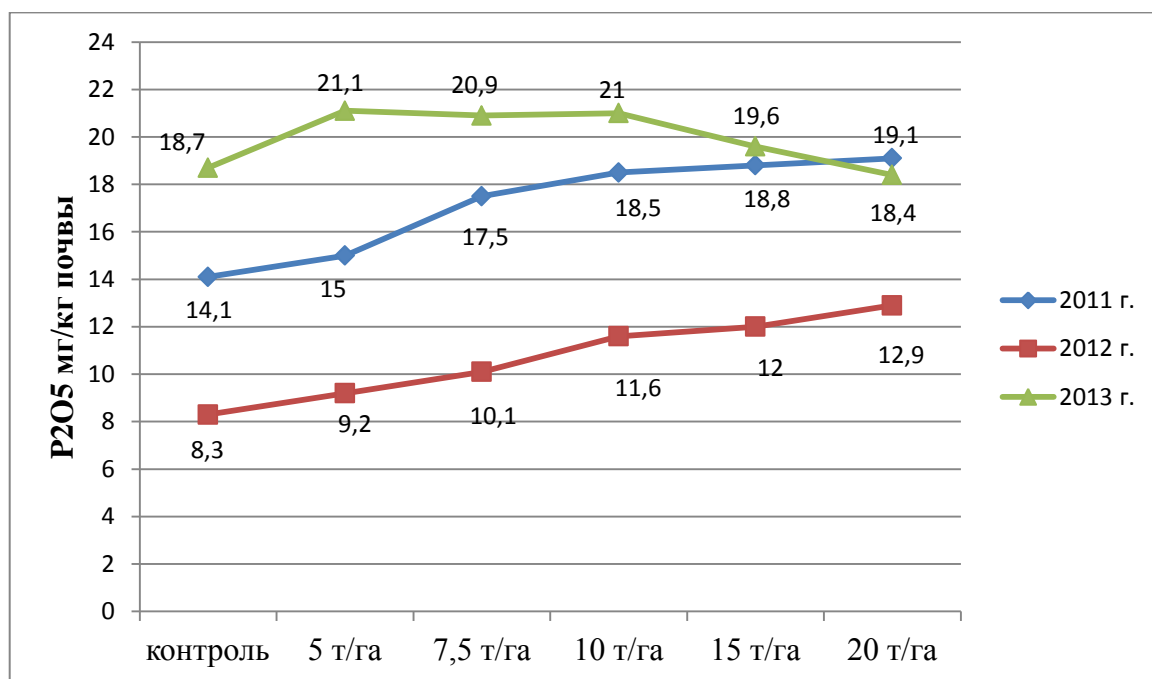


Рисунок 16 – Изменения обеспеченности почвы подвижным фосфором под влиянием помета. Среднее за вегетацию

Максимальный уровень имел место на варианте с дозой 20 т/га. Минерализация помета продолжалась в течение всего лета, а вынос фосфора из почвы на создание урожая был умеренным. В 2012 г. условия в целом были сходными и различия по содержанию фосфора в почве между вариантами, наметившиеся к фазе 7-8 листьев, проявились и в конце за вегетации. Абсолютные изменения,

вызванные применением помёта чуть меньше, чем в 2011 г., но относительные существенно выше – до 56%.

В 2013 г. отрицательное влияние повышения дозы помета на фосфатный уровень почвы в течение вегетации кукурузы смягчились. На вариантах с дозами 5, 7,5 и 10 т/га содержание фосфора в почве было практически одинаковым, но лишь на 1,2-1,4 мг/кг почвы выше, чем на контроле. Снижение началось при увеличении дозы до 15 т/га и дальше. Однако, даже при внесении 20 т/га содержание подвижного фосфора не опускалось ниже по сравнению с контролем. Это можно объяснить ослаблением процесса ретроградации фосфатов в середине вегетации кукурузы.

Поглощение фосфора удобрений почвой, по мнению многих учёных, проходит в два этапа: первоначальный - короткий и быстрый и последующий - длительный и постепенный (Мачигин Б.П., 1948; Чириков Ф.В., 1956; Чумаченко И.Н., 1964; Devin J. et al., 1968; Fitter H.A., 1974; Larson S., Widdowson A.E., 1976 и др.).

Представляет интерес оценка изменений содержания подвижного фосфора в почве под влиянием помета в разные годы в мг/кг почвы и в процентах к контролю. Особенно резко отличаются изменения, имевшие место в разные годы в фазу 7-8 листьев (рисунок 17).

Они полностью зависели от исходного уровня подвижного фосфора в почве, сложившегося к данной фазе. Амплитуда различий в величине эффекта от помета в разные годы очень резко увеличивалась с повышением дозы. На варианте с дозой 7,5 т/га диапазон различий составлял 1,0, при внесении 10 т/га уже 4,7, а 20 т/га – 10,9 мг/кг почвы. В последнем случае – от +8,0 до -2,9 мг/кг. Максимальное повышение происходило в 2012 году с минимальным уровнем исходного фосфора в 9,2 мг. Минимальное повышение, и, в том числе, отрицательное изменение, имело место в 2013 году при максимальном содержании фосфора в почве – 26,1 мг/кг почвы.

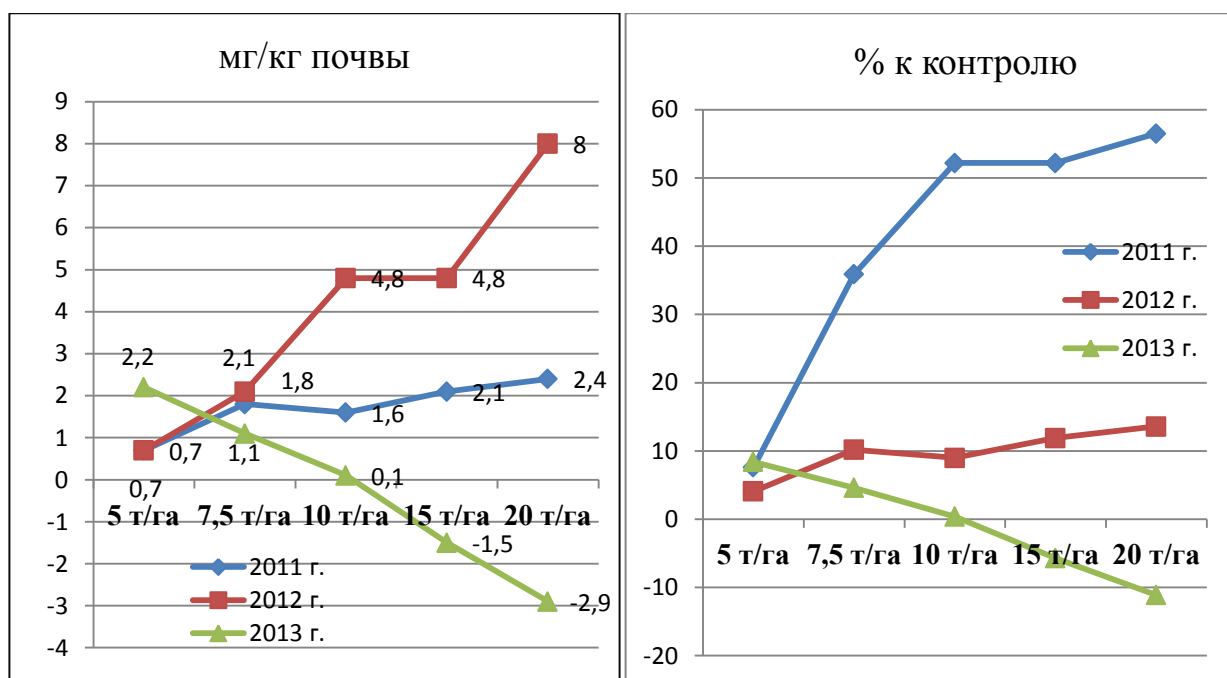


Рисунок 17. Изменения содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под влиянием помета к фазе 7-8 листьев кукурузы

Эта зависимость имела место и при анализе данных относительных изменений содержания  $P_2O_5$  в почве. На варианте с дозой помета 5 т/га амплитуда колебаний составила всего 4,3, 7,5 т/га – 31,3, 10 т/га – 51,8, а 20 т/га – 67,6%.

В целом за вегетацию кукурузы данный эффект несколько сглаживается, но и здесь тенденция проявилась очень чётко (рисунок 18).

Положительные изменения фосфатного режима в мг/кг почвы несколько больше в 2011 г., чем в 2012 г. Но относительные были максимальными в 2012 г. Размах колебаний при внесении помета в дозе 20 т/га составил 5,3 мг/кг почвы и 56,7%.

Значительные варьирования концентрации доступного фосфора под кукурузой в течение вегетации отмечают В.И. Филин, Оконов М.М. (2004) в период формирования урожая. При этом минимальное содержание приходится на образование метёлки.



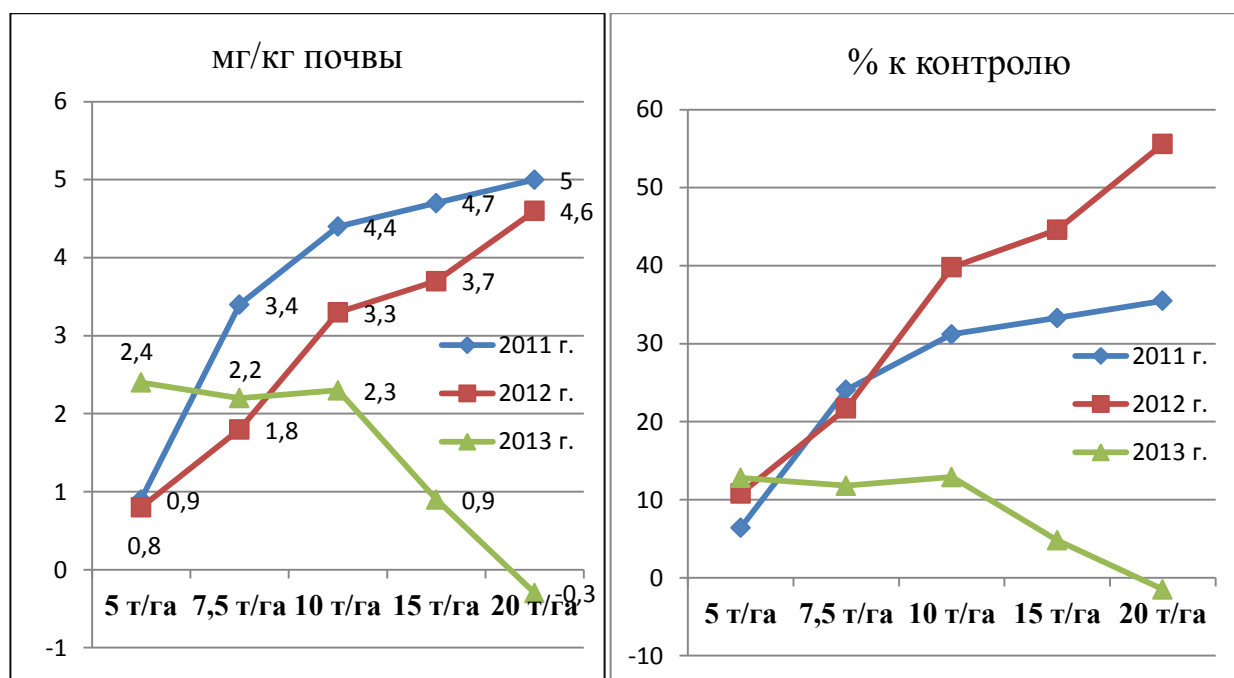


Рисунок 18 – Изменения содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под влиянием помета в целом за вегетацию кукурузы

Подсчёт содержания подвижного фосфора в почве в среднем за 2011-2013 гг. показывает, что применение помета во всех дозах способствовало повышению фосфатного уровня почвы (таблица 10). В фазу 7-8 листьев максимальное значение достигались при внесении 7,5 и 10 т/га. С увеличением дозы положительный эффект снижался, но в целом изменения по сравнению с контролем находились в узких пределах – от 1,2 до 2,1 мг/кг почвы.

Таблица 10 – Влияние помета на содержание подвижного фосфора в почве под кукурузой в среднем за 2011-2013 гг., мг/кг почвы в слое 0-40 см.

Фаза 7-8 листьев и в целом за вегетацию

Периоды	Контроль	Доза помета, т/га				
		5	7,5	10	15	20
фаза 7-8 листьев	17,7	18,9	19,8	19,8	19,5	19,2
7-8 листьев – полное созревание	13,7	15,1	16,2	17,0	16,8	16,8

В целом за период активной вегетации кукурузы они несколько больше – 1,4-3,3 мг/кг почвы. Наибольший и практически одинаковый уровень содержания подвижного фосфора в почве обеспечило применение 10-20 т/га помета.

Основная причина здесь заключается в продолжительной и интенсивной минерализации помета. Кроме того, образование трёхзамещенных фосфатов двух и трёх валентных катионов идёт наиболее активно в первоначальный период действия удобрения, а затем ослабевает (Мачигин Б.П., 1948; Чумаченко И.Н., 1964; Сушеница Б.А., 2007).

Применение минеральных удобрений способствовало повышению содержанию подвижного фосфора в почве под кукурузой, но их влияние было меньше, чем куриного помета особенно в конце вегетации (таблица 11, 12).

В среднем за 2011-2013 гг. в фазу 7-8 листьев при внесении по 30 кг/га NPK содержание подвижного фосфора составило 18,1, 60 кг/га – 18,8, 90 кг/га – 19,8 мг/кг почвы. В целом за вегетацию – 14,2-15,5 мг/кг почвы.

Таблица 11 – Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой при внесении минеральных удобрений, мг/кг в слое 0-40 см

Варианта	2011 г.			2012 г.			2013 г.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	18,0	16,4	11,9	10,5	8,5	7,7	25,8	11,8	20,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,6	16,3	12,1	12,2	9,8	9,0	25,6	12,2	19,6
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	19,3	17,1	12,6	13,5	11,5	8,2	25,9	12,1	20,0

Примечание: 1 – 7-8 листьев; 2 – молочно-восковая спелость; 3 – полная спелость.

Таблица 12 – Влияние минеральных удобрений на содержание подвижного фосфора в почве в среднем за вегетацию кукурузы, мг/кг в слое 0-40 см

Вариант	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 2011-2013 гг.
контроль	14,1	8,3	18,7	13,7
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	15,4	8,9	18,3	14,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	15,7	10,3	19,1	15,0
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	16,0	11,1	19,3	15,5

В динамике изменения фосфатного уровня почвы в течение вегетации кукурузы на вариантах с минеральными удобрениями отмечены те же закономерности, что и при внесении помета.

Увеличение дозы удобрений с 30 до 60, а затем до 90 кг/га приводило к повышению содержания подвижного фосфора в почве, но эта закономерность в отдельные фазы развития кукурузы нарушалась, по-видимому, в связи с разной интенсивностью поглощения фосфора почвы растениями. В среднем за 2011-2013 гг. преимущество по сравнению с контролем при внесении минимальной дозы NPK составило 0,5, а максимальной – 1,8 мг/кг почвы.

### 3.4 Динамика обменного калия в почве

Перед закладкой опыта содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см в разные годы значительно варьировало: в 2011 г. – 626, в 2012 г. – 825, в 2013 г. – 421 мг/кг почвы. В пахотном слое оно составило соответственно 725, 846 и 487 мг/кг. Следовательно, обеспеченность почвы доступным калием была высокой и очень высокой.

К фазе образования 7-8 листьев запас обменного калия во все годы понижился на 20-53 мг/кг почвы, но класс обеспеченности не изменился. На контроле содержание калия в слое 0-40 см было в пределах 401-799 мг/кг почвы (таблица 13).

Таблица 13 – Динамика обменного калия в почве под кукурузой в 2011-2013 гг., мг/кг почвы в слое 0-40 см

Вариант	2011 г.			2012 г.			2013		
	1*	2	3	1	2	3	1	2	3
контроль	573	339	473	799	715	597	401	356	286
5 т/га	645	356	526	804	741	623	422	384	350
7,5 т/га	650	377	548	817	751	617	429	385	334
10 т/га	629	359	501	840	758	623	409	389	321
15 т/га	577	392	511	838	784	633	401	378	308
20 т/га	579	360	543	852	834	631	395	335	293
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	616	347	547	775	714	580	411	365	316
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	598	429	541	785	736	611	407	347	316
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	580	398	579	807	736	601	426	350	329

Примечание: 1\* – 7-8 листьев; 2 – молочно-восковая спелость; 3 – полная спелость.

Применение помета и минеральных удобрений способствовало увеличению этого показателя. Тенденция роста количества калия в почве в зависимости от дозы помета в разные годы была неодинаковой. Максимальный уровень в 2011 г. достигнут при внесении 7,5, в 2013 г. – 15, в 2012 г. – 20 т/га. Величина прироста также была различной: в 2011 г. – 77, в 2012 г. – 53, в 2013 г. – 28 мг/кг почвы. Строгой зависимости от исходного уровня содержания обменного калия в почве нет.

Можно предположить, что уменьшение содержания этой формы калия при повышении дозы связано с усилением процесса перехода калия в необменное состояние.

Нельзя исключать также и возможность более интенсивного потребления его почвенной микрофлорой. Применение минеральных удобрений также способствовало увеличению содержания обменного калия в почве, но, как правило, в меньшей степени.

К фазе молочно-восковая спелость зерна кукурузы во все годы произошло значительно большее снижение содержания подвижного калия в почве. В наибольшей степени это проявилось в 2011 г. - на контроле на 234 мг/кг почвы. Характерная особенность изменений заключается в том, что максимум содержания несколько переместился: в 2011 г. он наблюдался на варианте с 15, в 2012 г. – с 20, в 2013 г. – с 10 т/га помета.

В период от молочно-восковой до полной спелости зерна кукурузы тенденции изменения уровня обеспеченности почвы обменным калием в разные годы неодинаковы. В 2012 и 2013 гг. продолжалось достаточно интенсивное снижение содержания обменного калия в почве, а в 2011 г. – существенное повышение. Основная причина, по-видимому, заключается в изменении равновесия в почве в сторону перехода ионов калия из межпакетных пространств коллоидов почвы на их поверхности и наоборот. Такие изменения являются следствием совокупности многих условий – температуры, влажности и других. В

2013 г. к этому добавилось большое потребление растениями калия, которое продолжалось до конца вегетации.

К уборке различия между вариантами с пометом и контролем сохранились, но четкой зависимости содержания калия в почве от дозы нет. В разные годы максимум отмечен на вариантах с дозами 7,5, 15 и 5 т/га. Кроме равновесия разных форм калия в почве определенное значение, как уже упоминалось, имели изменения потребления калия растениями кукурузы.

В среднем за три года в фазу 7-8 листьев максимальное содержание обменного калия в почве имело место на варианте с 7,5 т/га помета, в фазу молочно-восковой спелости – при внесении 15 т/га, а к уборке – 5 и 7,5 т/га помета (таблица 14). Наибольшее преимущество по сравнению с контролем было в пределах 41-48 мг/кг почвы.

Таблица 14 – Влияние помета и минеральных удобрений на содержание обменного калия в почве под кукурузой, мг/кг почвы в слое 0-40 см. Среднее за 2011-2013 гг.

Вариант	Среднее за 2011-2013 гг.			В целом за вегетацию			Среднее за 2011-2013 гг.
	7-8 ли- стьев	молочно- восковая спелость	полная спелость	2011 г.	2012 г.	2013 г.	
контроль	591	471	452	462	704	348	505
5 т/га	624	494	500	509	722	385	539
7,5 т/га	632	504	500	525	728	383	545
10 т/га	625	502	482	496	740	373	536
15 т/га	605	518	484	493	752	362	536
20 т/га	609	510	489	494	772	341	536
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	601	475	481	503	690	364	519
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	595	504	489	520	711	356	529
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	604	495	503	519	715	368	534

На следующем этапе – к фазе молочно-восковая спелость снижение обеспеченности почвы обменным калием на контроле составило 120, на вариантах с пометом – 87-130 мг/кг почвы. В период от молочно-восковой спелости зерна до полной на контроле и вариантах с дозами помета 10-20 т/га уровень содер-

жания обменного калия понизился лишь на 19-34 мг/кг почвы, а при внесении 5 и 7,5 т/га остался практически неизменным.

Подобное усреднение позволяет сделать вывод о том, что наибольшую роль в изменении калийного режима почвы сыграло существенное потребление калия растениями кукурузы к фазе молочно восковая спелость.

В среднем за весь период активной вегетации - 7-8 листьев – полная спелость зерна кукурузы в 2011 г. максимальный прирост содержания  $K_2O$  в почве получен на варианте с дозой помета 7,5 т/га – 63 мг/кг почвы. При внесении 10-20 т/га он был практически одинаков – 31-34 мг/кг почвы. В 2012 г. увеличение продолжалось с повышением дозы до 20 т/га и разница достигла 68 мг/кг почвы. В 2013 г. максимальное изменение – 35 мг/кг почвы отмечено в применении 5 т/га. В относительном выражении различия с контролем в разные годы были небольшие – от 9,7 до 13,6%. Изменения калийного режима почвы под влиянием минеральных удобрений соответствовали нижним значениям изменений под действием помета или находились в средней части этого диапазона.

В среднем за 2011-2013 гг. в целом за вегетацию кукурузы максимальное влияние на содержание обменного калия в почве оказало применение 7,5 т/га помета. Здесь оно повысилось до 545 мг/кг почвы. На вариантах с дозами 10-20 т/га содержание калия было одинаковым – 536 мг/кг почвы. В целом различия с контролем находились в пределах 7,9-6,1%. Поэтому говорить о зависимости содержания подвижного калия в почве от дозы помета или количества калия, вносимого с ним в почву, нет оснований. Действие минеральных удобрений на калийный режим почвы было слабее. С повышением дозы их влияние усиливалось, но непропорционально.

#### 4. ФОРМИРОВАНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ МАССЫ И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЯМИ КУКУРУЗЫ

##### 4.1 Влияние удобрений на биометрические показатели растений

К фазе 9-11 листьев кукурузы высота и сырая масса растений на контрольном варианте в 2011 и 2012 гг. различались мало. На первом этапе растения развивались медленно и доступной влаги в почве было достаточно в оба года несмотря на различия в её количестве, как при посеве, так и в фазу 7-8 листьев. Максимальная высота и сырая масса растений сформирована в 2013 году. В этот год биометрические показатели растений были значительно больше, чем в предыдущие (таблица 15).

Таблица 15 – Биометрические показатели растений кукурузы в фазу 9-11 листьев

Вариант	2011 г.		2012 г.		2013 г.		Среднее за 2011-2013 гг.		
	1	2	1	2	1	2	1	2	масса, % к контролю
контроль	75,5	56,0	70,3	60,0	87,0	179,0	77,6	98,3	100,0
5 т/га	79,0	61,5	77,3	80,1	97,0	260,0	84,4	133,9	136,3
7,5 т/га	83,4	74,5	89,4	113,3	118,0	302,0	96,9	163,3	166,2
10 т/га	85,0	76,0	90,3	128,4	117,0	301,0	97,4	168,5	171,4
15 т/га	84,3	69,5	95,7	185,0	117,0	285,0	99,0	179,8	182,9
20 т/га	84,6	64,5	101,7	195,6	117,0	215,0	101,1	158,4	161,1
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	81,6	73,5	77,7	100,2	100,0	288,0	86,4	153,9	156,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	81,2	60,5	92,3	153,6	113,0	323,0	95,5	179,0	182,1
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	80,9	61,5	93,6	151,7	93,0	262,0	89,2	158,4	161,1
НСР <sub>095</sub>	2,3	2,0	1,7	2,8	2,4	22,3	10,6	58,6	-

1 – высота, см; 2 – сырая масса 1 растения, г

Эффект от применения разных доз помета и минеральных удобрений был неодинаковым. Высота растений в 2011 г. увеличилась с 75,5 см на контроле до 85,0 на варианте с дозой помета 10 т/га. В 2012 г. прирост значительно больше – 31,4 см при внесении 20 т/га. Максимальное увеличение массы растений составили в 2011 г. – 20, в 2012 г. – 135,6 г. Они достигнуты на тех же вариантах,

где была наибольшая высота растений. В 2013 году наибольший эффект получен на вариантах с внесением помета в дозе 7,5-10 т/га. Высота растений увеличилась по сравнению с контролем на 30 см, а масса – на 123 г.

Общий уровень изменений биометрических показателей кукурузы при внесении минеральных удобрений в 2011 и 2012 годы был меньше, чем на вариантах с оптимальными дозами куриного помета. Но в 2013 году максимальная масса растений кукурузы сформирована на варианте с минеральными удобрениями в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , которая выше, чем на контрольном варианте на 146 г.

Положительный эффект от применения куриного помета имел место и в фазу молочно-восковая спелость зерна кукурузы, но степень его проявления в разные годы существенно различалось (таблица 16).

Таблица 16 – Биометрические показатели растений кукурузы в фазу молочно-восковая спелость зерна

Вариант	2011 г.		2012 г.		2013 г.		Среднее за 2011-2013 гг.		
	1	2	1	2	1	2	1	2	% к контролю
контроль	284	504	199	593	215	583	233	563	100
5 т/га	285	563	237	840	237	777	253	727	129
7,5 т/га	294	561	239	895	247	791	258	749	133
10 т/га	305	594	241	994	238	780	261	789	140
15 т/га	308	535	234	1021	236	720	259	759	135
20 т/га	305	510	232	1011	234	655	257	725	129
$N_{30}P_{30}K_{30}$	303	525	214	762	217	660	245	649	115
$N_{60}P_{60}K_{60}$	283	518	230	850	220	741	244	703	125
$N_{90}P_{90}K_{90}$	260	516	233	843	219	725	244	695	123
НСР <sub>095</sub>	5,8	9,1	5,3	13,3	5,0	11,9	18,2	124,1	-

1 – высота, см; 2 – сырая масса 1 растения, г

Максимальное увеличение высоты растений в 2011 г. отмечено на варианте с применением 15 т/га помета – 24 см, в 2012 г. – 42 см при внесении 10 т/га, а в 2013 г. – 27 см от 7,5 т/га.

Ещё существеннее различия в действии помета на сырую массу растений. В 2011 г. наибольшая прибавка по сравнению с контролем получена на вариан-



те с 10 т/га помета – 90 г или 17,9%, в 2013 г. – с 7,5 т/га 208 г или 35,7%, а в 2012 – с 15 т/га 428 г или 72,2%. Снижение положительного эффекта наблюдалось в 2011 г. при увеличении дозы свыше 10, в 2012 г. – 15, а в 2013 г. – 7,5 т/га. Устойчивое уменьшение массы растений отмечено во все годы при повышении дозы помета до 20 т/га. В 2012 г. большой прирост массы растений отмечен на всех вариантах с пометом. При внесении даже минимальной дозы 5 т/га он составил 247 г или 40,7%. В блоке вариантов с минеральными удобрениями он также был наибольшим в 2012 г. – 169-257 г или 28,4-43,3%.

Объяснить это можно следующим. В 2012 г. обеспеченность растений кукурузы почвенной влагой в период от посева до фазы молочно-восковая спелость зерна была значительно выше, чем в другие годы. Запас продуктивной влаги в метровом слое в среднем составил: в 2011 г. – 139,9, в 2012 г. – 197,8, в 2013 г. – 135,1 мм. Достаточно высокой была обеспеченность почвы и минеральным азотом. В период 7-8 листьев–молочно-восковая спелость в слое почвы 0-40 см содержалось в среднем 89,2 кг/га. Обеспеченность почвы обменным калием в 2012 г. также была очень высокой. Однако содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см в период 7-8 листьев – молочно-восковая спелость находилась в пределах 9,2-7,4 мг/кг почвы, что соответствует очень низкой обеспеченности. В другие годы она была средней – в пределах 15,7-17,5 мг/кг почвы.

Таким образом, основная причина, по которой большой потенциал условий для развития растений кукурузы в 2012 г. не мог быть реализован в полной мере – недостаток фосфора в питании растений. Она устранялась применением помета, который содержал 2,58% фосфора в расчете на естественную влажность, и минеральных удобрений. Поскольку остальные факторы находились в оптимальном состоянии масса растений на вариантах с пометом в 2012 г. достигла 840-1021 г и была значительно больше, чем в другие годы.

В среднем за 2011-2013 гг. применение помета в фазу молочно-восковая спелость способствовало повышению высоты растений на 20-28 см, а сырой

массы на 62-226 г. Оптимум действия помета по сравнению с фазой 9-11 листьев сместился. Максимальные результаты получены при внесении его в дозе 10 т/га (рисунок 19).

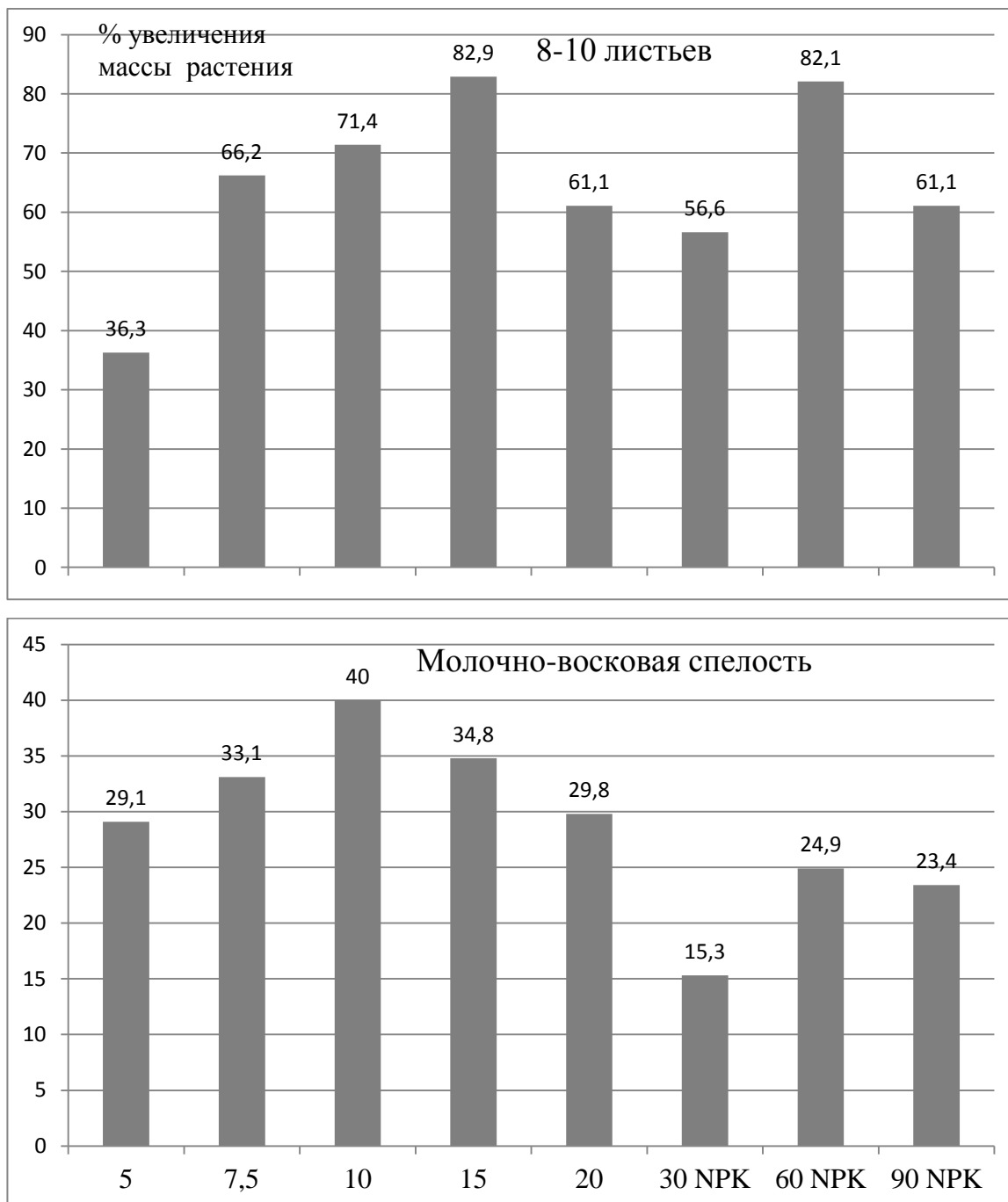


Рисунок 19. Относительный прирост массы растений кукурузы под влиянием удобрений, %. Среднее за 2011-2013 гг.

Как и в первую фазу характер изменений массы растений при увеличении дозы помета представлен параболой только с пиком на 10 т/га. Абсолютный

прирост массы 1 растения увеличился до 236 г, а относительный уменьшился вдвое.

Внесение минеральных удобрений также обеспечило существенное увеличение этих показателей, но их влияние было меньше, чем помета. Оптимальная доза NPK – 60 кг/га.

#### **4.2 Потребление элементов питания растениями кукурузы**

Анализ данных содержания элементов питания в сухом веществе растений кукурузы в 2011 г. (таблица 17), показывает, что содержание азота в фазу 9-11 листьев под действием помета уменьшалось.

Снижение нарастало при повышении дозы вплоть до максимальной. Достаточно высокий процент азота в растениях контрольного варианта – 2,73% можно объяснить хорошей обеспеченностью почвы доступным азотом в начале вегетации кукурузы. В период посев – 7-8 листьев в слое 0-40 см содержалось 82,4-56,5 кг N<sub>мин</sub>. Увеличение его содержания в почве при внесении помета в дозах 7,5-10 т/га способствовало существенному повышению массы растений, но относительное содержание азота при этом уменьшилось до 2,42-2,44%. По-видимому, эта концентрация была оптимальной в условиях 2011 г. При дальнейшем повышении дозы помета она продолжало снижаться и очень резко. Но вероятнее всего, причина здесь была уже другая. Избыточная обеспеченность почвы минеральным, особенно нитратным азотом – 100 и более кг/га, отрицательно влияла на развитие растений. Их масса при этом уменьшалась, поглощение азота – тоже.

Сходный характер имели изменения содержания калия в растениях. Увеличение содержания фосфора в растениях по сравнению с контролем отмечено только при внесении 10-15 т/га помета. При небольшом изменении массы растений под действием минеральных удобрений в дозах 60 и 90 кг/га концентрация фосфора и калия в них увеличилась, а азота понизилась по сравнению с

контролем на всех вариантах. Последнее могло быть следствием чрезмерно высокой его концентрации в почве.

Таблица 17 – Содержание NPK в растениях кукурузы в 2011 году, % на сухое вещество

Вариант	9-11 листьев			молочно-восковая спелость		
	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
контроль	2,73	0,42	2,35	0,85	0,32	2,11
5 т/га	2,62	0,37	2,32	0,82	0,30	1,95
7,5 т/га	2,42	0,43	2,35	0,95	0,35	1,85
10 т/га	2,44	0,47	2,11	1,12	0,36	1,80
15 т/га	2,11	0,48	2,10	1,21	0,30	1,81
20 т/га	2,02	0,42	1,85	0,99	0,29	1,80
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,04	0,39	2,75	1,35	0,28	1,91
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,07	0,44	2,85	1,59	0,30	2,11
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	2,12	0,53	3,00	1,49	0,29	2,16
НСР <sub>095</sub>	0,06	0,03	0,13	0,04	0,04	0,08
полная спелость						
вариант	зерно			вегетативная масса		
контроль	1,74	0,34	0,36	1,02	0,18	1,15
5 т/га	1,83	0,32	0,38	1,05	0,19	1,18
7,5 т/га	1,77	0,32	0,42	1,53	0,20	1,22
10 т/га	1,83	0,32	0,44	1,44	0,21	1,21
15 т/га	1,81	0,33	0,39	1,55	0,20	1,22
20 т/га	2,03	0,33	0,35	1,22	0,19	1,20
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	1,79	0,28	0,36	1,02	0,20	1,17
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,95	0,26	0,35	1,42	0,24	1,18
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	1,93	0,30	0,37	1,53	0,22	1,21
НСР <sub>095</sub>	0,08	0,03	0,04	0,05	0,01	0,04

К фазе молочно-восковая спелость зерна содержание фосфора и калия в растениях уменьшилось незначительно, а азота в 2-3 раза. В содержании фосфора небольшое преимущество по сравнению с контролем сохранилось на вариантах с дозами помета 7,5 и 10 т/га. Достаточно равномерно с повышением дозы помета уменьшалась концентрация калия в растениях. По-видимому, для формирования массы растений в 500-600 г запаса калия в почве в пределах 340-570 мг/кг почвы было достаточно. Содержание азота существенно повышалось при повышении дозы помета до 15 т/га, где оно составило 1,21%. На вариантах

с применением минеральных удобрений концентрация азота было больше – 1,35-1,59%. Изменения содержания фосфора и калия незначительны.

Интенсивное потребление азота из почвы растениями кукурузы продолжалось вплоть до завершения вегетации. Об этом свидетельствует очень крутые линии снижения содержания в почве нитратного и в целом минерального азота на всех вариантах опыта в период от молочно-восковой до полной спелости зерна (рисунок 6). Под влиянием помета оно усиливалась. Это отразилось на содержании азота в зерне и вегетативной массе растений. Просматривается зависимость – чем меньший процент азота остался в побочной продукции, тем выше его содержание в зерне и наоборот.

К моменту созревания зерна произошло перераспределение фосфора в растениях – существенно уменьшилось содержание в вегетативной массе. Практически на всех вариантах с пометом эти показатели были в одних пределах: в зерне 0,32-0,34, в вегетативной массе – 0,18-0,21%. По содержанию калия в зерне несколько выделяются в сторону увеличения варианты с дозами помета 7,5 и 10 т/га и 7,5-20 т/га - вегетативной массе. В три раза концентрация больше в вегетативной массе, чем в зерне. На вариантах с минеральными удобрениями существенно повысилось содержание азота в обоих компонентах урожая, а фосфора и калия – только в вегетативной массе.

В 2012 г. в фазу 8-10 листьев содержание всех элементов питания в растениях было больше, чем в предыдущем (таблица 18). Это может быть обусловлено более высоким содержанием влаги в почве, а также минерального азота и особенно калия. На этом фоне больше поглощено и фосфора, хотя его подвижных форм в почве содержалось меньше, чем в 2011 г.

В содержании азота, как и в предыдущий год, проявилась тенденция снижения с повышением дозы помета свыше 5 т/га вплоть до максимальной, где оно было значительно меньше, чем на контроле. Точно такая же картина и по фосфору. Концентрация этих элементов находилась в обратной зависимости с

массой растений. Содержание калия было очень высоким – 4,50-5,25%. Прслеживается преимущество вариантов с большими дозами помета и NPK.

Таблица 18 – Содержание NPK в растениях кукурузы в 2012 году, % на сухое вещество

Вариант	9-11 листьев			молочно-восковая спелость		
	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
контроль	2,86	0,66	4,51	0,61	0,40	2,00
5 т/га	2,96	0,74	4,50	0,62	0,39	1,75
7,5 т/га	2,64	0,71	4,55	0,84	0,41	1,54
10 т/га	2,44	0,66	5,00	1,02	0,40	1,45
15 т/га	2,23	0,65	4,98	1,08	0,36	1,62
20 т/га	1,92	0,62	4,88	1,12	0,32	1,75
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,86	0,62	4,50	1,25	0,29	1,84
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,44	0,58	5,25	1,33	0,24	2,00
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	2,63	0,61	5,11	1,39	0,31	2,21
НСР <sub>095</sub>	0,13	0,06	0,15	0,05	0,03	0,11
полная спелость						
вариант	зерно			вегетативная масса		
контроль	1,52	0,39	0,33	0,61	0,21	1,10
5 т/га	1,60	0,32	0,35	1,02	0,16	1,23
7,5 т/га	1,84	0,34	0,45	1,14	0,22	1,15
10 т/га	1,84	0,37	0,41	1,22	0,26	1,12
15 т/га	1,86	0,53	0,35	1,20	0,18	1,25
20 т/га	1,90	0,47	0,32	1,18	0,16	1,36
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	1,68	0,45	0,31	0,89	0,19	1,21
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,68	0,42	0,33	1,10	0,22	1,25
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	1,79	0,53	0,30	1,12	0,24	1,34
НСР <sub>095</sub>	0,04	0,03	0,04	0,13	0,03	0,08

К фазе молочно-восковой спелости зерна в 2012 г. произошло значительно более резкое, чем в 2011 г., уменьшение содержания всех элементов питания в растениях, что является следствием формирования намного больше массы растений. Содержание фосфора на вариантах в дозах 5-10 т/га и контроле находилось в одних пределах – 0,39-0,40%. Лишь при повышении дозы до 15-20 т/га оно уменьшилось до 0,36-0,32%. Снижение содержания калия, наоборот, хорошо просматривается при повышении дозы помета до 10 т/га, а затем оно начи-

нает повышаться. Увеличение концентрации калия наблюдается и с повышением дозы минеральных удобрений. Потребление азота было настолько интенсивным, что опережало нарастание вегетативной массы кукурузы при очень чёткой тенденции увеличения с повышением доз во всем их диапазоне. Выше оно было при внесении минеральных удобрений.

К фазе полной спелости зерна произошло перераспределение элементов питания между вегетативными и репродуктивными органами. Азота в среднем содержалось в два-три раза больше в зерне, чем в вегетативной массе. По фосфору в зерне выделяются в сторону увеличения варианты с наибольшими дозами помета и NPK. В содержании калия в зерне максимум отмечен при внесении 7,5 т/га помета, в побочной продукции – 20 т/га. Содержание азота в зерне на вариантах с дозами помета 7,5-20 т/га было близкими – 1,84-1,90%, что на 0,32-0,38% больше, чем на контроле. В побочной продукции процент азота был наибольшим при внесении 10 т/га. Несколько ниже результаты влияния минеральных удобрений.

В 2013 г. в фазу 8-10 листьев содержания азота и фосфора в растениях было значительно меньше, чем в предыдущие годы вследствие существенно большей – в 2,4-3,9 раза – массы растений. Прослеживается чёткое повышение концентрации всех NPK с увеличением дозы помета до 10 т/га, а минеральных удобрений – до максимальной.

К фазе молочно-восковая спелость содержание азота в растениях в этом году было максимальным за все годы исследований (таблица 19).

По-видимому, это обусловлено значительно меньшим, чем в первые годы, приростом вегетативной массы растений в период с 8-10 листьев, а также наибольшей обеспеченностью почвы к данному моменту минеральным и, прежде всего, нитратным азотом – 91,4 и 85,9 кг/га. Однако и в этом году применение помета и минеральных удобрений способствовало увеличению концентрации азота в сухом веществе растений с 1,83% на контроле до 2,14% на

варианте с дозой помета 10 т/га и 2,15% при внесении минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Таблица 19 – Содержание NPK в растениях кукурузы в 2013 году, % на сухое вещество

Вариант	9-11 листьев			молочно-восковая спелость		
	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
контроль	1,83	0,24	3,55	1,83	0,24	3,05
5 т/га	2,02	0,32	3,68	1,88	0,26	4,11
7,5 т/га	2,21	0,44	4,15	1,99	0,30	3,75
10 т/га	2,64	0,53	4,45	2,14	0,36	3,25
15 т/га	2,01	0,50	3,85	2,01	0,33	2,86
20 т/га	1,02	0,47	2,12	1,87	0,31	2,45
$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,15	0,38	3,69	1,90	0,35	3,01
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,45	0,45	4,50	2,15	0,41	3,51
$N_{90}P_{90}K_{90}$	2,59	0,41	3,89	2,07	0,38	3,58
НСР <sub>095</sub>	0,15	0,05	0,06	0,08	0,02	0,09
полная спелость						
Вариант	зерно			вегетативная масса		
контроль	1,41	0,21	0,40	0,45	0,36	2,45
5 т/га	1,39	0,26	0,42	0,61	0,42	2,51
7,5 т/га	1,45	0,34	0,37	0,61	0,52	2,31
10 т/га	1,50	0,29	0,42	0,64	0,55	2,75
15 т/га	1,49	0,27	0,35	0,89	0,49	2,89
20 т/га	1,51	0,29	0,45	1,22	0,49	2,95
$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,45	0,37	0,35	0,41	0,48	2,35
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,49	0,33	0,38	0,42	0,47	2,42
$N_{90}P_{90}K_{90}$	1,47	0,34	0,26	0,39	0,50	2,35
НСР <sub>095</sub>	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,08

Содержание фосфора в растениях под их влиянием повышалось ещё более существенно – с 0,24 до 0,35-0,41%. Максимум наблюдался при внесении 7,5-10 т/га помета и  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . В содержании калия в целом просматривается тенденция снижения содержания при увеличении дозы помета свыше 5,0 т/га.

К фазе полного созревания в 2013 г. содержание азота и фосфора в зерне и азота в побочной продукции было самым низким за все годы исследований. На контроле в зерне азота содержалось 1,41, в вегетативной массе – 0,45%,



фосфора 0,21 и 0,15%. Объясняется это в два раза большей урожайностью зерна в этом году в сравнении с предыдущими. Очень низкое содержание азота, в побочной продукции свидетельствует об интенсивной его реутилизации.

При внесении помета концентрация азота и фосфора повышалась во всех органах растений. Пики наблюдались в зерне на вариантах с дозами 7,5-10 т/га, в вегетативной массе - 10-20 т/га. Особенно сильно увеличилось содержание азота в побочной продукции – с 0,45 на контроле до 1,22% на варианте с дозой 20 т/га. Чёткая тенденция нарастания просматривается и в содержании фосфора: в зерне с 0,21 до 0,34, в стеблях и листьях с 0,15 до 0,26%. Это говорит о том, что на вариантах с большими дозами удобрений дополнительный потенциал, созданный в течение всей вегетации кукурузы, не был использован в полной мере.

В изменении содержания калия под влиянием удобрений закономерности иные. На вариантах с пометом и контроле этот показатель был в пределах 0,35-0,45%. Под влиянием удобрений он отклонялся в обе стороны. В целом содержание калия в зерне было примерно таким же, как в предыдущем году. В побочной продукции в 2013 г. калия содержалось в 4-6 раз больше, чем в зерне и в 2,0-2,5 раза больше, чем в два предыдущих года.

По-видимому, это обусловлено очень высоким содержанием калия в растениях кукурузы в предыдущую фазу – молочно-восковая спелость зерна. Калия было достаточно для формирования большого урожая зерна, но его поглощение из почвы продолжалось до конца вегетации, особенно на вариантах с пометом, где увеличение концентрации по сравнению с контролем достигло 0,5% - вариант с дозой 20 т/га. Минеральные удобрения к повышению содержания калия в растениях не приводили. Оно даже несколько уменьшалось.

Усреднение результатов за 2011-2013 гг. позволяет констатировать некоторые общие закономерности влияния удобрений на накопление элементов питания в растениях кукурузы (таблица 20). На раннем этапе развития – к фазе 8-10 листьев вследствие очень большого прироста вегетативной массы растений

содержание азота в сухом веществе на большинстве вариантов с удобрениями уменьшилось по сравнению с контролем. Усиление поглощение азота из почвы под влиянием удобрений продолжалось и в следующий период. Оно опережало увеличение массы растений. Поэтому концентрацию азота на вариантах с пометом и особенно с минеральными удобрениями существенно повышалась по сравнению с контролем и нарастала с повышением доз помета – до 10 т/га, NPK – до 60 кг/га. Эта тенденция сохранилась вплоть до конца вегетации, что нашло отражение в содержании азота как в вегетативной массе так и, что особенно важно, в зерне – на 0,16-0,25%. Последнее положительно повлияло на белковость зерна.

Таблица 20 – Содержание NPK в растениях кукурузы. Среднее за 2011-2013 гг., % на сухое вещество

Вариант	9-11 листьев			молочно-восковая спелость		
	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
контроль	2,47	0,44	3,47	1,10	0,32	2,39
5 т/га	2,53	0,48	3,50	1,11	0,32	2,60
7,5 т/га	2,42	0,53	3,68	1,26	0,35	2,38
10 т/га	2,51	0,55	3,85	1,43	0,37	2,17
15 т/га	2,12	0,54	3,64	1,43	0,33	2,10
20 т/га	1,65	0,50	2,95	1,33	0,31	2,00
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,35	0,46	3,65	1,50	0,31	2,25
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,32	0,49	4,20	1,69	0,32	2,54
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	2,45	0,52	4,00	1,65	0,33	2,65
НСР <sub>095</sub>	0,53	0,12	0,56	0,23	0,08	0,29
полная спелость						
вариант	зерно			вегетативная масса		
контроль	1,56	0,31	0,36	0,69	0,25	1,57
5 т/га	1,61	0,30	0,38	0,89	0,26	1,64
7,5 т/га	1,69	0,33	0,41	1,09	0,31	1,56
10 т/га	1,72	0,33	0,42	1,10	0,34	1,69
15 т/га	1,72	0,38	0,36	1,21	0,29	1,79
20 т/га	1,81	0,36	0,37	1,21	0,28	1,84
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	1,64	0,37	0,34	0,77	0,29	1,58
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,71	0,34	0,35	0,98	0,31	1,62
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	1,73	0,39	0,31	1,01	0,32	1,63
НСР <sub>095</sub>	0,04	0,06	0,06	0,29	0,05	0,16

Изменения в содержании фосфора в растениях кукурузы под влиянием удобрений менее значительны, но наблюдались с первых этапов вегетации. То есть поглощение фосфора шло опережающими темпами по сравнению с накоплением дополнительной массы растений. Максимальных значений оно достигло на вариантах с дозами помета 10 и в некоторых случаях 15 т/га, а также при внесении азофоски в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$ .

Поглощение калия растениями под действием удобрений улучшилось уже в начале вегетации. Увеличение его концентрации в растениях в фазу 8-10 листьев достигло пика при повышении дозы помета до 10 т/га – на 0,38% и минеральных удобрений до 60 кг/га – на 0,73%. К фазе молочно-восковой спелости зерна положительный эффект от более высоких доз минеральных удобрений сохранился, а в блоке вариантов с пометом сменился противоположный за исключением варианта с минимальной дозой. К фазе полной спелости преимущество вариантов с пометом вновь четко обозначилась, особенно в содержании калия в побочной продукции. Оно нарастало с повышением дозы помета до 20 т/га. На вариантах минеральными удобрениями различия с контролем минимальны или отсутствуют. Это свидетельствует о том, что при внесении помета потребление калия кукурузой продолжается до конца вегетации, а при внесении азофоски в основном прекращается после фазы молочно-восковая спелость.

## 6. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО И ЕЁ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ СОДЕРЖАНИЯ NPK В ПОЧВЕ

Совокупность условий увлажнения, температуры, обеспеченности элементами питания, их динамика с течение вегетации кукурузы определили, в конечном счете, уровень урожайности зерна и влияние на нее куриного помета и минеральных удобрений. Большие изменения произошли на этапе молочно-восковая-полная спелость зерна. Вследствие очень высоких температур и воздушной засухи в период цветение-налив-созревание зерна в 2012 г., при самой большой массе растений в фазу молочно-восковой спелости, урожайность зерна на контроле была практически такой же, как и в 2011 г. – на уровне трех с небольшим тонн на гектар (таблица 21).

Таблица 21 – Влияние удобрений на урожайность зерна кукурузы, т/га

Вариант	2011 г.			2012 г.			2013 г.		
	урожайность	прибавка к контролю		урожайность	прибавка к контролю		урожайность	прибавка к контролю	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
контроль	3,20	-	-	3,07	-	-	6,19	-	-
5 т/га	3,38	0,18	5,8	3,79	0,72	23,5	6,34	0,15	2,4
7,5 т/га	3,75	0,55	17,1	4,16	1,09	35,5	6,60	0,41	6,6
10 т/га	3,83	0,63	19,8	4,48	1,41	45,9	7,24	1,05	17,0
15 т/га	3,52	0,32	10,1	3,90	0,83	27,0	6,43	0,23	3,7
20 т/га	3,05	-0,15	-4,7	3,90	0,83	27,0	6,20	0,01	0,2
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	3,55	0,35	10,9	3,62	0,55	17,9	6,20	0,01	0,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,30	0,10	3,2	3,73	0,66	21,5	6,81	0,62	10,0
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	3,37	0,17	5,2	3,64	0,57	18,6	6,77	0,58	9,4
НСР <sub>095</sub>	0,17	-	-	0,21	-	-	0,42	-	-

В 2013 г. в момент цветения действие неблагоприятных погодных факторов было значительно слабее, оплодотворение прошло успешно. Во время налива и созревания зерна в почве было еще достаточно влаги для обеспечения транспирации и синтетических процессов в растениях. Кроме того, в 2013 г. обеспеченность почвы подвижным фосфором в целом за вегетацию кукурузы была самой высокой за все годы исследований – около 18,7 мг/кг почвы. В 2012

г. она составила всего 8,3 мг/кг почвы. В сочетании с хорошей обеспеченностью доступными формами азота и калия это обеспечило получение в 2013 г. очень высокой урожайности – на контрольном варианте 6,19 т/га.

По-разному в 2011-2013 гг. проявилось действие органических и минеральных удобрений. В 2011 г. существенное увеличение урожайности произошло при повышении дозы помета до 7,5 т/га, прибавка к контролю здесь составила 17,1%. Она незначительно изменилась при увеличении дозы до 10 т/га, а при дальнейшем повышении резко снижалась. На варианте с дозой 20 т/га эффект был уже отрицательным. Примерно такая же картина проявилась и на более ранних этапах вегетации кукурузы. Концентрация почвенного раствора для растений в этом году при внесении повышенных доз помета, по-видимому, была избыточной. Действие минеральных удобрений было слабее, чем помета, положительный эффект снижался при увеличении дозы свыше  $N_{30}P_{30}K_{30}$ .

В 2012 г. очень большое преимущество вариантов с пометом по сравнению с контролем в массе растений к фазе молочно-восковой спелости, особенно на варианте с дозой 10 т/га проявилось и на заключительном этапе развития растений. Прибавки урожая зерна в 2012 г. были самыми высокими. Максимальный прирост – 1,41 т/га или 45,9% получен при внесении 10 т/га помета. При увеличении дозы он существенно понизился. Эффект от минеральных удобрений в этом году также был значительно больше, чем в предыдущем, но уступал влиянию помета. Наибольшим он был при внесении  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

В 2013 г. при наиболее высокой обеспеченности почвы в течение вегетации кукурузы подвижным фосфором, нитратами и в целом минеральным азотом в середине вегетации, а также при достаточном количестве обменного калия в почве изменения урожайности под влиянием помета в относительном выражении были самыми низкими за все годы исследований. Оптимальная доза помета – 10 т/га. Абсолютная прибавка урожайности к контролю здесь выше, чем в 2011 – 1,0 т/га. В этом году отмечено резкое уменьшение эффекта при увеличении дозы, фактически до нуля на варианте с 20 т/га. Применение мине-

ральных удобрений в минимальной дозе оказало слабое действие на пищевой режим почвы практически не повлияло на урожайность. Достоверные и примерно одинаковые изменения вызвало внесение NPK в дозах 60 и 90 кг/га.

В среднем за 2011-2013 гг. урожайность зерна кукурузы на контроле составила 4,15 т/га (таблица 22). Прибавка урожайности равномерно увеличивалась при повышении дозы помета с 5 до 7,5 т/га, а затем до 10 т/га. Максимальная урожайность 5,18 т/га получена на варианте с применением 10 т/га. Дальнейшее увеличение дозы приводило к резкому снижению эффекта. Действие минеральных удобрений было значительно слабее. Оптимальная доза  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Таблица 22 – Урожайность зерна кукурузы, среднее за 2011–2013 гг.

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%
контроль	4,15	-	-
5 т/га КП	4,50	0,35	8,4
7,5 т/га КП	4,84	0,69	16,6
10 т/га КП	5,18	1,03	24,8
15 т/га КП	4,62	0,47	11,3
20 т/га КП	4,38	0,23	5,5
$N_{30}P_{30}K_{30}$	4,46	0,31	7,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$	4,61	0,46	11,1
$N_{90}P_{90}K_{90}$	4,59	0,44	10,6
НСР <sub>095</sub>	0,31	-	-

Анализ структуры урожайности показал следующее. К уборке количество сохранившихся растений на контроле и вариантах с удобрениями было практически одинаково: в 2011 г. в пределах 53,03 – 53,05, в 2012 г. – 55,03 – 55,04, в 2013 г. 57,02 – 57,08 шт./га. Во все годы на одном растении было по одному початку на всех вариантах опыта. Различия урожайности определялись массой зерна с одного растения.

В 2011 и 2012 гг. масса зерна на контроле отличалась мало, однако в 2012 г. преимущество вариантов с удобрениями по сравнению с ним значительно больше (приложение 4).

В 2013 г. масса зерна и побочной продукции были в 2,0–2,5 раза больше, чем предыдущие годы. При внесении 10 т/га масса зерна с одного растения составила 126 г. Характерная особенность, которая проявилась во все годы, заключается в том, что увеличение массы зерна под влиянием помета не сопровождалось соответствующим повышением массы побочной продукции, а наоборот, снижением. В среднем за 2011–2013 гг. наибольшая масса зерна получена на варианте с 10т/га помета – 92,7 г., а масса стеблей, листьев, оберток початков – при внесении 5 т/га.

Подсчет соотношения массы побочной продукции и зерна (таблица 23) показывает, что оно варьирует по годам, но в целом снижается при увеличении дозы от 5 т/га до 10 т/га с 2,62 до 2,16. При дальнейшем повышении дозы - снова увеличивается. Это свидетельствует об улучшении использования потенциала растений при оптимизированном питании и ухудшении - при избыточном. На вариантах с минеральными удобрениями данный эффект проявляется слабее, чем при внесении помета.

Таблица 23 – Соотношение побочной продукции и зерна в урожае кукурузы

Вариант	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 2011-2013 гг.
контроль	1,62	1,82	2,28	1,91
5 т/га	2,83	2,30	2,73	2,62
7,5 т/га	2,38	2,14	2,46	2,33
10 т/га	2,33	1,98	2,18	2,16
15 т/га	2,48	2,16	2,40	2,35
20 т/га	2,53	1,92	2,39	2,28
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,63	2,35	2,43	2,47
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,85	2,44	2,25	2,51
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	2,40	2,09	2,52	2,34

Поскольку различия урожайности кукурузы в разные годы достигали 100%, а максимальные прибавки урожайности отличались в 2-3 раза, определение зависимости действия помета на урожайность от параметров обеспеченности почвы элементами питания затруднительно. В связи с этим прибавки уро-

жайности зерна за каждый год проранжировали в процентах от максимальной, которая взята за 100%. Данный подход позволил абстрагироваться от абсолютных значений изменений урожайности и привести данные за 2011-2013 гг. к единому знаменателю. Этот приём успешно апробирован в Донском ГАУ ранее (Е.В. Агафонов, Л.Н. Агафонова, Г.Е. Мажуга, 1998). Установлено, что наиболее тесная зависимость имеется между относительными изменениями урожайности кукурузы и содержанием минерального азота в почве в фазу 7-8 листьев,  $\eta = 0,789 \pm 0,177$ . Она отображается кривой в форме параболы (рисунок 19).

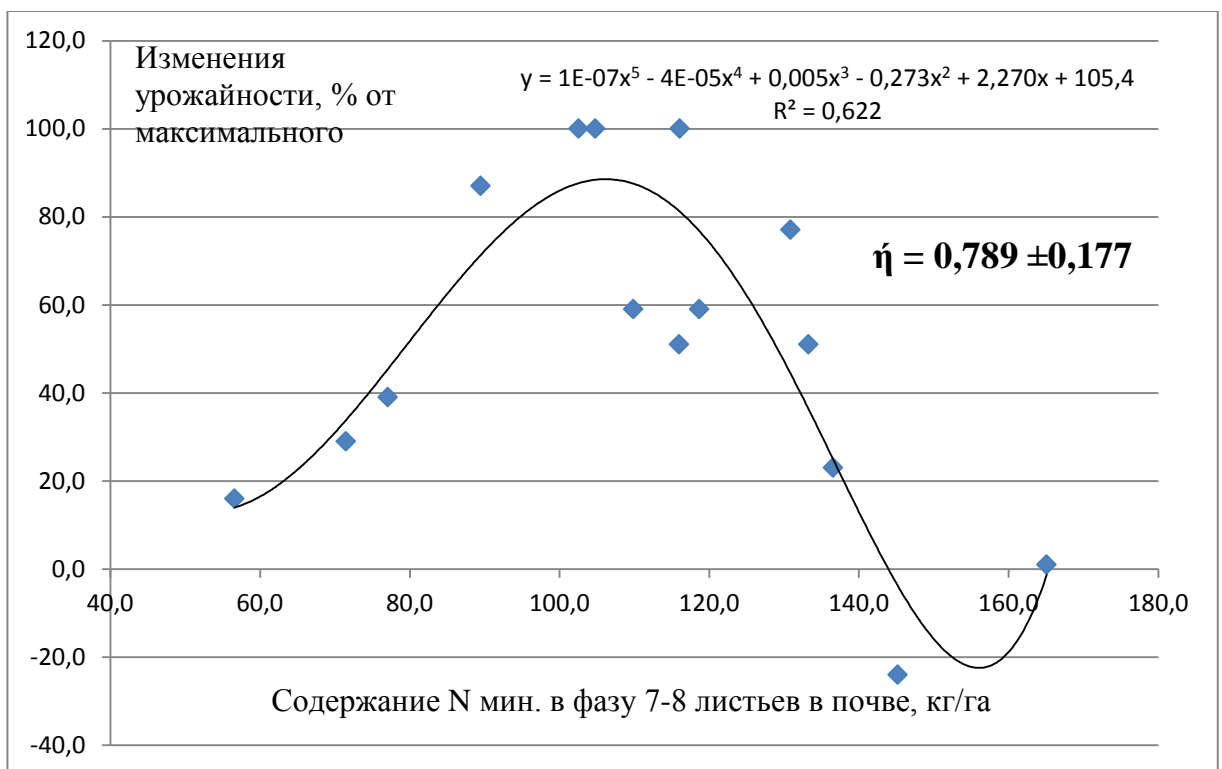


Рисунок 19. Зависимость изменений относительной прибавки урожайности кукурузы от содержания минерального азота в почве в фазу 7-8 листьев, кг/га

В соответствии с ней оптимальное содержанием  $N_{\text{мин}}$  в почве в этот период находится в пределах 100-110 кг/га. При большем содержании эффект снижался. Этим, в первую очередь, объясняется ухудшение результата при увеличении дозы помета до 20 т/га. Характерным является то, что данное содержание N мин. в почве было оптимальным как в 2011 и 2013 гг., когда главную роль в повышении урожайности сыграло улучшение азотного питания кукуру-



зы, так и в 2012 г., где первостепенное значение, несомненно, принадлежало фосфору.

Существенное зависимости эффекта от помета с содержанием подвижного фосфора в почве в фазу 7-8 листьев кукурузы не установлено, как линейной -  $r = -0,320 \pm 0,473$ , так и криволинейной -  $\eta = 0,458 \pm 0,229$ . Объясняется это очень большими различиями исходной обеспеченности почвы фосфором в разные годы. В 2012 г. на контроле она составила 9,2, а в 2013 г. – почти в три раза больше – 26,1 мг/кг почвы.

Недостоверна также линейная связь изменений урожайности кукурузы с содержанием обменного калия в почве  $r = 0,420 \pm 0,453$ . Теснее здесь криволинейная зависимость  $\eta = 0,602 \pm 0,206$ . Однако кривая, которая ей соответствует, имеет сложную конфигурацию с несколькими пиками, поэтому не представляется возможным определить диапазон оптимального содержания обменного калия в почве.

## 7. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ КУКУРУЗЫ

Меньше всего белка в зерне кукурузы содержалось в 2013 г.: на контроле 8,0, а при внесении удобрений - 7,9–8,6% (таблица 24). Это связано с высокой урожайностью и большим расходом азота на формирование биомассы растений. Во все годы применение помета оказало положительное влияние на белковость зерна. Наибольшим оно было в 2012 г. На вариантах с дозами 7,5 – 20 т/га здесь увеличение по сравнению с контролем было в пределах 1,8 – 2,1, в 2013 г. – 0,3 – 0,6, а в 2011 г. – 0,2–0,5 %. В первый год лишь на варианте с дозой 20 т/га белковость повысилась более существенно – на 1,7% вследствие сильного снижения урожайности.

Таблица 24 - Содержание белка в зерне кукурузы, %

Вариант	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 2011-2013 гг.	
				белковость	прибавка к контролю
контроль	9,9	8,7	8,0	8,9	-
5 т/га	10,4	9,1	7,9	9,1	0,2
7,5 т/га	10,1	10,5	8,3	9,6	0,7
10 т/га	10,4	10,5	8,6	9,8	0,9
15 т/га	10,3	10,6	8,5	9,8	0,9
20 т/га	11,6	10,8	8,6	10,3	1,4
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	10,2	9,6	8,3	9,4	0,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	11,1	9,6	8,5	9,7	0,8
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	11,0	10,2	8,4	9,9	1,0
HCP <sub>095</sub>	0,48	0,46	0,24	0,42	-

Положительный эффект вызвало также применение минеральных удобрений. Дозы NPK 60 и 90 кг/га оказывали большее действие, чем 30 кг/га.

В среднем за 2011-2013 гг. прослеживается существенное увеличение содержания белка при повышении дозы помета с 5, где изменения незначительны, до 10 т/га. При внесении 15 т/га итог был такой же, как и 10 т/га – 9,8 %. Выделяется вариант с применением 20 т/га. Здесь прибавка к контролю достигла 1,4%, но в основном за счет 2011 года. При внесении 60–90 кг/га NPK в виде

минеральных удобрений изменение белковости примерно такие же, как и от применения 10-15 т/га помета.

Содержание белка в урожае зерна с 1 га в 2013 г значительно превосходит этот показатель в первые два года вследствие существенно более высокой урожайности (таблица 25). Однако относительные его изменения под действием помета самые низкие за все годы исследований. Лишь на варианте с применением 10 т/га эффект такой же, как в 2011 г. – 25,8%.

Таблица 25 – Сбор белка в урожае зерна кукурузы с 1 га в 2011–2013 гг., кг

Вариант	2011 г.			2012 г.			2013 г.		
	сбор	прибавка к контролю		сбор	прибавка к контролю		сбор	прибавка к контролю	
		кг	%		кг	%		кг	%
контроль	272	-	-	230	-	-	426	-	-
5 т/га	303	31	11,4	297	67	29,1	431	5	1,2
7,5 т/га	326	54	19,9	376	156	67,8	471	45	10,6
10 т/га	342	70	25,7	404	174	75,7	536	110	25,8
15 т/га	312	40	14,7	355	125	54,3	470	44	10,3
20 т/га	304	32	11,8	362	132	57,4	458	32	7,5
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	311	39	14,3	299	69	30,0	442	18	4,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	315	43	15,8	308	78	33,9	498	72	16,9
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	319	47	17,3	319	89	38,7	489	63	14,8
НСР <sub>095</sub>	18	-	-	27	-	-	28	-	-

На контроле в 2011 г. сбор белка больше, чем в 2012 г. При внесении помета в дозе 5 т/га показатели выравниваются, а на всех остальных они значительно выше, чем в 2011 г. Это следствие двух факторов: более высоких прибавок урожайности и большего повышения белковости зерна. В 2012 г. содержание белка в зерне нарастало с увеличением дозы помета до 10 т/га. Здесь разница с контролем составила 174 кг или 75,7 %. При дальнейшем повышении дозы эффект уменьшился. Действие минеральных удобрений существенно ниже. Оно нарастало с увеличением дозы до 90 кг/га.

Относительные изменения сбора белка под действием помета в 2012 г. в 3-4 раза больше, чем в 2011 г. В оба года отчетливо виден пик положительного

влияния помета на варианте с дозой 10 т/га – 25,7 и 75,7%. Действие минеральных удобрений также в большей степени проявилось в 2012 г., но эффект во все годы существенно меньше, чем от помета. Картина изменений содержания белка в урожае зерна с 1 га под влиянием всех изучаемых факторов значительно ярче, чем изменений урожайности.

В среднем за 2011–2013 гг. достоверные изменения сбора белка, по сравнению с контролем, получены на всех вариантах опыта (таблица 26). Существенным был прирост содержания белка при увеличении дозы помета с 5 до 7,5 т/га, а затем до 10 т/га. Дальнейшее повышение приводило к резкому ухудшению эффекта. Применение минеральных удобрений в дозах NPK 60 и 90 кг/га дало практически одинаковый результат. Он примерно соответствует действию помета в дозе 15 т/га. Относительная прибавка в сборе белка на различных вариантах опыта в 1,5-2,0 раза выше, чем увеличение урожайности. Это свидетельствует о большом влиянии удобрений на качество зерна кукурузы. Преимущество варианта с дозой помета 10 т/га по сравнению с контролем составило 38,2%, что в 1,8 раза превышает результат, полученный от минеральных удобрений.

Таблица 26 – Сбор белка в урожае зерна кукурузы с 1 га, кг. Среднее за 2011–2013 гг.

Вариант	Сбор белка, кг/га	Прибавка к контролю	
		кг/га	%
контроль	309	-	-
5 т/га	344	35	11,3
7,5 т/га	391	82	26,5
10 т/га	427	118	38,2
15 т/га	379	70	22,6
10 т/га	375	66	21,4
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	351	42	13,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	374	65	21,0
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	376	67	21,7
HCP <sub>095</sub>	33	-	-

## 7. ВЫНОС И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ, КОЭФФИЦИЕНТЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗ УДОБРЕНИЙ

Анализ содержания элементов питания, поступающих в почву при внесении подстилочного перепревшего куриного помета, показал, что их количество существенно варьировало в годы проведения исследований. Максимальная доза азота и калия была внесена в 2013 г., фосфора – в 2012 г. (таблица 27).

Таблица 27 – Поступление элементов питания в почву при внесении помета, кг/га

Вариант	2011 г.			2012 г.			2013 г.		
	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
5 т/га	51	108	75	57	129	61	79	68	82
7,5 т/га	77	162	112	85	194	92	119	102	122
10 т/га	102	216	149	113	258	122	158	136	163
15 т/га	153	324	224	170	387	183	237	204	245
20 т/га	204	432	298	226	516	244	316	272	326

Удобрительная ценность помета сильно колеблется в зависимости от состава (Б.А. Ягодин, 1989), количества и качества корма (П.М. Смирнов, Э.А. Муравин, 1991), вида и возраста птицы (А.А. Бацула, 1988; П.Д. Попов и др., 1988).

Немаловажным условием, определяющим содержание азота в составе помета, являются его газообразные потери при хранении на пометахранилищах в связи с разогреванием пометной массы.

Так по данным Р.А. Розумна (1978) в лабораторных условиях за 5 месяцев хранения было отмечено снижение содержания азота общего на 45%, аммиачного азота на 58,8% от их исходного содержания в пересчете на абсолютно сухое вещество. Снижение содержания P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O не наблюдалось. Потери фосфора и калия при хранении помета зависят от размеров их вымывания в виде растворимых солей.

В среднем за 3 года в составе куриного помета можно отметить существенное преобладание общего фосфора над азотом и калием (таблица 28). Та-

ким образом, применение подстилочного куриного помета является существенным источником пополнения фосфатных запасов почвы.

Таблица 28 – Поступление элементов питания в почву при внесении куриного подстилочного перепревшего помета, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

Вариант	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
5 т/га	62	102	73
7,5 т/га	94	153	109
10 т/га	124	203	145
15 т/га	187	305	217
20 т/га	248	406	289

На контроле содержание азота в урожае зерна во все годы исследований было больше, чем в побочной продукции. При внесении удобрений оно выравнивалось (2012 г.) или становилась больше в побочной продукции – в 2011 и на вариантах с наибольшими дозами в 2013 гг. По-видимому, реутилизации дополнительного азота, поглощаемого растениями из помета, была в таких случаях неполной.

Содержание фосфора в урожае зерна в 2011 и 2012 гг. на контроле было незначительно больше, чем в побочной продукции, в 2013 г. – в 4 раза больше в вегетативной массе. Это свидетельствует о том, поглощение фосфора из почвенных запасов в последний год было очень интенсивным. Такая тенденция чётко проявилась и на вариантах с удобрениями. По выносу калия преимущество во все годы было за вегетативной массой, но в 2013 г. оно проявилось в наибольшей степени – на разных вариантах в 14-20 раз.

В среднем за 3 года вынос азота на контрольном варианте с зерном кукурузы составил 54 кг, с вегетативной массой – 38 кг/га (таблица 29). Применение подстилочного куриного помета и минеральных удобрений способствовало увеличению выноса азота по отношению к контрольному варианту, как с основной, так и с побочной продукцией. Максимальное содержание в зерне получено на варианте с дозой помета 10 т/га, а в вегетативной массе – при внесении 15 т/га.

Таблица 29 – Вынос NPK с урожаем основной и побочной продукции кукурузы. Среднее за 2011-2013 гг., кг/га

Вариант	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	зерно	вегетативная масса	зерно	вегетативная масса	зерно	вегетативная масса
контроль	54	38	10	19	13	126
5 т/га	60	68	11	27	15	169
7,5 т/га	68	80	14	32	17	167
10 т/га	75	79	14	33	19	167
15 т/га	66	91	14	29	14	173
20 т/га	66	90	13	26	15	166
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	61	53	14	28	13	145
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	65	67	13	29	14	152
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	66	62	15	32	12	156

Вынос фосфора на контроле с зерном кукурузы был в два раза меньше, чем побочной продукцией в основном из-за больших различий в 2013 г. Преобладание выноса фосфора с побочной продукцией отмечено и при использовании удобрений. Максимум содержания в зерне был достигнут уже при внесении 7,5 т/га помета, а в побочной продукции – 10 т/га, под действием минеральных удобрений в дозе N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> – в обоих компонентах.

Вынос калия с зерном на контрольном варианте составил 13 кг/га, вегетативной массой в 10 раз больше – 126 кг/га. Наибольшее количество калия было поглощено кукурузой на вариантах с 10 и 15 т/га помета.

Общий вынос зерном элементов питания в 2013 г. был значительно больше, чем в 2011 и 2012 гг. (приложение 7). Вынос фосфора во все годы исследований был максимальным на варианте с применением помета в дозе 10 т/га, азота – в разные годы при внесении 10-20 т/га. По калию различия между вариантами с пометом незначительны. Фактически при внесении помета в дозе 7,5 т/га он был максимальным, лишь в 2013 г. – при 15 т/га.

Суммарный вынос зерном азота в среднем за 3 года на контрольном варианте составил 92, фосфора – 29 и калия 136 кг/га (таблица 30).

Таблица 30 – Суммарный вынос NPK с урожаем основной и побочной продукции кукурузы. Среднее 2011-2013 гг., кг/га

Вариант	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
контроль	92	29	136
5 т/га	129	38	181
7,5 т/га	148	46	183
10 т/га	153	48	183
15 т/га	157	43	186
20 т/га	156	40	177
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	114	42	158
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	132	42	165
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	128	47	169

Вынос азота с урожаем зерна и побочной продукции кукурузы нарастал с увеличением дозы помета до 15 т/га, фосфора – до 10 т/га. Вынос калия был практически одинаковым на вариантах с дозами 5-15 т/га. При внесении минеральных удобрений потребление азота и калия было значительно меньше, чем при внесении помета. По фосфору оно находилось в тех же пределах. В целом применение удобрений способствовало существенному увеличению выноса всех элементов питания растениями кукурузы по сравнению с контролем. При внесении помета в оптимальной дозе 10 т/га различия достигали: по азоту – 66,3, по фосфору – 65,5, по калию – 34,6%. Максимальное увеличение выноса NPK, вызванное применением минеральных удобрений, находилось в пределах: N - 43,4, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 62,1, K<sub>2</sub>O - 24,3% и в основном достигалось на варианте с максимальной дозой – N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>.

Приход всех элементов питания, обусловленный внесением даже минимальной дозы помета 5 т/га был значительным – в среднем за 2011-2013 гг. в сумме 237 кг/га (таблица 31). На варианте с 20 т/га он достиг 943 кг/га. Особенно большое количество поступало в почву фосфора – 102-406 кг/га. На вариантах с минеральными удобрениями приход NPK был в пределах 90-270 кг/га.



Таблица 31 – Баланс элементов питания под кукурузой в среднем за 2011-2013 гг., кг/га

Вариант	Приход элементов питания			Расход элементов питания			Баланс элементов питания		
	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
контроль	-	-	-	54	10	13	-54	-10	-13
5 т/га	62	102	73	60	11	15	2	91	58
7,5 т/га	94	153	109	68	14	17	26	139	92
10 т/га	124	203	145	75	14	19	49	189	126
15 т/га	187	305	217	66	14	14	121	291	203
20 т/га	248	406	289	66	13	15	182	393	274
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	30,0	30,0	30,0	61	14	13	-31	16	17
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	60,0	60,0	60,0	65	13	14	-5	47	46
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	90,0	90,0	90,0	66	15	12	24	75	78

Поскольку побочная продукция кукурузы на зерно не используется, то есть не отчуждается с поля, баланс элементов питания подсчитан с учетом данного обстоятельства. Благодаря этому фактический расход элементов питания уменьшился в очень большой степени. Так на варианте с дозой помета 10 т/га потребность в азоте изменилась на 78 кг/га или 51,%, в фосфоре – на 34 кг/га или 70,8%, а в калии – на 164 кг/га или 89,6%.

Профицит азота имел место на всех вариантах опыта с пометом, существенно выше по калию, но особенно большим он был по фосфору. Следовательно, применение куриного помета является одним из важных рычагов поднятия фосфатного уровня почвы. При внесении минеральных удобрений во всех дозах положительный баланс получен по фосфору и калию, по азоту лишь на варианте с наибольшей дозой.

Однако очень большой профицит всех элементов питания на вариантах с дозами помета 15 и 20 т/га, по-видимому, является неоправданным. Применение помета в меньших дозах способствует не только существенному повышению урожайности кукурузы, но и плодородию почвы. На варианте с оптимальной дозой помета 10 т/га дополнение к почвенным запасам N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O составило в среднем 49 – 189 – 126 кг/га.

Коэффициенты использования кукурузой элементов питания из удобрений существенно изменялись (приложение 8). Это обусловлено многими причинами, в том числе уровнем урожайности и содержанием NPK в помете. Максимальные значения обычно достигались при внесении помета в дозах 5-7,5 т/га, а минеральных удобрений - в дозе N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. Однако эта тенденция иногда нарушалась, особенно по азоту в блоке минеральных удобрений в 2013 г.

В среднем за 2011-2013 гг. коэффициент использования азота и фосфора из помета был наибольшим на варианте с дозой 7,5 т/га – 65 и 14%, калия – при внесении 5 т/га (таблица 32).

Использование азота и калия из помета в год его внесения значительно выше, чем фосфора. С увеличением дозы помета степень усвоения всех элемен-

тов питания существенно снижается. На варианте с оптимальной дозой 10 т/га они составили 52-12-31%.

Таблица 32 – Коэффициенты использования элементов питания из удобрений кукурузой. Среднее за 2011-2013 гг.

Вариант	Кукуруза на зерно		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
5 т/га	61	13	59
7,5 т/га	65	14	42
10 т/га	52	12	31
15 т/га	36	5	22
20 т/га	25	3	13
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	74	42	74
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	67	22	49
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	40	20	37

Питательные вещества из минеральных удобрений использовались растениями кукурузы более продуктивно: на варианте с дозой N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> на 67-22-49%.

## 8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Экономическая оценка системы удобрений позволяет сделать вывод о целесообразности её применения на производстве. Экономическая эффективность применения удобрений под кукурузу на зерно определялась по следующим показателям: затраты на выращивание продукции на 1 га, стоимость продукции на 1 га, себестоимость 1 т произведенной продукции (отношение затрат на выращивание продукции к урожайности зерна, т/га), условно чистый доход с 1 га (стоимость товарной продукции за вычетом затрат) и рентабельность производства продукции (отношение условно чистого дохода к затратам). При этом были использованы следующие нормативы: погрузка удобрений – 28,0 руб./т; подвозка удобрений – 20,0 руб. т/км; разбрасывание органических удобрений – 16,0 руб./га. Стоимость куриного помёта при расчёте экономической эффективности не учитывалась, так как необходима полная утилизация этого отхода птицеводства. Стоимость азофоски - 20 руб./кг.

Для определения стоимости продукции были использованы закупочные цены 2013 года. Они составили – 7000 руб. за 1 т зерна кукурузы. Экономические расчеты свидетельствуют о том, что выращивание кукурузы в СПК «Победа» является прибыльным. Без применения удобрений с 1 га получено в среднем за 2011-2013 гг. 16250 руб./га условно чистого дохода (таблица 33). При этом себестоимость 1 кг зерна составила 2,70 руб., а рентабельность его производства – 159%.

При использовании органических удобрений большое значение имеет определение экономически целесообразного расстояния их перевозок от места хранения до поля. Выполнение соответствующих расчётов показало, что оптимальная доза помёта – 10 т/га. При его перевозках от птицефабрики до поля на расстояние до 12 км условно чистый доход увеличился на 6370 руб./га, себестоимость 1 кг зерна уменьшалась на 0,38 руб., а рентабельность повышалась на 42%. Положительные экономические результаты получены также при внесе-

нии помета в дозах 5, 7,5 и 15 т/га.

Таблица 33 – Экономическая оценка применения куриного помета под кукурузу на зерно в 2011-2013 гг. (СПК «Победа»)

Условно чистый доход, руб./га					
контроль	16250				
	2 км	5 км	8 км	10 км	12 км
5 т/га	18280	17980	17680	17480	17280
7,5 т/га	20450	20000	19550	19250	18950
10 т/га	22620	22020	21420	21020	20620
15 т/га	18280	17380	16480	15880	15280
Себестоимость 1 кг зерновых единиц, руб./кг					
контроль	2,70				
	2 км	5 км	8 км	10 км	12 км
5 т/га	2,58	2,65	2,72	2,76	2,80
7,5 т/га	2,44	2,54	<b>2,63</b>	<b>2,70</b>	2,75
10 т/га	2,32	2,44	2,56	2,63	2,70
15 т/га	<b>2,70</b>	2,89	3,09	3,22	3,35
Рентабельность, %					
контроль	159				
	2 км	5 км	8 км	10 км	12 км
5 т/га	171	164	<b>159</b>	154	150
7,5 т/га	186	176	166	<b>160</b>	154
10 т/га	201	187	174	166	<b>159</b>
15 т/га	<b>160</b>	142	127	118	109

Высокая экономическая эффективность применения помета в оптимальной дозе 10 т/га сохранялась при его перевозках на расстояние до 12 км, в дозе 7,5 т/га – до 10, а в дозе 5 т/га – до 8 км.

Применение минеральных удобрений под кукурузу в дозах НРК 30-90 кг/га, изучаемых в опыте под кукурузу на зерно, было нерентабельным.

Таким образом, применение куриного подстилочного помёта под кукурузу даже без учета последействия на последующие культуры севооборота, является не только мощным рычагом повышения урожайности и плодородия почвы, но и средством для увеличения доходности производства.

Анализ биоэнергетической оценки применения удобрений показал, что оно способствовало существенному увеличению затрат техногенной энергии –

помета по отношению к контрольному варианту на 4,8-19,0, минеральных – на 4,2-12,5 ГДж/га (табл. 34).

Таблица 34 – Биоэнергетическая оценка применения удобрений под кукурузу.  
Среднее за 2011-2013 гг.

Вариант	Урожайность, т/га	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Энергия, накопленная в урожае, ГДж/га	Энергоемкость продукции, ГДж/т	Прирост энергии в урожае, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
контроль	4,15	11,8	62,0	2,8	50,2	5,3
5 т/га	4,50	16,6	67,2	3,7	50,6	4,0
7,5 т/га	4,84	19,0	72,3	3,9	53,3	3,8
10 т/га	5,18	21,3	77,3	4,1	56,0	3,6
15 т/га	4,62	26,0	69,0	5,6	43,0	2,7
20 т/га	4,38	30,8	65,4	7,0	34,6	2,1
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	4,46	16,0	66,6	3,6	50,6	4,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,61	20,2	68,8	4,4	48,6	3,4
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	4,59	24,3	68,5	5,3	44,2	2,8

Соответственно самый высокий коэффициент энергетической эффективности и низкая энергоемкость в опыте получены на контрольном варианте.

Но при этом применение помета в дозе 10 т/га обеспечило наибольшее увеличение прироста энергии в урожае по сравнению с контролем на 5,8 ГДж/га.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение куриного помета способствовало незначительному увеличению содержания аммонийного азота в почве - к фазе 7-8 листьев кукурузы на 1,2-2,9 кг/га в слое 0-40 см в среднем за 2011-2013 гг. В большей степени под влиянием помета повышалось содержание нитратного азота. В годы с низким запасом N-NO<sub>3</sub> в почве - в пределах 33-43 кг/га значительный рост его количества наблюдался с повышением дозы помета вплоть до 20 т/га – до 128-159 кг/га, а при исходном содержании более 80 кг/га - лишь на 29 кг/га от минимальной дозы. В первом случае изменения N<sub>мин</sub> в почве находились в тесной линейной зависимости от количества азота, вносимого с пометом,  $r = 0,922 \pm 0,193$ .

В течение вегетации кукурузы содержание N-NH<sub>4</sub> в почве на вариантах с пометом уменьшалось и к фазе полной спелости зерна стало ниже, чем на контроле. Снижение количества нитратного азота шло ещё более высокими темпами, но различия между дозами и преимущество по сравнению с контролем сохранилось в большей степени. При внесении помета происходило уменьшение доли N-NH<sub>4</sub> и увеличение N-NO<sub>3</sub> - с 85,2 до 89,9% в составе N<sub>мин</sub>. Тенденция нарастала с увеличением дозы до 20 т/га помета.

Изменения содержания фосфора в почве под кукурузой под действием помета зависели от его исходного уровня. При содержании на контроле в слое почвы 0-40 см в 2011 г. 17,7 мг/кг оно увеличилось до 20,1 мг/кг, в 2012 г. – с 9,2 до 14,4 мг/кг почвы и нарастало с повышением дозы до 20 т/га. В 2013 г. при 26,1 мг/кг на контроле максимальное увеличение 28,6 мг/кг отмечено на варианте с минимальной дозой 5 т/га помета, а при её повышении снижалось. В течение вегетации кукурузы положительное влияние помета по сравнению с контролем нарастало во всех случаях. Действие минеральных удобрений на содержание подвижного фосфора в почве было слабее.

Обеспеченность почвы обменным калием во все годы была повышенной или высокой. Применение помета и минеральных удобрений способствовало её

увеличению. Однако зависимости обменного калия от повышения доз удобрений и достоверных изменений по сравнению с контролем не выявлено.

Во все годы исследований применение помета способствовало усилению потребления фосфора на начальном этапе развития кукурузы. К фазе 9-11 листьев его содержание заметно увеличилось по сравнению с контролем. К молочно-восковой спелости чётко обозначилось повышение содержания азота. Оно отмечено также в зерне и побочной продукции. В 2013 году эта тенденция проявилась в меньшей степени вследствие более высокой урожайности зерна. Стабильных закономерностей по фосфору и калию не установлено. Минеральные удобрения в повышенных дозах оказали в целом сходное с действием помета влияние на содержание элементов питания в растениях кукурузы.

Применение помета обеспечило существенное повышение урожайности зерна кукурузы. Оптимальная доза в среднем за 2011-2013 гг. – 10 т/га. Прибавка урожайности зерна к контролю составила 1,03 т/га или 24,8%. С повышением дозы она снижалась. Действие минеральных удобрений оказало меньшее влияние на урожайность. При внесении минеральных удобрений в дозах 60 и 90 кг/га прирост урожайности был в пределах 11,1-10,6%. Изменения урожайности под влиянием помета в значительной мере обусловлены содержанием  $N_{\text{мин}}$  в почве в фазу 7-8 листьев,  $\eta = 0,789 \pm 0,177$ . Его оптимум в слое 0-40 см находился в пределах 100-110 кг/га.

Применение удобрений способствовало улучшению белковости зерна кукурузы. При внесении помета в дозе 10 т/га белковость зерна увеличилась в среднем за 2011-2013 гг. на 0,9%, а сбора белка с 1 га - на 118 кг или на 38,2%. Минеральные удобрения в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  обеспечили увеличение содержания белка в зерне на 0,8%, а сбор белка с 1 га на 21,0%.

Поскольку побочная продукция не удаляется с поля применение помета во всех испытанных дозах обеспечило положительный баланс элементов питания в почве. Это эффективный способ поддержания фосфатного уровня почвы и устранения дефицита калия в почве. При внесении оптимальной дозы помета



10 т/га коэффициенты использования азота, фосфора и калия из него кукурузой в среднем составили 52;12;31% соответственно.

Применение куриного помета в дозе 10 т/га под кукурузу существенно улучшило экономические показатели её возделывания: условно чистый доход с 1 га увеличился с 4370 до 6370 руб., рентабельность производства – со 159 до 201%, а себестоимость 1 кг зерна уменьшилась с 2,70 до 2,32 руб. Рентабельность сохранилась при перевозке помёта на расстояние до 12 км.

Применение помета в дозе 10 т/га обеспечило наибольшее увеличение прироста энергии в урожае по сравнению с контролем - на 5,8 ГДж/га.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

При выращивании кукурузы на зерно на черноземе обыкновенном рекомендуется применять перепревший куриный помет на подстилке из подсолнечной лузги в дозе 10 т/га весной под предпосевную культивацию. Экономически целесообразной является транспортировка помета от хранилища до поля в дозе 10 т/га на расстояние до 12 км, в дозе 7,5 т/га – до 10, в дозе 5 т/га - до 8 км.

### Литература

1. Агафонов, Е.В. Влияние биогумуса и куриного помета на свойства чернозема обыкновенного и продуктивность полевых культур / Е.В. Агафонов, В.А. Ефремов, Л.Н. Агафонова // Почвоведение. - 2001. - № 8. - С. 970-974.
2. Агафонов, Е.В. Влияние индюшиного помета на агрохимические свойства почвы и урожайность подсолнечника на черноземе обыкновенном / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев, Д.А. Манашов // Агрохимия. – 2015. - №7. – С. 17-24.
3. Агафонов, Е.В. Влияние рельефа и удобрений на плодородие чернозема обыкновенного и продуктивность ярового ячменя / Е.В. Агафонов, А.А. Громаков. – п. Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2008. - 142 с.
4. Агафонов, Е.В. Использование индюшиного помета в земледелии Ростовской области / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев, Д.А. Манашов - пос. Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2015. - 47 с.
5. Агафонов, Е.В. Микроэлементы – ТМ в исследованиях кафедры агрохимии ДонГАУ / Е.В. Агафонов. – Издательство ООО «Полиграфический комплекс ЭСМА-ПРИНТ», п. Каменоломни, 2012. – 262 с.
6. Агафонов, Е.В. Оптимизация питания и удобрение культур полевого севооборота на карбонатном чернозёме / Е.В. Агафонов - М.: Изд-во ТСХА. - 1992. – 160 с.
7. Агафонов, Е.В. Почвы и удобрения Ростовской области / Е.В. Агафонов, Е.В. Полуэктов, - п. Персиановский, 1999. - 87с.
8. Агафонов, Е.В. Применение куриного помёта и минеральных удобрений на чернозёме обыкновенном / Е.В. Агафонов, Ф.А. Понятовский // Сахарная свекла. - 2006. - № 8. – С. 31-32.
9. Агафонов, Е.В. Птичий помет – важный ресурс повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почв Ростовской области: учебное пособие / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев. - пос. Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2013. - 70 с.
10. Агафонов, Е.В. Результаты применения подстилочного куриного помета

под сахарную свеклу / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев // Сахарная свекла. - № 6. - 2013. – С.11-12.

11. Агафонов, Е.В. Свойства и применение куриного помета и биогумуса в полевом севообороте / Е.В. Агафонов, В.А. Ефремов, Л.Н. Агафонова. – Новочеркасск, 2002. - 127 с.

12. Агафонов, Е.В. Система удобрения гибридов кукурузы разного срока созревания на темно-каштановой почве Ростовской области / Е.В. Агафонов, А.А. Батаков // Агрoхимия. – 2000. - №11. – С. 41.

13. Агафонов, Е.В. Системы удобрения в монокультуре / Е.В. Агафонов, Л.Н. Юрьева // Кукуруза и сорго. – 1994. - №1. – С. 2-3.

14. Агафонов, Е.В. Удобрения кукурузы в звеньях севооборотов на карбонатном черноземе Северного Кавказа: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е.В. Агафонов. – п. Персиановский, 1974. – 25 с.

15. Агафонов, Е.В. Удобрения подсолнечника на мицеллярно-карбонатном черноземе // Е.В. Агафонов, Л.Н. Агафонова, Г.Е. Мажуга / Агрoхимия. - 1998. - №7. - С. 56-63.

16. Агрoномический комплекс Ростовской области. – Ростов-на-Дону: ООО «Альтаир», 2015. – 56 с.

17. Агрoхимия (Южно-Российский аспект): Учебник для студ. высш. учеб. завед. – Том 2 / Под ред. В.В. Агеева. – Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2006. – 480 с.

18. Алабушев, А.В. Производство зерновых культур в природно-экономических зонах Ростовской области // А.В. Алабушев, С.А. Раева /Аграрная наука. - №10.- 2011. – С. 5-7.

19. Анснок, П.И. Микроудобрения / П.И. Анснок . – М.: Колос, 1978. – 272 с.

20. Арефьев, А.Н. Пищевой режим чернозема выщелоченного под влиянием повторного использования ОСВ и удобрений /А.Н. Арефьев// Материалы 40-й Международной научной конференции «Агрoхимические приемы повышения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культу в адаптивно-

ландшафтных системах земледелия» (19-20 апреля 2009 г.) - Москва. - 2006. – С.117-119.

21. Багринцева, В.Н. Кукуруза – прошлое и настоящее / В.Н. Багринцева // Кукуруза и сорго. – 2014. - №3. – С.28-32.

22. Базилинская, М.В. Использование птичьего помета / М.В. Базилинская //Агрохимия. - 1998. - №8. - С. 27.

23. Бакиров, Ф.Г. Водопотребление яровой пшеницы при её выращивании по технологии No-till с применением куриного помета и препарата Тамир / Ф.Г. Бакиров, Ю.Н. Арапова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2013. - №6 (44). - С.50-52.

24. Балан, М.П. Урожай и качество кукурузы в связи с систематическим применением удобрений / М.П. Балан // Тез. 3-го регионального совещания участников географической сети опытов с удобрениями Молдавской и украинской ССР. – Кишинев. 1977. – Ч. 1. – С. 101-102.

25. Батаков, А.А. Система удобрения гибридов кукурузы разного срока созревания на темно-каштановой почве Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.А. Батаков; Донской государственный аграрный университет. – п. Персиановский, 1999. – 22 с.

26. Бацула, А.А. Органические удобрения / А.А. Бацула. - 2-е изд. перераб. и доп. - Киев: Урожай, 1988. - С. 3-39.

27. Бачило, Н.Г. Научные принципы использования пометных удобрений в условиях интенсивного земледелия: диссер. доктора с.-х. наук. – Жодино, 1990. – 452 с.

28. Бачило, Н.Г. Эффективность куриного помета в чистом виде и в сочетании с минеральными удобрениями // Тез. докл. Всесоюз. семинара. - М., 1981. - Т. 1. - С. 91- 92.

29. Беззубцев, А.В. Использование птичьего помета в земледелии Омской области / А.В. Беззубцев, А.Г. Шмидт // Достижение науки и техники. – 2013. - №10. – С. 17-19.

30. Безуглова, О.С. Почвы Ростовской области: учебное пособие / О.С. Безуглова, М.М. Хырхырова. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. – 352 с.
31. Белоголовцев, В.П. Диагностика минерального питания кукурузы на каштановой почве Саратовского Заволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В.П. Белоголовцев; Саратовский государственный аграрный университет. – Саратов, 2009. – 18 с.
32. Бергер, К.К. Достижения в применении второстепенных элементов и микроудобрений // К.К. Бергер, П.Ф. Пратт / Удобрения. Перевод. с англ. – М.: Колос, 1965. – С. 313-374.
33. Биоэнергетическая эффективность агротехнологий при возделывании кукурузы на зерно в зернопаропропашном севообороте / А.Н. Воронин, В.Н. Самыкин, В.Д. Соловиченко, А.А. Потрясаев // Кукуруза и сорго. – 2010. - №1. – С. 3-5.
34. Боровкова, А.С. Сравнительная эффективность разных форм азотных удобрений и хелатных микроэлементов при возделывании кукурузы на силос в лесостепи Заволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.С. Боровкова; Самарская государственная сельскохозяйственная академия. – Оренбург, 2003. – 20 с.
35. Брагин, В.Н. Состав и дозы минеральных удобрений под кукурузу на выщелоченном чернозёме лесостепного Зауралья / В.Н. Брагин, Ю.Д. Кушниренко // Проблемы регулирования плодородия почв и совершенствования систем удобрений в современной земледелии: сб. ст. – Миасс: Геотур, 1997. – С. 79-87.
36. Букарев, В.В. Влияние предшественников и удобрений на урожайность кукурузы в зоне неустойчивого увлажнения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В.В. Букарев; Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы. – Ставрополь, 2010. – 22 с.
37. Бунякин, И.Я. Действие минеральных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от содержания подвижного фосфора в карбонатном черноземе Краснодарского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И.Я. Бунякин. – Краснодар, 1978. – 26 с.

38. Вавилов, П.П. Растениеводство: учебник для вузов / П.П. Вавилов. – М.: Агропромиздат, 1986. - 512 с.
39. Васильев, В.А. Справочник по органическим удобрениям / В.А. Васильев, Н.В. Филиппов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Росагропромиздат, 1988. - 134 с.
40. Володарский, Н.И. Биологические основы возделывания кукурузы / Н.И. Володарский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 189 с.
41. Грушка, Я. Монография по кукурузе / Я. Грушка // перев. с чешского. – М.: Изд-во «Колос», 1965. – 751 с.
42. Дарбасов, В.Р. Внедрение инновационных технологий / В.Р. Дарбасов, Е.Я. Федорова //Аграрная наука. – 2015. – №4. - С.26-27.
43. Диброва, В.С. Особенности удобрения кукурузы, возделываемой после сахарной свеклы на карбонатном чернозёме / В.С. Диброва, Е.В. Агафонов // Агрохимия. - 1976. - №6. - С. 79-83.
44. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов, - М.: Колос, 1979. - 416 с.
45. Дрогалин, П.В. Севооборот, урожай, качество / П.В. Дрогалин, В.И. Казанков, Н.Д. Тарасенко – Краснодар: кн. Изд-во, 1983. – 268 с.
46. Еськов, А.И. Техническое обеспечение использования органических удобрений / А.И. Еськов, В.В. Рябов // Агрохимический вестник. – 2013. - №4. – С.13-15.
47. Ефремов, В.А. Эффективность куриного помета и биогумуса в звене полевого севооборота кукуруза-ячмень-просо на карбонатном черноземе Ростовской области: автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.04. / Ефремов Виталий Александрович. – п. Персиановский, 1998. - 20 с.
48. Журбицкий, З.И. К вопросу изучения эффективности удобрений / З. И. Журбицкий // Агрохимия. – 1975. - №12. – С. 117–120.
49. Зверева, Н.С. Переработка отходов птицеферм / Н.С. Зверева, С.К. Логинов, А.В. Мосевнин // Птицеводство. – 2007. - №3. –С. 27-30.

50. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 гг. – Ч 1. – Ростов-на-Дону, 2013. – 248 с.
51. Игнатъев, С.А. Формирование продуктивности гибридов кукурузы при разных уровнях минерального питания на предкавказских карбонатных черноземах: автореф. дис ...канд. с.-х. наук. – Волгоград., 1995. – 25 с.
52. Иншин, Н.А. Продуктивность кукурузы в зависимости от доз удобрений, густоты посева и ширины междурядий / Н.А. Иншин, Е.Н. Вишнякова // Агрохимия. – 1991. - №6. – С. 37-45.
53. Иншин, Н.А. Удобрение, густота посевов и урожайность / Н.А. Иншин, Е.Н. Вишнякова // Кукуруза и сорго. – 1990. - №5. – С. 35-36.
54. Иншин, Н.А. Урожайность кукурузы в зависимости от применения удобрений и густоты посева / Н.А. Иншин, Е.Н. Вишнякова // Агрохимия. – 1991. - №5. – С. 67-70.
55. Исаков, Я.И. Отзывчивость на минеральное питание / Я.И. Исаков, С.А. Игнатъев // Кукуруза и сорго. – 1990. - №5. – С. 3-37.
56. Использование птичьего помета в земледелии (научно-методическое руководство) / под общей редакцией академиков РАСХН В.И. Фисиния и В.Г. Сычева. – М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2013. – 272 с.
57. Каменев, Р.А. Применение куриного и утиного помета под подсолнечник /Р.А. Каменев, О.О. Собочкина, А.С. Токарев // Инновационные пути развития АПК: проблемы и перспективы: материалы международной научно-практической конференции 6-8 февраля 2013 г. - пос. Персиановский. - 2013. - Т. 2. – С.128-131.
58. Каменев, Р.А. Проблемы использования птичьего помета в земледелии Ростовской области и пути их решения / Р.А. Каменев // Зерновое хозяйство России. – 2013. - №6 (30). – С. 44-47.
59. Каталымов, М.В. Микроэлементы и микроудобрения / М.В. Каталымов. – М.- Л.: Химия, 1965. – 330 с.



60. Кидин, В.В. Система удобрения: учебник / В.В. Кидин. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. – 534 с.
61. Кизяков, В.Е. Эффективность птичьего помета при допосевном внесении под кукурузу / В.Е. Кизяков // Бюл. ВНИИ кукурузы. - Днепропетровск, 1985. - № 1 (64). - С. 38-40.
62. Киреев, В.Н. Производство кукурузы на силос / В.Н. Киреев, М.А. Федин, А.В. Кузютин. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 159 с.
63. Кисиль, Н. Способы переработки помёта / Н. Кисиль, Э. Тер-Саркисян // Птицеводство. - 2007. - № 8. – С. 48-50.
64. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области / Ю.П. Хрусталеv, В.Н. Василенко, И.В.Свисюк [и др.] – Ростов-на-Дону: Батайское книжное изд-во, 2002. – 184 с.
65. Комаревцева, Л.Г. Влияние удобрений на микробиологическую активность почвы и фракционный состав гумуса / Л.Г. Комаревцева // Материалы 44-й Международной научной конференции молодых ученых и специалистов «Комплексное применение средств химизации в адаптивно-ландшафтном земледелии» (22-23 апреля 2010 г.) - Москва - 2010. – С.132-136.
66. Кореньков, Д.А. Минеральные удобрения при интенсивных технологиях/ Д.А. Кореньков. – М., 1991. – 168 с.
67. Кореньков, Д.А. Справочник агрохимика / Д.А. Кореньков. – М., 1976. – 261 с.
68. Королева, А. Птичий помет повышает урожай и качество трав / А. Королева, М. Рогов // Земледелие. - 1995. - № 10. - С. 54-55.
69. Кравец, А. Биологическая активность препаратов из куриного помета / А. Кравец, Л. Касимова, Д. Николаева // Главный агроном. – 2015. - №6. – С.9-10.
70. Крамарев, С.М. Потребление основных элементов питания кукурузой при комплексном применении средств химизации / С.М. Крамарев // Бюл. ВНИИК. – 1995. - №80. – С. 43-50.

71. Крамарев, С.М. Твердые и жидкие смеси удобрений в посевах кукурузы / С.М. Крамарев // Химия в сельском хозяйстве. – 1994. - №5. – С.17-18.
72. Кудзин, Ю.К. Особенности фосфорного питания кукурузы при внесении удобрения // Ю.К. Кудзин, С.С. Голуб / Бюл. Всес. НИИ кукурузы, 1970. - №5. – С. 43-46.
73. Кузнецова, С.В. Управление агрофитоценозом при возделывании самоопыленных линий кукурузы в условиях Центрального Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / С.В. Кузнецова; Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы. – Ставрополь, 2009. – 22 с.
74. Курчевский, С. Изучение использования бактериального препарата Байкал ЭМ-1 в качестве интенсификатора минерализации органического вещества / С. Курчевский // Главный агроном. – 2015. - №6. – С. 11-15.
75. Лебедев, С.И. Физиология растений: учебник для вузов / С.И. Лебедев. – Изд. 3е, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 554 с.
76. Лукин, С.М. К 100-летию научных исследований по плодородию почв и применению удобрений: от Судогодского опытного поля до Всероссийского НИИ органического удобрения и торфа / С.М. Лукин // Агрохимический вестник. – 2013. - №4. – С. 2-7.
77. Лукин, С.М. Перспективные технологии использования помётных удобрений / С.М. Лукин // Птицеводство. – 2008.- №7. – С. 55-57.
78. Лысенко, В.П. Биопрепараты для компостирования птичьего помета / В.П. Лысенко, Г.Е. Мерзлая, Р.А. Афанасьева // Птицеводство. – 2014. - №3. – С. 39-44.
79. Лысенко, В.П. Птицефабрики – союзники земледельцев / В.П. Лысенко // Земледелие. – 2014. - №5. – С. 20-21.
80. Лысенко, В.П. Птичий помёт – отход или побочная продукция? / В.П. Лысенко // Птицеводство. – 2015. - №6. – С. 55-56.
81. Малофеев, В.И. Органические удобрения: способы подготовки и внесения / В.И. Малофеев. - М.: Знание, 1988. - 64 с.

82. Манашов, Д.А. Применение индюшиного помета при возделывании подсолнечника на черноземе обыкновенном Ростовской области: автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.04. /Манашов Д.А. – Саратов, 2015. - 24 с.
83. Маругина, Н. Об эффективности органики в севообороте по природным зонам / Н. Маругина // Экономист. – 2012. - № 4. – С. 79-82.
84. Мاستик, А.А. Экологические последствия применения агрохимикатов: удобрения / А.А. Мاستик // Экологическая оценка последствий использования удобрений в наземных и пресноводных экосистемах: тез. докл. - Пущино, 1982. - С. 88-89.
85. Мачигин, Б.П. Поглощение фосфатов почвами Средней Азии. Сб.: Удобрение хлопчатника, Ташкент, 1948. - С. 43-51.
86. Медведев, А.Г. Влияние азотных удобрений на продуктивность полевых севооборотов / А.Г. Медведев // Проблемы регулирования плодородия почв и совершенствования систем удобрений в современной земледелии: сб. ст. – М.: Геотур, 1997. – С. 55-59.
87. Мерзлая, Г.Е. Ресурсы птицефабрик для производства органических удобрений / Г.Е. Мерзлая, В.П. Лысенко// Агрохимический вестник. - 2005. - №3. – С.12-13.
88. Минеев, В.Г. Агрохимия и экологические функции калия / В.Г. Минеев. – М.: МГУ, 1999. – 332 с.
89. Минеев, В.Г. Агрохимия. – М.: - Изд-во Московского университета, 1990. – 622 с.
90. Минеев, В.Г. Агрохимия. / В.Г. Минеев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: КолосС, 2004. - 720 с.
91. Мокриевич, Г.Л. Действие удобрений в звене севооборота на североприазовском черноземе // Г.Л. Мокриевич, Е.В. Агафонов / Агрохимия. – 1976. - №5. – С. 40-46.
92. Мониш Пауло Мутунда. Разработка норм и сочетаний навоза и минеральных удобрений, длительно вносимых в севообороте, под кукурузу на зерно

на черноземе карбонатном: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук / Пауло Мутунда Мониш; Государственный Аграрный Университет Республики Молдова. – Кишинев, 1998. – 22 с.

93. Муравин, Э.А. Агрохимия / Э.А. Муравин. - М.: КолосС, 2004. - 384 с.

94. Мышко, М.Н. Урожайность и качество кукурузы в зависимости от удобрений на выщелоченном черноземе Кубани: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / М.Н. Мышко; Кубанский государственный аграрный университет. – п. Краснодар, 2004. – 22 с.

95. Наумкин, В.Н. Урожай и качество зеленой массы кукурузы / В.Н. Наумкин, А.М. Хлопяников, А.Л. Кондрашов // Кормопроизводство. – 1999. - №6. – С. 20-24.

96. Никитин, С.В. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность гибридов кукурузы в зоне неустойчивого увлажнения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / С.В. Никитин; Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы. – Ставрополь, 2012. – 22 с.

97. Новиков, М.Н. Птичий помет – ценное органическое удобрение / М.Н. Новиков, В.И. Хохлов, В.В. Рябков. – М.: Росагропромиздат, 1989. - 80 с.

98. Новиков, М.Н. Птичий помет / Органические удобрения: справочник / М.Н. Новиков, Е.П. Панов. - М.: Агропромиздат, 1988. – С. 51-60.

99. Ореховская, Е.П. Эффективность применения птичьего помета / Е.П. Ореховская, М.И. Зырина. - Бюл. ВИУА. - 1976. - Вып. 32. - С. 118-121.

100. Освоение ресурсосберегающих технологий возделывания кукурузы (Практическое руководство). - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 48 с.

101. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 511с.

102. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрения и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. - М.: Колос, 1977.-184 с.

103. Панфилов, А.Э. Культура кукурузы в Зауралье: монография / А.Э. Панфилов. - Челябинск: ЧГАУ, 2004. – 356 с.

104. Перепелица, В.М. О потерях азота из органических удобрений/ В.М. Перепелица, М.И. Герасимова, М.И. Меделец // Пути повышения урожайности полевых культур. - Минск: Урожай, 1989. - Вып. 20. - С. 135-140.
105. Петербургский, А.В. Агрохимия и физиология растений: учебник для вузов / А.В. Петербургский. – М.: Россельхозиздат, - 1981. – 184 с.
106. Петухов, М.П. Агрохимия и система удобрения / М.П. Петухов, Е.А. Панова, Н.Х. Дудина -2-е изд. перераб. и доп. М: Агропромиздат, 1985.
107. Подколзин, А.И. Плодородие почвы и эффективность удобрений в земледелии Юга России / А.И. Подколзин. – М. : Изд-во МГУ, 1997. – 182 с.
108. Пунда, Н.А. Эффективность птичьего помета на черноземных почвах южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Пунда Николай Андреевич. - Омск, 1989. - 16 с.
109. Растениеводство Центрально-Черноземного региона / В.А. Федотов, В.В. Коломойченко, Г.В. Корнев и др.: Под. ред. В.А. Федотова, В.В. Коломойченко. – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 1998. – 464 с.
110. Рекомендации по использованию птичьего помета на удобрение. / Под ред. П. Д. Попова. - Владимир, 1988. - 32 с.
111. Рекомендации по применению в качестве удобрения птичьего помета / И.И. Гридасов, В.М. Андреева, А.В. Ряховский, С.С. Бахтияров - Оренбург, 1992. - 18 с.
112. Рециклинг отходов в АПК: справочник // И.Г. Голубев, И.А. Шванская, Л.Ю. Коноваленко, М.В. Лопатников. – М.: Росинформагротех, 2011. – 296 с.
113. Розумна, Р.А. Птичий помет - ценное органическое удобрение. - М.: Росагропромиздат, 1989. - 80 с.
114. Русакова, И.В. Воспроизводство плодородия почв на основе использования возобновляемых биоресурсов / И.В. Русакова // Агрохимический вестник. – 2013. - №4. – С. 7-12.
115. Ряховский, А.В. Достоинства и недостатки органических удобрений // А.В. Ряховский, В.Н. Кравченко, С.И. Лысенко / Плодородие. - №3. - 2007. – С.

2-3.

116. Самоделкин, А.Г. Проблемы утилизации органических отходов на свиноводческих предприятиях промышленного типа / А.Г. Самоделкин, В.И. Титова, Е.В. Дабахова // *Агрехимический вестник*. - 2013. - № 1. – С.31-33.

117. Сдобников, С.С. Использование торфопометного компоста под кормовые культуры / С.С. Сдобников, Г.В. Фетисов, Н.П. Гришанов // *Бюл. ВИУА*. - 1988. - Вып. № 88. - С. 21-26.

118. Сдобникова, О.В. Фосфорные удобрения и урожай / О.В. Сдобникова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 110 с.

119. Седых, В.А. Перспективы создания органических удобрений с заданными свойствами на основе птичьего помета (обзор) / В.А. Седых, П.Ю. Карнауш // *Плодородие*. - 2010. - № 6. - С. 14-15.

120. Серженцу, Е.П. Бесподстилочный птичий помет госптицефабрик и его использование для удобрения полевых культур / Е.П. Серженцу, В.М. Барага // *Эффективность использования удобрений в земледелии Молдавии*. - Кишинев: «Штиинца», 1988. - С. 12-19.

121. Симакин, А.И. Почвенно-климатические условия Северного Кавказа и эффективность удобрений / А.И. Симакин // *Докл. советских участников на 8 Международном конгрессе по минеральным удобрениям*. – М., 1976. – Ч. 1. – С. 89-95.

122. Скориков, Э.А. Эффективность птичьего помета на южном черноземе / Э.А. Скориков, Н.П. Черняхова // *Эффективность применения удобрений в почвах среднего Заволжья: Межвуз. сб.* - Ульяновск, 1990. - С. 121-125.

123. Смиловенко, Л.А. Новые сорта и гибриды сельскохозяйственных культур / Л.А. Смиловенко, Б.В. Романов, Т.А. Чепец // *Часть 1.-п. Персиановский*. - 2007. – 167 с.

124. Смирнов, П.М. Агрехимия / П.М. Смирнов, Э.А. Муравин - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ВО Агропромиздат, 1991. - С. 179-184.

125. Совершенствование способов обработки темно-каштановой почвы и внесения азотных удобрений под подсолнечник // Ю.Н. Плескачев, И.Б. Борисенко, В.Ю. Мисюряев, А.Н. Сидоров / Плодородие. - №2. - 2012. – С. 24-26.
126. Созинов А.А. Улучшение качества зерна озимой пшеницы и кукурузы / А.А. Созинов, Г.П. Жемела – М.: Колоос, 1983. – 270 с.
127. Сорокин, А.И. Влияние минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы в условиях светло-каштановых почв Калмыкии / А.И. Сорокин, Б.А. Гольдбарг, Г.Д. Унканжинов // Плодородие. – 2012. – №4.– С.23-25.
128. Сотченко, В.С. Отзывчивость родительских форм линий кукурузы на засушливые и влагообеспеченные условия выращивания / В.С. Сотченко, А.Г. Горбачева, И.А. Ветошкина, Ю.В. Сотченко, О.Г. Панфилова // Кукуруза и сорго. – 2014. - №3. – С. 3-8.
129. Сотченко, В.С. Перспективная ресурсосберегающая технология производства кукурузы на зерно: метод. рекомендации – М.:ФГНУ «Росинформагротех», 2009. - 72 с.
130. Сотченко, В.С. Роль Всероссийского НИИ кукурузы в решении задач производства зерна / В.С. Сотченко // Кукуруза и сорго. - №4. – 2013. – С. 3-6.
131. Стулин, А.Ф. Агрохимические свойства длительно удобряемого чернозема в монокультуре кукурузы / А.Ф. Стулин // Кукуруза и сорго. – 2014. - №2. – С. 8-12.
132. Сухоярская, Г.Н. Продуктивность гибридов кукурузы разных групп спелости при применении удобрений на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Г.Н. Сухоярская; Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы. – п. Рассвет, 2009. – 22 с.
133. Сушеница, Б.А. Фосфатный уровень почв и его регулирование. - М.: Колос, 2007. - 376 с.
134. Толорая, Т.Р. Влияние корневой подкормки минеральными удобрениями на урожайность и качества зерна кукурузы / В.П. Малаканова, Д.В. Ломовской, А.И. Елисеев// Агрохимия. - 2008. - №12. – С.35-39.

135. Третьяков, Н.Н. Справочник кукурузовода / Н.Н. Третьяков, И.А Шкурпела. - М.: Россельхозиздат, 1985. – 190 с.
136. Тронева, О.В. Влияние основной обработки почвы при разных уровнях минерального питания на урожайность гибридов кукурузы в зоне неустойчивого увлажнения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / О.В. Тронева; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь, 2011. – 22 с.
137. Тудель, Н.В. Интенсивная технология производства кукурузы / Н.В. Тудель. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 272 с.
138. Турчин, В.В. Обеспеченность чернозёма обыкновенного различными формами калия и эффективность калийных удобрений на озимой пшенице и кукурузе на силос: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Турчин Владимир Валерьевич; Донской госагроуниверситет. – Персиановский, 2007. - 24 с.
139. Тюрин, И.М. Продуктивность новых гибридов кукурузы в зависимости от уровня минерального питания в южной зоне Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И.М.Тюрин; Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. – п. Персиановский, 2010. – 22 с.
140. Удобрение и их использование: справочник / И.У. Марчук, А.В. Савчук, Е.А. Филонов, В.М. Макаренко, В.Е. Гозстальный. – М.: 2011. – 350 с.
141. Фастюков, Л.С. Влияние длительного применения птичьего помёта на урожайность с/х культур севооборота / Л.С. Фастюков // Агротехника полевых культур в нечернозёмной зоне РСФСР.- М.- 1986.- С.75.
142. Федотов, В.А. Растениеводство Центрально-Чернозёмного района / В.А. Федотов, В.В. Коломейченко, Г.В. Коренев. под ред. В.А. Федотова. – Воронеж: Центр духовного возрождения Чернозёмного Края, 1998. – 464 с.
143. Филин, В.И. Справочная книга по растениеводству с основами программирования урожая / В.И. Филин // Волгогр. гос. с.-х. академ.: Волгоград, 1994. 274 с.



144. Филин, В.И. Удобрение и орошение однолетних кормовых культур в интенсивном кормопроизводстве Прикаспийского региона / В.И. Филин, М.М. Оконов. –Элиста.: АПП «Джангар», 2004. – 304 с.
145. Филиппенко, И.В. Действие и последствие разных доз помета кур на урожай культур звена севооборота / И.В. Филиппенко, Н.Г. Бачило // Пути повышения урожайности полевых культур: Межвед. темат. сб. - Минск: Ураджай, 1981. - Вып. 11. - С. 85-89.
146. Харитонов В.Д. Органические удобрения для производства экологически чистых продуктов питания /, В.И. Базиков, А.А. Егоров, М.В. Волчков, В.В. Гущин, Б.В. Кулишев, В.П. Лысенко // Пищевая промышленность. – 2012. - №8. – С. 22-23.
147. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
148. Циков, В.С. Интенсивная технология возделывания кукурузы / В.С. Циков, Л.А. Матюха. - М.: Агропромиздат, 1989. – 245 с.
149. Цуркан, М.А. Агрохимические основы применения органических удобрений /М.А. Цуркан. - Кишинев, 1995. - 287 с.
150. Цуркан, М.А. Временные рекомендации по подготовке и использованию птичьего помета в качестве удобрения / М.А. Цуркан, Е.П. Сергенту, А.А. Ципко. - Кишинев, 1984. - 22 с.
151. Чекаев, Н.П. Изменение агрофизических свойств чернозема выщелоченного под действием куриного помёта // Материалы Международной научной конференции «Применение средств химизации в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия» (19-21 мая 2009 г.) ВНИИА. - Москва. - 2009.- С.198-202.
152. Чекмарев, П.А. Для обеспечения продовольственной безопасности страны / П.А. Чекмарев // Защита и карантин растений. – 2013. - №3. – С. 3-7.

153. Чекмарев, П.А. Состояние плодородия почв и мероприятия по его повышению в 2012 г. / П.А. Чекмарев // Агрохимический вестник. - 2012. - № 1. - С. 2-4.
154. Черепанов, А.В. Гибриды кукурузы иностранной селекции, рекомендованные к возделыванию в Российской Федерации // Кукуруза и сорго. – 2013. - №1. – С. 33-34.
155. Чуканов, В.И. Жидкий бесподстилочный помет и его использование / В.И. Чуканов // Науч.-тех. бюл. ВАСХНИЛ. Сиб. Отделение. - 1984. - Вып. 49. - С. 24-27.
156. Чуканов, В.И. Сроки внесения бесподстилочного помета / В.И. Чуканов // Управление плодородием почв в интенсивных системах земледелия: сб. науч. тр. - Новосибирск, 1988. - С. 58-64.
157. Чумаченко, И.Н. Запасы фосфора в почве и условия эффективного применения фосфорных удобрений под хлопчатник в орошаемых районах Средней Азии / И.Н. Чумаченко // - М., 1964. - С. 7, 18.
158. Шевелуха, В.С. Интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур / В.С. Шевелуха. – М.: Знание, 1986. – 64 с.
159. Шеуджен, А.Х. Агрохимия / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров. – Майкоп. 2006. -1075 с.
160. Шеуджен, А.Х. Питание и удобрение зерновых культур. Кукуруза / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: Изд-во ООО «Аякс», 2010. – 20 с.
161. Шеуджен, А.Х. Региональная агрохимия. Северный Кавказ: учебное пособие / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Л.М. Онищенко // под ред. И.Т. Трубилина. – Краснодар: КубГАУ.- 2007. - 502 с.
162. Шеуджен, А.Х. Удобрения и оценка экономической эффективности их применения / А.Х. Шеуджен, И.Т. Трубилин, Л.М. Онищенко. - КубГАУ. – Краснодар, 2012. -331с.
163. Шиндин, А.П. Кукуруза. Современная технология возделывания //А.П. Шиндин, В.Н. Багринцева, Т.И. Борщ. - 2009.- 127 с.

164. Шконде, Э.Н. Формы фосфора в навозе / Э.Н. Шконде // Вестн. с.-х. науки. - 1962. - № 11. - С. 54-59.
165. Штефан, В.К. Жизнь растений и удобрения / В.К. Штефан. – М.: Московский рабочий, 1981. – 241 с.
166. Щерба, С.В. Методика полевого опыта с удобрениями / С.В. Щерба, Ф.А. Юдин// Агрохимические методы исследования почв. – М., 1975. – С. 526-584.
167. Югенхеймер, Р.У. Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование / Р.У. Югенхеймер; пер. с англ. Г.В. Дворягина, М.А. Емельяновой; под ред. Г.Е. Шмараева. – М.: Колос, 1979. – 519 с.
168. Юдин, Ф.А. Методика агрохимических исследований / Ф.А. Юдин. - М.: Колос, 1980. - 366 с.
169. Ягодин, Б.А. Агрохимия / Под. ред. Б.А. Ягодина. -М.: Колос, 2003.- 584 с.
170. Ягодин, Б.А. Агрохимия. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1989. - 639 с.
171. Barnette R.M., Warner I.D. A response of chlorotic corn plants to the applications of zinc sulfate to the soil // Soil. Sc., 1935. – V. 39. - P. 145-156.
172. Desvignes PH/ Fumureazotee du mais. Fractionner les apports. Le producteur agr. France, 1981. 57/ 287: 16-17.
173. Devin, J. Availability of phosphate as effected by duration of fertilizer contact with soil / J. Devin, D. Guhary, S. Larsen // Agric. Sol., 1968, v. 7-1, No 3.
174. Fitter H., A.A. relationship between phosphorus requirement, the immobilization of added phosphate, and the phosphate buffering capacity of colliery shales / A.A. Fitter H. // Soil Sci., 1974, 25, N 1, P. 41-50.
175. Hera C et. Al. Aspectenoi in tehnologiiculturii porumbuli. Prod. Veget. Cereale Plantetehn., 1981. 33.3: 12-18.
176. Larson, S. Ageing of phosphate added to soil / S. Larson, A.E. Widdowson // Soil Soi., 1976, 22, N 1, P. 5-7.
177. L'influence de la fertilisation organique, organominerale et minerale sur la pro-

duction de mais et d'avoine cultures sur les haldes de steril (protosolanthropique) de l'exploitation miniere de rurface (Capusdepartement de Cluj (V) / G. Blaga, M. Dumitru, V. Benescu[e. a.] // Bul. Univ. de stiinte agricole, Cluj - Napoca. Ser. agriculturasihordcultura. - 1993. - Vol. 47, № 2.- P. 103-109.

178. Nistor D. Aspecte economic si energetic ale folosirii indelungate a ingrasamintelor, la porumb, peterenurile in pantoErodate. Prog.veget. Cerealeplantetehn. 1981, 33.4. 27-29.

179. Nutrient losses in runoff from land-applied broiler litter / B.M. Hall, C.W. Wood, K.H. Yoo[e. a.] // Highlights, agr. Res. - 1994. - Vol. 41, №2.-P. 13.

180. Білоус, Г.М., Коцар, В.В. Ефективність застосування пташиного по сліду під кукурудзу в північному степу УРСР // Вісник сільського-сподарської науки. -1983. - № 8. - С. 81-82.

181. "Влияние антибиотиков на развитие микроорганизмов"(электронная библиотека). [http://revolution.allbest.ru/biology/00100917\\_0.html](http://revolution.allbest.ru/biology/00100917_0.html)

## Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в 2011 году, мм

Слой почвы, см	Срок отбора			
	перед посе- вом кукурузы 14.04.11.	7-8 листьев 9.06.11.	молочно- восковая спе- лость 15.07.11.	уборка 10.09.11.
0-20	39,5	12,3	11,2	22,9
20-40	34,2	16,1	16,2	19,0
40-60	37,9	33,6	20,7	16,5
60-80	41,1	31,8	22,3	16,0
80-100	43,2	36,4	23,1	13,1
0-60	111,7	62,0	48,2	58,5
0-100	195,9	130,1	93,6	87,5

## Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в 2012 году, мм

Слой почвы, см	Срок отбора			
	перед посе- вом кукурузы 4.05.12.	7-8 листьев 16.06.12.	молочно- восковая спе- лость 20.07.12.	уборка 28.08.12.
0-20	35,3	28,4	14,0	14,4
20-40	49,9	45,0	18,6	21,5
40-60	55,5	47,9	35,9	21,4
60-80	52,6	48,8	29,9	30,5
80-100	59,2	32,5	48,2	36,3
0-60	140,8	121,2	68,5	57,3
0-100	252,6	202,6	146,6	124,1

## Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой в 2013 году, мм

Слой почвы, см	Срок отбора			
	перед посевом кукурузы 20.04.13.	7-8 листьев 16.06.13.	молочно- восковая спе- лость 12.07.13.	уборка 18.08.13.
0-20	35,0	1,3	1,5	1,0
20-40	37,0	7,3	2,3	1,8
40-60	40,7	15,8	2,0	1,2
60-80	44,5	21,4	1,5	1,6
80-100	52,6	25,3	2,1	1,4
0-60	112,7	24,4	5,8	4,0
0-100	209,8	71,2	9,4	7,0

## Структура урожая кукурузы в 2011–2013 гг. (масса зерна и побочной продукции 1 растения, г)

Вариант	2011 г.		2012 г.		2013 г.		Среднее за 2011 - 2013 гг.	
	побоч- ная про- дукция	зер но	побоч- ная про- дукция	зер но	побоч- ная про- дукция	зерно	побоч- ная про- дукция	зерно
контроль	97	60	100	55	246	108	148	74,3
5,0 т/га	181	64	161	70	300	110	214	81,3
7,5 т/га	169	71	165	77	282	115	205	87,7
10,0 т/га	168	72	158	80	275	126	200	92,7
15,0 т/га	164	66	156	72	269	112	196	83,3
20,0 т/га	147	58	138	72	258	108	181	79,3
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	176	67	162	69	262	108	200	81,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	177	62	163	67	266	118	202	82,3
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	154	64	138	66	295	117	196	82,3

## Урожайность вегетативной массы кукурузы, т/га

Вариант	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 3 года	Прибавка к контро- лю	
					т/га	%
контроль	3,93	4,49	14,11	7,51	-	-
5,0 т/га	7,36	5,45	17,32	10,04	2,53	34
7,5 т/га	6,86	6,59	16,21	9,89	2,38	32
10,0 т/га	6,82	6,15	15,75	9,57	2,06	27
15,0 т/га	7,20	5,64	15,43	9,42	1,91	25
20,0 т/га	5,96	5,03	14,81	8,60	1,09	15
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	7,18	5,61	15,05	9,28	1,77	24
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	7,19	6,03	15,30	9,51	2,00	27
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	5,97	5,23	17,07	9,42	1,91	25
НСР <sub>095</sub>	0,33	0,37	2,1	-	-	-

## Вынос NPK с урожаем основной и побочной продукции кукурузы, кг/га

Вариант	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	зерно	вегетативная масса	зерно	вегетативная масса	зерно	вегетативная масса
2011 г.						
контроль	48	34	9	6	10	39
5 т/га	53	66	9	12	11	75
7,5 т/га	57	90	10	12	14	72
10 т/га	60	84	11	12	14	71
15 т/га	55	96	10	12	12	76
20 т/га	53	63	9	10	9	62
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	55	63	9	12	11	72
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	55	88	7	15	10	73
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	56	79	9	11	11	62
2012 г.						
контроль	40	24	10	8	9	42
5 т/га	52	48	10	7	11	58
7,5 т/га	66	65	12	12	16	65
10 т/га	71	65	14	14	16	59
15 т/га	62	58	18	9	12	61
20 т/га	64	51	16	7	11	59
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	52	43	14	9	10	58
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	54	57	13	11	11	65
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	56	50	17	11	9	60
2013 г.						
контроль	75	55	11	44	21	297
5 т/га	76	91	14	63	23	374
7,5 т/га	82	85	19	72	21	364
10 т/га	93	87	18	74	26	372
15 т/га	82	118	15	65	19	383
20 т/га	81	155	15	62	24	376
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	77	53	20	62	19	304
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	87	55	19	62	22	318
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	86	57	20	73	15	345



Суммарный вынос NPK с урожаем основной и побочной продукции кукурузы, кг/га

Вариант	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2011 г.			
контроль	82	15	49
5 т/га	119	21	86
7,5 т/га	147	22	86
10 т/га	144	23	85
15 т/га	151	22	88
20 т/га	116	19	71
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	118	21	83
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	143	22	83
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	135	20	73
2012 г.			
контроль	64	18	51
5 т/га	100	19	69
7,5 т/га	131	24	81
10 т/га	136	28	75
15 т/га	120	27	73
20 т/га	115	23	70
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	95	23	68
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	111	24	76
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	106	28	69
2013 г.			
контроль	130	55	308
5 т/га	167	77	388
7,5 т/га	167	91	383
10 т/га	180	92	390
15 т/га	200	80	398
20 т/га	236	77	391
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	130	82	324
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	142	81	337
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	143	93	365

## Коэффициенты использования элементов питания кукурузой из удобрений, %

Вариант	2011 г.			2012 г.			2013 г.		
	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
5 т/га	73	6	49	63	1	30	47	32	98
7,5 т/га	84	4	33	79	3	33	31	35	61
10 т/га	61	4	24	64	4	20	32	27	50
15 т/га	45	2	17	33	2	12	30	12	37
20 т/га	17	1	7	23	1	8	34	8	25
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	120	20	113	103	17	57	0	90	53
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	102	12	57	78	10	42	20	43	48
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	59	6	27	47	11	20	14	42	63

## Результаты дисперсионного анализа биометрических показателей в фазу 9-11 листьев в 2011 г. высота

X					
P V	1	2	3		
1	74,2	76,3	76,0		
2	81,1	78,6	77,3		
3	84,2	82,4	84,2		
4	86,0	84,5	84,5		
5	83,2	84,5	85,2		
6	84,0	86,2	83,6		
7	80,2	83,1	81,5		
8	81,5	82,2	79,9		
9	80,0	80,6	82,1		
∑P	734,40	738,40	734,30		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	257,87	26	-	-	-
повторностей	1,22	2	-	-	-
вариантов	228,85	8	28,6	16,5	2,59
остатка	27,8	16	1,73	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 1,73}{3}} = 1,07 \text{ см}$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 1,07 = 2,25$$

## Результаты дисперсионного анализа биометрических показателей в фазу 9-11 листьев в 2012

г. ВЫСОТА

X					
P V	1	2	3		
	1	68,9	71,2	70,8	
2	78,5	76,1	77,3		
3	90,2	88,7	89,3		
4	92,3	89,9	88,7		
5	97,4	93,6	96,1		
6	102,5	100,8	101,8		
7	78,9	76,4	77,8		
8	93,3	91,4	92,2		
9	94,2	92,8	93,8		
$\Sigma P$	796,20	780,90	787,80		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	2537,97	26	-	-	-
повторностей	13,05	2	-	-	-
вариантов	2509,29	8	313,66	323,3	> 2,59
остатка	15,63	16	0,97	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,97}{3}} = 0,80 \text{ см}$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,80 = 1,68$$

## Результаты дисперсионного анализа биометрических показателей в фазу 9-11 листьев в 2013 г. ВЫСОТА

X					
P V	1	2	3		
	1	85,4	88,1	87,5	
2	95,6	98,1	97,3		
3	119,2	117,8	117,0		
4	115,6	118,5	116,9		
5	118,2	116,2	116,6		
6	115,6	118,6	116,8		
7	99,2	102,4	98,4		
8	112,0	115,6	111,4		
9	94,5	92,4	92,1		
$\Sigma P$	955,30	967,70	954,00		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	3644,15	26	-	-	-
повторностей	12,71	2	-	-	-
вариантов	3600,67	8	450,08	234,4	> 2,59
остатка	30,77	16	1,92	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,92}{3}} = 1,13 \text{ см}$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 1,13 = 2,4 \text{ см}$$

Результаты дисперсионного анализа биометрических показателей в фазу 9-11 листьев  
в среднем за 3 года высота

X					
P V	1	2	3		
1	75,5	70,3	87,0		
2	79,0	77,3	97,0		
3	83,4	89,4	118,0		
4	85,0	90,3	117,0		
5	84,3	95,7	117,0		
6	84,6	101,7	117,0		
7	81,6	77,7	100,0		
8	81,2	92,3	113,0		
9	80,9	93,6	93,0		
$\Sigma P$	735,50	788,30	959,00		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	5144,82	26	-	-	-
повторностей	3032,6	2	-	-	-
вариантов	1504,64	8	188,1	4,95	> 2,59
остатка	607,6	16	37,98	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 37,98}{3}} = 5,03 \text{ см}$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 5,03 = 10,6 \text{ см}$$

Результаты дисперсионного анализа биометрических показателей в фазу 9-11 листьев  
в 2011 г. масса

X					
P V	1	2	3		
1	55,1	58,4	54,5		
2	63,2	60,5	60,8		
3	73,8	75,1	74,6		
4	75,3	77,0	75,7		
5	68,1	70,4	70,0		
6	65,5	63,7	64,3		
7	72,8	74,6	73,1		
8	59,8	61,5	60,2		
9	62,1	60,5	61,9		
$\Sigma P$	595,70	601,70	595,10		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	1262,5	26	-	-	-
повторностей	2,94	2	-	-	-
вариантов	1237,15	8	154,6	110,4	> 2,59
остатка	22,41	16	1,40	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,40}{3}} = 0,97 \text{ г.}$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,97 = 2,0 \text{ г.}$$

Результаты дисперсионного анализа биометрических показателей в фазу 9-11 листьев  
в 2012 г. масса

X					
$\begin{matrix} P \\ V \end{matrix}$	1	2	3		
1	58,1	61,3	60,6		
2	82,3	79,1	78,9		
3	111,8	114,5	113,6		
4	125,6	130,4	129,2		
5	182,5	188,4	184,1		
6	194,6	199,4	192,8		
7	98,4	102,1	100,1		
8	152,4	155,8	152,6		
9	150,8	153,4	150,9		
$\Sigma P$	1156,50	1184,40	1162,80		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	50835,24	26	-	-	-
повторностей	47,58	2	-	-	-
вариантов	50745,66	8	6343,2	2439,2	> 2,59
остатка	42	16	2,6	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,6}{3}} = 1,32 \text{ г.}$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,1 \cdot 1,32 = 2,8 \text{ г.}$$

Результаты дисперсионного анализа биометрических показателей в фазу 9-11 листьев  
в 2013 г. масса

X					
$\begin{matrix} P \\ V \end{matrix}$	1	2	3		
1	177,2	182,3	177,5		
2	263,1	259,7	257,2		
3	305,6	301,0	299,4		
4	298,5	305,4	299,1		
5	284,6	288,6	281,8		
6	211,8	217,5	215,7		
7	294,5	284,6	284,9		
8	320,1	325,0	323,9		
9	270,3	261,4	254,3		
$\Sigma P$	2425,70	2425,50	2393,80		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	50693,38	26	-	-	-
повторностей	74,91	2	-	-	-
вариантов	50364,0	8	6295,5	395,6	> 2,59
остатка	254,5	16	15,91	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 15,91}{3}} = 10,61 \text{ г.}$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,1 \cdot 10,61 = 22,3 \text{ г.}$$

Результаты дисперсионного анализа биометрических показателей в фазу 9-11 листьев  
среднее за 3 года масса

X					
P V	1	2	3		
1	56,0	60,0	179,0		
2	61,5	80,1	260,0		
3	74,5	113,3	302,0		
4	76,0	128,4	301,0		
5	69,5	185,0	285,0		
6	64,5	195,6	215,0		
7	73,5	100,2	288,0		
8	60,5	153,6	323,0		
9	61,5	151,7	262,0		
$\Sigma P$	597,50	1167,90	2415,00		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	226112,66	26	-	-	-
повторностей	191997,1	2	-	-	-
вариантов	24740,0	8	3092,5	2,64	> 2,59
остатка	18742,1	16	1171,4	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1171,4}{3}} = 27,9 \text{ г.}$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 27,9 = 58,6 \text{ г.}$$

Результаты дисперсионного анализа в фазу молочно-восковая спелость листьев в 2011  
г. высота

X					
P V	1	2	3		
1	280,0	286,0	286,0		
2	283,1	284,3	287,6		
3	291,2	297,0	293,8		
4	307,4	304,5	303,1		
5	307,5	310,5	306,0		
6	307,5	304,5	303,0		
7	302,0	307,0	300,0		
8	281,2	286,4	281,4		
9	251,4	263,4	265,4		
$\Sigma P$	2611,30	2643,60	2626,30		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	6038,3	26	-	-	-
повторностей	58	2	-	-	-
вариантов	5797,9	8	724,7	63,6	> 2,59
остатка	182,4	16	11,4	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 11,4}{3}} = 2,76 \text{ см}$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 2,76 = 5,80 \text{ см}$$

## Результаты дисперсионного анализа в фазу молочно-восковая спелость листьев в 2012

г. ВЫСОТА

X					
P V	1	2	3		
1	196	203	198		
2	240	236	235		
3	240	237	240		
4	239	243	241		
5	231	238	233		
6	230	237	229		
7	211	217	214		
8	225	239	226		
9	231	235	233		
$\Sigma P$	2043,00	2085,00	2049,00		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	4716,7	26	-	-	-
повторностей	114,7	2	-	-	-
вариантов	4450,7	8	556,3	58,6	> 2,59
остатка	151,3	16	9,5	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,5}{3}} = 2,51 \text{ см}$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 2,51 = 5,27 \text{ см}$$

## Результаты дисперсионного анализа в фазу молочно-восковая спелость листьев в 2013

г. ВЫСОТА

X					
P V	1	2	3		
1	213	218	214		
2	233	240	238		
3	251	247	243		
4	237	242	235		
5	235	238	235		
6	233	231	238		
7	218	215	218		
8	219	223	218		
9	218	222	217		
$\Sigma P$	2057,00	2076,00	2056,00		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	3354,7	26	-	-	-
повторностей	28,3	2	-	-	-
вариантов	3190,7	8	398,8	46,9	> 2,59
остатка	135,7	16	8,5	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8,5}{3}} = 2,38 \text{ см}$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 2,38 = 5,0 \text{ см}$$

Результаты дисперсионного анализа в фазу молочно-восковая спелость листьев среднее за 3 года высота

X					
P V	1	2	3		
1	284	199	215		
2	285	237	237		
3	294	239	247		
4	305	241	238		
5	308	234	236		
6	305	232	234		
7	303	214	217		
8	283	230	220		
9	260	233	219		
$\Sigma P$	2627,00	2059,00	2063,00		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	28215	26	-	-	-
повторностей	23731	2	-	-	-
вариантов	2685	8	335,6	2,98	> 2,59
остатка	1799	16	112,4	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S_2}{n}} = \sqrt{\frac{2*112,4}{3}} = 8,66 \text{ см}$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 8,66 = 18,2 \text{ см}$$

Результаты дисперсионного анализа в фазу молочно-восковая спелость листьев в 2011 г. масса

X					
P V	1	2	3		
1	501	510	501		
2	570	560	559		
3	560	566	557		
4	591	602	589		
5	540	531	534		
6	507	515	508		
7	520	531	524		
8	515	531	508		
9	510	522	516		
$\Sigma P$	4814,00	4868,00	4796,00		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	22550,7	26	-	-	-
повторностей	312,0	2	-	-	-
вариантов	21790,7	8	2723,8	97,2	> 2,59
остатка	448,0	16	28	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S_2}{n}} = \sqrt{\frac{2*28}{3}} = 4,32 \text{ г}$$



$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 4,32 = 9,07 \text{ г}$$

Результаты дисперсионного анализа в фазу молочно-восковая спелость листьев в 2012 г. масса

X					
P \ V	1	2	3		
1	590	602	587		
2	837	845	838		
3	905	894	886		
4	1002	990	990		
5	1028	1015	1020		
6	1005	1020	1008		
7	759	770	757		
8	864	842	844		
9	835	849	845		
$\Sigma P$	7825,00	7827,00	7775,00		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	448320	26	-	-	-
повторностей	192,9	2	-	-	-
вариантов	447168	8	55896	933,1	> 2,59
остатка	959,1	16	59,9	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 59,9}{3}} = 6,32 \text{ г}$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 6,32 = 13,3 \text{ г}$$

Результаты дисперсионного анализа в фазу молочно-восковая спелость листьев в 2013 г. масса

X					
P \ V	1	2	3		
1	581	590	578		
2	780	770	781		
3	800	795	778		
4	782	771	787		
5	718	722	720		
6	660	651	654		
7	655	670	655		
8	737	743	743		
9	722	729	724		
$\Sigma P$	6435,00	6441,00	6420,00		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	116882	26	-	-	-
повторностей	26	2	-	-	-
вариантов	116082	8	14510,3	299,8	> 2,59
остатка	774	16	48,4	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 48,4}{3}} = 5,68 \text{ г}$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 5,68 = 11,9 \text{ г}$$

Результаты дисперсионного анализа в фазу молочно-восковая спелость листьев среднее за 3 года масса

X					
P V	1	2	3		
1	504	593	583		
2	563	840	777		
3	561	895	791		
4	594	994	780		
5	535	1021	720		
6	510	1011	655		
7	525	762	660		
8	518	850	741		
9	516	843	725		
$\Sigma P$	4826,00	7809,00	6432,00		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	690335	26	-	-	-
повторностей	495321,4	2	-	-	-
вариантов	111211,7	8	13901,5	2,65	> 2,59
остатка	83801,9	16	5237,6	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S2}{n}} = \sqrt{\frac{2*5237,6}{3}} = 59,1 \text{ г}$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 59,1 = 124,1 \text{ г}$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в 2011 г. в фазу 8-10 листьев растений, %

X					
P V	1	2	3		
1	2,68	2,75	2,76		
2	2,60	2,65	2,61		
3	2,40	2,41	2,45		
4	2,45	2,40	2,47		
5	2,10	2,15	2,08		
6	2,01	2,05	2,00		
7	2,05	2,00	2,07		
8	2,08	2,06	2,07		
9	2,10	2,15	2,11		
$\Sigma P$	20,47	20,62	20,62		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	1,78	26	-	-	-
повторностей	0,003	2	-	-	-
вариантов	1,76	8	0,22	220	> 2,59
остатка	0,02	16	0,001	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S2}{n}} = \sqrt{\frac{2*0,001}{3}} = 0,03\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,03 = 0,06\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в 2011 г. в фазу 8-10 листьев растений, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,40	0,44	0,42		
2	0,35	0,40	0,36		
3	0,41	0,44	0,44		
4	0,45	0,48	0,48		
5	0,45	0,49	0,50		
6	0,41	0,44	0,41		
7	0,39	0,40	0,38		
8	0,46	0,43	0,43		
9	0,55	0,52	0,52		
$\Sigma P$	3,87	4,04	3,94		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,06	26	-	-	-
повторностей	0,001	2	-	-	-
вариантов	0,056	8	0,007	35	> 2,59
остатка	0,003	16	0,0002	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0002}{3}} = 0,012\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,012 = 0,03\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в 2011 г. в фазу 8-10 листьев растений, %

X					
P V	1	2	3		
1	2,30	2,41	2,34		
2	2,28	2,37	2,31		
3	2,45	2,30	2,30		
4	2,05	2,15	2,13		
5	2,05	2,16	2,09		
6	1,90	1,79	1,86		
7	2,78	2,55	2,92		
8	2,90	2,81	2,84		
9	3,10	2,93	2,97		
$\Sigma P$	21,81	21,47	21,76		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	3,62	26	-	-	-
повторностей	0,02	2	-	-	-
вариантов	3,50	8	0,44	73,3	> 2,59
остатка	0,1	16	0,006	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,006}{3}} = 0,06\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,06 = 0,13\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в 2011 г. в фазу молочно-восковая спелость растений, %

X						
P V	1		2		3	
	1	0,77		0,92		0,86
2	0,80		0,86		0,80	
3	1,00		0,92		0,93	
4	1,15		1,05		1,16	
5	1,25		1,18		1,20	
6	0,95		1,02		1,00	
7	1,40		1,28		1,37	
8	1,62		1,55		1,60	
9	1,52		1,45		1,50	
$\Sigma P$	10,46		10,23		10,42	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	1,94	26	-	-	-	
повторностей	0,04	2	-	-	-	
вариантов	1,89	8	0,24	400	> 2,59	
остатка	0,01	16	0,0006	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0006}{3}} = 0,02\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,02 = 0,04\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в 2011 г. в фазу молочно-восковая спелость растений, %

X						
P V	1		2		3	
	1	0,28		0,33		0,35
2	0,25		0,31		0,34	
3	0,33		0,38		0,34	
4	0,31		0,40		0,37	
5	0,28		0,34		0,28	
6	0,25		0,32		0,30	
7	0,26		0,30		0,28	
8	0,32		0,27		0,31	
9	0,28		0,32		0,27	
$\Sigma P$	2,56		2,97		2,84	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	0,04	26	-	-	-	
повторностей	0,01	2	-	-	-	
вариантов	0,02	8	0,0025	4,16	> 2,59	
остатка	0,01	16	0,0006	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0006}{3}} = 0,02\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,02 = 0,042\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в 2011 г. в фазу молочно-восковая спелость растений, %

X						
P V	1		2		3	
	1	2,07		2,15		2,11
2	2,01		1,93		1,91	
3	1,80		1,88		1,87	
4	1,76		1,83		1,81	
5	1,82		1,73		1,88	
6	1,75		1,83		1,82	
7	1,95		1,87		1,91	
8	2,05		2,13		2,15	
9	2,12		2,18		2,18	
$\Sigma P$	17,33		17,53		17,64	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	0,56	26	-	-	-	
повторностей	0,001	2	-	-	-	
вариантов	0,52	8	0,065	32,5	> 2,59	
остатка	0,039	16	0,002	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,002}{3}} = 0,04\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,04 = 0,08\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в 2011 г. в зерне кукурузы, %

X						
P V	1		2		3	
	1	1,77		1,69		1,76
2	1,85		1,80		1,84	
3	1,75		1,80		1,76	
4	1,81		1,88		1,80	
5	1,76		1,84		1,83	
6	2,06		2,00		2,03	
7	1,70		1,81		1,86	
8	1,90		1,99		1,96	
9	1,91		1,96		1,92	
$\Sigma P$	16,51		16,77		16,76	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	0,26	26	-	-	-	
повторностей	0,004	2	-	-	-	
вариантов	0,23	8	0,028	14	> 2,59	
остатка	0,026	16	0,002	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,002}{3}} = 0,037\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,037 = 0,08\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в 2011 г. в зерне кукурузы, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,29	0,35	0,38		
2	0,33	0,30	0,33		
3	0,35	0,29	0,32		
4	0,31	0,34	0,31		
5	0,30	0,36	0,33		
6	0,31	0,35	0,33		
7	0,27	0,30	0,27		
8	0,25	0,28	0,25		
9	0,31	0,33	0,26		
$\Sigma P$	2,72	2,90	2,78		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,03	26	-	-	-
повторностей	0,001	2	-	-	-
вариантов	0,023	8	0,003	7,5	> 2,59
остатка	0,006	16	0,0004	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0004}{3}} = 0,016\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,016 = 0,03\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в 2011 г. в зерне кукурузы, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,33	0,38	0,37		
2	0,40	0,35	0,39		
3	0,39	0,44	0,43		
4	0,43	0,47	0,42		
5	0,37	0,42	0,38		
6	0,33	0,37	0,35		
7	0,33	0,39	0,36		
8	0,36	0,33	0,36		
9	0,41	0,36	0,34		
$\Sigma P$	3,35	3,51	3,40		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,04	26	-	-	-
повторностей	0,001	2	-	-	-
вариантов	0,03	8	0,004	6,7	> 2,59
остатка	0,009	16	0,0006	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0006}{3}} = 0,02\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,02 = 0,04\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в 2011 г. в вегетативной массе кукурузы, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,98	1,05	1,03		
2	1,02	1,10	1,03		
3	1,44	1,58	1,57		
4	1,37	1,46	1,49		
5	1,61	1,53	1,51		
6	1,25	1,18	1,23		
7	1,01	1,06	0,99		
8	1,37	1,45	1,44		
9	1,56	1,49	1,54		
$\Sigma P$	11,61	11,90	11,83		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	1,28	26	-	-	-
повторностей	0,03	2	-	-	-
вариантов	1,23	8	0,15	150	> 2,59
остатка	0,02	16	0,001	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,001}{3}} = 0,026\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,026 = 0,05\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в 2011 г. в вегетативной массе кукурузы, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,16	0,20	0,18		
2	0,21	0,18	0,18		
3	0,17	0,21	0,22		
4	0,19	0,23	0,21		
5	0,18	0,21	0,21		
6	0,18	0,22	0,17		
7	0,22	0,19	0,19		
8	0,25	0,22	0,25		
9	0,21	0,25	0,20		
$\Sigma P$	1,77	1,91	1,81		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,02	26	-	-	-
повторностей	0,007	2	-	-	-
вариантов	0,012	8	0,0015	25	> 2,59
остатка	0,001	16	0,00006	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,00006}{3}} = 0,006\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,006 = 0,01\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в 2011 г. в вегетативной массе кукурузы, %

X					
P V	1	2	3		
1	1,12	1,20	1,13		
2	1,15	1,22	1,17		
3	1,24	1,20	1,22		
4	1,20	1,25	1,18		
5	1,25	1,21	1,20		
6	1,19	1,24	1,17		
7	1,15	1,23	1,13		
8	1,16	1,21	1,17		
9	1,19	1,24	1,20		
$\Sigma P$	10,65	11,00	10,57		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,05	26	-	-	-
повторностей	0,015	2	-	-	-
вариантов	0,023	8	0,003	3,75	> 2,59
остатка	0,012	16	0,0008	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0008}{3}} = 0,02\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,02 = 0,04\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в 2012 г. в фазу 8-10 листьев растений, %

X					
P V	1	2	3		
1	2,75	2,94	2,89		
2	3,01	2,88	2,99		
3	2,70	2,56	2,66		
4	2,51	2,42	2,39		
5	2,15	2,28	2,26		
6	1,88	1,94	1,94		
7	2,91	2,84	2,83		
8	2,30	2,45	2,57		
9	2,75	2,55	2,59		
$\Sigma P$	22,96	22,86	23,12		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	2,84	26	-	-	-
повторностей	0,03	2	-	-	-
вариантов	2,73	8	0,34	68	> 2,59
остатка	0,08	16	0,005	-	-



$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,005}{3}} = 0,06\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,06 = 0,13\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в 2012 г. в фазу 8-10 листьев растений, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,62	0,68	0,68		
2	0,72	0,78	0,72		
3	0,74	0,69	0,70		
4	0,65	0,69	0,64		
5	0,64	0,68	0,63		
6	0,61	0,69	0,56		
7	0,59	0,64	0,63		
8	0,55	0,59	0,60		
9	0,64	0,60	0,59		
$\Sigma P$	5,76	6,04	5,75		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,09	26	-	-	-
повторностей	0,01	2	-	-	-
вариантов	0,06	8	0,008	8	> 2,59
остатка	0,02	16	0,001	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,001}{3}} = 0,03\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,03 = 0,06\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в 2012 г. в фазу 8-10 листьев растений, %

X					
P V	1	2	3		
1	4,45	4,63	4,45		
2	4,45	4,52	4,53		
3	4,60	4,50	4,55		
4	4,89	5,10	5,01		
5	5,02	4,90	5,02		
6	4,73	4,95	4,96		
7	4,40	4,63	4,47		
8	5,32	5,19	5,24		
9	5,17	5,05	5,11		
$\Sigma P$	43,03	43,47	43,34		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	2,24	26	-	-	-
повторностей	0,01	2	-	-	-
вариантов	2,1	8	0,26	32,5	> 2,59
остатка	0,13	16	0,008	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,008}{3}} = 0,07\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,07 = 0,15\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в 2012 г. в фазу молочно-восковой спелости зерна, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,59	0,63	0,61		
2	0,64	0,60	0,62		
3	0,80	0,89	0,83		
4	1,00	0,96	1,10		
5	1,15	1,01	1,08		
6	1,15	1,07	1,14		
7	1,29	1,20	1,26		
8	1,35	1,30	1,34		
9	1,42	1,33	1,42		
$\Sigma P$	9,39	8,99	9,40		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	2,00	26	-	-	-
повторностей	0,01	2	-	-	-
вариантов	1,97	8	0,25	250	> 2,59
остатка	0,02	16	0,001	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,001}{3}} = 0,026\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,026 = 0,05\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в 2012 г. в фазу молочно-восковой спелости зерна, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,37	0,45	0,38		
2	0,42	0,36	0,39		
3	0,39	0,43	0,41		
4	0,37	0,40	0,43		
5	0,33	0,37	0,38		
6	0,33	0,30	0,33		
7	0,27	0,32	0,28		
8	0,21	0,26	0,25		
9	0,32	0,28	0,33		
$\Sigma P$	3,01	3,17	3,18		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,1	26	-	-	-
повторностей	0,004	2	-	-	-
вариантов	0,09	8	0,01	25	> 2,59
остатка	0,006	16	0,0004	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0004}{3}} = 0,016\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,016 = 0,03\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в 2012 г. в фазу молочно-восковой спелости зерна, %

X					
P V	1	2	3		
1	1,95	2,07	1,98		
2	1,78	1,70	1,77		
3	1,50	1,66	1,46		
4	1,30	1,22	1,23		
5	1,70	1,59	1,57		
6	1,72	1,80	1,73		
7	1,78	1,85	1,89		
8	2,07	1,95	1,98		
9	2,15	2,32	2,16		
$\Sigma P$	15,95	16,16	15,77		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	2,03	26	-	-	-
повторностей	0,001	2	-	-	-
вариантов	1,96	8	0,245	61,2	> 2,59
остатка	0,069	16	0,004	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,004}{3}} = 0,051\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,051 = 0,11\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в 2012 г. в зерне кукурузы, %

X					
P V	1	2	3		
1	1,47	1,55	1,54		
2	1,55	1,63	1,62		
3	1,80	1,91	1,81		
4	1,88	1,79	1,85		
5	1,92	1,81	1,85		
6	1,86	1,90	1,94		
7	1,65	1,71	1,68		
8	1,70	1,63	1,71		
9	1,81	1,75	1,81		
$\Sigma P$	15,64	15,68	15,81		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,42	26	-	-	-
повторностей	0,03	2	-	-	-
вариантов	0,38	8	0,048	80	> 2,59
остатка	0,01	16	0,0006	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0006}{3}} = 0,02\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,02 = 0,04\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в 2012 г. в зерне кукурузы, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,35	0,42	0,40		
2	0,30	0,35	0,31		
3	0,32	0,37	0,33		
4	0,39	0,36	0,36		
5	0,55	0,50	0,54		
6	0,45	0,49	0,47		
7	0,40	0,51	0,44		
8	0,40	0,45	0,41		
9	0,55	0,50	0,54		
$\Sigma P$	3,71	3,95	3,80		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,16	26	-	-	-
повторностей	0,006	2	-	-	-
вариантов	0,15	8	0,02	80	> 2,59
остатка	0,004	16	0,00025	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,00025}{3}} = 0,012\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,012 = 0,03\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в 2012 г. в зерне кукурузы, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,30	0,35	0,34		
2	0,36	0,31	0,38		
3	0,46	0,42	0,47		
4	0,42	0,38	0,43		
5	0,37	0,33	0,35		
6	0,32	0,31	0,33		
7	0,29	0,35	0,29		
8	0,30	0,31	0,38		
9	0,26	0,33	0,31		
$\Sigma P$	3,08	3,09	3,28		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,07	26	-	-	-
повторностей	0,001	2	-	-	-
вариантов	0,06	8	0,0075	12,5	> 2,59

остатка	0,009	16	0,0006	-	-
---------	-------	----	--------	---	---

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0006}{3}} = 0,02\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,02 = 0,04\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в 2012 г. в вегетативной массе кукурузы, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,58	0,64	0,61		
2	0,99	1,04	1,03		
3	1,18	1,11	1,13		
4	1,24	1,18	1,24		
5	1,21	1,17	1,22		
6	1,16	1,21	1,17		
7	0,88	0,93	0,86		
8	1,08	1,12	1,10		
9	1,15	1,11	1,10		
$\Sigma P$	9,47	9,51	9,46		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,92	26	-	-	-
повторностей	0,01	2	-	-	-
вариантов	0,91	8	0,11	18,3	> 2,59
остатка	0,1	16	0,006	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,006}{3}} = 0,06\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,02 = 0,13\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в 2012 г. в вегетативной массе кукурузы, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,19	0,22	0,22		
2	0,18	0,15	0,15		
3	0,24	0,21	0,21		
4	0,27	0,26	0,25		
5	0,18	0,17	0,19		
6	0,18	0,15	0,15		
7	0,18	0,23	0,16		
8	0,24	0,21	0,21		
9	0,24	0,20	0,28		
$\Sigma P$	1,90	1,80	1,82		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,04	26	-	-	-
повторностей	0,02	2	-	-	-
вариантов	0,027	8	0,003	7,5	> 2,59

остатка	0,007	16	0,0004	-	-
---------	-------	----	--------	---	---

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0004}{3}} = 0,016\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,016 = 0,03\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в 2012 г. в вегетативной массе кукурузы, %

X						
P V	1		2		3	
	1	1,07		1,13		1,10
2	1,25		1,20		1,24	
3	1,14		1,18		1,13	
4	1,14		1,15		1,07	
5	1,22		1,28		1,25	
6	1,33		1,41		1,34	
7	1,25		1,20		1,18	
8	1,24		1,28		1,23	
9	1,27		1,30		1,45	
ΣP	10,91		11,13		10,99	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	0,23	26	-	-	-	
повторностей	0,001	2	-	-	-	
вариантов	0,19	8	0,02	10	> 2,59	
остатка	0,039	16	0,002	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,002}{3}} = 0,037\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,037 = 0,08\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в 2013 г. в фазу 9-11 листьев растений, %

X						
P V	1		2		3	
	1	1,77		1,86		1,86
2	2,05		2,00		2,01	
3	2,24		2,17		2,22	
4	2,70		2,58		2,64	
5	1,98		2,05		2,00	
6	0,99		1,05		1,02	
7	2,11		2,18		2,16	
8	2,37		2,51		2,47	
9	2,55		2,64		2,58	
ΣP	18,76		19,04		18,96	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	5,83	26	-	-	-	
повторностей	0,026	2	-	-	-	
вариантов	5,79	8	0,72	800	> 2,59	

остатка	0,014	16	0,0009	-	-
---------	-------	----	--------	---	---

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0009}{3}} = 0,024\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,024 = 0,05\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в 2013 г. в фазу 9-11 листьев растений, %

X						
P V	1		2		3	
	1	0,22		0,25		0,25
2	0,34		0,37		0,25	
3	0,40		0,46		0,46	
4	0,51		0,55		0,53	
5	0,49		0,52		0,49	
6	0,47		0,49		0,45	
7	0,39		0,35		0,40	
8	0,44		0,47		0,44	
9	0,40		0,43		0,40	
$\Sigma P$	3,66		3,89		3,67	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	0,22	26	-	-	-	
повторностей	0,007	2	-	-	-	
вариантов	0,20	8	0,025	31,3	> 2,59	
остатка	0,013	16	0,0008	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0008}{3}} = 0,071\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,071 = 0,15\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в 2013 г. в фазу 9-11 листьев растений, %

X						
P V	1		2		3	
	1	3,50		3,61		3,54
2	3,75		3,65		3,64	
3	4,11		4,19		4,15	
4	4,52		4,42		4,41	
5	3,92		3,81		3,82	
6	2,15		2,11		2,10	
7	3,62		3,71		3,74	
8	4,38		4,55		4,57	
9	3,84		3,92		3,91	
$\Sigma P$	33,79		33,97		33,88	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	11,9	26	-	-	-	
повторностей	0,02	2	-	-	-	
вариантов	11,86	8	1,48	1480	> 2,59	

остатка	0,02	16	0,001	-	-
---------	------	----	-------	---	---

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,001}{3}} = 0,03\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,03 = 0,06\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в 2013 г. в фазу молочно-восковой спелости, %

X					
Р V	1	2	3		
1	1,90	1,81	1,78		
2	1,90	1,85	1,89		
3	2,01	1,95	2,01		
4	2,12	2,18	2,12		
5	1,95	2,05	2,03		
6	1,90	1,84	1,87		
7	1,92	1,85	1,93		
8	2,18	2,13	2,14		
9	2,05	2,08	2,08		
ΣР	17,93	17,74	17,85		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,37	26	-	-	-
повторностей	0,001	2	-	-	-
вариантов	0,34	8	0,04	20	> 2,59
остатка	0,029	16	0,002	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,002}{3}} = 0,04\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,04 = 0,08\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в 2013 г. в фазу молочно-восковой спелости, %

X					
Р V	1	2	3		
1	0,25	0,22	0,25		
2	0,24	0,27	0,27		
3	0,28	0,31	0,31		
4	0,34	0,38	0,36		
5	0,32	0,35	0,32		
6	0,30	0,33	0,3		
7	0,34	0,37	0,34		
8	0,40	0,44	0,39		
9	0,37	0,40	0,37		
ΣР	2,84	3,07	2,91		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,08	26	-	-	-
повторностей	0,004	2	-	-	-
вариантов	0,073	8	0,009	45	> 2,59



остатка	0,003	16	0,0002	-	-
---------	-------	----	--------	---	---

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0002}{3}} = 0,011\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,011 = 0,023\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в 2013 г. в фазу молочно-восковой спелости, %

X					
Р V	1	2	3		
1	3,08	3,02	3,05		
2	4,15	4,08	4,10		
3	3,70	3,79	3,76		
4	3,21	3,30	3,24		
5	2,84	2,90	2,84		
6	2,40	2,51	2,44		
7	3,05	3,00	2,98		
8	3,45	3,54	3,54		
9	3,60	3,55	3,59		
ΣР	29,48	29,69	29,54		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	6,17	26	-	-	-
повторностей	0,004	2	-	-	-
вариантов	6,13	8	0,77	256,7	> 2,59
остатка	0,04	16	0,003	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,003}{3}} = 0,045\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,045 = 0,09\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в 2013 г. в зерне, %

X					
Р V	1	2	3		
1	1,38	1,45	1,40		
2	1,37	1,40	1,40		
3	1,46	1,42	1,47		
4	1,48	1,53	1,49		
5	1,45	1,53	1,49		
6	1,48	1,53	1,52		
7	1,42	1,48	1,45		
8	1,45	1,52	1,50		
9	1,45	1,50	1,46		
ΣР	12,94	13,36	13,18		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,06	26	-	-	-
повторностей	0,007	2	-	-	-
вариантов	0,04	8	0,005	6,25	> 2,59
остатка	0,013	16	0,0008	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0008}{3}} = 0,02\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,02 = 0,04\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в 2013 г. в зерне, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,18	0,22	0,23		
2	0,25	0,29	0,24		
3	0,35	0,30	0,37		
4	0,28	0,31	0,28		
5	0,25	0,29	0,27		
6	0,28	0,31	0,28		
7	0,35	0,38	0,38		
8	0,32	0,37	0,30		
9	0,32	0,35	0,35		
$\sum P$	2,58	2,82	2,70		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,07	26	-	-	-
повторностей	0,003	2	-	-	-
вариантов	0,06	8	0,008	20	> 2,59
остатка	0,007	16	0,0004	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0004}{3}} = 0,016\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,016 = 0,03\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в 2013 г. в зерне, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,37	0,42	0,41		
2	0,41	0,44	0,41		
3	0,39	0,35	0,37		
4	0,40	0,45	0,41		
5	0,33	0,38	0,34		
6	0,42	0,46	0,47		
7	0,33	0,38	0,34		
8	0,37	0,40	0,37		
9	0,24	0,28	0,26		
$\sum P$	3,26	3,56	3,38		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,09	26	-	-	-
повторностей	0,007	2	-	-	-
вариантов	0,08	8	0,01	50	> 2,59
остатка	0,003	16	0,0002	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0002}{3}} = 0,01\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,01 = 0,02\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в 2013 г. в вегетативной массе, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,42	0,46	0,47		
2	0,58	0,63	0,62		
3	0,58	0,64	0,61		
4	0,62	0,66	0,64		
5	0,84	0,92	0,91		
6	1,17	1,25	1,24		
7	0,35	0,44	0,44		
8	0,40	0,45	0,41		
9	0,40	0,37	0,40		
$\Sigma P$	5,36	5,82	5,74		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	1,82	26	-	-	-
повторностей	0,017	2	-	-	-
вариантов	1,8	8	0,23	1150	> 2,59
остатка	0,003	16	0,0002	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0002}{3}} = 0,01\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,01 = 0,02\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в 2013 г. в вегетативной массе, %

X					
P V	1	2	3		
1	0,35	0,38	0,35		
2	0,44	0,41	0,41		
3	0,50	0,55	0,51		
4	0,52	0,57	0,56		
5	0,47	0,50	0,50		
6	0,45	0,51	0,51		
7	0,47	0,50	0,47		
8	0,45	0,50	0,46		
9	0,48	0,53	0,49		
$\Sigma P$	4,13	4,45	4,26		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,09	26	-	-	-
повторностей	0,01	2	-	-	-

вариантов	0,08	8	0,01	166,6	> 2,59
остатка	0,001	16	0,00006	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,00006}{3}} = 0,006\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,006 = 0,012\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в 2013 г. в вегетативной массе,  
%

X					
P V	1	2	3		
1	2,33	2,51	2,51		
2	2,50	2,55	2,48		
3	2,08	2,13	2,12		
4	2,80	2,72	2,73		
5	2,95	2,88	2,84		
6	2,89	3,00	2,96		
7	2,33	2,41	2,31		
8	2,45	2,40	2,41		
9	2,31	2,42	2,32		
$\Sigma P$	22,64	23,02	22,68		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	1,9	26	-	-	-
повторностей	0,006	2	-	-	-
вариантов	1,84	8	0,23	76,7	> 2,59
остатка	0,05	16	0,003	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,003}{3}} = 0,04\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 0,04 = 0,08\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в фазу 9-11 листьев растений,  
%. Среднее за 3 года

X					
P V	1	2	3		
1	2,73	2,86	1,83		
2	2,62	2,96	2,02		
3	2,42	2,64	2,21		
4	2,44	2,44	2,64		
5	2,11	2,23	2,01		
6	2,02	1,92	1,02		
7	2,04	2,86	2,15		
8	2,07	2,44	2,45		
9	2,12	2,63	2,59		
$\Sigma P$	20,57	22,98	18,92		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	4,40	26	-	-	-
повторностей	0,97	2	-	-	-

вариантов	1,90	8	0,24	2,67	> 2,59
остатка	1,53	16	0,09	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,095}{3}} = 0,25\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,08 * 0,25 = 0,53\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в фазу 9-11 листьев растений, %. Среднее за 3 года

X					
P V	1	2	3		
1	0,42	0,66	0,24		
2	0,37	0,74	0,32		
3	0,43	0,71	0,44		
4	0,47	0,66	0,53		
5	0,48	0,65	0,50		
6	0,42	0,62	0,47		
7	0,39	0,62	0,38		
8	0,44	0,58	0,45		
9	0,53	0,61	0,41		
$\Sigma P$	3,95	5,85	3,74		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,41	26	-	-	-
повторностей	0,30	2	-	-	-
вариантов	0,03	8	0,0375	7,5	> 2,59
остатка	0,08	16	0,005	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,005}{3}} = 0,058\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,08 * 0,058 = 0,12\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в фазу 9-11 листьев растений, %. Среднее за 3 года

X					
P V	1	2	3		
1	2,35	4,51	3,55		
2	2,32	4,50	3,68		
3	2,35	4,55	4,15		
4	2,11	5,00	4,45		
5	2,10	4,98	3,85		
6	1,85	4,88	2,12		
7	2,75	4,50	3,69		
8	2,85	5,25	4,50		
9	3,00	5,11	3,89		
$\Sigma P$	21,68	43,28	33,88		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	31,9	26	-	-	-
повторностей	26,1	2	-	-	-

вариантов	3,07	8	0,384	3,49	> 2,59
остатка	1,73	16	0,11	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,11}{3}} = 0,27\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,08 * 0,27 = 0,56\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в фазу молочно-восковая спелость, %. Среднее за 3 года

X					
P \ V	1	2	3		
1	0,85	0,61	1,83		
2	0,82	0,62	1,88		
3	0,95	0,84	1,99		
4	1,12	1,02	2,14		
5	1,21	1,08	2,01		
6	0,99	1,12	1,87		
7	1,35	1,25	1,90		
8	1,59	1,33	2,15		
9	1,49	1,39	2,07		
$\Sigma P$	10,37	9,26	17,84		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	6,2	26	-	-	-
повторностей	4,84	2	-	-	-
вариантов	1,07	8	0,134	7,44	> 2,59
остатка	0,29	16	0,018	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,018}{3}} = 0,11\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,08 * 0,11 = 0,23\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в фазу молочно-восковая спелость, %. Среднее за 3 года

X					
P \ V	1	2	3		
1	0,32	0,40	0,24		
2	0,30	0,39	0,26		
3	0,35	0,41	0,30		
4	0,36	0,40	0,36		
5	0,30	0,36	0,33		
6	0,29	0,32	0,31		
7	0,28	0,29	0,35		
8	0,30	0,24	0,41		
9	0,29	0,31	0,38		
$\Sigma P$	2,79	3,12	2,94		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	0,07	26	-	-	-
повторностей	0,006	2	-	-	-

вариантов	0,013	8	0,016	5,33	> 2,59
остатка	0,048	16	0,003	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,003}{3}} = 0,04\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,08 \cdot 0,04 = 0,08\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в фазу молочно-восковая спелость, %.  
Среднее за 3 года

X						
P V	1		2		3	
	1	2,11		2,00		3,05
2	1,95		1,75		4,11	
3	1,85		1,54		3,75	
4	1,80		1,45		3,25	
5	1,81		1,62		2,86	
6	1,80		1,75		2,45	
7	1,91		1,84		3,01	
8	2,11		2,00		3,51	
9	2,16		2,21		3,58	
$\Sigma P$	17,50		16,16		29,57	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	14,79	26	-	-	-	
повторностей	12,09	2	-	-	-	
вариантов	1,24	8	0,155	5,17	> 2,59	
остатка	0,46	16	0,03	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,03}{3}} = 0,14\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,08 \cdot 0,14 = 0,29\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в зерне кукурузы, %. Среднее за 3 года

X						
P V	1		2		3	
	1	1,74		1,52		1,41
2	1,83		1,60		1,39	
3	1,77		1,84		1,45	
4	1,83		1,84		1,50	
5	1,81		1,86		1,49	
6	2,03		1,90		1,51	
7	1,79		1,68		1,45	
8	1,95		1,68		1,49	
9	1,93		1,79		1,47	
$\Sigma P$	16,68		15,71		13,16	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	0,81	26	-	-	-	
повторностей	0,59	2	-	-	-	

вариантов	0,21	8	0,03	50	> 2,59
остатка	0,01	16	0,0006	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0006}{3}} = 0,02\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,08 * 0,02 = 0,04\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в зерне кукурузы, %. Среднее за 3 года

X						
P V	1		2		3	
	1	0,34		0,39		0,21
2	0,32		0,32		0,26	
3	0,32		0,34		0,34	
4	0,32		0,37		0,29	
5	0,33		0,53		0,27	
6	0,33		0,47		0,29	
7	0,28		0,45		0,37	
8	0,26		0,42		0,33	
9	0,30		0,53		0,34	
$\Sigma P$	2,80		3,82		2,70	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	0,16	26	-	-	-	
повторностей	0,08	2	-	-	-	
вариантов	0,06	8	0,0075	7,5	> 2,59	
остатка	0,02	16	0,001	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,001}{3}} = 0,03\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,08 * 0,03 = 0,06\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в зерне кукурузы, %. Среднее за 3 года

X						
P V	1		2		3	
	1	0,36		0,33		0,40
2	0,38		0,35		0,42	
3	0,42		0,45		0,37	
4	0,44		0,41		0,42	
5	0,39		0,35		0,35	
6	0,35		0,32		0,45	
7	0,36		0,31		0,35	
8	0,35		0,33		0,38	
9	0,37		0,30		0,26	
$\Sigma P$	3,42		3,15		3,40	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	0,06	26	-	-	-	
повторностей	0,007	2	-	-	-	



вариантов	0,03	8	0,00375	2,67	> 2,59
остатка	0,023	16	0,0014	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0014}{3}} = 0,03\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,08 * 0,03 = 0,06\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания азота в вегетативной массе кукурузы, % . Среднее за 3 года

X						
P V	1		2		3	
	1	1,02		0,61		0,45
2	1,05		1,02		0,61	
3	1,53		1,14		0,61	
4	1,44		1,22		0,64	
5	1,55		1,20		0,59	
6	1,22		1,18		1,22	
7	1,02		0,89		0,41	
8	1,42		1,10		0,42	
9	1,53		1,12		0,39	
$\Sigma P$	11,78		9,48		5,34	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	3,61	26	-	-	-	
повторностей	2,36	2	-	-	-	
вариантов	0,78	8	0,10	3,45	> 2,59	
остатка	0,47	16	0,029	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,029}{3}} = 0,14\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,08 * 0,14 = 0,29\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания фосфора в вегетативной массе кукурузы, % . Среднее за 3 года

X						
P V	1		2		3	
	1	0,18		0,21		0,36
2	0,19		0,16		0,42	
3	0,20		0,22		0,52	
4	0,21		0,26		0,55	
5	0,20		0,18		0,49	
6	0,19		0,16		0,49	
7	0,20		0,19		0,48	
8	0,24		0,22		0,47	
9	0,22		0,24		0,50	
$\Sigma P$	1,83		1,84		4,28	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	0,48	26	-	-	-	
повторностей	0,44	2	-	-	-	

вариантов	0,023	8	0,0029	2,9	> 2,59
остатка	0,017	16	0,001	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,001}{3}} = 0,026\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,08 * 0,026 = 0,05\%$$

Результаты дисперсионного анализа содержания калия в вегетативной массе кукурузы, %. Среднее за 3 года

X						
P V	1		2		3	
	1	1,15		1,10		2,45
2	1,18		1,23		2,51	
3	1,22		1,15		2,31	
4	1,21		1,12		2,75	
5	1,22		1,25		2,89	
6	1,20		1,36		2,95	
7	1,17		1,21		2,35	
8	1,18		1,25		2,42	
9	1,21		1,34		2,35	
$\Sigma P$	10,74		11,01		22,98	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	11,41	26	-	-	-	
повторностей	10,86	2	-	-	-	
вариантов	0,33	8	0,04	4	> 2,59	
остатка	0,21	16	0,01	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0,01}{3}} = 0,08\%$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,08 * 0,08 = 0,16\%$$

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна кукурузы в 2011 г., ц/га

X										
P V	1		2		3		4		$\Sigma V$	XcpV
	1	32,4		32,1		31,3		32,2		
2	33,8		33,4		33,6		34,5	135,3	33,8	
3	38,1		37,8		36,5		37,5	149,9	37,5	
4	36,5		40,2		38,9		37,7	153,3	38,3	
5	36,3		33,8		36,6		34,3	141,0	35,3	
6	29,4		30,8		33,6		28,3	122,1	30,5	
7	36,6		35,2		35,5		34,6	141,9	35,5	
8	33,8		33,2		32,5		32,5	132,0	33,0	
9	34,2		32,1		34,4		33,9	134,6	33,7	
$\Sigma P$	311,1		308,6		312,9		305,5	1238,1	309,5	
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>					
общая	239,8	35	-	-	-					
повторностей	3,3	3	-	-	-					
вариантов	201,3	8	25,2	17,1	> 2,36					

остатка	35,2	24	1,47	-	-
---------	------	----	------	---	---

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,47}{4}} = 0,86 \text{ ц/га}$$

$$НСР_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,01 \cdot 0,86 = 1,73 \text{ ц/га} = 0,17 \text{ т/га}$$

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна кукурузы в 2012 г., ц/га

X						
P/V	1	2	3	4	ΣV	XcpV
1	28,7	33,8	32,6	27,7	122,8	30,7
2	38,6	38,7	36,4	37,9	151,6	37,9
3	40,9	40,9	42,7	41,7	166,2	41,6
4	43,7	46,3	45,2	44,1	179,3	44,8
5	38,0	41,8	37,1	39,2	156,1	39,0
6	40,4	38,7	37,8	39,1	156,0	39,0
7	37,1	36,2	35,5	36,3	145,1	36,3
8	39,6	37,6	36,4	35,5	149,1	37,3
9	36,7	36,8	37,1	35,1	145,7	36,4
ΣP	343,7	350,8	340,8	336,6	1371,9	343,0
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	546,7	35	-	-	-	
повторностей	11,9	3	-	-	-	
вариантов	481,6	8	60,2	27,1	> 2,36	
остатка	53,2	24	2,22	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,22}{4}} = 1,05 \text{ ц/га}$$

$$НСР_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,01 \cdot 1,05 = 2,11 \text{ ц/га} = 0,21 \text{ т/га}$$

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна кукурузы в 2013 г., ц/га

X						
P/V	1	2	3	4	ΣV	XcpV
1	62,9	61,1	62,5	61,2	247,7	61,9
2	60,8	68,3	67,1	57,4	253,6	63,4
3	63,1	64,6	64,7	63,4	255,8	64,0
4	71,6	70,9	73,0	74,0	289,5	72,4
5	65,3	64,6	63,0	64,1	257,0	64,3
6	60,5	66,7	57,2	63,6	248,0	62,0
7	58,9	62,2	59,7	67,2	248,0	62,0
8	68,2	68,2	68,0	68,0	272,4	68,1
9	71,6	69,3	62,3	67,6	270,8	67,7
ΣP	582,9	595,9	577,5	586,5	2342,8	585,7
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	644,2	35	-	-	-	
повторностей	19,9	3	-	-	-	
вариантов	411,6	8	51,5	5,8	> 2,36	

остатка	212,7	24	8,9	-	-
---------	-------	----	-----	---	---

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8,9}{4}} = 2,11 \text{ ц/га}$$

$$НСР_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,01 \cdot 2,11 = 4,24 \text{ ц/га} = 0,42 \text{ т/га}$$

Результаты дисперсионного анализа урожайности кукурузы в среднем за 3 года, ц/га

Х					
Р \ V	1	2	3		
1	32,0	30,7	61,9		
2	33,8	37,9	63,4		
3	37,5	41,6	66,0		
4	38,3	44,8	72,4		
5	35,2	39,0	64,3		
6	30,5	39,0	62,0		
7	35,5	36,2	62,0		
8	33,0	37,3	68,1		
9	33,7	36,4	67,7		
ΣР	309,5	342,9	587,8		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	5406,3	26	-	-	-
повторностей	5132,7	2	-	-	-
вариантов	203,3	8	25,4	5,78	> 2,59
остатка	70,3	16	4,39	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,39}{4}} = 1,48 \text{ ц/га}$$

$$НСР_{05} = t_{05} \cdot Sd = 2,1 \cdot 1,48 = 3,11 \text{ ц/га} = 0,31 \text{ т/га}$$

Результаты дисперсионного анализа урожайности вегетативной массы кукурузы в 2011 г., ц/га

Х						
Р \ V	1	2	3	4	ΣV	XcpV
1	39,8	38,2	40,2	39,1	157,3	39,3
2	72,1	72,3	74,3	75,7	294,4	73,6
3	70,3	67,9	68,2	68,1	274,5	68,6
4	68,6	67,3	67,9	69,2	273,0	68,3
5	75,9	73,7	69,6	68,8	288,0	72,0
6	57,7	57,3	60,7	62,6	238,3	59,6
7	75,9	70,5	72,5	68,4	287,3	71,8
8	71,4	68,8	75,0	72,5	287,7	71,9
9	58,0	62,5	57,8	60,4	238,7	59,7
ΣР	589,7	578,5	586,2	584,8	2339,2	584,8
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	3968,2	35	-	-	-	
повторностей	7,3	3	-	-	-	

вариантов	3832,8	8	479,1	90,4	>	2,36
остатка	128,1	24	5,3	-		-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 5,3}{4}} = 1,63 \text{ ц/га}$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,01 * 1,63 = 3,27 \text{ ц/га} = 0,33 \text{ т/га}$$

Результаты дисперсионного анализа урожайности вегетативной массы кукурузы в 2012 г.,  
ц/га

Х						
Р V	1	2	3	4	ΣV	ХсрV
1	44,6	48,2	42,9	43,9	179,6	44,9
2	53,6	58,9	53,6	51,8	217,9	54,5
3	62,5	67,9	63,6	69,6	263,6	65,9
4	58,9	66,1	60,7	60,2	245,9	61,5
5	51,1	57,0	62,5	55,2	225,8	56,5
6	50,0	48,2	49,3	53,6	201,1	50,3
7	57,1	55,8	56,2	55,5	224,6	56,2
8	58,5	60,5	61,5	60,9	241,4	60,4
9	50,7	52,2	51,2	55,1	209,2	52,3
ΣР	487,0	514,8	501,5	505,8	2009,1	502,3
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	1485,9	35	-	-	-	
повторностей	44,8	3	-	-	-	
вариантов	1275,3	8	159,4	23,1	>	3,26
остатка	165,8	24	6,9	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 6,9}{4}} = 1,85 \text{ ц/га}$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,01 * 1,85 = 3,71 \text{ ц/га} = 0,37 \text{ т/га}$$

Результаты дисперсионного анализа урожайности вегетативной массы кукурузы в  
2013 г., ц/га

Х						
Р V	1	2	3	4	ΣV	ХсрV
1	133	161	130	139	563,0	140,8
2	171	183	174	163	691,0	172,8
3	196	156	156	141	649,0	162,3
4	207	183	154	164	708,0	177,0
5	166	133	111	166	576,0	144,0
6	116	146	214	155	631,0	157,8
7	141	148	196	156	641,0	160,3
8	150	139	164	158	611,0	152,8
9	160	151	214	162	687,0	171,8
ΣР	1440	1400	1513	1404	5757,0	1439,3
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	21058,7	35	-	-	-	
повторностей	913,6	3	-	-	-	

вариантов	15115,5	8	1889,4	9,01	>	2,36
остатка	5029,6	24	209,6	-		-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2*209,6}{4}} = 10,2 \text{ ц/га}$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,01 * 10,2 = 20,5 \text{ ц/га} = 2,1 \text{ т/га}$$

Результаты дисперсионного анализа белковости зерна кукурузы в 2011 г., %

X						
P/V	1	2	3	4	ΣV	XcpV
1	10,0	9,7	9,6	10,3	39,6	9,9
2	10,5	10,2	10,3	10,6	41,6	10,4
3	9,8	10,3	10,3	10,0	40,4	10,1
4	11,0	10,2	9,9	10,5	41,6	10,4
5	10,0	10,1	10,6	10,5	41,2	10,3
6	11,5	11,9	11,2	11,8	46,4	11,6
7	10,0	10,5	10,3	10,0	40,8	10,2
8	11,3	10,6	11,0	11,5	44,4	11,1
9	11,2	11,6	10,4	10,8	44,0	11,0
ΣP	95,3	95,1	93,6	96,0	380,0	95,0
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	13,1	35	-	-	-	
повторностей	0,36	3	-	-	-	
вариантов	9,85	8	1,23	10,25	>	2,36
остатка	2,89	24	0,12	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2*0,12}{4}} = 0,24\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,01 * 0,24 = 0,48\%$$

Результаты дисперсионного анализа белковости зерна кукурузы в 2012 г., %

X						
P/V	1	2	3	4	ΣV	XcpV
1	8,5	8,8	9,0	8,5	34,8	8,7
2	9,2	9,0	9,5	8,7	36,4	9,1
3	10,2	10,6	10,4	10,8	42,0	10,5
4	10,4	10,8	10,2	10,6	42,0	10,5
5	10,9	10,4	10,6	10,5	42,4	10,6
6	10,4	10,9	10,5	11,4	43,2	10,8
7	9,2	9,8	9,4	10,4	38,8	9,6
8	9,5	9,9	9,6	9,4	38,4	9,6
9	10,6	10,0	10,5	9,7	40,8	10,2
ΣP	88,9	90,2	89,7	90	358,8	89,7
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	20,36	35	-	-	-	
повторностей	0,14	3	-	-	-	
вариантов	17,2	8	2,15	17,9	>	2,36

остатка	3,02	24	0,12	-	-
---------	------	----	------	---	---

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2*0,12}{4}} = 0,23\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,01 * 0,23 = 0,46\%$$

Результаты дисперсионного анализа белковости зерна кукурузы в 2013 г., %

X						
P/V	1	2	3	4	ΣV	XcpV
1	7,6	8,3	7,9	8,2	32,0	8,0
2	7,8	7,9	7,9	8,0	31,6	7,9
3	8,2	8,0	8,6	8,4	33,2	8,3
4	8,8	8,6	8,4	8,6	34,4	8,6
5	8,3	8,8	8,6	8,3	34,0	8,5
6	8,5	8,6	8,8	8,5	34,4	8,6
7	8,2	8,6	8,4	8,0	33,2	8,3
8	8,4	8,6	8,8	8,2	34,0	8,5
9	8,3	8,4	8,6	8,3	33,6	8,4
ΣP	74,1	75,8	76,0	74,5	300,4	75,1
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	3,3	35	-	-	-	
повторностей	0,27	3	-	-	-	
вариантов	1,98	8	0,25	6,25	> 2,36	
остатка	1,05	24	0,04	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2*0,04}{4}} = 0,14\%$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,01 * 0,14 = 0,28\%$$

Результаты дисперсионного анализа сбора белка зерном кукурузы в 2011 г., кг/га

X						
P/V	1	2	3	4	ΣV	XcpV
1	279	268	258	285	1090,0	272
2	305	293	298	315	1211,0	303
3	321	335	323	323	1302,0	326
4	345	353	331	340	1369,0	342
5	312	294	334	310	1250,0	312
6	291	315	324	287	1217,0	304
7	315	318	314	298	1245,0	311
8	328	303	307	321	1259,0	315
9	329	320	308	315	1272,0	319
ΣP	2825	2799	2797	2794	11215,0	2803,8
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	15141,0	35	-	-	-	
повторностей	68,3	3	-	-	-	
вариантов	11382,3	8	1422,8	9,25	> 2,36	

остатка	3690,0	24	153,7	-	-
---------	--------	----	-------	---	---

$$\text{Ошибка разности средних } S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2*153,7}{4}} = 8,8 \text{ кг/га}$$

$$\text{НСР}_{05} = t_{05} * S_d = 2,01 * 8,8 = 17,7 \text{ кг/га}$$

Результаты дисперсионного анализа сбора белка зерном кукурузы в 2012 г., кг/га

X						
P/V	1	2	3	4	ΣV	XcpV
1	210	256	252	202	920,0	230
2	305	300	297	284	1186,0	297
3	359	373	382	387	1501,0	376
4	391	430	396	402	1619,0	404
5	356	374	338	354	1422,0	355
6	361	363	341	383	1448,0	362
7	294	305	287	325	1211,0	299
8	324	320	301	287	1232,0	308
9	335	316	335	293	1279,0	319
ΣP	2935	3037	2929	2917	11818,0	2954,5
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	95339,2	35	-	-	-	
повторностей	1026,9	3	-	-	-	
вариантов	86946,2	8	10868,3	35,4	> 2,36	
остатка	7366,1	24	306,9	-	-	

$$\text{Ошибка разности средних } S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2*306,9}{4}} = 12,3 \text{ кг/га}$$

$$\text{НСР}_{05} = t_{05} * S_d = 2,01 * 12,3 = 24,7 \text{ кг/га}$$

Результаты дисперсионного анализа сбора белка зерном кукурузы в 2013 г., кг/га

X						
P/V	1	2	3	4	ΣV	XcpV
1	411	436	425	432	1704,0	426
2	408	464	456	395	1723,0	431
3	445	444	479	458	1826,0	471
4	542	524	527	547	2140,0	536
5	466	489	466	458	1879,0	470
6	442	493	433	465	1833,0	458
7	415	460	431	462	1768,0	442
8	493	504	515	480	1992,0	498
9	511	501	461	483	1956,0	489
ΣP	4133	4315	4193	4180	16821,0	4205,3
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>	
общая	50994,7	35	-	-	-	
повторностей	2005,8	3	-	-	-	
вариантов	39531,1	8	4941,4	12,5	> 2,36	



остатка	9457,8	24	394,1	-	-
---------	--------	----	-------	---	---

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2*394,1}{4}} = 14,0 \text{ кг/га}$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,01 * 14,0 = 28,1 \text{ кг/га}$$

Результаты дисперсионного анализа сбора белка зерном кукурузы в среднем за 3 года,  
кг/га

X					
P V	1	2	3		
1	272	230	426		
2	303	297	431		
3	326	376	471		
4	342	404	536		
5	312	355	470		
6	304	362	458		
7	311	299	442		
8	315	308	498		
9	319	319	489		
$\Sigma P$	2804,00	2950,00	4221,00		
Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F <sub>05</sub>
общая	169614,3	26	-	-	-
повторностей	137801,9	2	-	-	-
вариантов	25864,0	8	3233,0	8,7	> 2,36
остатка	5948,4	16	371,8	-	-

$$\text{Ошибка разности средних } Sd = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2*371,8}{3}} = 15,7 \text{ кг/га}$$

$$НСР_{05} = t_{05} * Sd = 2,1 * 15,7 = 32,9 \text{ кг/га}$$

