

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов – 2016

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Донской государственной аграрный университет»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Агафонов Евгений Васильевич

Официальные оппоненты: **Филин Валентин Иванович**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, профессор
кафедры земледелия и агрохимии

Чекаев Николай Петрович
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА,
заведующий кафедрой агрохимии

Ведущая организация: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
имени императора Петра I

Защита диссертации состоится "___" _____ 2016 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.05 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., д.1.

E-mail: dissovet01@sgau.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и на сайте www.sgau.ru

Автореферат разослан "___" _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Нарушев Виктор Бисенгалиевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В Ростовской области отмечается значительный рост применения минеральных удобрений после 2000 г. – в период 2011-2014 гг. оно составило 55,5 кг д.в./га посевов. Однако, при крайне низком поголовье КРС в крупных сельхозпредприятиях и фермерских хозяйствах и 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 элементов питания 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 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 зависимость урожайности кукурузы от обеспеченности почвы элементами питания.

3. Определить оптимальную дозу куриного помета, позволяющую получить наибольшую урожайность и наилучшее качество зерна кукурузы.

4. Изучить динамику поглощения элементов питания растениями кукурузы. Определить вынос NPK с урожаем и баланс при внесении куриного помета и минеральных удобрений.

5. Провести экономическую оценку применения куриного помета при выращивании кукурузы на черноземе обыкновенном предкавказском.

Научная новизна. Впервые на чернозёме обыкновенном 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 куриного 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.

Определена оптимальная доза куриного помёта – 10 т/га для внесения под предпосевную культивацию кукурузы, обеспечивающая получение наибольшей 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 помета 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 %.

Объект и предмет 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. Предмет исследований – динамика пищевой режим чернозема обыкновенного предкавказского, а также особенности формирования урожайность и качество зерна кукурузы.

Методология и методы. В работе использованы имеющиеся научно-практические материалы по технологиям применения органических удобрений при возделывании 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 куриного помета 10 т/га, вносимого весной под предпосевную культивацию, применение которой обеспечивает максимальные показатели урожайности зерна кукурузы и сбора белка с 1 га.

– Стабильную урожайность высококачественного зерна кукурузы обеспечивает 100-110 кг/га минерального азота в слое почвы 0-40 см в фазу 7-8 листьев кукурузы.

– Применение куриного помета под кукурузу в дозе 10 т/га способствует созданию оптимального баланса элементов питания и достижению наивысших 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 результаты выполненной работы докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях Донского государственного аграрного университета (2011-2015), а также на НТС МСХ Российской Федерации (2016).

Публикации. Результаты исследований опубликованы в восьми работах, в том числе три – в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Объем 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. Приложения даны на 45 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показано значение удобрений, динамика применения минеральных и органических удобрений в России и Ростовской области, состояние баланса элементов питания, возможности птицеводческой отрасли в накоплении запасов органического вещества в почвах и основные причины, сдерживающие применение птичьего помета в земледелии.

В первой главе «Обзор литературы» раскрываются особенности питания растений кукурузы в течение вегетации, потребность и вынос основных элементов растениями из почвы, опыт применения удобрений под зерновую кукурузу. Приводятся данные о видах птичьего помета, составе, свойствах и объемах производства, действии на почву, опыте применения помета в качестве удобрения. Исследованиями В.И. Малофеева (1988), Н.П. Чекаева (2009), А.В. Беззубцева, А.Г. Шмидт (2013) подтверждена высокая эффективность применения куриного помета под озимую и яровую пшеницу. Приводятся данные Е.В. Агафонова, Ф.А. Понятовского (2006), Е.В. Агафонова, Р.А. Ка-

менева(2013), Р.А. Каменева, О.О. Собочкиной, А.С. Токарева, (2013) о положительном эффекте применения подстилочного куриного помета в условиях Нижнего Дона под сахарную свеклу и подсолнечник.

Сведений о применении при возделывании кукурузы куриного помёта на подстилке из подсолнечной лузги, заделываемого в почву под предпосевную культивацию, в научно-практической литературе не найдено.

Во второй главе описываются методика и условия проведения исследований. Исследования проводили в 2011-2013 гг. в условиях СПК «Победа» Азовского района Ростовской области. Предшественник кукурузы – озимая пшеница. Повторность опыта – четырехкратная. Площадь делянки – 33,6 м² (5,6 м * 6,0 м). Среднее за 2011-2013 гг. содержание в помете составляло: общего азота – 1,24%; P₂O₅ – 2,03%; K₂O – 1,45%; CaO – 1,85%; органического вещества – 21,96%. Соотношение C:N – 8,98.

Схема однофакторного опыта включала: 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 N₃₀P₃₀K₃₀; N₆₀P₆₀K₆₀; N₉₀P₉₀K₉₀. Опыт применения помёта на подстилке из подсолнечной лузги под сахарную свеклу и подсолнечник (Понятовский Ф.А., 2006; Манашов Д.А., 2012) свидетельствует о существенном увеличении урожайности при повышении дозы с 5 до 10 т/га и значительно более слабых изменениях при дальнейшем увеличении дозы. Поэтому шаг в диапазоне от 5 до 10 т/га составил 2,5 т/га, а от 10 до 20 – 5 т/га.

Куриный помет вносили вручную весной под предпосевную культивацию и заделывали на глубину 6-8 см. Минеральные удобрения – азофоску (16-16-16) вносили также под предпосевную культивацию кукурузы.

Закладка опытов, проведение наблюдений и учётов 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 – по ГОСТ-28168-89; общие требования к проведению анализов – по ГОСТ-29269-91; определение обменного аммония по методу ЦИНАО – по ГОСТ 26489-85; нитратный азот – по ГОСТ-26951-86; подвижные формы фосфора и обменного калия по методу Мачигина (ГОСТ 26205-91); влажность почвы – по ГОСТ-28268-89; расчет продуктивной влаги с учетом влажности устойчивого завядания (Е.В. Агафонов, 1992); определение в растительных образцах фосфора – по ГОСТ 26657-97; калия – по ГОСТ 30504-97; азота – по ГОСТ 13496.4-93; экономическую эффективность определяли по Баранову Н.Н. (1966); коэффициенты использования элементов питания из удобрений – разностным методом; математическую обработку полученных результатов по Б.А. Доспехову (1979) с использованием ПК и программы STATISTIKA 19.

Почва опытного участка – чернозём обыкновенный карбонатный мощный (предкавказский). Мощность гумусового горизонта (А+В) – 90-127 см. Глинистый или тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Высокое со-

держание карбонатов в пахотном слое – до 2,5-4,0%. В горизонте А содержание гумуса составляет 3,4-3,8% (О.С. Безуглова, 2008).

Перед посевом кукурузы запас минерального азота в слое почвы 0-40 см в 2011 году составил 82,4 кг/га, в 2012 году – 52,1 кг/га, в 2013 году – 47,9 кг/га. Исходное содержание подвижного фосфора в почве под кукурузой в разные годы существенно различалось: в 2011 г. в апреле перед внесением удобрений в слое почвы 0-40 см содержалось 20,5 мг/кг почвы подвижного фосфора, в 2012 г. – 14,6 мг/кг, в 2013 г. – 28,1 мг/кг. Обеспеченность почвы доступным калием была высокой и очень высокой. Перед закладкой опыта содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см составило: в 2011 г. – 626 мг/кг, в 2012 г. – 825 мг/кг, в 2013 г. – 421 мг/кг почвы.

Основной показатель для расчетов запаса продуктивной влаги почвы – влажность устойчивого завядания растений (ВУЗ) в зоне проведения исследований изменяется от 12,5% на абсолютно сухое вещество почвы в слое 0-20 см до 10,6% в слое 80-100 см (Е.В. Агафонов, 1992).

Землепользование Азовского района Ростовской области, где проводились исследования, находится в засушливой зоне. ГТК в пределах 0,7-0,8. Погодные условия в годы проведения полевых опытов отличались существенным разнообразием. Во все годы исследований преобладали высокие температуры воздуха, превышающие среднегодовую норму на 0,9-2,5⁰С. В 2012 и 2013 годах отмечен заметный дефицит осадков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

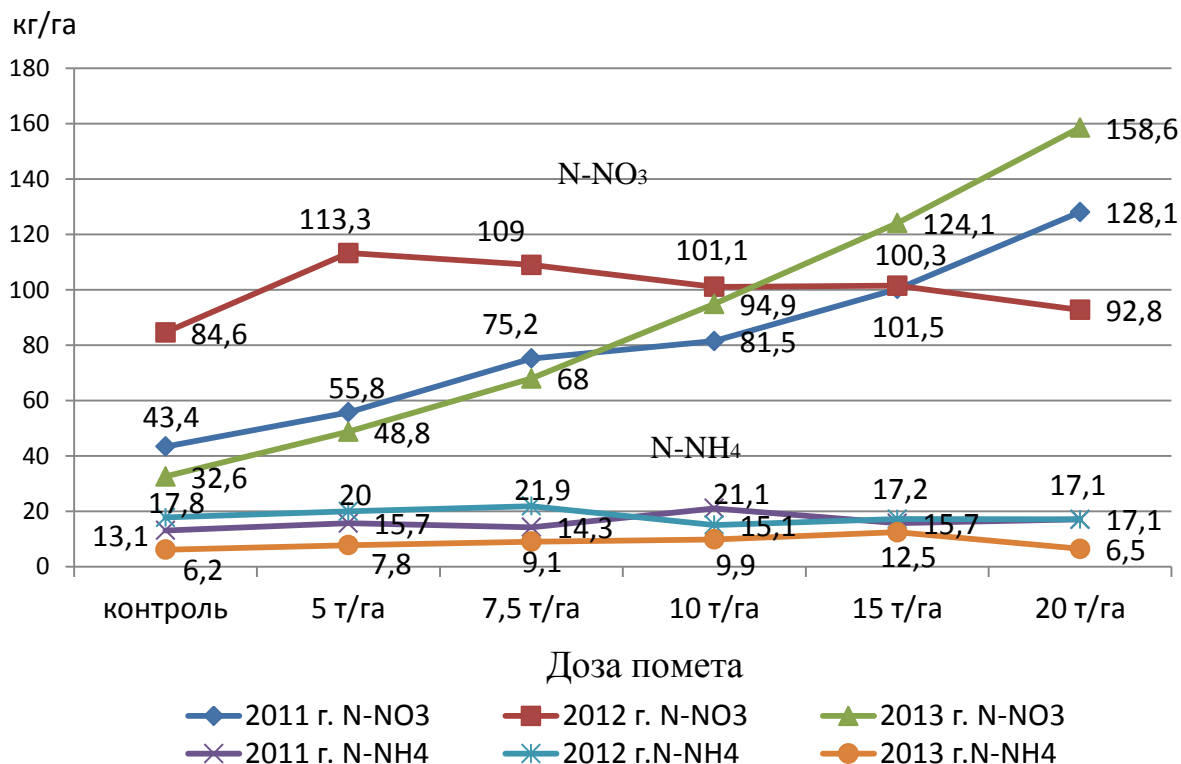
В третьей главе рассматриваются динамика продуктивной влаги и элементов питания в почве под посевами кукурузы. Запасы продуктивной влаги в почве под кукурузой во все годы были высокими. В метровом слое к посеву кукурузы они находились в пределах 195,9 мм в 2011 году, 252,6 мм в 2012 году и 209,8 мм в 2013 году.

В течение вегетации кукурузы влажность почвы уменьшалась. К фазе молочно-восковой спелости в 2013 г. при большем дефиците осадков и высоких температурах в июне-начале августа снижение было более значительным, чем в 2011-2012 гг. К уборке темпы падения влажности почвы в 2012 г. замедлились, 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 мм, в 2012 г. – 128,5 мм, а в 2013 г. – 202,8 мм.

Перед посевом кукурузы запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см в 2011 году составили 82,4 кг/га, в 2012 году – 52,1 кг/га, в 2013 году – 47,9 кг/га. В фазу 7-8 листьев на контроле в 2011 году содержание N_{мин.} уменьшилось до 56,5 кг/га, в 2012 году – увеличилось до 102,4 кг/га, а в 2013 году – уменьшилось 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%. Доля N-NH₄ была незначительной.

В 2011 г. на вариантах с внесением помёта к фазе 7-8 листьев произошло увеличение содержания обеих форм азота в почве по сравнению с кон-

тролем, но в разной степени. Количество нитратного азота нарастало с повышением дозы помета: при внесении 15 т/га – до 100,3 кг/га, 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 выраженной (рисунок 1).



2011 г. N-NH₄ НСР₀₅=1,50 кг/га; F_ф=30,4; F_т=3,33; N-NO₃ НСР₀₅=8,1 кг/га; F_ф=132,8; F_т=3,33;
 2012 г. N-NH₄ НСР₀₅=2,60 кг/га; F_ф=7,86; F_т=3,33; N-NO₃ НСР₀₅=7,16 кг/га; F_ф=19,8; F_т=3,33;
 2013 г. N-NH₄ НСР₀₅=1,91 кг/га; F_ф=13,9; F_т=3,33; N-NO₃ НСР₀₅=40,20 кг/га; F_ф=19,8; F_т=3,33.

Рисунок 1. – Влияние куриного помета на содержание N-NH₄ и N-NO₃ в почве в фазу 7-8 листьев кукурузы, кг/га в слое почвы 0-40 см

В 2012 году при самом высоком уровне обеспеченности почвы нитратным азотом за все годы исследований наибольшее влияние на этот показатель оказало применение минимальной дозы помета 5 т/га – он увеличился до 113,3 кг/га. С ростом дозы происходило уменьшение количества N-NO₃ в почве – до 92,8 кг/га на варианте с внесением 20 т/га. Содержание аммонийного азота более всего повысилось от внесения 7,5 т/га помета – на 4,1 кг/га.

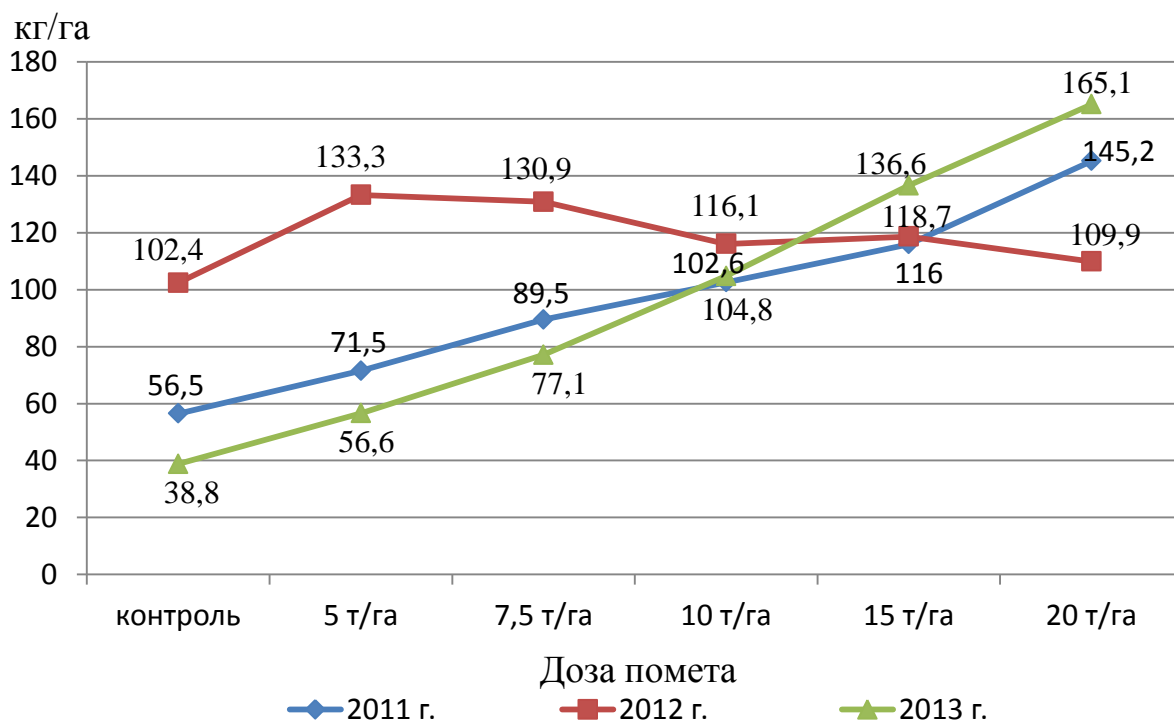
Объяснить такое явление можно следующим образом. В 2012 г. в почве сложились самые благоприятные условия для процесса минерализации и особенно для нитрификации: температура в апреле была на 2,9⁰С, а в мае на 4,0⁰С выше нормы и существенно больше, чем в другие годы. Количество осадков за эти месяцы на 15,5 мм превышало норму. Поэтому наибольшее преимущество в 2012 г. по сравнению с другими годами проявилось в содержании нитратного азота – на 41,2-52,0 кг/га.

Наиболее благоприятными в 2012 г. были условия и для минерализации органического вещества помета. Уже при внесении 5-7,5 т/га количество нитратного азота в почве превысило 110,0 кг/га. С повышением дозы помета положительный эффект уменьшался. Создавалась 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.

В 2013 г. отмечалось минимальное содержание аммонийного азота в почве. Использование помета вызвало существенное его повышение. Максимальное увеличение к контролю обеспечило применение 15 т/га помета – 6,3 кг/га или 101,6%. Лишь при внесении 20 т/га помета увеличение резко замедлилось. Кривая нарастания 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 концентрация общего азота в помете, внесенном в 2013 г. В 10 т/га помета содержание азота составляло: в 2011 г. – 102 кг, 2012 г. – 113 кг, а в 2013 г. – 158 кг.

Характер изменений 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 проявились существенные различия между 2011, 2012 и 2013 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. при внесении 5 т/га – до 133,3 кг/га (рисунок 2).

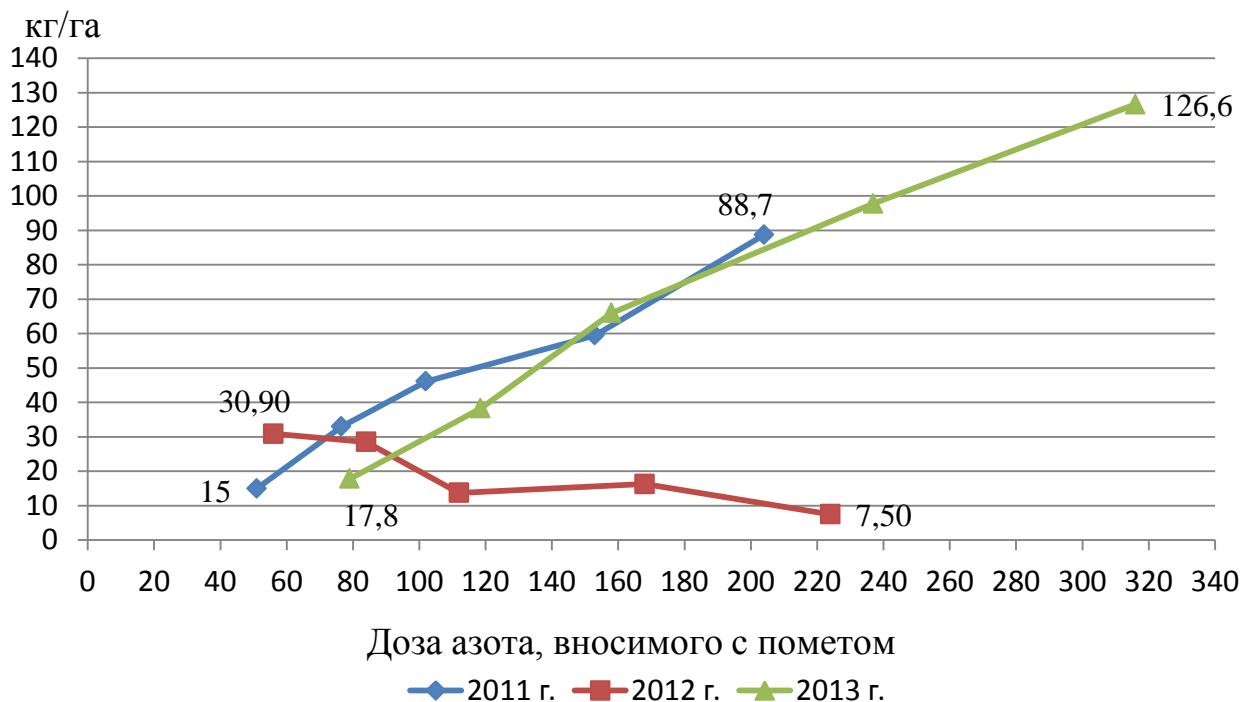


2011 г. $N_{\text{мин.НСР}_{05}} = 7,0$ кг/га; $F_f = 190,9$; $F_T = 3,33$;
 2012 г. $N_{\text{мин.НСР}_{05}} = 3,4$ кг/га; $F_f = 11,2$; $F_T = 3,33$;
 2013 г. $N_{\text{мин.НСР}_{05}} = 10,6$ кг/га; $F_f = 13,9$; $F_T = 3,33$.

Рисунок 2. – Влияние помета на содержание $N_{\text{мин}}$ в почве в фазу 7-8 листьев кукурузы, кг/га в слое почвы 0-40 см

Ещё более наглядными были изменения содержания минерального азота в почве в зависимости от количества азота, вносимого с пометом. В 2013 г.

при минимальном исходном уровне $N_{\text{мин.}}$ – 38,8 кг/га и наибольшем – в помете амплитуда его изменений была максимальной: от 17,8 до 126,6 кг/га (рисунок 3). В 2011 г. при содержании $N_{\text{мин.}}$ на контроле 56,5 кг/га диапазон изменений находился в пределах от 15,0 до 88,7 кг/га. Характер изменения, как и в 2013 г., был практически линейным. В целом за эти два года зависимость была очень тесная, $r=0,922\pm 0,193$. Она описывается уравнением $y=0,088x+59,1$. Каждые 10 кг азота в помете вызывали увеличение содержания $N_{\text{мин.}}$ на 3,82 кг/га в слое почвы 0-40 см.



2011 г. $N_{\text{мин.}} \text{НСР}_{05} = 5,7$ кг/га; $F_{\text{ф}} = 218,4$; $F_{\text{т}} = 3,84$;
 2012 г. $N_{\text{мин.}} \text{НСР}_{05} = 3,0$ кг/га; $F_{\text{ф}} = 109,9$; $F_{\text{т}} = 3,84$;
 2013 г. $N_{\text{мин.}} \text{НСР}_{05} = 7,1$ кг/га; $F_{\text{ф}} = 387,2$; $F_{\text{т}} = 3,84$.

Рисунок 3. – Динамика изменения содержания $N_{\text{мин.}}$ в почве в фазу 7-8 листьев кукурузы в зависимости от количества азота, вносимого с пометом, кг/га в слое почвы 0-40 см

В 2012 г. при содержании $N_{\text{мин.}}$ на контрольном фоне 102,4 кг/га в слое почвы 0-40 см наибольшее его повышение произошло при внесении с 5 т/га помета – до 30,9 кг/га азота, а с увеличением дозы азота до 224 кг/га содержание $N_{\text{мин.}}$ уменьшилась до 7,5 кг/га.

Применение минеральных удобрений также существенно влияло на азотный режим почвы. К фазе 7-8 листьев большие изменения произошли в 2011 и 2013 г. в основном за счёт повышения содержания нитратного азота в почве (таблица 1). Максимальное увеличение содержания $N\text{-NO}_3$ отмечено в 2011 г. при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 85,5 кг/га по сравнению с контролем, в 2013 г. – при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$ – на 63,6 кг/га. В 2012 г. эффект был значительно меньше – 17,4 кг/га.

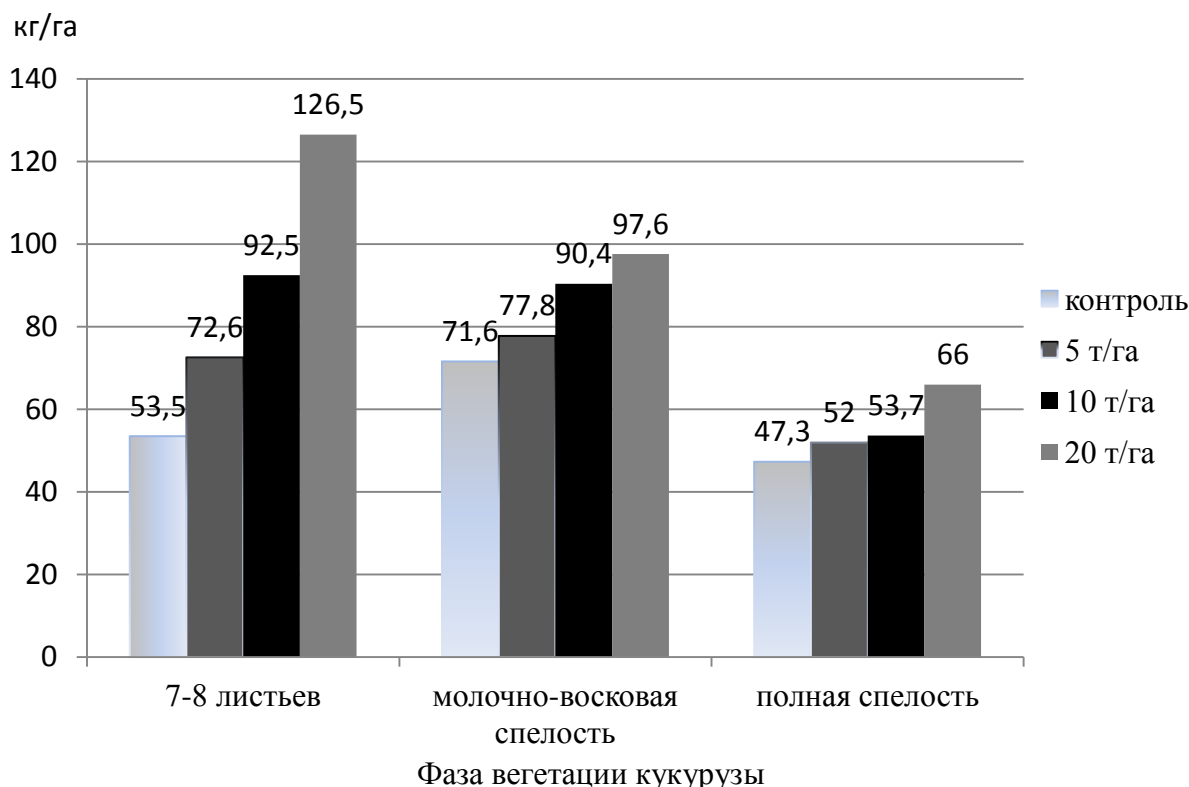
Общим в динамике аммонийного азота в почве в течение вегетации кукурузы стало уменьшение его содержания в период от 7-8 листьев до молочно-восковой спелости зерна. Это проявилось как на контроле, так и на всех вариантах с внесением куриного помета.

Таблица 1 – Динамика азота в слое почвы 0-40 см под кукурузой при внесении минеральных удобрений, кг/га (среднее за 2011-2013 гг.)

Варианты опыта	Срок отбора								
	7-8 листьев			молочно-восковая спелость			полная спелость		
	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}
Контроль	12,4	53,5	65,9	8,4	71,6	80,1	9,1	47,4	56,4
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	13,5	74,2	87,7	9,0	72,4	81,4	9,1	51,9	61,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	13,2	104,6	117,8	9,1	75,8	84,9	8,7	48,7	57,4
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	15,0	106,1	121,1	9,8	81,7	91,5	8,6	56,2	64,8
Fф	2,41	6,41	6,57	0,68	0,64	0,73	0,08	4,48	3,07
Fт	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76
HCP ₀₅	-	31,2	31,7	-	-	-	-	-	-

На следующем этапе – к полной спелости зерна на контроле уровень содержания N-NH₄ в почве стабилизировался, а на вариантах с пометом продолжал уменьшаться и стал ниже, чем на контроле. Это является следствием усиления процесса нитрификации в почве при внесении помета.

Под влиянием внесения помета содержание N-NO₃ в почве повышалась более существенно. Наибольший эффект в фазу 7-8 листьев отмечен в 2011 и 2013 гг. На варианте с дозой 20 т/га прирост к контролю составил 86 и 127 кг/га соответственно, а в 2012 г. – 28 кг/га при внесении 5 т/га. В среднем за 2011-2013 гг. максимальное различие по сравнению с контролем составило 73 кг/га или 136,4% при внесении 20 т/га помета (рисунок 4).



N-NO₃.HCP₀₅ = 20,6 кг/га; Fф = 5,2; Fт = 3,86.

Рисунок 4. – Динамика N-NO₃ в почве под кукурузой в слое почвы 0-40 см, при внесении помета, кг/га (среднее за 2011-2013 гг.)

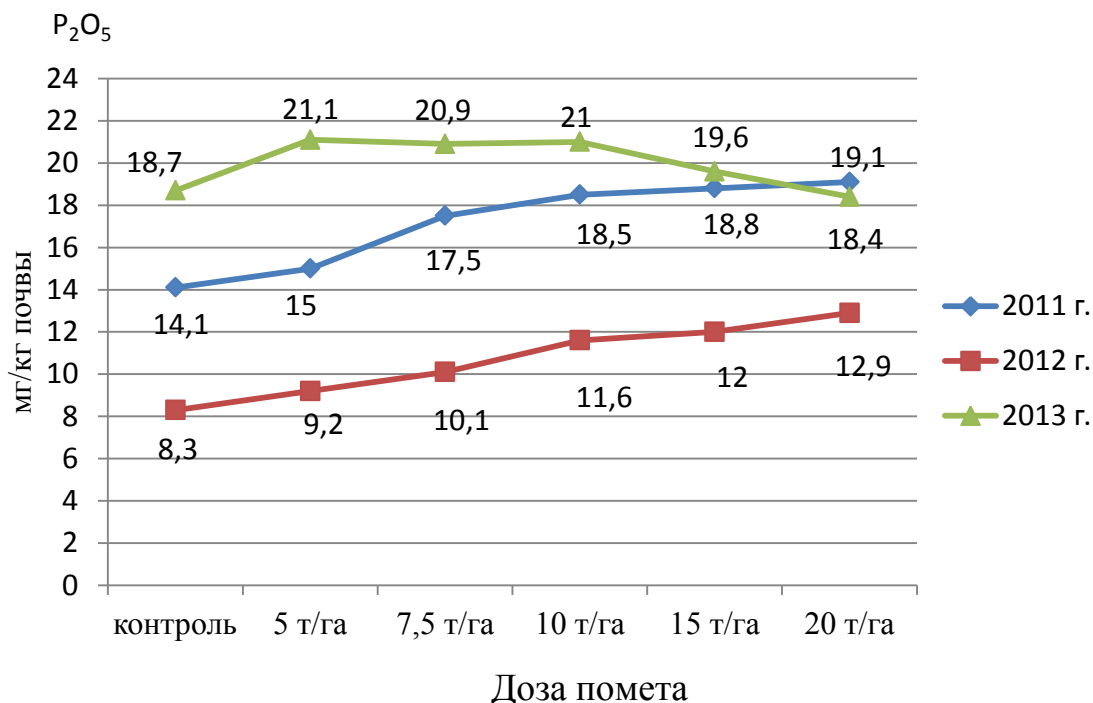
К фазе молочно-восковой спелости различия между вариантами уменьшились. На контроле и при внесении 5 т/га помета количество азота в почве, по-видимому, превышало его потребление растениями, а максимальное содержание $N-NO_3$ в почве на варианте с дозой 20 т/га с фазы 7-8 листьев могла стать причиной частичного угнетения нитрифицирующей микрофлоры.

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

Динамика изменений $N_{\text{мин}}$ в почве была аналогичной $N-NO_3$, но на более высоком уровне. 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, что также отмечено в исследованиях В.В. Агеева(2006) и А.Х. Шеуджена (2006).

При внесении минеральных удобрений к фазе молочно-восковой спелости содержание обеих форм азота существенно уменьшилось. Преимущество по сравнению с контролем стало минимальным: по $N-NO_3$ – 4,2-10,1 кг/га, а по $N-NH_4$ – 0,7-1,4 кг/га. К концу вегетации и оно утратилось.

Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см к фазе 7-8 листьев кукурузы уменьшилось в разные годы на 2,0-5,4 мг/кг (рисунок 5).



2011 г. $P_2O_5 NCP_{05} = 1,2$ мг/кг; $F\phi = 28,5$; $F_T = 3,33$;
 2012 г. $P_2O_5 NCP_{05} = 0,6$ мг/кг; $F\phi = 94,0$; $F_T = 3,33$;
 2013 г. $P_2O_5 NCP_{05} = 1,9$ мг/кг; $F\phi = 3,70$; $F_T = 3,33$.

Рисунок 5 – Изменения обеспеченности почвы подвижным фосфором под влиянием помета, кг/га в слое 0-40 см(среднее за вегетацию по данным 2011-2013 гг.)

Это обусловлено главным образом снижением доступности фосфорных соединений в почве в результате ретроградации, поскольку кукуруза лишь с этой фазы начинает интенсивно расти – до 10-15 см в сутки (Грушка Я. 1965; Филин В.И., 1994; Федотов В.А., Коломеченко Г.В., 1998). В результате этого к фазе 9-10 листьев количество сухих веществ в растениях по сравнению с фазой 4-5 листьев накапливается больше в 12 раз, N – в 14 раз, P_2O_5 – в 12 раз, K_2O – в 22 раза (Лисовал П.П., Макаренко В.М., Кравчук С.Н., 1989; Шеуджен А.Х., 2010).

Применение помета способствовало повышению содержания подвижного фосфора в почве, но увеличение этого показателя в зависимости от дозы в значительной степени зависело от исходного уровня обеспеченности почвы фосфором. В 2011 и 2012 гг. он достигал максимума при 20 т/га помета, а в 2013 г. – при 5 т/га. В течение вегетации преимущество в повышении фосфатного уровня почвы под действием помета по сравнению с контролем в целом нарастало, как в относительном, так и в абсолютном выражениях. В 2011 и 2012 гг. оно достигало 35,5-55,4% несмотря на высокое потребление фосфора растениями кукурузы.

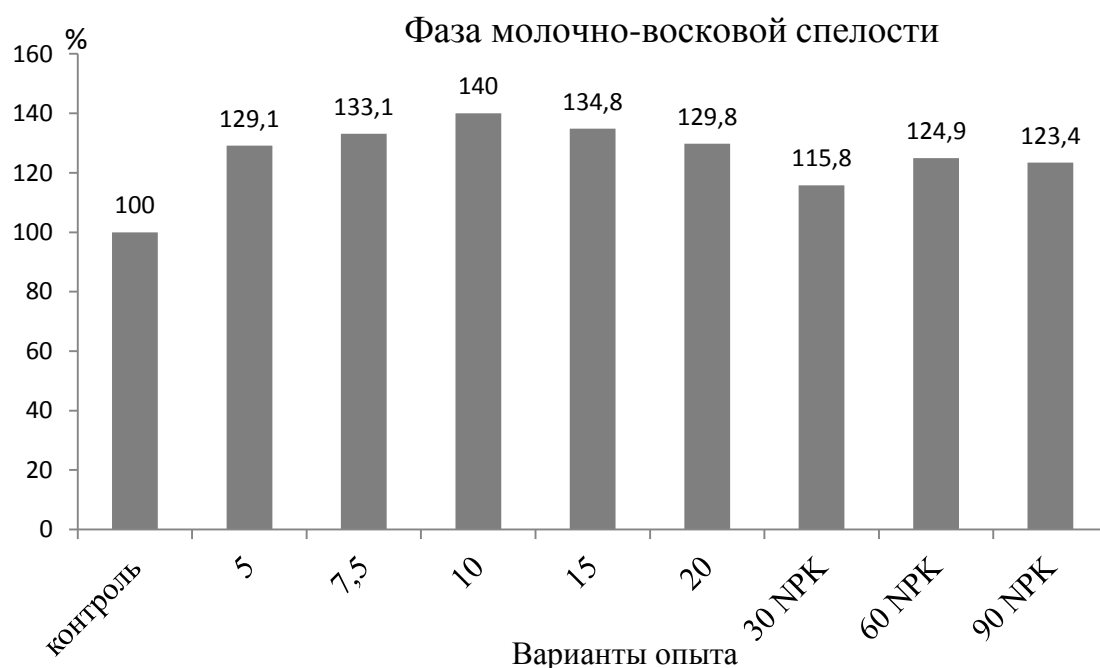
Основная причина здесь заключается в продолжительной и интенсивной минерализации помета. Кроме того, образование трёхзамещенных фосфатов двух и трёх валентных катионов идёт наиболее активно в первоначальный период действия удобрения, а затем ослабевает (Мачигин Б.П., 1948; Чумаченко И.Н., 1964; Сушеница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

В динамике изменения фосфатного уровня почвы в течение вегетации кукурузы на вариантах с минеральными удобрениями отмечены те же закономерности, что и при внесении помета. В среднем за 2011-2013 гг. преимущество по сравнению с контролем при внесении минимальной дозы $N_{30}P_{30}K_{30}$ составило 0,5 мг/кг, а максимальной $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 1,8 мг/кг почвы.

Обеспеченность почвы обменным калием во все годы исследований была высокой и очень высокой. В целом за период вегетации кукурузы его содержание в слое почвы 0-40 см в среднем за 2011-2013 гг. составило 505 мг/кг почвы. Изменения в зависимости от дозы помета были небольшими – в пределах 31-40 мг/кг почвы. Достоверные изменения в 10,0-13,5% произошли только в 2011 г. в фазу 7-8 листьев на вариантах с дозами помета 5-10 т/га. Под влиянием минеральных удобрений содержание обменного калия в почве повышалось ещё меньше – на 14-29 мг/кг почвы.

В четвертой главе дана оценка влияния удобрений на биометрические показатели растений и содержание в них элементов питания.

Существенные изменения высоты и сырой массы 1 растения кукурузы при внесении помета и минеральных удобрений отмечены уже к фазе 9-11 листьев. В наибольшей степени они оформились в фазу молочно-восковой спелости зерна. Максимальная сырая масса растений отмечена в 2012 г. на вариантах с дозами помета 10-20 т/га – 994-1021 г/растение, что на 67,6-72,2% больше, чем на контроле. В среднем за 2011-2013 гг. максимальное увеличение сырой массы растений обеспечило внесение 10 т/га помета – на 40% (рисунк 6).



$HCp_{05} = 27,5\%$; $F\phi = 3,10$; $F_T = 2,59$.

Рисунок 6. – Относительный прирост сырой массы 1 растения кукурузы под влиянием удобрений, % (среднее за 2011-2013 гг.)

В среднем за 2011-2013 гг. к фазе 9-11 листьев содержание азота в сухом веществе растений на большинстве вариантов с удобрениями уменьшилось по сравнению с контролем (таблица 2). Усиленное поглощение азота из почвы продолжалось и в следующий период, к фазе молочно-восковая спелость. Оно опережало увеличение сырой массы растений. Поэтому содержание азота на вариантах с пометом и с минеральными удобрениями существенно повысилось по сравнению с контролем.

Изменения в содержании фосфора в растениях кукурузы под влиянием удобрений менее значительны, но наблюдались с первых этапов вегетации.

Таблица 2 – Содержание NPK в растениях кукурузы, % на сухое вещество (среднее за 2011-2013 гг.)

Варианты опыта	9-11 листьев			молочно-восковая спелость		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	2,47	0,44	3,47	1,10	0,32	2,39
5 т/га КП	2,53	0,48	3,50	1,11	0,32	2,60
7,5 т/га КП	2,42	0,53	3,68	1,26	0,35	2,38
10 т/га КП	2,51	0,55	3,85	1,43	0,37	2,17
15 т/га КП	2,12	0,54	3,64	1,43	0,33	2,10
20 т/га КП	1,65	0,50	2,95	1,33	0,31	2,00
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,35	0,46	3,65	1,50	0,31	2,25
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,32	0,49	4,20	1,69	0,32	2,54
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	2,45	0,52	4,00	1,65	0,33	2,65
Fφ	2,67	7,50	3,49	7,44	5,33	5,17
F _T	2,59	2,59	2,59	2,59	2,59	2,59
HCp ₀₅	0,53	0,12	0,56	0,23	0,08	0,29

Увеличение содержания калия в растениях в фазу 9-11 листьев достигло пика при повышении дозы помета до 10 т/га, а минеральных удобрений – до 60 кг д.в./га.

К фазе молочно-восковой спелости зерна положительный эффект утрачен за исключением варианта с минимальной дозой помета и высокими дозами минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$.

В пятой главе рассматривается влияние куриного помета и минеральных удобрений на урожайность зерна кукурузы. Урожайность зерна кукурузы в 2011-2012 гг. на контроле была практически одинаковой (таблица 3). В 2013 г. в период формирования и налива зерна условия сложились более благоприятно и в почве находилось еще достаточно влаги.

Таблица 3 – Влияние помета и минеральных удобрений на урожайность зерна кукурузы, т/га

Варианты опыта	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 3 года	Прибавка к контролю	
					т/га	%
Контроль	3,20	3,07	6,19	4,15	-	-
5 т/га КП	3,38	3,79	6,34	4,50	0,35	8,4
7,5 т/га КП	3,75	4,16	6,40	4,77	0,62	16,6
10 т/га КП	3,83	4,48	7,24	5,18	1,03	24,8
15 т/га КП	3,52	3,90	6,43	4,62	0,47	11,3
20 т/га КП	3,05	3,90	6,20	4,38	0,23	5,5
$N_{30}P_{30}K_{30}$	3,55	3,62	6,20	4,46	0,31	7,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,30	3,73	6,81	4,61	0,46	11,1
$N_{90}P_{90}K_{90}$	3,37	3,64	6,77	4,59	0,44	10,6
Fф	17,1	27,1	5,8	5,78	-	-
Fт	2,36	2,36	2,36	2,36	-	-
HCP ₀₅	0,17	0,21	0,42	0,31	-	-

Кроме того, в 2013 г. обеспеченность почвы подвижным фосфором была самой высокой за все годы исследований. В связи с чем в 2013 г. получена наибольшая урожайность зерна кукурузы – 6,19 т/га.

В среднем за 2011-2013 гг. максимальная прибавка урожайности достигнута при внесении помета в дозе 10 т/га – 1,03 т/га или 24,8%, что достоверно выше, чем на других вариантах.

Наиболее тесная зависимость установлена между относительными изменениями урожайности кукурузы и содержанием минерального азота в почве в фазу 7-8 листьев, нелинейная и составляет $\eta=0,789\pm 177$ (рисунок 7).

Оптимальное содержанием N 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.

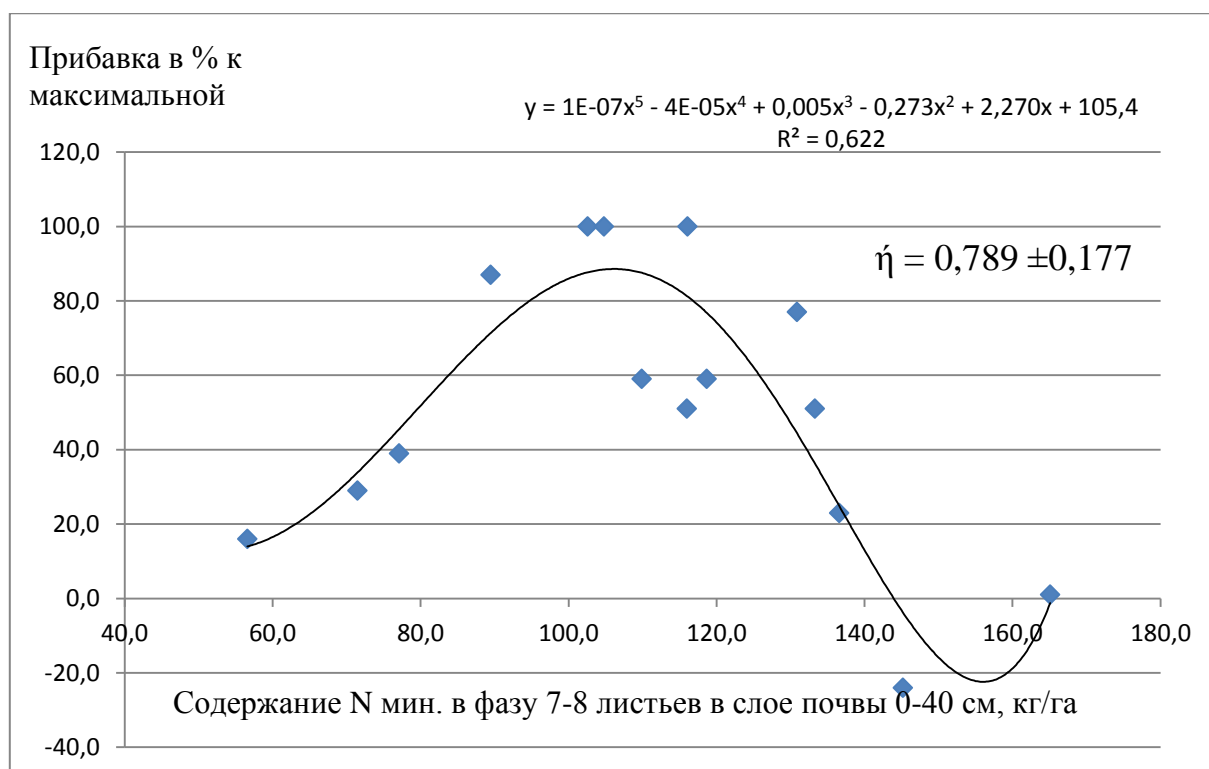


Рисунок 7. – Зависимость прибавки урожайности кукурузы от содержания минерального азота в почве в фазу 7-8 листьев, кг/га (среднее за 2011-2013 гг.)

В шестой главе рассматривается влияние удобрений на содержание белка в зерне кукурузы. В среднем за три года содержание белка в зерне кукурузы на контроле составила 8,9%. Она была практически одинаковой при внесении помёта в дозах 7,5-15 т/га и минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 9,6-9,9%. Наибольшее влияние оказало применение помёта в дозе 20 т/га (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние помета и минеральных удобрений на содержание белка в зерне кукурузы (среднее за 2011-2013 гг.)

Варианты опыта	Содержание белка в зерне, %	Прибавка к контролю, %	Сбор белка с 1га, кг/га	Прибавка к контролю	
				кг/га	%
Контроль	8,9	-	309	-	-
5 т/га КП	9,1	0,2	344	35	11,3
7,5 т/га КП	9,6	0,7	391	82	26,5
10 т/га КП	9,8	0,9	427	118	38,2
15 т/га КП	9,8	0,9	379	70	22,6
20 т/га КП	10,3	1,4	375	66	21,4
$N_{30}P_{30}K_{30}$	9,4	0,5	351	42	13,6
$N_{60}P_{60}K_{60}$	9,7	0,8	374	65	21,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$	9,7	0,8	374	65	21,0
Фф	6,25	-	8,70	-	-
Фт	2,36	-	2,36	-	-
НСР ₀₅	0,42	-	33	-	-

Достоверные изменения сбора белка с 1 га по сравнению с контролем установлены на всех вариантах опыта. Наивысший прирост получен при внесении помета в дозе 10 т/га – 118 кг/га или 38,2% к контролю. Эффективность минеральных удобрений была ниже. В то же время действие минеральных удобрений на сбор белка с 1 га было более заметным, чем на урожайность.

В седьмой главе анализируются вынос, баланс и использование элементов питания кукурузой из удобрений.

В среднем за 3 года вынос азота с зерном кукурузы на контрольном варианте составил 54 кг/га, с вегетативной массой – 38 кг/га, на варианте с дозой помета 10 т/га – 75 и 79 кг/га, а при внесении 15 т/га – 66 и 91 кг/га соответственно. Вынос фосфора и особенно калия с зерном был значительно меньше, чем с вегетативной массой (таблица 5).

Таблица 5 – Баланс элементов питания и коэффициенты использования из удобрений(среднее за 2011-2013 гг.)

Варианты опыта	Баланс элементов питания, кг/га			Коэффициенты использования NPK из удобрений, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	-54	-10	-13	-	-	-
5 т/га КП	2	91	58	61	13	59
7,5 т/га КП	26	139	92	65	14	42
10 т/га КП	49	189	126	52	12	31
15 т/га КП	121	291	203	36	5	22
20 т/га КП	182	393	274	25	3	13
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	-31	16	17	74	42	74
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	-5	47	46	67	22	49
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	24	75	78	40	20	37
Fф	1519,8	705,4	1058,2	234,6	448,1	14,7
Fт	2,59	2,59	2,59	2,77	2,77	2,77
НСР ₀₅	4,4	14,4	7,8	3,3	1,7	5,2

Поскольку большая часть элементов питания накапливается в вегетативной части кукурузы и затем остаётся на поле, то это создаёт существенный положительный баланс элементов питания при внесении удобрений.

Положительный баланс был получен на вариантах с минеральными удобрениями лишь по фосфору и калию, а по азоту – только на варианте с максимальной дозой. Очень большой профицит всех элементов питания наблюдался на вариантах с дозами помета 15 и 20 т/га, что, в связи с этим, является неоправданным. Применение помета в дозе 10 т/га обеспечивает не только существенное повышение урожайности кукурузы, но и сохранение плодородия почвы.

Коэффициенты использования элементов питания кукурузой в среднем за 3 года были наибольшими при использовании помета в дозах 5 и 7,5 т/га. На варианте с оптимальной дозой 10 т/га они составили: азота – 52%, фосфора – 12% и калия – 31%. По минеральным удобрениям коэффициенты использования элементов питания, были выше.

В восьмой главе дана экономическая и биоэнергетическая оценка применения куриного помета и минеральных удобрений под кукурузу.

Выращивание кукурузы на черноземе обыкновенном Нижнего Дона является прибыльным. Экономическая эффективность возделывания кукурузы существенно возросла при внесении под предпосевную культивацию перепревшего куриного помета на подстилке из подсолнечной лузги (таблица 6).

Таблица 6 – Рентабельность применения куриного помета под кукурузу на зерно (в среднем за 2011-2013 гг.)

Варианты опыта	Расстояние перевозки до поля				
	2 км	5 км	8 км	10 км	12 км
Контроль	159				
5 т/га КП	171	164	159	154	150
7,5 т/га КП	186	176	166	160	154
10 т/га КП	201	187	174	166	159
15 т/га КП	160	142	127	118	109
20 т/га КП	112	96	82	73	66

Установлено, что оптимальная доза внесения куриного помета под кукурузу – 10 т/га. Рентабельным является её внесение при перевозке на расстояние до 12 км. В этом случае условно чистый доход увеличился на 4370 руб. га. Также рентабельным является применение помета и в дозах 5-7,5 т/га, но при меньших расстояниях перевозки.

Применение минеральных удобрений под кукурузу на зерно в изучаемых в опыте дозах, было нерентабельным.

Анализ биоэнергетической оценки применения удобрений показал, что оно способствовало существенному увеличению затрат техногенной энергии. Наибольшее увеличение прироста энергии в урожае по сравнению с контролем обеспечило применение помета в дозе 10 т/га – 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-NO₃ в почве – в пределах 33-43 кг/га, значительный рост его количества наблюдался с повышением дозы куриного 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_{мин} 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-NH₄ 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 контро-

лем сохранилось в большей степени. При внесении помета происходило уменьшение доли $N-NH_4$ и увеличение $N-NO_3^-$ с 85,2 до 89,9% в составе $N_{мин}$. Тенденция нарастала с увеличением дозы помета до 20 т/га.

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 как в зерне, так и в 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 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 $N_{мин}$ 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 повышению содержания белка в зерне кукурузы. При внесении помета в дозе 10 т/га содержание белка в зерне увеличилось на 0,9% в среднем за 2011-2013 гг., а сбора белка с 1 га – на 118 кг или на 38,2%. Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ увеличили содержание 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 и 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 Нижнего Дона рекомендуется применять перепревший куриный помет на подстилке из подсолнечной лузги в дозе 10 т/га весной под предпосевную культивацию. Наиболее 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.

Перспективы дальнейшей разработки темы. Учитывая высокую эффективность, экономическую и экологическую целесообразность сельскохозяйственного применения перепревшего куриного помёта в ходе последующих работ необходимо изучить его влияние на азотный, фосфатный и калийный режимы других типов почв Нижнего Дона. Осталась не раскрытой также проблема последствия помета на продуктивность и качество сельскохозяйственных культур в звене севооборота.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Агафонов, Е.В. Использование куриного помета для увеличения продуктивности полевого севооборота / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев, **А.А. Бельгин** //Плодородие. – 2015. – №4(85). – С.17-19(0,4п.л., авт. – 0,1).

2. Каменев, Р.А.Эффективность применения куриного помета в звене полевого севооборота кукуруза на зерно – яровой ячмень – озимая пшеница / Р.А.Каменев, **А.А. Бельгин**, Е.Г. Баленко //Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 8. – С.54-56(0,45 п.л., авт. – 0,15).

3. Агафонов, Е.В. Опыт применения куриного помета под кукурузу в условиях Азовского района Ростовской области / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев, **А.А. Бельгин** / Кукуруза и сорго. – 2013.–№4. – С.7-9 (0,4п.л., авт. – 0,1).

В прочих изданиях:

4.**Бельгин, А.А.** Куриный помет в звене севооборота / А.А. Бельгин / Сборник науч. тр.: Современные технологии сельскохозяйственного производства и приоритетные направления развития аграрной науки. Материалы международной научно-практической конференции: В 4-х томах.– пос. Персиановский, 2014. – С.33-36(0,2п.л., авт. – 0,2).

5. **Бельгин, А.А.** Влияние подстилочного помета на урожайность и качество зерна кукурузы / А.А. Бельгин /Сборник науч. тр.: Инновационные пути развития АПК: Проблемы и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции: В 4-х томах.– пос. Персиановский, 2013. – С.95-98(0,18п.л., авт. – 0,18).

6. Агафонов, Е.В. Влияние куриного помета на урожайность кукурузы на зерно в условиях СПК «Победа» Азовского района Ростовской области / Е.А. Агафонов, **А.А. Бельгин**, Р.А. Каменев / Сборник науч. тр.: Проблемы и тенденции инновационного развития агропромышленного комплекса и аграрного образования России. Материалы Международной научно-практической конференции: В 4-х томах.– пос. Персиановский, 2012.– С.5-7 (0,15 п.л., авт. – 0,08).

7. **Бельгин, А.А.** Эффективность применения куриного помета при выращивании кукурузы на зерно на черноземе обыкновенном / **А.А. Бельгин**, Р.А. Каменев / Сборник науч. тр.: Современные проблемы устойчивого развития агропромышленного комплекса России. Материалы IV Международной дистанционной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: – пос. Персиановский, 2012. – С.94-96 (0,15 п.л., авт. – 0,1).

8. Агафонов, Е.В. Использование птичьего помёта в земледелии Ростовской области / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев, В.А. Ефремов, Д.А. Манашов, **А.А. Бельгин**, А.А. Громаков, В.В. Турчин, С.М. Иванов/Научно-практические рекомендации – пос. Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2016. – 86 с (5,1 п.л., авт. – 0,65).