

На правах рукописи

Р. Каменев

Каменев Роман Александрович

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЁТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ
ПИТАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР НА ЧЕРНОЗЁМНЫХ ПОЧВАХ
В СТЕПНОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

06.01.04 – Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Воронеж – 2017

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Донской государственный аграрный университет" на кафедре агрохимии и садоводства имени Е.В. Агафонова

Научный консультант: доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Агафонов Евгений Васильевич

Официальные оппоненты:

Шеуджен Асхад Хазретович

доктор биологических наук, профессор, академик РАН, кафедра агрохимии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», заведующий; заслуженный деятель науки РФ, Кубани и Республики Адыгея

Подколзин Анатолий Иванович

доктор биологических наук, профессор, кафедра агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», профессор

Бирюкова Ольга Александровна,

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов Академии биологии и биотехнологии имени Д.И. Ивановского ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», профессор

Ведущая организация: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

Защита состоится 15 февраля в 12⁰⁰ часов в 268 ауд. на заседании диссертационного совета Д 220.010.07 при ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1, Воронежский ГАУ.

Тел./факс (4732)53-86-51, e-mail: olga.koltsova.52@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» и на сайте www.ds.vsau.ru, с авторефератом – на сайтах Министерства образования и науки РФ www.vak3.ed.gov.ru и ВГАУ www.ds.vsau.ru.

Автореферат разослан " ____ " _____ 2017 г.

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

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент



Кольцова Ольга Михайловна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В 1990 г. в Ростовской области на 1 га посевов вносили 114 кг д.в. удобрений, из них 73,8 кг с минеральными и 40,5 кг с органическими. К 1999 г. использование минеральных удобрений снизилось до 6,4 кг/га, органических – до 0,6 т/га. В последующие годы применение минеральных удобрений увеличилось после 2000 г. – в период 2011-2014 гг. оно составило 55,5 д.в. кг/га посевов. Но использование органических удобрений продолжало снижаться – до 0,11 т/га. Несмотря на то, что побочная продукция многих культур остается на поле, дефицит баланса элементов питания по-прежнему очень высок – более 40% (Чекмарев П.А., 2012; Агафонов Е.В. и др., 2015).

Прогноз потребности сельского хозяйства России в минеральных удобрениях к 2030 г., выполненный во Всероссийском научно-исследовательском институте агрохимии, предусматривает несколько сценариев (Сычев В.Г., Шафран С.А., Духанина Т.М., 2016). При инерционном сценарии для обеспечения валового сбора зерновых культур в пределах 100-105 млн тонн в год и достигнутого уровня почвенного плодородия необходимо применение 4,2 млн т минеральных удобрений. Согласно базового сценария предусматривается увеличение сборов зерна до 120-125 млн т и расширенного воспроизводства почвенного плодородия, при которых объём используемых удобрений должен быть доведён до 7 млн т в год. Учитывая, что реальное их внесение в настоящее время в 2-3 раза меньше планируемого, по-видимому, следует обратить внимание и на другие источники пополнения фонда питательных веществ в почве.

В структуре агропромышленного комплекса РФ птицеводство занимает ведущее место (Лысенко В.П., Мерзлая Г.Е., Афанасьева Р.А., 2014). С увеличением производства основной продукции возрастает поступление отходов, которые в основном представлены помётом птицы (Титова В.И., Седов Л.К., Е.В. Дабахова, 2004; Лысенко В.П., Тюрин В.Г., 2016). Ежегодно птицеводческая отрасль производит более 30 млн тонн помёта, который после переработки может быть использован в земледелии в качестве органического удобрения (Харитонов В.Д., Базиков В.И. и др., 2012; Фисинин В.И., Сычев В.Г., 2013). Объёмы производимого птичьего помёта (куриного, индюшиного, утиного) в Ростовской области составляют ежегодно более 1 млн тонн в год. Но птицефабрики региона, как и в целом в стране, из-за чрезмерного накопления птичьего помёта оказались в сложной экологической ситуации. Использование помёта в качестве органического удобрения сдерживается недостаточной изученностью вопросов оптимизации питания сельскохозяйственных культур и экономической целесообразности внесения помёта в полевых севооборотах, соответствия правовым нормам использования органических отходов (Агафонов Е.В. и др., 2016).

Степень разработанности темы. Изучением вопросов плодородия почв Ростовской области в разное время занимались С.А. Захаров, Б.Г. Карнаухов, В.В. Акимцев, М.Н. Хорошкин, Г.Л. Мокриевич, А.А. Гриценко, П.А. Садименко, И.М. Шапошникова, Е.В. Агафонов, В.И. Степовой, Л.П. Бельтюков, Т.М. Минкина, О.С. Безуглова, А.А. Новиков, А.В. Лабынцев, О.А. Бирюкова, К.И. Пимонов и многие другие.

В Ростовской области имеется положительный опыт утилизации птичьего помёта в качестве органического удобрения. Применение 10 т/га куриного бесподстилочного помёта на чернозёме обыкновенном увеличивало сбор зерновых единиц в звене севооборота зерновая кукуруза – ячмень – просо на 2,37 т/га или на 22,0%, а сбор протеина – на 32,3% (Ефремов В.А., 1998).

Использование помёта кур на черноземе обыкновенном под предпосевную культивацию сахарной свёклы в дозе 7,5 т/га позволило увеличить урожайность в среднем за 2002-2005 гг. на 15,5% (Понятовский Ф.А., 2006).

Но недостаточно изучены вопросы о влиянии различных видов подстилочного перепревшего птичьего помёта (индюшиного, куриного, утиного) на изменения пищевого режима черноземов региона, продуктивность звеньев полевых севооборотов, качество сельскохозяйственных культур с учетом последствия помёта, экономической и биоэнергетической эффективности.

Научно-исследовательская работа проводилась согласно плана НИР ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» по теме: «Разработать систему применения различных видов птичьего помёта под полевые и овощные культуры с учетом последствия и коэффициентов использования питательных веществ», а также контракта с Министерством сельского хозяйства Российской Федерации по теме: «Разработка рекомендаций по дозам и срокам внесения бесподстилочного и подстилочного помёта различных видов птиц (куриного, индюшиного, утиного)», (2015).

Цель исследований – обосновать применение агрономически эффективных и экологически безопасных доз птичьего помёта для повышения плодородия черноземных почв с учетом их действия на урожайность и качество сельскохозяйственных культур в звеньях полевых севооборотов.

В задачи исследований входило:

1. определить влияние птичьего помёта и минеральных удобрений на содержание минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в почве в звеньях полевого севооборота;
2. изучить динамику поглощения питательных веществ из почвы растениями полевых культур в течение вегетации с учетом прямого действия и последствия птичьего помёта;
3. установить влияние птичьего помёта в сравнении с действием минеральных удобрений на урожайность, качество полевых культур и продуктивность звеньев севооборота в целом;
4. изучить влияние различных способов заделки птичьего помёта в почву на продуктивность звена полевого севооборота;
5. определить вынос растениями, баланс NPK в звеньях полевых севооборотов и коэффициенты использования элементов питания из птичьего помёта;
6. провести экономическую и биоэнергетическую оценку применения птичьего помёта в звеньях полевых севооборотов.

Научная новизна. На чернозёмных почвах степной зоны Северного Кавказа разработаны агрохимические основы для утилизации подстилочного перепревшего куриного, индюшиного и утиного помёта в качестве органического удобрения в земледелии. Определено влияние птичьего помёта на содержание и

закономерности динамики минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в почве в звеньях полевых севооборотов. Выявлены особенности потребления и накопления питательных веществ растениями полевых культур под действием птичьего помёта. Экспериментально доказана высокая эффективность оптимальных доз птичьего помёта (куриного, утиного, индюшиного) с учетом прямого действия и последствия на урожайность и качество полевых культур, продуктивность звеньев полевых севооборотов в сравнении с эффектом от минеральных удобрений. Рассчитаны вынос и баланс основных элементов питания, коэффициенты использования NPK из помёта культурами звеньев полевых севооборотов. Обоснована экономическая и биоэнергетическая оценка применения помёта под полевые культуры и с учетом его последствия в звеньях полевых севооборотов.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическое обоснование заключается в том, что полученные экспериментальные данные применения оптимальных доз подстилочного перепревшего птичьего помёта в земледелии, с учетом острого дефицита традиционного органического удобрения навоза КРС, позволяют на основе установленных зависимостей изменений пищевого режима почвы оптимизировать минеральное питание полевых культур, повысить продуктивность земледелия, обеспечить получение экономически обоснованных и высоких урожаев, при сохранении и повышении плодородия почвы. Данные о химическом составе различных видов птичьего помёта (куриного, утиного, индюшиного), сведения о выносе, балансе элементов питания и коэффициенты использования NPK из помёта в звеньях полевых севооборотов, могут быть использованы при прогнозировании продуктивности земель сельскохозяйственного назначения, в справочно-нормативной документации.

Материалы диссертационной работы отражены в научно-практических рекомендациях «Применение индюшиного помёта в земледелии Ростовской области» (2015) одобрены на НТС ФГБОУ ВО Донской ГАУ (протокол №6 от 20 февраля 2015); «Использование индюшиного помёта в земледелии Ростовской области» (2015) утверждены на НТС Минсельхозпрода Ростовской области (протокол №2 от 30 июня 2015 г.); «Использование птичьего помёта в земледелии Ростовской области» (2016) утверждены на НТС Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (протокол №2 от 27 января 2016 г.) и на НТС Минсельхозпрода Ростовской области (протокол №2 от 17 июня 2016 г.). Разработка системы применения птичьего помёта в качестве органического удобрения под полевые и овощные культуры отмечена дипломом и серебряной медалью на Российской агропромышленной выставке «Золотая осень» (Москва, ВДНХ, 5-8 октября 2016).

Полученные результаты подтверждены производственной проверкой и внедрением в сельхозпредприятиях Ростовской области: в сельскохозяйственном производственном кооперативе имени Калинина (2015) в Кагальницком районе; в сельскохозяйственной артели (колхозе) «Кулешовское» (2013) и в крестьянско-фермерском хозяйстве «Родственник» (2013; 2016) в Азовском районе; в ОАО «Предприятие сельского хозяйства Соколовское» (2015; 2016) в

Красносулинском районе; в ООО агрофирме «Деметра» (2016) в Каменском районе.

Результаты исследований используются в учебном процессе по направлению «Агрономия», а также изложены в монографиях и учебном пособии.

Методология исследований. При проведении работы проанализированы имеющиеся в научной литературе материалы отечественных и зарубежных исследователей по технологиям применения органических удобрений в земледелии. Основу методологии работы составили методы исследований – полевые и лабораторные опыты. При получении и обработке экспериментальных данных использованы аналитический, экспериментальный, статистический, энергетический и экономический методы исследований.

Основные положения, выносимые на защиту:

- закономерности изменений содержания и динамики минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в почве под влиянием различных видов птичьего помёта на первой культуре звена севооборота;
- изменение пищевого режима почвы в первый и во второй год последствия птичьего помёта в звене севооборота;
- миграция фосфора из птичьего помёта в подпахотный слой почвы при его заделке в слой 0-12 см;
- установление экологически безопасных доз птичьего помёта для достижения оптимума влияния на урожайность и качество полевых культур с учетом последствия в звеньях севооборотов;
- преимущество заделки птичьего помёта под вспашку в сравнении с дискованием;
- экономическая и биоэнергетическая оценка применения птичьего помёта в звене полевого севооборота.

Степень достоверности полученных результатов. Обоснованность и достоверность полученных результатов и рекомендаций на их основе подтверждается точностью аналитических исследований, проведением математической обработки методами корреляционного и дисперсионного анализа, публикацией основных результатов в рецензируемых журналах и изданиях, согласно перечня ВАК Минобрнауки РФ, их апробацией на конференциях, семинарах и симпозиумах, а также подтверждена актами внедрения в сельхозпредприятиях.

Апробация работы проходила на ежегодных Международных научно-практических конференциях в ФГБОУ ВО Донской ГАУ, пос. Персиановский (2009-2016 гг.); на IV Международной дистанционной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, пос. Персиановский (2012); на Международных научных конференциях молодых ученых и специалистов. - ВНИИА, г. Москва (2009-2012 гг.); на Международной научно-практической конференции «Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика». - Ставропольский ГАУ (2013); на конференции «Перспективные направления развития сельского хозяйства» Министерства сельского хозяйства РФ., г. Москва (2015); на Международной научно-практической конфе-

ренции. – Горки (2016); в материалах X Международного симпозиума НП «Содружество учёных агрохимиков и агроэкологов». - ВНИИА, г. Москва (2017).

Публикации. По тематике диссертационной работы опубликовано 49 научных работ, общим объёмом 56,9 п.л. (авторских – 24,8 п.л.) 2 монографии и 1 учебное пособие (в соавторстве), 3 научно-практические рекомендации (в соавторстве), 19 работ, включенных в перечень рецензируемых изданий ВАК Минобрнауки и науки РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 8 глав, заключения, предложений производству, списка литературы и приложений к основному тексту. Диссертация изложена на 526 страницах компьютерного текста, содержит 222 таблицы, 25 рисунков и 99 приложений. Список литературы включает 369 источников, в том числе – 17 на иностранных языках.

Личный вклад автора состоит в непосредственном участии в получении экспериментальных научных данных, апробации результатов исследований, обработке и анализе полученных результатов, подготовке публикаций по выполненной работе. Научные гипотезы и идеи закладки опытов, организация и проведение полевых и лабораторных исследований, производственная проверка результатов, научное обоснование выводов и практических предложений проведены и изложены лично диссертантом. Автору принадлежит более 85% представленных результатов.

Автор выражает признательность и благодарность своему научному консультанту Заслуженному деятелю науки РФ, доктору сельскохозяйственных наук, профессору ФГБОУ ВО Донской ГАУ Евгению Васильевичу Агафонову за формирование научного мировоззрения соискателя, постоянную помощь и методическую поддержку, ценные советы и замечания на всех этапах выполнения диссертационной работы.

Автор признателен доценту кафедры агрохимии и садоводства Донского ГАУ, кандидату сельскохозяйственных наук Владимиру Валерьевичу Турчину за помощь и советы при проведении исследований и обобщении полученных результатов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана динамика применения минеральных и органических удобрений в России и Ростовской области, состояние баланса элементов питания в земледелии, возможности производства птицеводческой отрасли АПК в накоплении сырья для органических удобрений и основные причины, сдерживающие применение птичьего помёта для увеличения плодородия почв.

1 «Обзор литературы» раскрываются особенности минерального питания полевых культур и опыт применения удобрений под эти культуры на чернозёмных почвах. Рассмотрены способы подготовки и обеззараживания птичьего помёта. Приводятся сведения о видах птичьего помёта, свойствах, составе и объемах производства, действии на почву, опыте применения помёта в качестве удобрения под различные сельскохозяйственные культуры. Рассмотрены во-

просы нормативно-правового регулирования применения птичьего помёта в земледелии в качестве органического удобрения.

2 Условия и методика проведения исследований. Ростовская область находится в южной части европейской территории России, в умеренных широтах северного полушария. Исследования проводились в Азовском, Кагальницком, Октябрьском и Каменском районах Ростовской области. По схеме агроклиматического районирования Ростовской области территория Азовского района относится к приазовской зоне и занимает юго-западную её часть. Климат зоны проведения исследований засушливый, ГТК 0,7-0,8 (Хрусталеv Ю.П. и др., 2002; Шеуджен А.Х. и др., 2009). Среднемноголетняя сумма осадков за год составляет 502 мм, среднегодовая температура воздуха 9,7⁰С. В 2010-2011 и 2014-2015 с.-х. годы выпадение осадков было практически на уровне среднемноголетней нормы. Условия 2011-2012, 2012-2013 и 2013-2014 с.-х. годов были засушливыми. Среднегодовая температура воздуха была выше среднемноголетней нормы во все годы.

Кагальницкий район входит в южную зону Ростовской области и расположен в юго-западной части её территории. Среднегодовая температура составляет +9,0⁰С, норма осадков - 518 мм. Благоприятными по условиям увлажнения были 2012-2013, 2011-2012, 2010-2011 и 2013-2014 с.-х. годы. Небольшой дефицит осадков отмечен лишь в 2014-2015 с.-х. году. Среднегодовая температура воздуха была на 0,2-0,3⁰С меньше нормы в 2011-2012 и 2014-2015 с.-х. годы, в 2010-2011, 2012-2013 и 2013-2014 с.-х. годы – выше нормы на 0,7-1,5⁰С.

Октябрьский район расположен в приазовской зоне Ростовской области. Среднемноголетняя сумма осадков составляет 468,5 мм. Среднегодовая температура составляет +9,0⁰С. Наиболее благоприятными по увлажнению были 2013-2014, 2011-2012, 2008-2009 и 2014-2015 с.-х. годы. Дефицит осадков отмечен в 2009-2010 гг. – на 106,0 мм меньше среднегодовой нормы. В 2007-2008, 2010-2011 и 2012-2013 с.-х. годы их недобор составил 15,4-27,5 мм. Во все годы отмечено превышение среднегодовой нормы температуры воздуха.

Каменский район расположен в северо-западной агроклиматической зоне Ростовской области. Климат зоны проведения исследований – засушливый, недостаточно жаркий. Среднемноголетняя сумма осадков составляет 447 мм. Среднегодовая температура +7,4⁰С. Благоприятными по увлажнению были 2014-2015 и 2015-2016 с.-х. годы. Недобор осадков в 2012-2013 с.-х. году составил 88 мм, в 2011-2012 с.-х. году 36 и в 2011-2012 с.-х. году – 12 мм. Отмечено превышение среднемноголетней нормы температуры воздуха во все годы.

Наиболее распространённые почвы в Азовском и Кагальницком районах Ростовской области - чернозёмы обыкновенные мощные (предкавказские). Гумусовые горизонты А+В в общем сложении имеют мощность от 85 до 131 см. Количество карбонатов в верхнем слое почвы достигает 2,2-3,9%, гумуса – 3,2-4,0%. Преобладающие почвы Октябрьского района - чернозёмы обыкновенные среднемощные (североприазовские). Гумусные горизонты А+В имеют мощность от 63 до 85 см. Количество гумуса в верхнем слое почвы составляет 3,0-3,4 %, рН водной вытяжки 7,5-8,0. Почва Каменского района - чернозём южный. Гумусовые горизонты А+В имеют мощность от 25 до 47 см. Содержание

гумуса в пахотном слое 2,6-3,2% (Агафонов Е.В., Полуэктов Е.В., 1999; Безуглова О.С., 2008).

Исследования проводились согласно плана научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО Донской ГАУ по теме: «Разработать систему применения различных видов птичьего помёта под полевые и овощные культуры с учетом последствий и коэффициентов использования питательных веществ». Для реализации поставленных задач в 2008-2016 гг. были заложены полевые опыты.

Опыт №1. «Влияние куриного помёта на продуктивность звена зернопропашного севооборота кукуруза на зерно, яровой ячмень, озимая пшеница». Полевой опыт проведен в 2011-2015 гг. в трёх циклах звена севооборота в СПК «Победа» Азовского района Ростовской области. Использовали перепревший куриный помёт на подстилке из подсолнечной лузги. Помёт вносили весной под предпосевную культивацию кукурузы и заделывали на глубину 6-8 см.

Опыт №2. «Влияние куриного и утиного помёта на продуктивность звена зернопропашного севооборота подсолнечник, озимая пшеница, озимая пшеница». Полевой опыт проведен в 2010-2015 гг. в трёх циклах звена севооборота в СПК агрофирме «Новобатайская» Кагальницкого района Ростовской области. Использовали перепревший куриный помёт на подстилке из подсолнечной лузги и утиный перепревший помёт на подстилке из соломы. Оба вида помёта вносили осенью под вспашку под подсолнечник на глубину 25-27 см.

Опыт №3. «Влияние куриного помёта на продуктивность звена зернопропашного севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох». Полевой опыт проведен в 2010-2015 гг. в трёх циклах звена севооборота в СПК агрофирме «Новобатайская» Кагальницкого района Ростовской области. Использовали перепревший куриный помёт на подстилке из подсолнечной лузги. Помёт вносили осенью по вспашку под сахарную свёклу на глубину 25-27 см.

Опыт №4. «Влияние индюшиного помёта на продуктивность звена зернопропашного севооборота подсолнечник, яровой ячмень, озимая пшеница». Полевой опыт проведен в 2010-2015 гг. в трёх циклах звена севооборота на опытном поле ДонГАУ в Октябрьском районе Ростовской области. Использовали перепревший индюшиный помёт на подстилке из подсолнечной лузги. Помёт вносили осенью под основную обработку почвы под подсолнечник и заделывали двумя способами: плугом на глубину 25-27 см и дискатором на 10-12 см.

Опыт №5. «Влияние индюшиного помёта на продуктивность звена полевого севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень». Полевой опыт проведен в трёх циклах звена зернопропашного севооборота в 2008-2012 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО ДонГАУ в Октябрьском районе Ростовской области. Использовали перепревший индюшиный помёт на подстилке из подсолнечной лузги. Помёт вносили весной под предпосевную культивацию ярового ячменя и заделывали на глубину 6-8 см.

Опыт №6. «Влияние куриного помёта на продуктивность звена зернопропашного севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник». Полевой опыт в 2011-2016 гг. проведен в трёх циклах звена севооборота условиях СПК колхоза «Колос» в Каменском районе Ростовской области.

Использовали перепревший куриный помёт на подстилке из соломы. Помёт вносили весной в паровое поле и заделывали дискованием на глубину 10-12 см.

При проведении опытов использовали перепревший подстилочный птичий помёт (4 класс опасности). Обеззараживание проводили методом пассивного компостирования (6-8 месяцев хранения на пометохранилищах в буртах) перед внесением на поля. Санитарно-бактериологические и экологические показатели помёта соответствовали требованиям ГОСТ Р 53765-2009 и ГОСТ Р 53117-2008.

Площадь делянки в опыте 36 м². Повторность опыта четырехкратная. Делянки в опыте располагались методом рендомизированных повторений. Агротехника сельскохозяйственных культур при проведении опытов соответствовала действующим зональным системам земледелия (Ермоленко В.П., 2007; Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 гг., 2013).

Почвенные и растительные образцы отбирались с двух повторностей опыта. Отбор почвенных образцов проводился в слоях 0-20 и 20-40 см под культурами звена севооборота для определения NPK в почве, для определения продуктивной влаги послойно через 20 см на глубину 0-100 см.

При проведении опытов использовали следующие методики: проведение отбора почвенных образцов – ГОСТ-28168-89; определение обменно-поглощённого аммония по методу ЦИНАО – ГОСТ 26489-85; определение нитратного азота – ГОСТ-26951-86; определение подвижных форм фосфора и обменного калия – ГОСТ 26205-91; определение общего гумуса по методике И.В. Тюрину в модификации В.Н. Симакова – ГОСТ 26213-91; определение влажности почвы – ГОСТ-28268-89; определение продуктивной влаги – по методике Е.В. Агафонова, 1992; определение в растениях фосфора – ГОСТ 26657-97; определение в растениях калия – ГОСТ 30504-97; определение в растениях азота – ГОСТ 13496.4-93; содержания и качества клейковины в зерне – ГОСТ Р 52554-2006; содержание масла в семенах - ГОСТ-10857-64; определение белка – умножением содержания общего азота на переводной коэффициент (5,7-6,0); сахара в корнеплодах – методом холодного водного дигенерирования; фенологические наблюдения и учет биометрических показателей растений - по Моисейченко В.Ф. и др., 1996; экономическую оценку использования удобрений проводили по методике Баранова Н.Н., 1966; биоэнергетическую оценку – «Основы биоэнергетической оценки производства продукции растениеводства» В.В. Удалов, А.П. Авдеенко и др., 2008; расчёт коэффициентов использования элементов питания из удобрений – разностным методом; дисперсионный и корреляционный анализ проводили с использованием программ Microsoft Word Excel и Statistica - по Доспехову Б.А., 1979.

Анализы почвы и растений проведены на кафедре агрохимии и садоводства ФГБОУ ВО Донского ГАУ, исследования химического состава птичьего помёта - в ФГБУ ГЦАС «Ростовский».

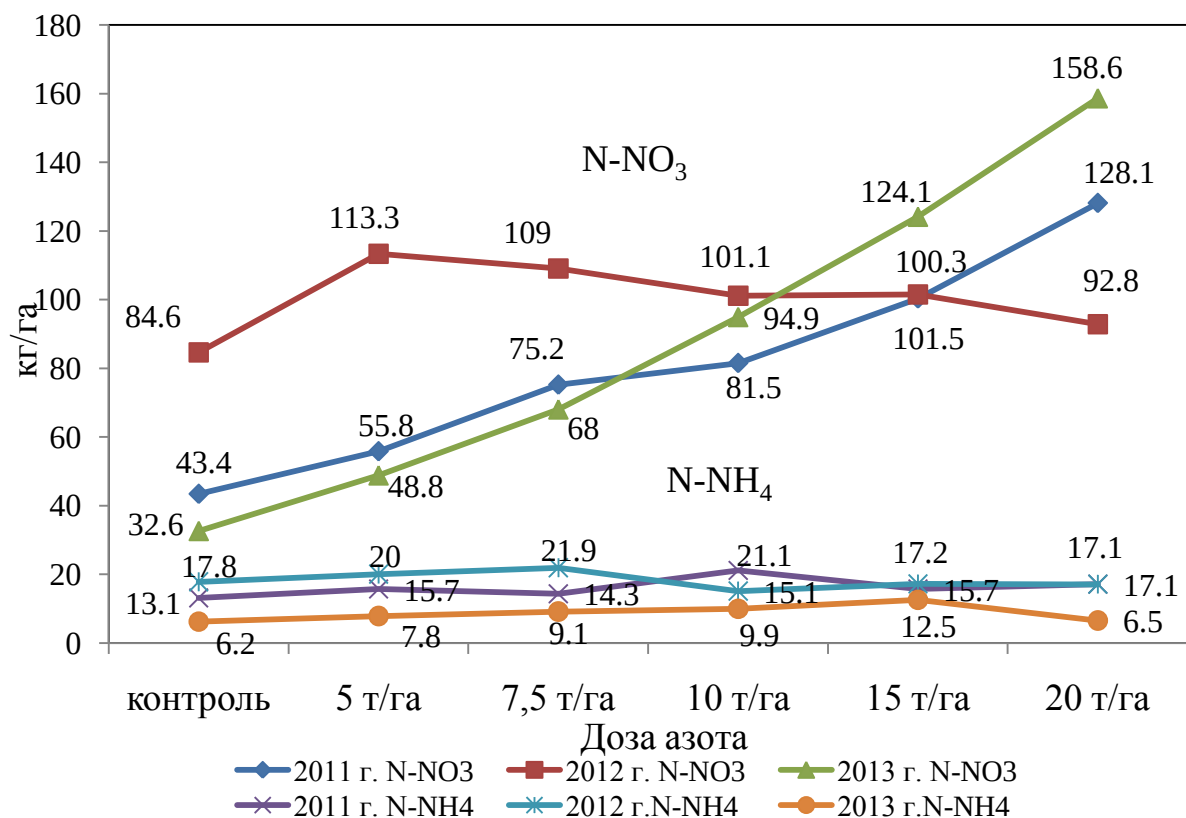
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3 Влияние куриного помёта на продуктивность звена зернопропашного севооборота кукуруза на зерно, яровой ячмень, озимая пшеница.

3.1 Методика исследований. Полевые опыты проводили в 2011-2015 гг. в СПК «Победа» Азовского района Ростовской области. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный мощный (предкавказский). Предшественник кукурузы – озимая пшеница. Схема опыта: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2-6 варианты – применение перепревшего куриного помёта в дозах 5; 7,5; 10; 15; 20 т/га; 7-9 варианты – применение минеральных удобрений в дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$; $N_{90}P_{90}K_{90}$. Использовали куриный помёт производства птицефабрики СПК «Победа». В среднем за 2011-2013 гг. влажность помёта составила 42,0%, содержание на абсолютно сухое вещество общего азота 2,18%, общего P_2O_5 – 3,50%, общего K_2O – 2,57%, органического вещества в пересчёте на углерод 40,1%, CaO – 3,4%. Соотношение C:N составило 18,0. Применялось минеральное удобрение азофоска (16-16-16). Куриный помёт и азофоску вносили весной под предпосевную культивацию кукурузы. Уборку урожая проводили вручную. Объекты исследований: среднепоздний гибрид кукурузы ПР 38А24, сорт ярового ячменя Приазовский 9 и озимой пшеницы Таня.

3.2 Содержание доступной влаги в почве под кукурузой, яровым ячменём, озимой пшеницей. В метровом слое к посеву кукурузы в 2011-2013 гг. запасы продуктивной влаги составляли 195,0-252,6 мм. В течение вегетации кукурузы влажность почвы уменьшалась. В 2013 г. зафиксировано резкое иссушение почвы от посева до молочно-восковой спелости – на 179,2 мм. Перед посевом ярового ячменя по предшественнику кукуруза запас влаги в метровом слое почвы в 2012-2014 гг. был высоким – 217,9-247,0 мм. В 2012 г. период колошение-полная спелость проходил в условиях дефицита атмосферной влаги. В 2013 и 2014 гг. хорошая обеспеченность растений влагой сохранилась до полного созревания зерна. Перед посевом озимой пшеницы по предшественнику яровой ячмень осенью 2012 г. условия увлажнения сложились удовлетворительно, в 2013 г. обильные осадки сдвинули оптимальные сроки сева на октябрь, в 2014 г. – посев был проведён в сухую почву. В фазу весеннее кущение содержание продуктивной влаги в слое 0-100 см увеличилось до 178,2-240,9 мм. В 2013 и 2014 гг. влажность почвы поддерживалась на достаточном уровне вплоть до фазы колошения, в 2015 г. – до уборки пшеницы.

3.3 Содержание доступных форм элементов питания и гумуса в почве под культурами звена севооборота. Запас минерального азота перед посевом кукурузы в слое почвы 0-40 см в среднем за 2011-2013 гг. составил 60,8 кг/га. В среднем за 2011-2013 гг. применение помёта в дозах 5-20 т/га под предпосевную культивацию к фазе 7-8 листьев в слое 0-40 см увеличивало количество аммонийного азота с 12,4 на контроле до 13,6-15,3 кг/га или на 9,7-23,4%, а при повышении дозы до 15 т/га уменьшалось. В большей степени под влиянием помёта повышалось количество $N-NO_3$ в почве – с 53,5 до 72,6-126,5 кг/га или на 35,7-136,4%. В 2011 и 2013 гг. с исходным запасом нитратного азота в почве в пределах 32,6-43,4 кг/га рост его количества наблюдался с увеличением дозы помёта вплоть до 20 т/га (рис. 1).



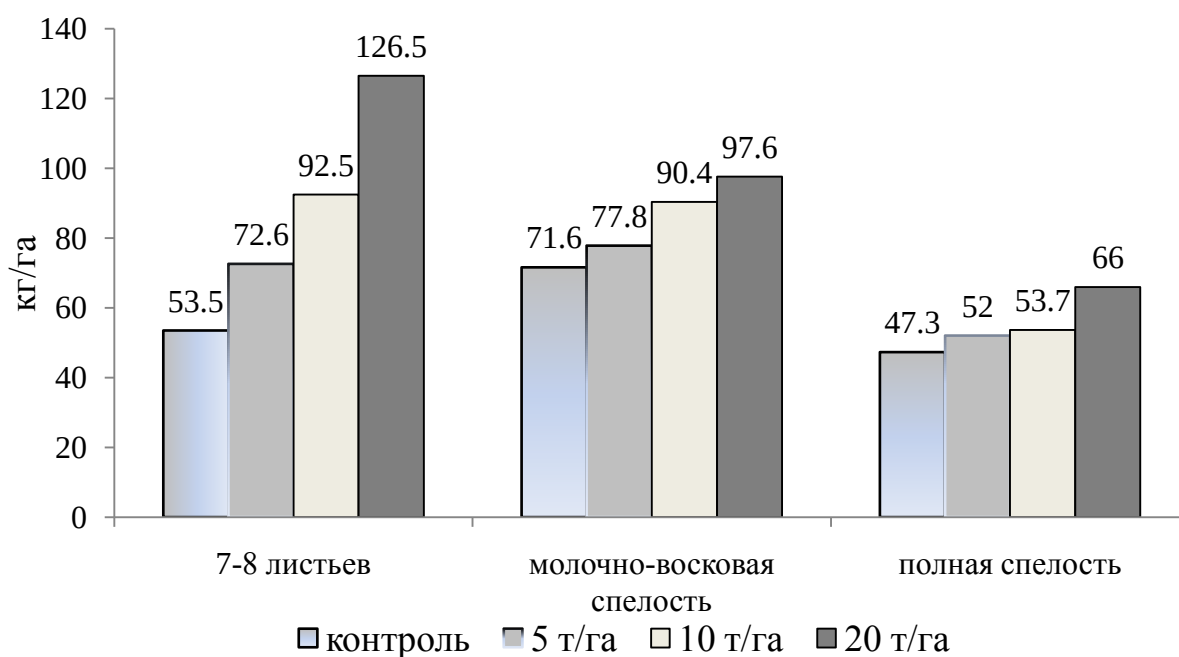
2011 год НСР₀₅ аммонийного азота = 1,5 кг/га; нитратного азота = 8,1 кг/га;
 2012 год НСР₀₅ аммонийного азота = 2,6 кг/га; нитратного азота = 7,2 кг/га;
 2013 год НСР₀₅ аммонийного азота = 1,9 кг/га; нитратного азота = 40,2 кг/га

Рисунок 2. Влияние помёта на запас аммонийного и нитратного азота в почве под кукурузой в фазу 7-8 листьев, кг/га. Почвенный слой 0-40 см

При наличии на контроле 84,6 кг/га N-NO₃ в 2012 году его уровень повышался только под влиянием дозы 5 т/га. По-видимому, в этот год сложились благоприятные условия для минерализации органического вещества в почве и для усиления процессов нитрификации. Температура в апреле была на 2,9, а в мае на 4,0⁰С выше нормы и больше, чем в 2011 и 2013 гг. Количество осадков за эти месяцы на 15,5 мм превышало норму. В фазу 7-8 листьев на контроле основная часть доступного азота была представлена нитратной формой. Существенные изменения запасов N_{мин} в почве получены в зависимости от количества азота, вносимого с помётом. В 2013 г. при низком исходном уровне N_{мин} в почве – 38,8 кг/га и наибольшем – в курином помёте пределы его повышения были максимальными: от 17,8 до 126,6 кг/га. В 2011 г. при количестве минерального азота 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. За эти два года зависимость между количеством азота в почве и в помёте очень тесная, $r = 0,922 \pm 0,193$ и описывается уравнением $y = 0,088x + 59,1$. Каждые 10 кг азота в помёте вызвали увеличение запаса N_{мин} в слое почвы 0-40 см на 3,82 кг/га. В 2012 г. при количестве N_{мин} на контроле в слое почвы 0-40 см 102,4 кг/га, наибольшее повышение – до 30,9 кг/га произошло при внесении с 5 т/га помёта 56 кг/га азота. С повышением дозы азота до 224 кг/га разница с контролем уменьшилась до 7,5 кг/га. Максимум увеличения запаса N_{мин} в 2011 и 2013 гг. полу-

чен при внесении 20 т/га помёта – до 145,2 и 165,1 кг/га, а в 2012 г. на варианте с дозой 5 т/га – до 133,3 кг/га. При внесении помёта доля $N-NH_4$ в составе $N_{мин}$ уменьшалась с 14,8 до 10,1%, а доля $N-NO_3$ увеличивалась с 85,2 до 89,9%. При внесении азофоски под культивацию наибольшие изменения к фазе 7-8 листьев произошли запаса $N-NO_3$. В среднем за 2011-2013 гг. он увеличился по сравнению с контролем на 51,1 кг/га.

В течение вегетации кукурузы в слое почвы 0-40 см в среднем за 2011-2013 гг. на всех вариантах опыта происходило уменьшение количества $N-NH_4$ от фазы 7-8 листьев до молочно-восковой спелости зерна. К уборке на контроле и при внесении азофоски количество $N-NH_4$ в почве не изменялось, а на вариантах с помётом снизилось меньше уровня контроля из-за усиления процесса нитрификации в почве при внесении помёта. В среднем за 2011-2013 гг. в слое почвы 0-40 см к фазе 7-8 листьев наибольшее увеличение количества $N-NO_3$ под действием помёта в дозе 20 т/га по сравнению с контролем составило 73 кг/га или 136,4% (рис. 2). Действие $N_{60}P_{60}K_{60}$ было равнозначно влиянию помёта в дозе 10 т/га. В фазу молочно-восковая спелость количество $N-NO_3$ в почве на контроле по сравнению с запасом в фазу 7-8 листьев увеличилось на 18,1 кг/га, от помёта в дозе 5 т/га – на 5,2 кг/га, при внесении 10 т/га – оставалось на одном уровне, от дозы 20 т/га - уменьшилось на 29,0 кг/га.



$НСР_{05} = 20,6$ кг/га

Рисунок 2. Динамика $N-NO_3$ в почве под кукурузой под действием помёта в 2011-2013 гг., кг/га почвенный слой 0-40 см

К уборке запас $N-NO_3$ в почве уменьшился на всех вариантах вследствие ослабления нитрификационного процесса на фоне продолжающегося потребления азота кукурузой. Преимущество вариантов с помётом по сравнению с контролем уменьшилось до 5-9 кг/га. Динамика $N_{мин}$ в почве под влиянием помёта во все годы очень сходна с изменениями количества нитратного азота как его

основной составляющей. На второй год после внесения помёта в почве под яровым ячменём в целом за вегетацию максимальное количество минерального азота 92,1 кг/га отмечено на варианте с последствием 15 т/га помёта – на 27,7% больше, чем на контроле. В почве под озимой пшеницей на третий год наибольшее повышение запаса $N_{\text{мин}}$ произошло под влиянием последствия помёта в дозе 20 т/га – до 64,2 кг/га, что на 21,1% выше контроля.

К фазе 7-8 листьев кукурузы содержание подвижного фосфора в почве в разные годы исследований на контроле в слое 0-20 см изменялось от 11,3 до 30,3 мг/кг почвы, то есть варьировало от низкой обеспеченности доступным фосфором до пограничной между средней и повышенной. В слое 20-40 см изменения также были значительными – от 7,1 до 21,9 мг/кг почвы. В среднем за 2011-2013 гг. к фазе 7-8 листьев увеличение содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см было максимальным при внесении 7,5 т/га помёта – на 3,0 мг/кг почвы или на 15,2% по сравнению с контролем. В течение вегетации происходило пополнение запасов подвижного фосфора в почве в связи с минерализацией помёта. К фазе молочно-восковая спелость он максимально увеличился под влиянием 15 т/га помёта – на 5,1 мг/кг почвы или на 49,0%, а к полной спелости на варианте с дозой 20 т/га – на 6,1 мг/кг почвы или на 43,9%.

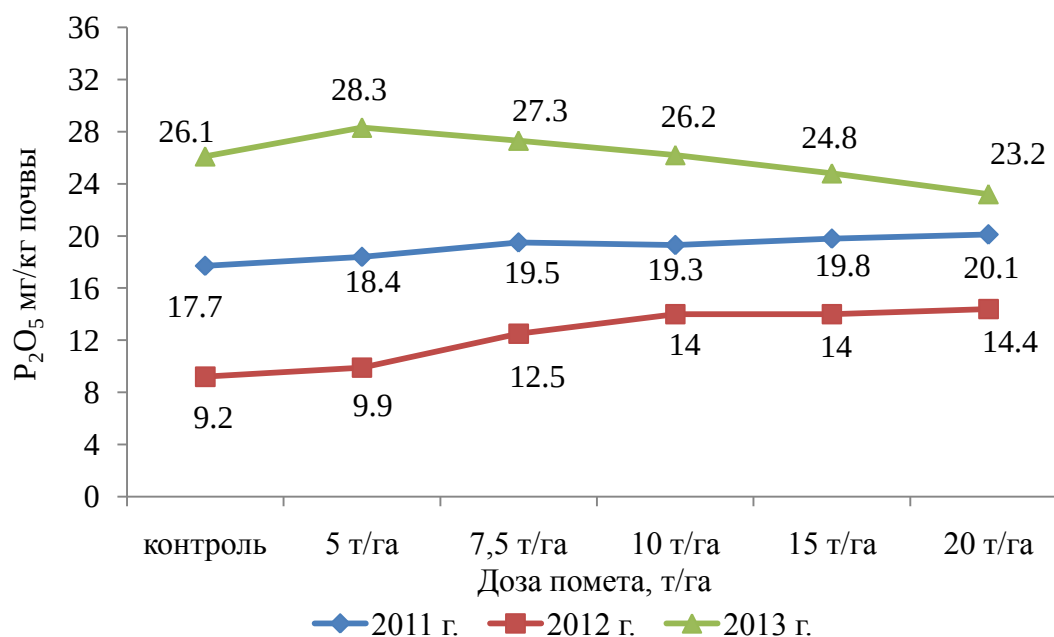
Проявилась миграция фосфора в слой 20-40 см. Она была не столь очевидной при внесении разных доз помёта, но в целом по блоку 5-20 т/га в фазу 7-8 листьев вызвала дополнительное увеличение по сравнению с контролем на 1,8 мг/кг почвы или на 11,8%, в фазе молочная спелость – на 2,4 мг/кг почвы или 25,0%, а при полной спелости – на 2,2 мг/кг или 17,1%. В ряде случаев, в том числе и в среднем за вегетацию в 2011-2013 гг., оно было достоверным. На возможность миграции фосфора по профилю почвы из органических удобрений в своих работах указывают А. Демелон, 1961; Д.У. Кук, 1970; В.А. Аргунова, 1974; М. Александер, 1978; А.Ю. Кудеярова, В.Н. Баликин, 1983; И.С. Кауричев и др., 1983; М.А. Цуркан, 1985; В.А. Ефремов, 1998; В.Г. Минеев, 2006; Б.С. Носко и др., 2008; А.И. Позднякова и др., 2015, а также другие авторы.

К фазе молочно-восковая спелость в 2011 г. на контроле в слое почвы 0-20 см содержание подвижного фосфора уменьшалось на 3,6, в 2012 г. – на 3,0, а в 2013 г. – на 21,6 мг/кг почвы. Аналогичная тенденция отмечена и по слою 20-40 см: 2011 г. – на 4,3, 2012 г. – на 0,6, 2013 г. – на 12,8 мг/кг почвы. Во все годы падение фосфатного уровня почвы обусловлено поглощением почвенного фосфора корневой системой растений и сдвигом фосфатного равновесия в сторону образования малорастворимых и нерастворимых соединений фосфора – в основном трёхзамещенных фосфатов. По многочисленным исследованиям, остаточные, осажденные фосфаты почвы, образованные вследствие трансформации ранее внесённых удобрений, могут определенное время служить источником питания растений, переходя в подвижные формы (Антипина Л.П., 1987; Еськов А.И., 2005; Минеев В.Г., 2006; Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е., 2013).

Применение помёта во всех дозах приводило к повышению содержания доступного фосфора в почве. В большей мере это проявлялось при увеличении дозы до 10-20 т/га, но в слое 20-40 см данная тенденция выглядела менее чёт-

кой. К фазе полная спелость фосфатный уровень почвы продолжал снижаться в 2011 г., несколько повышался в 2012 г. и очень сильно увеличивался в 2013 г.

Изменения содержания подвижного фосфора в почве под кукурузой под действием помёта зависели от его исходного уровня. При содержании на контроле в слое 0-40 см в фазу 7-8 листьев в 2011 г. 17,7 мг/кг почвы оно увеличилось до 20,1, в 2012 г. – с 9,2 до 14,4 мг/кг почвы и нарастало в оба года с повышением дозы помёта до 20 т/га. В 2013 г. при содержании P_2O_5 на контроле 26,1 мг/кг максимальное увеличение отмечено при внесении 5 т/га помёта – на 2,2 мг/кг почвы, а при повышении дозы равномерно снижалось (рис. 3).



НСР 2011 г. = 1,4 мг/кг; НСР 2012 г. = 1,6 мг/кг; НСР 2013 г. = 2,4 мг/кг;

Рисунок 3. Изменения содержания в почве подвижного фосфора под влиянием помёта в фазу 7-8 листьев, мг/кг почвы в слое 0-40 см

По-видимому, при наличии в верхнем слое почвы 30 мг/кг подвижного фосфора дальнейшее повышение его запаса в результате минерализации помёта вызывает изменение фосфатного равновесия в почве в сторону образования нерастворимых трёхзамещённых фосфатов кальция. Этому способствует увеличение содержания кальция, вносимого с помётом в концентрации около 3%.

Причиной аномально резкого уменьшения обеспеченности почвы подвижным фосфором в период от фазы 7-8 листьев до молочно-восковой спелости в 2013 г. является, по-видимому, очень интенсивное снижение влажности почвы (Лебединцев А.Н., 1960; Францесон В.А., 1963; Лупина А.А., Эдемская Н.Л., 2004; Агеев В.В., Подколзин А.И., 2001; 2006; Красницкий В.М., Ермалаев О.Т., 2012). К фазе 7-8 листьев в слое почвы 0-40 см запас продуктивной влаги уменьшился до 8,6, а в фазу молочно-восковая спелость – до 3,8 мм. Иссущение почвы и очень высокие температуры способствовали переходу большей части моно и дикальциевых фосфатов в трёхзамещённые. Хорошее увлажнение верхнего слоя почвы от молочно-восковой спелости зерна до полной спелости – вы-

пало 50 мм осадков, вызвало смещение фосфатного равновесия в обратную сторону, в результате чего произошел «всплеск» содержания растворимого фосфора на всех вариантах опыта почти до первоначального уровня.

В среднем за все годы исследований наибольшее влияние на фосфатный режим почвы оказало применение помёта в дозе 10 т/га. В фазу 7-8 листьев прибавка к контролю составила 11,9%, а в целом за вегетацию - 24,1%.

Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см перед посевом ячменя по предшественнику кукуруза в среднем за 2012-2014 гг. повышалось при увеличении дозы помёта с 5 до 20 т/га. Максимальное увеличение в целом за вегетацию составило 3,2 мг/кг почвы или 18,9%. Изменения фосфатного режима в почве под озимой пшеницей были аналогичными, но влияние второго года последствий помёта проявилось меньше. Максимальное повышение по сравнению с контролем на варианте с дозой 20 т/га в целом за вегетацию составило 1,5 мг/кг почвы или 7,7%, а при внесении 10 и 15 т/га ещё меньше – 4,6%.

Обеспеченность почвы под кукурузой обменным калием во все годы была высокой, но применение помёта и минеральных удобрений способствовало её увеличению. Зависимости эффекта от повышения доз удобрений в сравнении с исходным уровнем содержания калия в почве нет. В целом за вегетацию максимальное значение в среднем за 2011-2013 гг. отмечено на варианте с дозой помёта 7,5 т/га – 545 мг/кг почвы, а при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 534 мг/кг почвы. Последствие помёта на содержание обменного калия в почве проявилось на второй и третий год после внесения. В среднем за вегетацию ячменя максимальное повышение содержания калия в почве отмечено на варианте с дозой помёта 20 т/га – 36 мг/кг почвы или 7,1%, на озимой пшенице – 33 мг/кг или 5,9%. Действие азофоски во второй год после внесения не уступало влиянию помёта, а в третий проявилось несущественно.

Перед посевом озимой пшеницы, третьей культуры звена севооборота, в среднем за 2012-2014 гг. на вариантах с применением куриного помёта в дозах 5-20 т/га получено достоверное увеличение содержания гумуса по сравнению с контролем (3,51%) - на 0,01-0,04%. Это обусловлено пополнением запасов гумуса за счет органического вещества помёта, растительных остатков кукурузы и ячменя, а также снижением минерализации почвенного гумуса. В уборку озимой пшеницы преимущество вариантов с применением помёта в содержании гумуса по сравнению с контролем сохранилось.

3.4 Биометрические показатели и динамика поступления элементов питания в растения в звене севооборота. В среднем за 2011-2013 гг. к фазе молочно-восковая спелость кукурузы наибольшие биометрические показатели получены при внесении помёта в дозе 10 т/га. Высота 1 растения увеличилась на 34 см, а масса по сравнению с контролем - на 236 г или на 40% (рис. 4).

Применение помёта усиливало потребление фосфора на начальном этапе развития кукурузы. К фазе молочно-восковой спелости повышалось содержание азота и уменьшалось калия при увеличении дозы помёта. Существенное увеличение содержания азота под действием помёта в дозах 5-20 т/га по сравнению с контролем отмечено во все годы в зерне – на 0,05-0,25% и в побочной продукции – на 0,20-0,52%. В побочной продукции концентрация калия повы-

шалась с увеличением дозы помёта до 20 т/га – 1,84%. Азофоска в повышенных дозах оказала сходное действие на содержание NPK в растениях кукурузы.

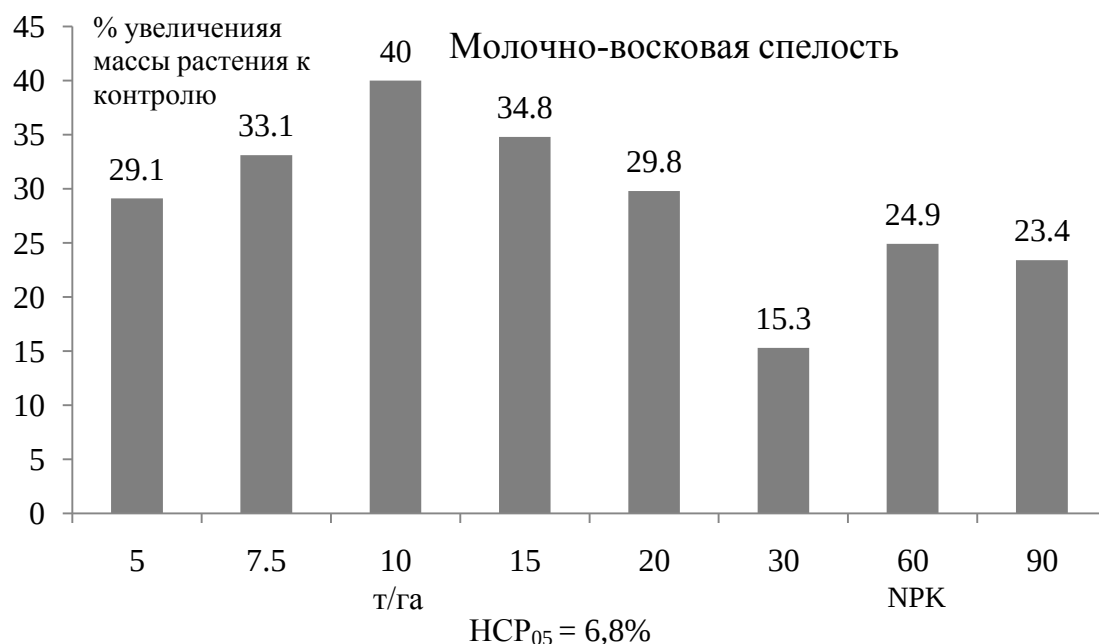


Рисунок 4. Относительный прирост массы растений кукурузы под влиянием удобрений за 2011-2013 гг., % к контролю

В среднем за 2012-2014 гг. высота и масса растений ячменя увеличивалась в первый год последействия от дозы помёта до 15 т/га. Последействие помёта повышало содержание азота в растениях ячменя в течение всей вегетации, фосфора - в её начале, а содержание калия снижалось в первой половине. Во второй год последействия в среднем за 2013-2015 гг. наибольшая высота растений озимой пшеницы получена от дозы помёта 15 т/га, а масса – 20 т/га. Эффект от помёта проявился в увеличении содержания азота в соломе и в зерне.

3.5 Урожайность и качество продукции полевых культур, продуктивность звена севооборота кукуруза на зерно, яровой ячмень, озимая пшеница. В 2011 и 2012 гг. урожайность зерна кукурузы на контрольном варианте составила 3,20 и 3,07 т/га. В 2013 г. обеспеченность почвы подвижным фосфором в среднем за вегетацию кукурузы была самой высокой за все годы - 18,7 мг/кг почвы. На фоне хорошей обеспеченности почвы доступными формами азота и калия в 2013 г. получена наибольшая урожайность – 6,19 т/га. В среднем за 2011-2013 гг. урожайность зерна кукурузы на контроле составила 4,15 т/га. Оптимальная доза помёта в среднем за 2011-2013 гг. 10 т/га. Урожайность по сравнению с контролем повысилась на 1,03 т/га или на 24,8%. При повышении дозы прибавка снижалась. Установлена тесная зависимость изменений урожайности кукурузы под влиянием помёта с содержанием минерального азота в почве в фазу 7-8 листьев кукурузы, $\eta = 0,789 \pm 0,177$. Оптимальное содержание $N_{\text{мин}}$ в почве в это период находится в пределах 100-110 кг/га. При внесении азофоски в дозах 60 и 90 кг/га NPK прирост урожайности составил 11,1-10,6%. Максимальный эффект в первый и во второй год последействия помёта получен в дозе 15 т/га. Прибавка урожайности зерна ячменя по сравне-

нию с контролем составила 44,2%, озимой пшеницы – 33,8%. Эффект от последствия азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ в 2,5 раза меньше, чем от помёта на яровом ячмене, на пшенице - был несущественным. Сбор зерновых единиц в звене севооборота на контроле в среднем за 3 цикла составил 11,31 т/га (табл. 1).

Таблица 1 – Продуктивность звена полевого севооборота, т/га зерновых единиц. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Звено севооборота			Суммарный сбор, т/га	Прибавка к контролю	
	2011-2013 гг.	2012-2014 гг.	2013-2015 гг.		т/га	%
	кукуруза на зерно	яровой ячмень	озимая пшеница			
контроль	4,74	2,15	4,42	11,31	-	-
куриный помёт, т/га						
5	5,13	2,33	4,57	12,03	0,72	6,4
7,5	5,51	2,50	5,02	13,03	1,72	15,2
10	5,91	2,73	5,58	14,22	2,91	25,7
15	5,26	3,10	5,89	14,26	2,95	26,1
20	5,00	3,06	5,91	13,97	2,66	23,5
азофоска, кг/га						
$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,08	2,22	4,43	11,73	0,42	3,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	5,26	2,40	4,48	12,13	0,82	7,3
$N_{90}P_{90}K_{90}$	5,24	2,53	4,53	12,30	0,99	8,8
HCP_{05}	0,39	0,45	0,56	1,00		

Применением помёта в дозе 10 т/га увеличивало продуктивность по сравнению с контролем на 2,91 т/га или на 25,7%. В среднем за 2011-2013 гг. содержание белка в урожае зерна кукурузы на контроле составило 8,9%, а сбор – 309 кг/га. Максимальное увеличение сбора белка по сравнению с контролем получено на варианте с дозой помёта 10 т/га – 118 кг/га или 38,2%. Наибольшее увеличение в сборе белка получено от помёта в дозе 15 т/га на ячмене в первый год последствия – 61,7%, на пшенице во второй год – 45,8%. В звене севооборота в среднем за 3 цикла на вариантах с дозами помёта 10-20 т/га сбор белка по сравнению с контролем увеличился на 38,1-41,5%.

3.6 Вынос, баланс и коэффициенты использования элементов питания из удобрений полевыми культурами. Применение помёта во всех испытанных дозах обеспечило положительный баланс NPK в среднем за 3 цикла в звене севооборота - по фосфору и калию и в дозе 20 т/га – по азоту. Дефицит азота при внесении помёта в дозах 10 и 15 т/га составил 99 и 39 кг/га, ежегодный 33 и 13 кг/га. Профицит фосфора на этих вариантах составил 153 и 253 кг/га, а калия – 74 и 145 кг/га. Допустимым является можно считать ежегодный дефицит азота 33 кг/га. Учитывая большой прирост урожайности всех культур севооборота, на варианте с помётом в дозе 10 т/га ежегодный дефицит азота в размере 33 кг/га, по-видимому, можно считать допустимым (Мишустин Е.Н.,

Черепков Н.И., 1979; Кудеяров В.Н., 1989). Для создания близкого к нулевому баланса азота в звене севооборота дозу помёта можно повысить до 15 т/га, однако при этом профицит фосфора в среднем за год её использования составляет 84, а калия – около 50 кг/га. Применение помёта в больших дозах нельзя считать оправданным вследствие частого угнетения почвенной микрофлоры в почве под кукурузой. Дефицит азота получен на вариантах с минеральными удобрениями. По фосфору и калию профицит получен при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$. При внесении оптимальной дозы помёта 10 т/га коэффициенты использования азота, фосфора и калия из него в звене севооборота – 98-17-70% (табл. 2). При увеличении дозы помёта коэффициенты использования уменьшались.

Таблица 2 – Коэффициенты использования NPK из удобрений полевыми культурами звена севооборота, %. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Звено севооборота кукуруза – ячмень – пшеница		
	N	P_2O_5	K_2O
куриный помёт, т/га			
5	68	12	70
7,5	87	17	66
10	98	17	70
15	75	11	58
20	58	8	39
азофоска, кг/га			
$N_{30}P_{30}K_{30}$	77	50	80
$N_{60}P_{60}K_{60}$	75	25	62
$N_{90}P_{90}K_{90}$	52	23	15

3.7 Экономическая и биоэнергетическая оценка применения удобрений в звене севооборота. Рентабельность на контрольном варианте в звене севооборота кукуруза на зерно, яровой ячмень, озимая пшеница составила 150%, себестоимость производства 1 кг зерновых единиц – 3,44 руб. С учётом последствия помёта в звене севооборота экономически целесообразная дальность его перевозок для внесения в оптимальной дозе 10 т/га – 21 км, в дозе 7,5 т/га – 16 км и в дозе 15 т/га – 13 км. Наибольшее увеличение прироста энергии в урожае культур звена севооборота на 31,6 ГДж/га по сравнению с контролем обеспечило применение помёта в дозе 10 т/га.

4 Влияние куриного и утиного помёта на продуктивность звена зернопропашного севооборота подсолнечник, озимая пшеница, озимая пшеница.

4.1 Методика исследований. Полевые опыты проведены в 2010-2015 гг. в условиях СПК агрофирмы «Новобатайская» Кагальницкого района Ростовской области. Почва – чернозем обыкновенный мощный (предкавказский).

Схема опыта: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2–7 варианты – применение перепревшего куриного помёта в 2010-2012 гг. в дозах 5*–7,5*–10–15–20–25 т/га; 8-13 варианты – применение перепревшего утиного помёта в дозах

5*-7,5*-10-15-20-25 т/га (* в 2011 и 2012 гг.); 14-16 варианты – применение минеральных удобрений в дозах $N_{25}P_{25}K_{25}$, $N_{50}P_{50}K_{50}$, $N_{75}P_{75}K_{75}$. Использовали куриный помёт производства птицефабрики «Приазовская» и утиный помёт птицефабрики «Юбилейная». В среднем за 2010-2012 гг. влажность куриного помёта составила 37,30, утиного – 59,79%, содержание на абсолютно сухое вещество общего азота в курином 2,80, утином – 0,83%, общего P_2O_5 соответственно – 2,62 и 2,23%, общего K_2O – 3,83 и 3,12%, органического вещества в пересчёте на углерод 41,6 и 32,1%. Соотношение C:N составило 15,8 в курином и 38,7 в утином. Предшественник подсолнечника – озимая пшеница. Помёт вносили осенью под вспашку почвы под подсолнечник и заделывали на глубину 25-27 см. Азофоску (16-16-16) вносили весной под предпосевную культивацию подсолнечника. Основная обработка почвы под озимую пшеницу в звене севооборота – дискование на глубину 10-12 см. Объекты исследований: гибрид подсолнечника НК Конди и сорт озимой пшеницы Таня.

4.2 Динамика продуктивной влаги в почве под культурами звена севооборота. Перед посевом подсолнечника запасы продуктивной влаги 2011-2013 гг. в метровом слое почвы были высокими 178,3-202,1 мм. В течение вегетации происходило снижение влажности почвы. Условия влагообеспеченности почвы в 2013 г. были неблагоприятными. В фазу бутонизации подсолнечника запас влаги в почве сократился в 4,9 раза. При посеве озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник (2011-2013 гг.) влагообеспеченность почвы в 2013 г. была наиболее высокой за все годы – в метровом слое 109,0 мм. К фазе весеннее кущение количество влаги в почве увеличилось. Снижение влажности почвы в течение вегетации пшеницы происходило во все годы. Перед посевом озимой пшеницы по предшественнику озимая пшеница (2012-2014 гг.) почва была иссушена в 2014 г. К фазе весеннее кущение запасы влаги в почве существенно пополнились. Влагообеспеченность почвы во все годы была хорошей.

4.3 Содержание и динамика минерального азота, подвижного фосфора, обменного калия и гумуса в почве в звене севооборота. Перед посевом подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. в слое почвы 0-40 см на контроле количество $N-NH_4$ составило 57,2, $N-NO_3$ – 39,9 кг/га. При внесении помёта осенью под вспашку запас $N-NO_3$ в почве повышался к посеву с увеличением дозы куриного до 25 т/га на 41,4 кг/га или на 103,8%, а утиного до 20 т/га – на 42,3 кг/га или на 106,0%. Изменения запасов $N-NH_4$ были нестабильными. От посева и до уборки подсолнечника количество $N-NH_4$ в почве на обоих видах помёта снизилось в 6 раз, запас $N-NO_3$ оставался на высоком уровне до фазы бутонизации, уменьшался к цветению и до уборки не изменялся. Наибольшее повышение уровня $N_{мин}$ в среднем за 2011-2013 гг. получено при внесении 15 т/га куриного и 20 т/га утиного помёта – до 141,7-142,0 кг/га. В 2012-2013 гг. с ростом дозы обоих видов помёта с 5 и 7,5 т/га и до 20 т/га обеспеченность почвы $N_{мин}$ повышалась. От посева до фазы цветения уровень $N_{мин}$ в почве уменьшался на всех вариантах. К уборке количество $N_{мин}$ в почве в блоке вариантов с куриным помётом не изменялось, а с утиным помётом – повысилось. Азофоска, внесённая под предпосевную культивацию подсолнечника, не оказала существенного влияния на динамику $N_{мин}$ в почве. В оба года последствия помёта перед по-

севом озимой пшеницы максимальное повышение $N_{\text{мин}}$ в слое почвы 0-40 см получено под влиянием наибольших доз помёта двух видов. В среднем за вегетацию пшеницы отмечено нарастание преимущества с повышением дозы помёта. В первый год последействия на варианте с дозой куриного и утиного помёта 10 т/га по сравнению с контролем оно составило 8,2 и 4,3%, с 25 т/га – 29,4 и 15,6%. На второй год последействия помёта в дозе 10 т/га увеличение составило 13,9 и 19,3%, в дозе 25 т/га – 35,8 и 32,0%.

Перед посевом подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см на контроле составило 13,2 мг/кг почвы, и соответствовало низкой обеспеченности. Применение куриного помёта в дозах 10-25 т/га в слое почвы 0-40 см повышало содержание подвижного фосфора к посеву подсолнечника по сравнению с контролем на 22,0-46,2%, а в целом за вегетацию – на 17,1-29,7%. Влияние доз 5 и 7,5 т/га было слабым. Увеличение уровня P_2O_5 перед посевом получено только в дозах утиного помёта 20-25 т/га – 28,8-51,5%. В среднем за вегетацию лишь от дозы 25 т/га – на 17,1%. Использование азофоски не способствовало увеличению уровня P_2O_5 почвы. Перед посевом озимой пшеницы после подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. содержание P_2O_5 в слое почвы 0-40 см по сравнению с контролем (12,0 мг/кг почвы) увеличилось под влиянием последействия только куриного помёта в дозах 20-25 т/га на 4,0-4,8 мг/кг почвы. Существенное влияние куриного помёта на повышение уровня P_2O_5 в почве получено в целом за вегетацию пшеницы от доз 10-25 т/га, которое по сравнению с контролем составило 18,7-22,4%, от утиного только в дозе 25 т/га – 15,0%. Во второй год последействия перед посевом озимой пшеницы в среднем за 2012-2014 гг. преимущество куриного помёта во влиянии на уровень P_2O_5 в почве сохранилось. Различия между дозами помёта составили 19,8-25,9% по сравнению с контролем. В среднем за вегетацию уровень P_2O_5 был на 2,0-2,4 мг/кг почвы на вариантах с помётом больше, чем на контроле. Достоверное влияние последействия утиного помёта перед посевом, как и в целом за вегетацию получено только от дозы 25 т/га.

Перед посевом подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. обеспеченность почвы обменным калием в слое 0-40 см соответствовала очень высокой и составила 630 мг/кг почвы. Применение куриного помёта способствовало повышению содержания обменного калия при увеличении дозы с 5 до 25 т/га. Максимальная прибавка по сравнению с контролем – 100 мг/кг получена на варианте с 25 т/га. В период от посева до фазы цветения подсолнечника во все годы исследований содержание обменного калия в почве уменьшалось на контроле на 210, а на вариантах с помётом – на 230-260 мг/кг почвы. К уборке произошло частичное восстановление уровня обменного калия, но зависимости от дозы помёта нет. Влияние утиного помёта на калийный режим почвы было слабее, чем куриного. Все изменения уровня K_2O под действием утиного помёта были недостоверны, также как и под влиянием минеральных удобрений.

Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см перед посевом озимой пшеницы после уборки подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. на контроле составило 512 мг/кг почвы. За этот промежуток времени произошло восстановление содержания обменного калия на 33 мг/кг или на 6,9%. В среднем за веге-

тацию пшеницы в первый год последствия куриного помёта в дозах 10-25 т/га увеличение содержания K_2O составило 18-30 мг/кг почвы. На последствии утиного помёта в целом за вегетацию калийный уровень почвы на всех вариантах не отличался. К посеву третьей культуре звена севооборота озимой пшеницы содержание обменного калия в почве повысилось по сравнению с периодом уборки предшественника (озимой пшеницы) на контроле – на 56 мг/кг почвы, на вариантах с куриным помётом – в среднем на 68 мг/кг почвы. Максимальное увеличение содержания обменного калия по сравнению с контролем в среднем за вегетацию озимой пшеницы на вариантах с 20 и 25 т/га утиного помёта составляло лишь 16-20 мг/кг, от применения куриного в этих дозах – 37 и 34 мг/кг почвы. Во всех случаях оно было математически достоверным.

Содержание гумуса в слое почвы 0-40 см в среднем за 2011-2013 гг. при проведении уборки подсолнечника на контрольном варианте составило 3,18%. Применение помёта не оказало существенного влияния на содержание гумуса в почве во все сроки отбора в звене севооборота.

4.4 Формирование вегетативной массы и потребление элементов питания растениями в звене севооборота. В среднем за 2011-2013 гг. в фазу цветения подсолнечника получено существенное влияние помёта обоих видов на массу 1 сырого растения по сравнению с контролем, но различия в зависимости от дозы математически недостоверны. Применение куриного и утиного помёта в среднем за 2011-2013 гг. увеличивало содержание NPK в растениях подсолнечника. Действие азофоски на содержание азота в растениях было меньше, на содержание калия и фосфора существенно больше, чем помёта. Высота и масса растений озимой пшеницы увеличивалась в фазу колошения в среднем за 2012-2014 гг. в первый год последствия куриного помёта в дозах 10-25 т/га, утиного – в дозах 20-25 т/га. Наибольшее влияние на содержание NPK в растениях оказал куриный помёт, чем утиный. Наибольшая масса растения озимой пшеницы в среднем за 2013-2015 гг. сформирована на варианте с последствием куриного помёта в дозе 20, утиного – 25 т/га. Концентрация элементов питания в растениях пшеницы во второй год последствия существенно увеличивалась на вариантах с помётом обоих видов в дозе 25 т/га.

4.5 Продуктивность звена зернопропашного севооборота, урожайность и качество продукции полевых культур. Наименьшая урожайность подсолнечника на контрольном варианте сформирована в 2011 г. 1,53 т/га, в 2013 г. 2,56 т/га и наибольшая до 2,92 т/га в 2012 году. В июле 2011 г. преобладали высокие температуры. Среднегодовая температура воздуха была превышена на 3,9⁰С, что отрицательно сказалось на опылении и, как следствие, на урожайности. В среднем за 2011-2013 гг. урожайность семян подсолнечника на контроле составила 2,34 т/га. Прибавка урожайности от куриного помёта в дозах 10-25 т/га равна 29,9-33,7%, утиного – 18,8-25,2%. Эффект от азофоски в дозах NPK 50-75 кг/га меньше, чем от помёта. Влияние доз 7,5 и особенно 5,0 т/га обоих видов помёта меньше, чем от 10 т/га. В первый год последствия помёта обоих видов в дозе 10 т/га на озимой пшенице в среднем за 2012-2014 гг. наиболее эффективно. Прибавка по сравнению с контролем составила 1,34 и 1,30 т/га или 35,9 и 34,8%. Во второй год последствия куриного помёта уро-

жайность пшеницы в 2013-2015 гг. была достоверно больше, чем утиного, кроме вариантов с дозой 25 т/га. При внесении 20 т/га куриного помёта прибавка урожайности по сравнению с контролем увеличилась на 0,56 т/га или на 12,6%. Влияние азофоски было несущественным в оба года последействия.

Сбор зерновых единиц в звене севооборота в среднем за 3 цикла на контрольном варианте составил 11,60 т/га зерновых единиц (табл. 3). Максимальная продуктивность получена при внесении куриного и утиного помёта в дозе 15 т/га. По сравнению с контролем прибавка в сборе зерновых единиц составила соответственно 2,75 и 1,86 т/га или 23,7 и 16,0%. На варианте с максимальной дозой N₇₅P₇₅K₇₅ прибавка меньше, чем на варианте с дозой куриного помёта 15 т/га в 6,3 раза, утиного в этой же дозе – в 4,2 раза.

Таблица 3 – Продуктивность звена севооборота, т/га зерновых единиц. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Звено севооборота, т/га зерн. ед.			Суммарный сбор, т/га зерн. ед.	Прибавка к контролю	
	подсолнечник	озимая пшеница	озимая пшеница		т/га, зерн. ед.	%
контроль	3,43	3,73	4,44	11,60	-	-
куриный помёт, т/га						
10	4,47	5,07	4,85	14,39	2,36	20,3
15	4,61	5,29	4,88	14,78	2,75	23,7
20	4,47	5,19	4,99	14,65	2,62	22,6
25	4,08	5,03	4,63	13,74	1,71	14,7
утиный помёт, т/га						
10	4,09	5,03	4,58	13,70	1,67	14,4
15	4,12	4,98	4,79	13,89	1,86	16,0
20	4,24	4,94	4,63	13,81	1,78	15,3
25	4,31	4,98	4,58	13,87	1,84	15,9
азофоска, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	3,89	3,74	4,45	12,08	0,05	4,1
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	4,13	3,77	4,47	12,37	0,34	6,6
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	4,14	3,83	4,50	12,47	0,44	7,5
НСР ₀₅	0,66	1,20	0,41	1,16		

Масличность семян подсолнечника на контрольном варианте в среднем за 2011-2013 гг. составила 39,3%. Наибольшая прибавка в содержании масла по сравнению с контролем получена от действия куриного помёта в дозе 15 т/га – 5,2%, утиного в дозе 20 т/га – 4,8%. Сбор масла в среднем за 2011-2013 гг. увеличивался при внесении куриного помёта в дозах 10-15 т/га на 42,1-49,3% по сравнению с контролем, утиного в дозах 10-20 т/га – на 28,8-37,6%. Прибавка от внесения азофоски в дозах NPK 50-75 кг/га составила 26,7-26,8%.

Сбор белка в урожае озимой пшеницы после предшественника подсолнечник на контроле в среднем за 2012-2014 гг. составил 367 кг/га, озимой пше-

ницы по предшественнику озимая пшеница в среднем за 2013-2015 гг. – 435 кг/га. Увеличение в сборе белка к контролю составило в первый год последствий куриного помёта в дозах 10-15 т/га 46,9-54,9%, утиного в дозах 10-20 т/га – 40,9-43,3%, во второй год последствий куриного помёта в дозах 10-20 т/га – 13,7-20,1%, утиного в дозе 15 т/га – 11,6%. Суммарный сбор белка с урожаем озимой пшеницы, второй и третьей культуры звена севооборота, в среднем за 3 цикла на контроле составил 802 кг/га. Наибольшая прибавка получена на вариантах с дозами куриного помёта 10-20 т/га – 28,9-34,4%, от утиного в дозах 10-15 т/га – 21,8-25,1%. Содержание клейковины в зерне пшеницы в первый год последствий увеличивалось на вариантах с дозой 15 т/га помёта обоих видов до 25,8-26,6%, во второй год последствий – до 22,2% от 15 т/га куриного и 20 т/га утиного. В первый год последствий помёта обоих видов в дозах 15-25 т/га товарный класс зерна соответствовал третьему, во второй – четвертому.

4.6 Вынос элементов питания полевыми культурами, баланс и коэффициенты использования NPK из помёта в звене севооборота. Баланс NPK растений был посчитан с учётом, что побочная продукция растений не отчуждается с поля. Применение помёта обоих видов обеспечило положительный баланс фосфора во всех дозах. Баланс калия был положительным при увеличении дозы с 7,5 до 10 т/га. Профицит азота получен на вариантах с куриным помётом в дозах 20 и 25 т/га. При внесении куриного помёта в дозе 10 т/га отрицательный баланс в звене севооборота составил 100 кг/га. Ежегодный дефицит азота в размере 33 кг/га можно считать допустимым. При внесении куриного помёта в дозе 15 т/га отрицательный баланс по азоту был минимальным – 24 кг/га по звену севооборота. При внесении утиного помёта в дозах 10 и 15 т/га ежегодный дефицит азота составлял 71-74 кг/га. По мнению А.В. Петербургского (1979), применительно к азоту должно приниматься во внимание его мобилизация растениями из почвенных резервов. Особенно в том случае, если даже большой дефицит этого элемента не мешает получению высоких урожаев культур (Щербаков А.П., Рудай И.П. 1983; Гамзиков Г.П., 1986; Богомазов Н.П., 1994; Бельтюков Л.П., 1996). Применение азофоски в дозах $N_{50}P_{50}K_{50}$ и $N_{75}P_{75}K_{75}$ способствовало получению только положительного баланса фосфора. Максимальные коэффициенты использования NPK из куриного помёта в среднем за 3 цикла звена севооборота получены при его внесении в дозе 10 т/га: 57-12-48%. При внесении утиного помёта коэффициент использования азота на варианте с дозой 10 т/га 185%, 15 т/га – 171%. Использование фосфора из утиного помёта в дозах 10 и 15 т/га составляет 17-16% и калия - 66-68%.

4.7 Экономическая и биоэнергетическая эффективность выращивания культур в звене севооборота. В среднем за 3 цикла на контрольном варианте в звене севооборота рентабельность составила 203%, себестоимость 1 кг зерновых единиц 3,53 руб., уровень условно чистого дохода составил 83415 руб. Экономически обоснованная дальность транспортировки куриного помёта с учетом его последствий в звене севооборота при внесении в дозах 10, 15, 20 и 25 т/га составила – 23, 20, 13 и 7 км, утиного помёта в этих дозах – 15, 13, 10 и 7 км. Наибольший прирост энергии в урожае культур звена севооборота по сравнению с контролем обеспечило применение куриного помёта в дозах 10 и

15 т/га - на 27,9-30,0, утиного в дозе 10 т/га – на 18,9 ГДж/га.

5 Влияние куриного помёта на продуктивность звена зернопропашного севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох.

5.1 Методика исследований. Полевые опыты проведены в 2010-2015 гг. в условиях СПК агрофирмы «Новобатайская» Кагальницкого района Ростовской области. Почва – чернозем обыкновенный мощный (предкавказский).

Схема опыта: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2–7 варианты – применение перепревшего куриного помёта в 2010-2012 гг. в дозах 5*–7,5*–10–15–20–25 т/га (* в 2011 и 2012 гг.); 8-11 варианты – применение минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{120}P_{120}K_{120}$, $N_{150}P_{150}K_{150}$. Помёт вносили осенью под вспашку и заделывали на глубину 25-27 см. Азофоску 16-16-16 вносили весной под предпосевную культивацию свёклы. Предшественник свёклы – озимая пшеница. Использовали куриный помёт производства птицефабрики «Приазовская». Химический состав представлен в главе 4. Основная обработка почвы под яровой ячмень и горох в звене севооборота – дискование на глубину 10-12 см. Объекты исследований: гибрид сахарной свёклы ОРИКС, сорт ярового ячменя Приазовский 9 и гороха Аксайский усатый 5.

5.2 Содержание продуктивной влаги в почве под культурами звена севооборота. Перед посевом сахарной свёклы в 2011-2013 гг. запасы продуктивной влаги в почве в слое 0-100 см составляли 209,5-224,5 мм. От посева и до уборки свёклы влажность почвы снижалась. Иссущение почвы в 2013 г. отмечено в фазу смыкание листьев в междурядьях. Во все годы влагообеспеченность почвы под яровым ячменём и горохом была на высоком уровне.

5.3 Динамика и содержание доступных элементов питания в почве под сахарной свёклой, яровым ячменём и горохом. Применение помёта в дозах 10-25 т/га осенью под вспашку в среднем за 2011-2013 гг. к посеву свёклы в слое почвы 0-40 см повышало количество $N-NH_4$ с 51,6 кг/га на контроле до 64,6-71,3 кг/га, $N-NO_3$ – с 50,4 кг/га до 61,7-72,7 кг/га. Максимум количества азота обеих форм получен от дозы 20 т/га. От посева до фазы смыкание листьев в междурядьях на всех вариантах опыта в слое почвы 0-40 см количество $N-NH_4$ уменьшалось и к уборке практически не изменялось, запас $N-NO_3$ уменьшался от посева до фазы смыкание листьев в рядках. К фазе смыкание листьев в междурядьях уровень $N-NO_3$ увеличивался, но к уборке снижался. Наибольший уровень количества $N_{мин}$ в среднем за 2011-2013 гг. перед посевом свёклы под влиянием помёта получен в дозе 15 т/га – по сравнению с контролем на 37,1%. Влияние азофоски в фазу смыкание листьев в рядках на количество $N_{мин}$ было несущественным. Динамика изменений уровня $N_{мин}$ в почве на всех вариантах была сходной с изменениями $N-NO_3$. Увеличение количества $N_{мин}$ в почве в первый год последствий куриного помёта получено в дозах 15-25 т/га, во второй год - на всех вариантах опыта кроме доз 5 и 7,5 т/га. В среднем за вегетацию ячменя и гороха наибольшая обеспеченность почвы $N_{мин}$ получена от последствий помёта в дозах 10-25 т/га. В первый год прибавка по сравнению с контролем составила 22,0-26,4%, во второй – 11,6-22,6%.

В среднем за 2011-2013 гг. перед посевом свёклы содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см составило 14,2 мг/кг почвы, что соответствовало

низкой обеспеченности. Применение помёта осенью под вспашку в дозах 10-25 т/га в среднем за 2011-2013 гг. увеличивало к посеву содержание P_2O_5 в почве по сравнению с контролем на 26,8-33,8%. В среднем за 2012-2013 гг. достоверное увеличение уровня P_2O_5 по сравнению с контролем получено под действием помёта в дозе 7,5 т/га, но оно меньше, чем от дозы 10 т/га. На контроле от посева и до фазы смыкания листьев в междурядьях в слое 0-40 см содержание в почве P_2O_5 снижалось. К уборке его количество увеличивалось по сравнению с предыдущим сроком отбора на 9,9%. Выпавшие осадки перед уборкой свёклы восстановили равновесие в почвенном растворе между различными формами фосфатов. На вариантах с применением помёта количество P_2O_5 снизилось в фазу смыкания листьев в рядах и до уборки оставалось не изменялось. На вариантах с азофоской уменьшение содержания P_2O_5 в почве происходило в течение всей вегетации. В среднем за вегетацию ячменя в первый год последствия помёта в дозах 10-25 т/га содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см по сравнению с контролем увеличивалось на 16,5-18,8%. Во второй год последствия помёта в среднем за вегетацию гороха максимальный уровень P_2O_5 в почве получен от дозы 15 т/га. Прибавка к контролю составила 11,3%.

В среднем за 2011-2013 гг. перед посевом свёклы обеспеченность почвы обменным калием в слое 0-40 см составила 619 мг/кг почвы. На фоне очень высокой обеспеченности почвы обменным калием применение помёта и азофоски не оказывало существенного влияния на его содержание в почве. В течение вегетации на контроле происходило снижение содержания обменного калия в почве. На вариантах с удобрениями интенсивное уменьшение количества K_2O происходило до фазы смыкания листьев в междурядьях, к уборке его содержание не изменялось. В среднем за 2012-2014 гг. перед посевом ячменя содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см от последствия помёта в дозах 10-25 т/га повышалось по сравнению с контролем на 4,4-7,2% и не зависело от дозы. От посева до фазы колошения в почве происходило снижение количества обменного калия, к уборке – оно существенно не изменялось. Перед посевом гороха в среднем за 2013-2015 гг. увеличение содержания обменного калия в слое почвы 0-40 см получено от последствия помёта в дозах 20 и 25 т/га. В течение вегетации в почве происходило равномерное снижение обеспеченности почвы K_2O . Различий между вариантами опыта в зависимости от дозы удобрений не было.

5.4 Биометрические показатели, содержание и динамика поступления элементов питания в растения. В среднем за 2011-2013 гг. в фазу смыкания листьев в междурядьях свёклы наибольшие биометрические показатели растений сформированы под действием помёта в дозах 15-20 т/га. Влияние помёта в дозах 15-25 т/га в фазу смыкания листьев в рядах отмечено только в повышении концентрации калия в подземной массе свёклы, в фазу смыкания листьев в междурядьях в дозах 10-15 т/га на содержание азота. Последствие помёта в дозе 15 т/га в среднем за 2012-2014 гг. максимально увеличивало высоту и массу растений ярового ячменя в фазу колошения, азофоски – в максимальной дозе. Концентрация элементов питания в растениях ячменя увеличивалась под влиянием последствия помёта в дозах 15-25 т/га, последствия азофоски - в

дозах NPK 120 и 150 кг/га. В среднем за 2013-2015 гг. существенное влияние последствие помёта на высоту и массу растений гороха в фазу стеблевания получено от доз 15-25 т/га, увеличение концентрации NPK – в дозах 10-25 т/га.

5.5 Урожайность и качество продукции, продуктивность звена севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох. На контроле урожайность корнеплодов сахарной свёклы была наименьшей в 2012 г. 57,1 т/га и наибольшей и практически одинаковой в 2011 и 2013 гг. 86,6 и 85,2 т/га. В среднем за 2011-2013 гг. она составила 76,3 т/га. Наибольшая прибавка по сравнению с контролем урожайности корнеплодов в среднем за 2011-2013 гг. сформирована под действием помёта в дозах 15 и 20 т/га - 22,3-22,8%. Максимальная прибавка зерна ячменя получена по сравнению с контролем в первый год последствия помёта в дозе 15 т/га – 40,0%, во второй год на горохе в дозе 20 т/га – 23,7%. Эффект от последствия азофоски в максимальной дозе на ячмене в 1,8 раза меньше, на горохе – в 1,5 раза. В среднем за 3 цикла звена севооборота на контроле сбор зерновых единиц составил 24,87 т/га (табл. 4). Применение помёта в дозе 20 т/га увеличивало продуктивность по сравнению с контролем на 24,6%. Эффект от оптимальной дозы азофоски $N_{150}P_{150}K_{150}$ меньше в 1,6 раза.

Таблица 4 – Продуктивность звена зернопропашного севооборота, т/га зерновых единиц. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Звено севооборота, т/га зерн. ед.			Суммарный сбор, т/га зерн. ед.	Прибавка к кон- тролю	
	сахарная свекла	яровой ячмень	горох		т/га, зерн. ед.	%
контроль	19,80	2,61	2,46	24,87	-	-
куриный помёт, т/га						
10	23,77	3,39	2,81	29,97	5,10	20,5
15	24,27	3,65	2,99	30,91	6,04	24,3
20	24,37	3,57	3,05	30,99	6,12	24,6
25	23,03	3,37	2,98	29,38	4,51	18,1
азофоска, кг/га						
$N_{60}P_{60}K_{60}$	21,63	2,71	2,50	26,84	1,97	7,9
$N_{90}P_{90}K_{90}$	22,33	2,80	2,55	27,68	2,81	11,3
$N_{120}P_{120}K_{120}$	22,83	3,02	2,71	28,56	3,69	14,8
$N_{150}P_{150}K_{150}$	22,57	3,18	2,85	28,60	3,73	15,0
HCP_{05}	1,56	0,59	0,25	1,80		

Сахаристость корнеплодов свёклы на контроле в среднем за 2011-2013 гг. составила 16,8%, что обеспечило сбор сахара 12,7 т/га. Наибольшая прибавка в сборе сахара по сравнению с контролем от применения помёта дозе 20 т/га составила 29,4%, азофоски в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ - 19,7%. Белковость зерна ярового ячменя на контроле в среднем за 2012-2014 гг. составила 11,0%, а сбор белка - 245 кг/га. Содержание белка в зерне гороха в среднем за 2013-2015 гг. на контроле 22,4%, а сбор белка – 479 кг/га. Максимальная прибавка в сборе белка в

урожае зерна ячменя получена от последействия помёта в дозе 15 т/га - 48,6%, гороха в дозе 20 т/га – 28,7%. Эффект от последействия азофоски в максимальной дозе на ячмене меньше, чем от оптимальной дозы помёта в 1,9 раза, горохе – в 1,7 раза. Сбор белка в среднем за 3 цикла звена севооборота в урожае ячменя и гороха увеличивался от последействия помёта в дозах 10-20 т/га по сравнению с контролем на 22,7-34,0%, азофоски в дозе 150 кг/га NPK – на 19,3%.

5.6 Вынос и баланс питательных веществ, коэффициенты использования NPK из помёта в звене севооборота. Баланс NPK в звене севооборота был положительным по фосфору на всех вариантах опыта, включая дозы помёта 5 и 7,5 т/га, по азоту – лишь от максимальной дозы помёта (таблица 5). Баланс калия близок к нулевому при внесении 10 т/га помёта. Дефицит азота при внесении помёта в дозах 10 и 15 т/га в звене севооборота составил 186 и 113 кг/га, ежегодный – 62 и 38 кг/га. Снижению дефицита азота способствовало введение в звено севооборота гороха. После его уборки на вариантах с последействием помёта в дозах 10-15 т/га в слое почвы 0-40 см было накоплено за счёт симбиотической азотфиксации 70,9-73,5 кг/га минерального азота. Максимальные коэффициенты использования NPK из помёта получены при его внесении в дозе 10 т/га 58-13-69%. Коэффициент использования азота из азофоски в дозе $N_{150}P_{150}K_{150}$ больше на 14%, но калия - меньше на 10%. Степень использования фосфора различалась несущественно. С увеличением дозы помёта до 15 т/га они существенно снижались на 11-2-20%.

Таблица 5 - Баланс элементов питания в звене севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох в среднем, кг/га. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Приход			Расход			Баланс		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	-	-	-	301	56	181	-301	-56	-181
куриный помёт, т/га									
10	175	164	237	361	66	245	-186	98	-8
15	262	246	356	375	72	254	-113	174	102
20	349	327	475	375	72	261	-26	255	214
25	437	409	594	353	66	252	84	343	342
азофоска, кг/га									
$N_{60}P_{60}K_{60}$	60	60	60	318	58	178	-258	2	-118
$N_{90}P_{90}K_{90}$	90	90	90	330	61	195	-240	29	-105
$N_{120}P_{120}K_{120}$	120	120	120	350	66	206	-230	54	-86
$N_{150}P_{150}K_{150}$	150	150	150	390	67	231	-240	83	-81

5.7 Экономическая и биоэнергетическая оценка выращивания сахарной свёклы, ярового ячменя и гороха в звене севооборота. В среднем за 3 цикла звена на контрольном варианте рентабельность составила 257%, себестоимость 1 кг зерновых единиц 2,90 руб., уровень условно чистого дохода составил 185705 руб. Оптимальное расстояние перевозок куриного помёта от места хранения с учетом его последействия в звене севооборота в среднем за 3

цикла составило при применении помёта в дозе 10 т/га – 34 км, 15 т/га – 26 км, 20 т/га – 19 км и 25 т/га – 11 км. В среднем за 2 цикла транспортировка помёта в дозе 5 т/га целесообразна на 39 км, в дозе 7,5 т/га – на 31 км и 10 т/га – 34 км. Применение минеральных удобрений под свёклу в дозах НРК 60-120 кг/га увеличивало условный чистый доход с 1 га по сравнению с контролем на 22517-31429 рублей. Но рентабельность на вариантах с азофоской была ниже, а себестоимость выше, чем на контрольном варианте. Применение помёта в дозе 10 т/га обеспечило наиболее высокий коэффициент энергетической эффективности и низкую энергоёмкость продукции в звене севооборота. Прирост энергии в урожае повысился по сравнению с контролем от дозы 10 т/га на 74,3, от 15 т/га – ещё на 10,1 ГДж/га. Но коэффициент энергетической эффективности при внесении меньше, а энергоёмкость продукции выше по сравнению с контролем.

6 Влияние индюшиного помёта на продуктивность звена зернопропашного севооборота подсолнечник, яровой ячмень, озимая пшеница.

6.1 Методика исследований. Полевые опыты проведены в 2010-2015 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО Донской ГАУ в Октябрьском районе Ростовской области. Почва – чернозем обыкновенный среднесиловый (североприазовский).

Схема опыта: Фактор А – основная обработка почвы осенью: отвальная плугом на 23-25 см и дискование на 10-12 см. Фактор В – внесение помёта и минеральных удобрений: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2–7 варианты – внесение индюшиного помёта в дозах 5*; 7,5*; 10, 15, 20, 25 т/га (* – в 2012 и 2013 гг.); 8-10 варианты – внесение минеральных удобрений в дозах $N_{25}P_{25}K_{25}$, $N_{50}P_{50}K_{50}$, $N_{75}P_{75}K_{75}$. Внесение помёта осуществляли осенью. Минеральные удобрения (азофоска 16-16-16) применяли под предпосевную культивацию. Предшественник подсолнечника – озимая пшеница. Повторность опыта четырехкратная. Использовали индюшиный помёт производства компании ООО «ЕВРОДОН» Октябрьского района Ростовской области. В среднем за 2010-2012 гг. влажность помёта составила 54,3%, содержание на абсолютно сухое вещество общего азота 3,90%, общего P_2O_5 – 4,60%, общего K_2O – 4,50%, органического вещества в пересчёте на углерод 38,53%. Соотношение C:N составило 9,88. Основная обработка почвы под яровой ячмень и озимую пшеницу в звене зернопропашного севооборота – дискование на 10-12 см. Объекты исследований: гибрид подсолнечника Юпитер F1, сорт ярового ячменя Приазовский 9 и озимой пшеницы Престиж.

6.2 Динамика продуктивной влаги в почве под подсолнечником, яровым ячменём и озимой пшеницей. Содержание доступной влаги в почве в среднем за 2011-2013 гг. в течение вегетации подсолнечника при обработке почвы дискованием и вспашкой существенно не различалось. Хорошие условия влагообеспеченности почвы сложились в 2011 и 2012 гг., в 2013 году – неблагоприятные. Перед посевом ярового ячменя по предшественнику подсолнечник в 2012-2014 гг. в метровом слое почвы запасы продуктивной влаги составили 107,4-136,4 мм. В течение вегетации во все годы в почве происходило снижение её влагообеспеченности. Перед посевом озимой пшеницы по предшественнику яровой ячмень количество доступной влаги в слое почвы 0-100 см было минимальным в 2012 и 2014 г. 10,4 и 30,9 мм, максимальным в 2013 г. – 100,3

мм. К фазе весеннее кушение в слое почвы 0-100 см запасы продуктивной влаги увеличились, но в дальнейшем происходило их снижение вплоть до уборки.

6.3 Содержание и динамика минерального азота, подвижного фосфора, обменного калия и гумуса в почве под культурами звена севооборота.

В среднем за 2011-2013 гг. к посеву подсолнечника количество $N-NH_4$ в слое почвы 0-40 см по двум фонам обработки почвы одинаково – 48,3 и 48,4 кг/га. Во влиянии на содержание нитратного азота и обменного калия в почве проявилось преимущество мелкой обработки: на контроле 106 и 75 кг/га $N-NO_3$ и 417 и 360 мг/кг почвы K_2O , а на содержание подвижного фосфора – вспашки – 13,2 и 11,6 мг/кг почвы. Количество $N-NH_4$ в слое 0-40 см увеличивалось к посеву подсолнечника под влиянием помёта при заделке в почву дискованием – до 72,9-86,7 кг/га, при вспашке – до 61,7-78,1 кг/га и достигало максимума на вариантах с дозой 20 т/га. Количество $N-NO_3$ в почве по фону вспашка повышалось под действием помёта в среднем по всем вариантам на 60,5, по дискованию – лишь на 42,8 кг/га. Изменения при увеличении дозы с 20 до 25 т/га неустойчивы. В среднем за 2011-2013 гг. к посеву отмечено преимущество в увеличении запаса $N_{мин}$ в почве по фону дискование. На контроле оно составило 31,2 кг/га и обусловлено различиями в количестве нитратной формы. С фазы бутонизация уровень обеспеченности почвы $N_{мин}$ резко понизился. В среднем за вегетацию подсолнечника существенных различий в количестве $N_{мин}$ в слое почвы 0-40 см не было. Перед посевом ярового ячменя по предшественнику подсолнечник в среднем за 2012-2014 гг. запас $N_{мин}$ в слое 0-40 см был практически одинаковым по двум фонам обработки почвы под подсолнечник – 63,7-65,3 кг/га. На вариантах с последствием помёта обеспеченность почвы $N_{мин}$ перед посевом возрастала с повышением его дозы. В среднем за вегетацию ярового ячменя количество в почве $N_{мин}$ в слое 0-40 см на вариантах с последствием помёта, внесённого под вспашку, был выше по сравнению с дискованием на 14,4%. Количество в почве $N_{мин}$ перед посевом озимой пшеницы, третьей культуры звена севооборота, на контроле составило 30,8-32,6 кг/га. В среднем за вегетацию пшеницы максимальный запас $N_{мин}$ в слое почвы 0-40 см по обоим фонам обработки было при внесении помёта в дозе 25 т/га.

Максимальное увеличение подвижного фосфора в среднем за 2011-2013 гг. в слое почвы 0-40 см к посеву обеспечило внесение 10 т/га помёта: по дискованию 4,1, а по вспашке - 5,6 мг/кг почвы. При заделке помёта дискованием преимущество этого варианта по сравнению с остальными сохранилось в течение всей вегетации. При заделке плугом эффект нарастал с повышением дозы до 20 т/га. В течение вегетации различия между фонами утратились.

Проявилась миграция фосфора в слой почвы 20-40 см при заделке помёта дискованием. В 2012 г. при внесении помёта в дозах 7,5-25 т/га содержание P_2O_5 к посеву по сравнению с контролем увеличилось на 2,0-4,1 мг/кг почвы или 16,5-33,9%, в 2013 году от доз 5-15 т/га - 2,7-3,6 мг/кг или 27,6-36,7%.

В среднем за вегетацию ячменя и озимой пшеницы наибольшая обеспеченность почвы подвижным фосфором в слое 0-40 см в первый и во второй год последствия по сравнению с контролем по фону с заделкой помёта дискова-

нием получена в дозе 15 т/га, под плуг – 20 т/га. Увеличение уровня P_2O_5 между дозами помёта математически недостоверны по обоим способам заделки.

Запашка помёта оказала большее влияние на калийный режим почвы, чем дискование. Максимальное увеличение содержания обменного калия по фону дискование в слое почвы 0-40 см в среднем за 2011-2013 гг. составило 29 мг/кг почвы при внесении 10 т/га, а по вспашке - 62 при внесении 20 т/га. В целом за вегетацию подсолнечника на вариантах с помётом преимущество фона дискования незначительно. В среднем за вегетацию ячменя наибольшая обеспеченность почвы K_2O в среднем за 2012-2014 гг. получена на вариантах с дозой помёта 25 т/га по обоим способам его заделки. Прибавка по сравнению с контролем составила при его внесении под дискование 7,6%, под вспашку – 15,2%. В целом за вегетацию озимой пшеницы наибольшая обеспеченность почвы обменным калием в среднем за 2012-2015 гг. получена на вариантах с дозами 15-25 т/га, внесённого под дискование, и 20-25 т/га – под плуг.

Перед посевом озимой пшеницы, третьей культуры звена севооборота, в слое почвы 0-40 см отмечено существенное увеличение содержания гумуса на варианте с применением помёта в дозах 15 и 20 т/га под вспашку сравнению с контролем (2,98%) на 0,10-0,11%. В уборку озимой пшеницы различия между вариантами опыта в содержании гумуса не было.

6.4 Формирование вегетативной массы и потребление элементов питания растениями подсолнечника, ярового ячменя и озимой пшеницы. В среднем за 2011-2013 гг. максимальное увеличение высоты и массы растений подсолнечника в фазу цветения подсолнечника вызвало применение помёта в дозе 15 т/га по обоим фонам обработки почвы. На всех этапах вегетации под влиянием помёта в растениях повышалась концентрация элементов питания. В среднем за 2012-2014 гг. вспашка, проведённая под подсолнечник, на контроле оказала достоверное влияние на высоту растений ячменя по сравнению с дискованием. Максимально увеличивало высоту и массу растений последствие помёта в дозах 20-25 т/га по обоим способам его заделки, а концентрацию NPK в растениях в дозах 15-25 т/га при внесении под дискование, по вспашке – 20-25 т/га. В среднем за 2013-2015 гг. во второй год последствия в фазу колошение пшеницы наибольшие биометрические показатели растений сформированы на вариантах по обоим фонам его заделки в почву в дозе 25 т/га. Наибольшее содержание элементов питания в растениях пшеницы получено от последствия помёта в дозе 25 т/га, внесённого под плуг, и 20 т/га – под дискование.

6.5 Продуктивность звена севооборота, урожайность и качество продукции полевых культур. При удовлетворительных погодных условиях в течение вегетации подсолнечника и средней обеспеченности почвы фосфором его урожайность без применения удобрений на фоне основной обработки почвы плугом и дискатором практически одинакова, при экстремальных (2013 г.) - существенно выше по вспашке. В среднем за 2011-2013 гг. оптимальным является применение помёта в дозе 10 т/га под вспашку: урожайность 2,00 т/га, прибавка к контролю 0,66 т/га или 49,3%. Под действием азофоски в дозе $N_{50}P_{50}K_{50}$ по обоим фонам обработки урожайность увеличилась на 0,36-0,41 т/га. Изменения урожайности подсолнечника в наибольшей степени зависели от

влияния помёта на азотный режим почвы. Зависимость теснее по фону вспашка. Индекс корреляции с содержанием $N-NO_3$ в слое почвы 0-40 см перед посевом $0,819 \pm 0,153$, с $N_{мин}$ - $0,876 \pm 0,129$. Содержание $N_{мин}$ в почве на 71% обусловлено общим количеством азота в помёте - $\hat{\eta} = 0,845 \pm 0,143$ (рис. 5).

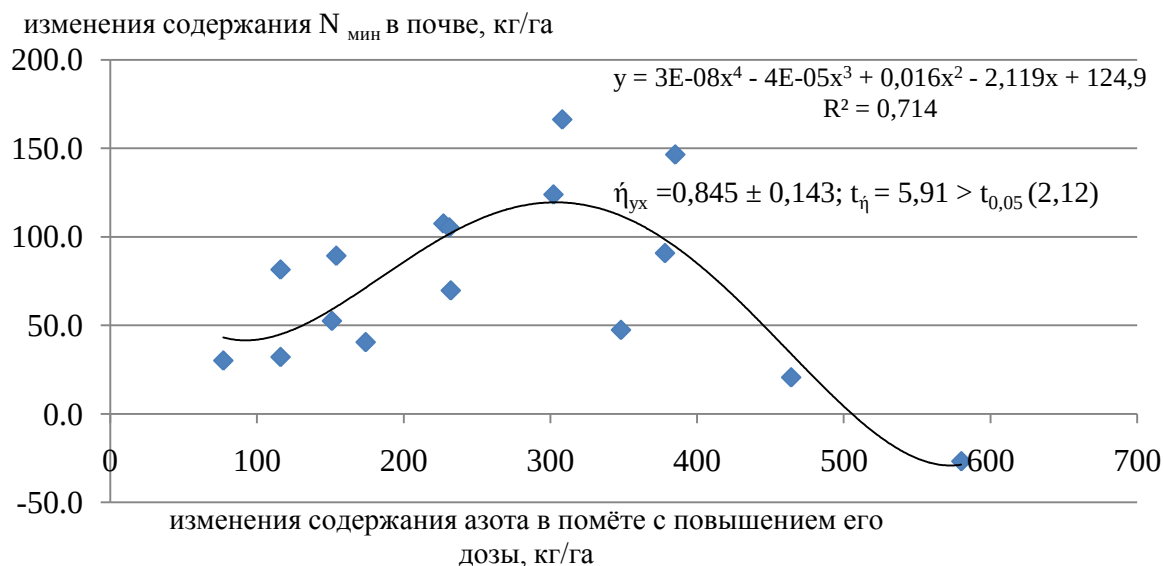


Рисунок 5. Зависимость изменений содержания $N_{мин}$ в почве под подсолнечником по фону вспашка от количества азота в гектарной дозе помёта

Пик достигался при внесении 300 кг/га, а резкое уменьшение начиналось при дозе более 400 кг/га и более, что является порогом экологической безопасности применения помёта. В среднем это эквивалентно дозе помёта 22 т/га.

Урожайность зерна ярового ячменя в среднем за 2012-2014 гг. по фону с минимальной обработкой, проведённой под подсолнечник, на контроле составила 1,00 т/га, по фону с отвальной обработкой достоверно выше – 1,42 т/га. Оптимальная доза индюшиного помёта 15 т/га при заделке дискованием, вспашкой – 10 т/га. Прибавка по сравнению с контролем соответственно составила 88,0 и 33,8%. Урожайность зерна озимой пшеницы в среднем за 2013-2015 гг. на контрольном варианте по фону дискование составила 2,33 т/га, по вспашке – больше на 0,25 т/га. Но это различие математически недостоверно. Во второй год последствий помёта, заделанного в почву дискованием, сохранилось преимущество дозы 15 т/га, по вспашке – 20 т/га. Прибавка урожайности к контролю составила 56,2 и 37,3%. В среднем за 3 цикла звена севооборота сбор зерновых единиц на контрольном варианте по фону минимальная обработка составил 5,02 т/га, по фону с отвальной обработкой существенно больше – 5,97 т/га (табл. 6). Оптимальная доза помёта для повышения продуктивности звена севооборота по обоим фонам обработки почвы 15 т/га. По фону с дискованием прибавка к контролю составила 61,4%, по вспашке – лишь 38,9%. Эффект от азофоски в звене севооборота меньше, чем на оптимальных вариантах с помётом по фону с минимальной обработкой в 3,2 раза, по вспашке – в 2,7 раза.

Вид основной обработки почвы не оказал влияния на маслячность семян, на контроле в среднем за 2011-2013 гг. - 36,9 и 37,0%. Но сбор жира с 1 га на

11,6% выше по вспашке. Максимальная масличность 41,7% получена при внесении помёта в дозе 10 т/га под вспашку, 755 кг/га.

Таблица 6 – Продуктивность звена севооборота, т/га зерновых единиц. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Звено севооборота, т/га зерн. ед.			Суммарный сбор, т/га зерн. ед.	Прибавка к контролю	
	подсолнечник	яровой ячмень	озимая пшеница		т/га зерн. ед.	%
индюшиный помёт, т/га (заделка – дискование)						
контроль	1,69	1,00	2,33	5,02	-	-
10	2,33	1,83	3,30	7,46	2,44	48,6
15	2,58	1,88	3,64	8,10	3,08	61,4
20	2,42	1,80	3,44	7,66	2,64	52,6
25	2,19	1,56	3,20	6,95	1,93	38,4
азофоска, кг/га (фон – дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	1,95	1,05	2,34	5,34	0,32	6,4
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,29	1,13	2,39	5,81	0,79	15,7
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,37	1,18	2,44	5,99	0,97	19,3
индюшиный помёт, т/га (заделка – вспашка)						
контроль	1,97	1,42	2,58	5,97	-	-
10	2,93	1,90	3,32	8,15	2,18	36,5
15	3,00	1,79	3,50	8,29	2,32	38,9
20	2,93	1,76	3,54	8,23	2,26	37,9
25	2,78	1,71	3,38	7,87	1,90	31,8
азофоска, кг/га (фон – вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,18	1,44	2,59	6,21	0,24	4,0
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,38	1,49	2,63	6,50	0,53	8,9
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,59	1,55	2,69	6,83	0,86	14,4
НСР ₀₅						
обработка	0,22	0,09	F _ф < F _{теор}	0,36		
доза	0,45	0,19	0,50	0,72		
общая	F _ф < F _{теор}	0,27	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}		

Первостепенное значение в накоплении жира в семенах подсолнечника имело соотношение N_{мин} и подвижного фосфора в почве в период бутонизация – цветение, зависимость отрицательная, $\eta = -0,797 \pm 0,147$. Азофоска на содержание жира в семенах влияния не оказали. Сбор белка в урожае зерна ярового ячменя в среднем за 2012-2014 гг. и озимой пшеницы в среднем за 2013-2015 гг. на контрольном варианте по фону с минимальной обработкой составил 99 и 220 кг/га, с отвальной – 136 и 242 кг/га. Наибольшая прибавка в сборе белка обеих культур получена от последействия помёта в дозе 15 т/га, внесённого под дискование, 92,3 и 63,6%, по вспашке на ячмене в дозе 10 т/га – 36,8%, на озимой пшенице в дозе 20 т/га – 44,2%. Суммарный сбор белка в урожае обеих культур

в среднем за 3 цикла звена севооборота увеличивался по сравнению с контролем по обоим фонам от последствий помёта в дозе 15 т/га, заделанного в почву дискованием, на 72,6%, под вспашку в дозах 10-20 т/га – на 34,6-38,2%. Товарный класс зерна озимой пшеницы во все годы соответствовал четвертому.

6.6 Вынос и баланс элементов питания растений в звене севооборота, коэффициенты использования NPK из помёта. Применение помёта во всех дозах обеспечило положительный баланс в звене севооборота по фосфору и калию, по азоту – кроме минимальной дозы 5 т/га. При внесении оптимальной дозы помёта 10 т/га под вспашку коэффициенты использования NPK в звене севооборота – 45-5-43% NPK, под дискование – 46-4-51%.

6.7 Экономическая и биоэнергетическая эффективность выращивания полевых культур в звене севооборота. Наиболее высокие экономические показатели получены в звене севооборота при применении вспашки в качестве основной обработки почвы под подсолнечник по сравнению с дискованием. Рентабельность на контроле в звене севооборота составила 65%, себестоимость производства 1 кг зерновых единиц 6,07 рублей. С учётом последствий помёта в звене севооборота экономически обоснованная дальность перевозок помёта для внесения в оптимальной дозе 10 т/га под вспашку до 33 км, в дозе 15 т/га – 23 км, 20 т/га – 16 км и 25 т/га – 10 км. В среднем за 2 цикла чередования культур с дозами 5 и 7,5 т/га сохранилось преимущество применения помёта в дозе 10 т/га. Внесение помёта под вспашку в дозе 10 т/га обеспечило высокие показатели биоэнергетической эффективности в звене севооборота. Прирост энергии в урожае по сравнению с контролем увеличился на 18,9 ГДж/га.

7 Влияние индюшиного помёта на продуктивность звена зернопарового севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень.

7.1 Методика исследований. Полевые опыты проведены в 2008-2012 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО ДонГАУ. Почва – чернозем обыкновенный среднесиловый (североприазовский).

Схема опыта: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2–5 варианты – применение перепревшего индюшиного помёта в дозах 5; 10, 15, 20 т/га; 8-10 – варианты – применение минеральных удобрений в дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$. Использовали подстилочный помёт на подсолнечной лузге производства компании ООО «ЕВРОДОН» Октябрьского района Ростовской области. В среднем за 2008-2010 гг. влажность помёта составила 47,86%, содержание на абсолютно сухое вещество общего азота 3,77%, общего P_2O_5 – 4,49%, общего K_2O – 3,25%, органического вещества в пересчёте на углерод 37,21%. Соотношение C:N – 9,87. Предшественник ярового ячменя – озимая пшеница. Помёт и азофоску (16-16-16) вносили весной под предпосевную культивацию ячменя. Основная обработка почвы под подсолнечник и яровой ячмень в звене севооборота – вспашка на глубину 23-25 см. Объекты исследований: сорт ярового ячменя Одесский 100 и подсолнечника Донской 60.

7.2 Динамика продуктивной влаги в почве под культурами звена севооборота. Перед посевом ярового ячменя в 2008-2010 гг. в метровом слое содержание продуктивной влаги составило 152,4-167,7 мм. Во все годы от посева и до уборки ячменя происходило снижение влажности почвы. Перед посевом

подсолнечника по предшественнику яровой ячмень запасы влаги в слое почвы 0-100 см оценивались как высокие в 2010 г. – 157,9 мм, низкие в 2009 г. – 103,2 и средние в 2010 гг. - 127,9 мм. В 2010 г. от посева и до уборки в почве происходило снижение запасов влаги, в 2009 и 2011 гг. - до фазы цветения. Перед посевом ярового ячменя по подсолнечнику содержание доступной влаги в слое почвы 0-100 см в 2012-2014 гг. составило 133,4-144,4 мм. От посева и до уборки в почве под ячменём происходило равномерное снижение запасов влаги.

7.3 Содержание и динамика доступного азота, фосфора и калия для растений в почве под культурами звена севооборота. Применение индюшного помёта в дозах 5-20 т/га весной под предпосевную культивацию в среднем за 2008-2010 гг. к фазе выход в трубку ячменя в слое 0-40 см увеличивало количество $N-NO_3$ в почве – с 35,4 на контроле до 40,7-65,1 кг/га, азофоска в дозах 30-90 кг/га NPK – до 37,4-51,5 кг/га. Влияние помёта на запас $N-NH_4$ в почве было незначительно, но снижение его количества происходило до уборки, нитратного азота - до фазы колошения. К уборке количество $N-NO_3$ в почве увеличивалось. Динамика $N_{мин}$ в слое почвы 0-40 см была сходной с изменениями $N-NO_3$, как его преобладающей формы. В среднем за вегетацию подсолнечника и ячменя от последствий помёта в дозе 20 т/га получена прибавка в увеличении запаса $N_{мин}$ по сравнению с контролем в первый год 49,5%, во второй - 25,8%.

Перед посевом ярового ячменя содержание подвижного фосфора в слое 0-20 см в среднем за 2008-2010 гг. составило 23,2 мг/кг почвы, в слое почвы 20-40 см - 17,6 мг/кг и соответствовала средней обеспеченности. Максимальное увеличение подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см в фазу выход в трубку в среднем за 2008-2010 гг. получено на варианте с дозой помёта 20 т/га. Прибавка к контролю составила 6,8 мг/кг или 32,1%. От действия дозы азофоски $N_{90}P_{90}K_{90}$ - меньше на 6,2%. В слое почвы 20-40 см изменений обеспеченности почвы подвижным фосфором под действием удобрений не было. В обоих слоях почвы на всех вариантах опыта до уборки происходило снижение содержания подвижного фосфора. В целом за вегетацию подсолнечника и ячменя в первый и во второй год последствий помёта с дозами 10-20 т/га отмечена наибольшая и практически одинаковая обеспеченность почвы подвижным фосфором в слое 0-40 см. Прибавка к контролю составила в первый год 16,9%, во второй - 10,4%.

Наибольшее увеличение обменного калия в фазу выход в трубку ячменя в слое почвы 0-20 см в среднем за 2008-2010 гг. получено от дозы помёта 20 т/га, которое составило к контролю 10,6%. Эффект от азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ меньше на 3,9%. До фазы колошения ячменя содержание обменного калия в обоих слоях почвы снижалось и практически не изменялось до уборки. В среднем за вегетацию подсолнечника в первый год последствий помёта наибольшее увеличение содержания обменного калия в почве было на вариантах дозами 15-20 т/га, ячменя во второй год последствий - в дозе 20 т/га.

7.4 Влияние удобрений на биометрические показатели и динамику поступления элементов питания в растения в звене севооборота. Применение помёта в среднем за 2008-2010 гг. увеличивало высоту и массу растений при доведении дозы до 15 т/га, на вариантах с азофоской – до максимальной. Преимущество этих доз помёта и азофоски получено и в увеличении концен-

трации NPK в растениях ячменя. В первый и во второй год последействия наибольшие биометрические показатели растений подсолнечника и ячменя сформированы на варианте с помётом в дозе 20 т/га. Но максимальная концентрация NPK в растениях подсолнечника получена от последействия помёта в дозе 15 т/га и азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$, в растениях ячменя – в дозах 15 и 20 т/га.

7.5 Продуктивность звена севооборота, урожайность и качество продукции ярового ячменя, подсолнечника, ярового ячменя. В среднем за 2008-2010 гг. урожайность ярового ячменя составила 1,96 т/га. Одинаковая урожайность ячменя сформирована на вариантах с помётом в дозах 10 и 15 т/га. Прибавка к контролю составила 50,5-51,0%. Эффект от применения азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ больше, чем от дозы 10 т/га на 11,2%. В первый год последействия максимальная прибавка урожайности подсолнечника 0,47 т/га или 37,6% получена от дозы 15 т/га. Эффект от последействия азофоски в дозах 60-90 NPK меньше на 21,3%. Во второй год последействия помёта одинаковая прибавка урожайности зерна ячменя к контролю получена на вариантах с дозами 10 и 15 т/га - 17,1%. Эффект максимальной дозы азофоски в 2,2 раза меньше, чем от помёта. В среднем за три цикла звена севооборота продуктивность на контроле составила 5,34 т/га (таблица 7).

Таблица 7 – Продуктивность звена севооборота, т/га зерновых единиц. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Звено севооборота, т/га зерн. ед.			Суммарный сбор, т/га зерн. ед.	Прибавка к кон- тролю	
	яровой ячмень	подсолнечник	яровой ячмень		т/га, зерн. ед.	%
контроль	1,96	1,84	1,54	5,34	-	-
индюшиный помёт, т/га						
5	2,41	2,03	1,61	6,05	0,71	13,3
10	2,96	2,17	1,80	6,93	1,59	29,8
15	2,95	2,53	1,80	7,28	1,94	36,3
20	2,78	2,50	1,78	7,06	1,72	32,2
азофоска, кг/га						
$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,42	1,91	1,55	5,88	0,54	10,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,71	2,14	1,60	6,45	1,11	20,8
$N_{90}P_{90}K_{90}$	3,18	2,13	1,66	6,97	1,63	30,5
НСР ₀₅	0,49	0,19	0,07	0,61		

Наибольшая прибавка по сравнению с контролем получена от действия помёта в дозе 15 т/га 1,94 т/га или 36,3%. Эффект от азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ лишь на 5,8% меньше, чем на оптимальном варианте с помётом.

Сбор белка в урожае зерна ярового ячменя на контрольном варианте в среднем за 2008-2010 гг. составил 187 кг/га. Максимальный сбор белка в урожае ячменя по сравнению с контролем получен от дозы помёта 15 т/га – 143 кг/га или 76,6%, азофоски в дозе NPK 90 кг/га - больше на 8,2%. Но эффект от

помёта в дозе 10 т/га был лишь на 4,1% больше, чем от оптимальной дозы 15 т/га. Сбор масла по сравнению с контролем (467 кг/га) в среднем за 2009-2011 гг. от последствий помёта в дозе 15 т/га увеличился на 41,4%. Эффект от последствий азофоски в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ меньше в 2,1 раза. Во второй год последствий сбора белка в урожае ячменя в дозах 10 и 15 т/га повысился по сравнению с контролем на 18,6-19,3%. Эффект от оптимальной дозы азофоски $N_{90}P_{90}K_{90}$ меньше в 2,2-2,3 раза. В среднем за 3 цикла звена севооборота одинаковое увеличение в сборе белка в урожае культур ярового ячменя от прямого действия и последствий помёта в дозе 15 т/га и азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$, которое составило по сравнению с контролем 170,0 кг/га или 52,1%. Это лишь на 2,7% больше, чем от действия помёта в дозе 10 т/га.

7.6 Вынос и баланс элементов питания в звене севооборота, коэффициенты использования NPK из помёта полевыми культурами. Применение помёта во всех дозах обеспечило положительный баланс в звене севооборота по фосфору и калию, отрицательный по азоту – в дозе 5 т/га (табл. 8).

Таблица 8 - Баланс элементов питания в звене севооборота, кг/га. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Приход			Расход			Баланс		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	-	-	-	98	14	30	-98	-14	-30
индюшиный помёт под предпосевную культивацию, т/га									
5	98	118	85	123	18	40	-25	100	45
10	196	236	170	134	22	46	62	214	124
15	294	354	255	144	24	50	150	330	205
20	392	472	340	142	21	48	250	451	292
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га									
$N_{30}P_{30}K_{30}$	30	30	30	109	16	36	-79	14	-6
$N_{60}P_{60}K_{60}$	60	60	60	121	17	40	-61	43	20
$N_{90}P_{90}K_{90}$	90	90	90	134	21	43	-44	69	47

Использование индюшиного помёта позволяет существенно улучшить фосфатный потенциал почв. Применение минеральных удобрений также обеспечивает положительный баланс фосфора, а также калия, кроме минимальной дозы. На варианте с применением помёта в дозе 5 т/га коэффициенты использования NPK составили 30-4-34%, 10 т/га - 23-5-32%.

7.7 Экономическая и биоэнергетическая оценка применения индюшиного помёта и минеральных удобрений в звене севооборота. Рентабельность на контрольном варианте в звене севооборота составила 39%, себестоимость производства 1 кг зерновых единиц – 6,20 руб. Экономически целесообразное расстояние перевозок индюшиного помёта с учетом его последствий в звене севооборота для внесения в дозе 5 т/га – 33 км, 10 т/га – до 23 км, 15 т/га – до 20 км и 20 т/га – до 13 км. Наибольшее увеличение прироста энергии в урожае культур звена севооборота на 12,4 ГДж/га по сравнению с контролем обес-

печило применение помёта в дозе 10 т/га.

8 Влияние куриного помёта на продуктивность звена зернопаропропашного севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник.

8.1 Методика исследований. Полевые опыты проводили в 2011-2016 гг. в СПК колхозе «Колос» Каменского района Ростовской области. Почва места проведения исследований – чернозем южный.

Схема опыта: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2-6 варианты – применение перепревшего куриного помёта на подстилке из соломы в дозах 5; 7,5; 10; 15; 20 т/га; 7-8 варианты – применение минеральных удобрений в дозах $N_{80}P_{20}K_{20}$; $N_{100}P_{40}K_{40}$. Использовали куриный помёт производства компании «ОПТИФУД-ЦЕНТР». В среднем за 2011-2013 гг. влажность помёта составила 37,36%, содержание на абсолютно сухое вещество общего азота 4,16%, общего P_2O_5 – 3,22%, общего K_2O – 3,80%, органического вещества в пересчёте на углерод 42,65%. Соотношение C:N составило 10,25. Помёт вносили весной в паровое поле и заделывали дискатором на глубину 10-12 см. Минеральное удобрение в виде азофоски (16-16-16) вносили в дозах $N_{20}P_{20}K_{20}$ и $N_{40}P_{40}K_{40}$ под предпосевную культивацию пшеницы, азотную подкормку аммонийной селитрой (34,6% N) в дозе N_{30} проводили по мерзлоталой почве и некорневую подкормку мочевиной (46% N) в дозе N_{30} – в фазу колошение. Под кукурузу подсолнечник, культуры звена севооборота, была проведена вспашка на глубину 25-27 см. Объекты исследований: сорт озимой пшеницы Губернатор Дона, гибрид кукурузы МАС 24.А и подсолнечника Флоренция.

8.2 Динамика продуктивной влаги в почве под озимой пшеницей, кукурузой и подсолнечником. Перед посевом озимой пшеницы по пару содержание продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см было низким в 2011 и 2012 гг. 74,4 и 83,2 мм, наибольшим в 2013 г. – 113,7 мм. К фазе весеннее кущение запасы влаги увеличивались в 2012 и 2014 гг. В 2012-2013 гг. она уменьшалась от посева до уборки. Перед посевом кукурузы запасы влаги в слое почвы 0-100 см были высокими в 2015 году – 180,3 мм, наименьшими в 2014 г. – 100,2 мм. В 2015 г. количество влаги снижалось в слое почвы 0-100 см от посева и до уборки, в 2013 и 2014 гг. – до фазы молочно-восковая спелость. Запасы влаги перед посевом подсолнечника в слое почвы 0-100 см в 2014 и 2015 гг. составили 123,2 и 117,0 мм, в 2016 г. – лишь 67,7 мм. В 2014 и 2015 гг. влажность почвы снижалась до фазы цветения, в 2016 г. – до уборки.

8.3 Содержание и динамика минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в почве под культурами звена севооборота. Применение куриного помёта в дозах 5-20 т/га в паровое поле в среднем за 2011-2013 гг. к посеву пшеницы в слое 0-40 см увеличивало количество N- NO_3 в почве с 67,6 на контроле до 75,6-112,7 кг/га, N- NH_4 – с 7,6 до 8,0-9,7 кг/га. От посева до фазы весеннее кущение запас N- NH_4 в слое почвы 0-40 см увеличился на всех вариантах в 3,2-3,9 раза, N- NO_3 – снизился на контроле и вариантах с помётом в дозах 5-10 т/га на 14,2-27,2 кг/га, а в дозах 15 и 20 т/га – увеличивался на 9,7-13,2 кг/га. В фазу весеннее кущение наибольшее количество $N_{мин}$ в слое почвы 0-40 см было на вариантах с дозами помёта 15 и 20 т/га. Прибавка к контролю соста-

вила 71,1%. От фазы весеннее кушение и до уборки в почве запас $N-NH_4$ и $N-NO_3$, как и всего $N_{мин}$ снижался. В первый год последействия в среднем за вегетацию кукурузы наибольшая обеспеченность почвы $N_{мин}$ получена в дозе 15 т/га, во второй год под подсолнечником – 20 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила соответственно 50,4 и 56,3%.

В среднем за 2011-2013 гг. на контроле содержание P_2O_5 составило в слое почвы 0-20 см 13,1, в слое 20-40 см – 10,4 мг/кг почвы. Максимальное увеличение количества подвижного фосфора по сравнению с контролем к посеву пшеницы в слое почвы 0-20 см от дозы 15 т/га составило 25,2%. В слое 20-40 см уровень P_2O_5 в почве не изменялся. От посева и до уборки в почве происходило равномерное уменьшение P_2O_5 в обоих слоях. Наибольшая обеспеченность почвы P_2O_5 в первый год последействия помёта в среднем за вегетацию кукурузы в 2013-2015 гг. получена в дозах 10-20 т/га 10,1-10,4 мг/кг почвы, что больше, чем на контроле на 18,8-22,4%. Во второй год последействия максимальную обеспеченность почвы P_2O_5 в среднем за вегетацию подсолнечника в 2014-2016 гг. обеспечило применение помёта в дозах 15 и 20 т/га. Прибавки к контролю составила 25,9-27,2%.

В слое почвы 0-40 см содержание обменного калия перед посевом пшеницы на контроле в среднем за 2011-2013 гг. составило 341 мг/кг почвы и соответствовало повышенной обеспеченности (рис. 6).

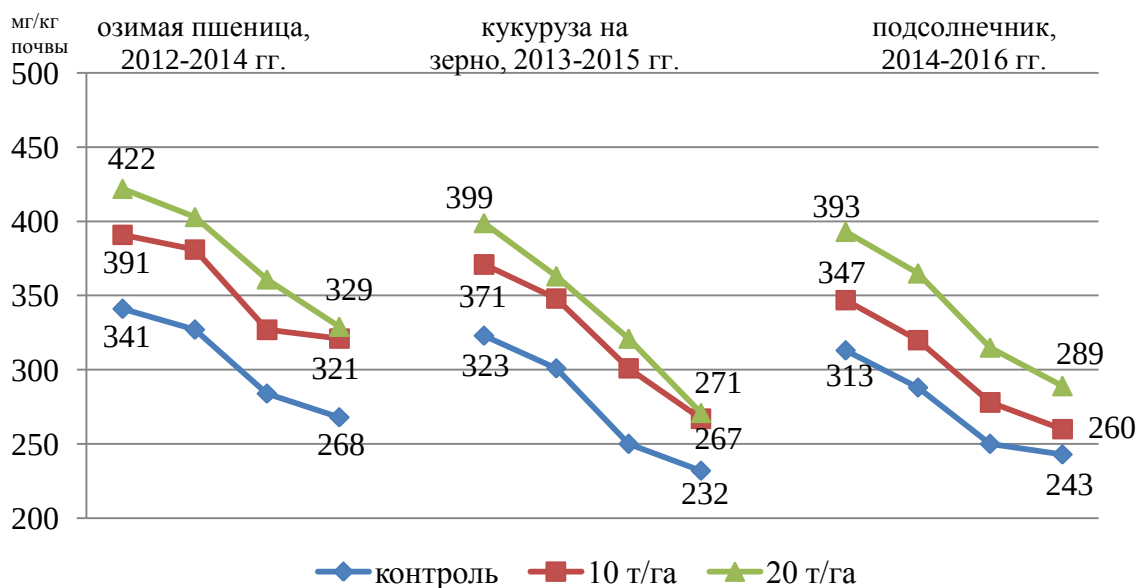


Рисунок 6. Динамика обменного калия в слое почвы 0-40 см, мг/кг почвы

Максимальное содержание K_2O в слое почвы 0-40 см получено под действием помёта в дозе 20 т/га. Прибавка к контролю составила 81 мг/кг или 23,8%. От посева и до уборки, как на контроле, так и на вариантах с помётом в слое почвы 0-40 см происходило снижение обменного калия. Наибольшая обеспеченность почвы получена под действием максимальной дозы помёта. В среднем за вегетацию кукурузы в первый год последействия и подсолнечника

во второй отмечено преимущество помёта в дозе 20 т/га. Прибавка к контролю составила 22,4 и 24,1%.

8.4 Влияние условий минерального питания на биометрические показатели и динамику поступления NPK в растения. В среднем за 2012-2014 гг. наибольшее влияние на биометрические показатели растений пшеницы в фазу колошение и на концентрацию NPK в растениях оказало применение помёта в дозе 10 т/га, минеральных удобрений - в максимальной дозе. В первый год последействия куриного помёта в фазу молочно-восковая спелость растений кукурузы, как и во второй год в фазу цветение подсолнечника максимальная высота и масса сформирована на варианте с дозой 20 т/га. Наибольшее влияние на содержание NPK в растениях обеих культур оказало последействие помёта в дозах 15 и 20 т/га. Эффекта от последействия азофоски не было.

8.5 Урожайность и её качество, продуктивность звена севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник. В среднем за 2012-2014 гг. урожайность зерна озимой пшеницы составила на контроле 3,27 т/га. Максимальная прибавка сформирована на варианте с дозой помёта 10 т/га – 0,80 т/га или 24,4%. В первый год последействия наибольшая прибавка урожайности зерна кукурузы 17,2% получена от дозы 10 т/га. На второй год последействия отмечено преимущество дозы 15 т/га. Прибавка урожайности семян подсолнечника увеличилась к контролю на 15,3%. В среднем за 3 цикла звена на контрольном варианте сбор зерновых единиц составил 10,14 т/га (таблица 9).

Таблица 9 – Продуктивность звена полевого севооборота, т/га зерновых единиц. Среднее за 2011-2016 гг. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Звено севооборота, т/га зерн. ед.			Суммарный сбор, т/га зерн. ед.	Прибавка к контролю	
	озимая пшеница	кукуруза на зерно	подсолнечник		т/га зерн. ед.	%
контроль	3,27	4,43	2,44	10,14	-	-
куриный помёт, т/га						
5	3,67	4,60	2,47	10,74	0,60	5,9
7,5	3,87	4,80	2,57	11,24	1,10	10,8
10	4,07	5,20	2,81	12,08	1,94	19,1
15	4,00	5,23	2,86	12,09	1,95	19,2
20	3,73	5,04	2,91	11,68	1,54	15,2
минеральные удобрения, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	3,74	4,46	2,44	10,64	0,50	4,9
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	3,84	4,56	2,49	10,89	0,75	7,4
HCP ₀₅	0,25	0,30	0,16	0,42		

Наибольший сбор зерновых единиц получен на вариантах с применением помёта в дозах 10-15 т/га. Прибавка контролю составила 19,1-19,2%. Эффект от применения минеральных удобрений в максимальной дозе в 2,6 раза меньше.

Содержание белка в зерне пшеницы на контроле в среднем за 2012-2014 гг. составило 11,3%, сбор белка - 312 кг/га. Максимальное увеличение в сборе белка по сравнению с контролем получено от дозы помёта 10 т/га – 40,4%. Это на 10,2% больше, чем от действия минеральных удобрений в наибольшей дозе. Максимальное увеличение количества клейковины получено от действия помёта в дозе 10 т/га - по сравнению с контролем на 3,3%. Товарный класс зерна озимой пшеницы на вариантах с помётом соответствовал третьему. Наибольший сбор белка в урожае зерна кукурузы обеспечило последствие помёта в дозах 15 и 20 т/га. Прибавка к контролю (312 кг/га) составила 33,2-33,7%. В среднем за 3 цикла звена севооборота применение помёта в дозах 10-15 т/га увеличивало сбор белка в урожае зерна пшеницы и кукурузы по сравнению с контролем на 35,7-35,9%. Масличность семян подсолнечника на контроле в среднем за 2014-2016 гг. составила 34,6%, сбор масла - 574 кг/га. Наибольшая прибавка получена от последствия помёта в дозах 10-20 т/га - 18,5-20,0%.

8.6 Вынос и баланс элементов минерального питания в звене севооборота, коэффициенты использования NPK из помёта. Положительный баланс фосфора и калия получен на всех вариантах опыта с применением куриного помёта. Дефицит азота получен от внесения дозы 5 т/га. На вариантах с минеральными удобрениями положительный баланс отмечен только по фосфору от наибольшей дозы. Наибольшие коэффициенты использования NPK в звене севооборота получены от действия куриного помёта в дозе 10 т/га – 26-9-34%.

8.7 Экономическая и биоэнергетическая оценка действия и последствий куриного помёта в звене севооборота. Рентабельность на контрольном варианте в звене севооборота составила 171%, себестоимость производства 1 кг зерновых единиц – 3,65 руб. В звене севооборота экономически целесообразное расстояние перевозок помёта для внесения в дозе 5 т/га – 13 км, в дозе 7,5 т/га – до 15 км, в дозе 10 т/га – до 18 км, 15 т/га – 12 км, 20 т/га – 7 км. Применение помёта в дозе 10 т/га обеспечило наибольшее увеличение прироста энергии в урожае по сравнению с контролем на 15,9 ГДж/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании исследований, проведённых в 2008-2016 гг., можно сделать следующие основные выводы:

1. Химический состав птичьего помёта существенно изменялся в зависимости от вида птицы (индюшиный, куриный, утиный) и вида подстилки (подсолнечная лузга или солома). Наиболее концентрированным по содержанию основных элементов питания для растений на абсолютно сухое вещество является индюшиный помёт на подстилке из подсолнечной лузги, далее по мере убывания содержания NPK куриный помёт на соломе, куриный помёт на подсолнечной лузге и утиный помёт на соломе.

2. Применение птичьего помёта оказывало более существенное влияние на увеличение запасов в почве нитратного азота по сравнению с аммонийной формой. При внесении помёта в дозах 5-25 т/га количество $N-NO_3$ в слое почвы 0-40 см увеличивалось по сравнению с контролем на 11,8-136,4%, $N-NH_4$

- на 5,3-27,6%. В первый год последствий помёта в дозах 10-25 т/га в среднем за вегетацию полевых культур обеспеченность почвы минеральным азотом увеличивалась на 4,3-50,4%, во второй - на 11,6-56,3%.

3. При низкой обеспеченности подвижным фосфором (10-15 мг/кг почвы) использование птичьего помёта в дозах 5-25 т/га способствовало повышению его уровня в слое почвы 0-40 см на 11,9-51,5%, в первый год последствий помёта в дозах 10-25 т/га в среднем за вегетацию полевых культур обеспеченность почвы увеличивалась на 7,7-22,4%, во второй - на 7,7-27,2%. При пограничной между средней и высокой обеспеченностью фосфором (30 мг/кг) эффект получен лишь от минимальной дозы 5 т/га. При заделке помёта в слой 0-20 см почвы дискованием или культивацией в отдельные годы при достаточном увлажнении проявилась миграция фосфора помёта в подпахотный слой.

4. На фоне высокой и повышенной обеспеченности почвы обменным калием максимальное увеличение в слое почвы 0-40 см его содержания обеспечивало применение птичьего помёта в наибольших дозах – до 6,9-23,8%, в первый год последствий в целом за вегетацию полевых культур обеспеченность почвы улучшалась на 4,7-22,4%, во второй год – на 2,8-24,1%.

5. Оптимальная доза подстилочного перепревшего помёта различных видов для внесения под полевые культуры – 10 т/га. Увеличение дозы не оказывало достоверного влияния на урожайность полевых культур с учётом прямого действия и последствий. При внесении весной куриного помёта на подстилке из подсолнечной лузги в дозе 10 т/га продуктивность звена полевого севооборота увеличивалась на 25,7%, куриного помёта на подстилке из соломы – на 19,1%, осенью куриного помёта на подстилке из подсолнечной лузги – на 20,3-20,5%, утиного помёта на соломе – на 14,4%, весной индюшиного помёта на подстилке из подсолнечной лузги – на 26,8% и осенью с заделкой вспашкой – на 36,5%.

6. Целесообразно применение всех видов птичьего подстилочного перепревшего помёта в дозах 5 и 7,5 т/га под все полевые культуры. Это обеспечивает увеличение урожайности на 8,5-23,0% и улучшение качества продукции. Но последствия таких доз на второй и особенно третий год недостаточно.

7. Применение куриного подстилочного помёта в дозе 10 т/га обеспечивает положительный баланс фосфора в звеньях полевых севооборотов – 98-168 кг/га, калия – 74-171 кг/га, индюшиного помёта в дозе 10 т/га – 188-214 кг/га фосфора и 124-142 кг/га калия.

8. Внесение куриного и утиного помёта в дозе 10 т/га увеличивает прирост энергии в урожае полевых культур в звеньях севооборотов по сравнению с контролем на 18,9-74,3 ГДж, индюшиного помёта в дозе 10 т/га – на 12,4-18,9 ГДж.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для увеличения продуктивности звена зернопропашного севооборота кукуруза на зерно, яровой ячмень, озимая пшеница на черноземе обыкновенном мощном (предкавказском) целесообразно вносить весной под предпосевную культивацию кукурузы куриный перепревший помёт на подстилке из подсолнечной лузги в дозе 10 т/га с ограничением дальности его транспортировки от места хранения до 21 км.

Осенью под вспашку под подсолнечник рекомендуется применять перепревший куриный помёт на подстилке из подсолнечной лузги в дозе 10 т/га с ограничением дальности транспортировки от места хранения до 23 км или утиный перепревший помёт на подстилке из соломы в дозе 10 т/га – до 15 км для увеличения продуктивности звена зернопропашного севооборота подсолнечник, озимая пшеница, озимая пшеница.

Куриный помёт на подстилке из подсолнечной лузги в дозе 10 т/га на черноземе обыкновенном мощном (предкавказском) целесообразно вносить осенью под вспашку под сахарную свёклу для увеличения продуктивности звена зернопропашного севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох с ограничением дальности его транспортировки до 34 км от места хранения.

Индюшинный перепревший помёт на подстилке из подсолнечной лузги на черноземе обыкновенном среднемощном (североприазовском) рекомендуется применять весной в дозе 10 т/га под предпосевную культивацию ярового ячменя для увеличения продуктивности звена зернопропашного севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень или осенью под вспашку под подсолнечник в звене севооборота подсолнечник, яровой ячмень, озимая пшеница с ограничением дальности транспортировки до 33 км.

На чернозёме южном для увеличения продуктивности звена зернопропашного севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник целесообразно вносить весной в паровое поле с заделкой дискованием перепревший куриный помёт на подстилке из соломы в дозе 10 т/га с ограничением дальности транспортировки от пометахранилища до 21 км.

Перспективы дальнейшей разработки темы: целесообразным является изучение применения азотных удобрений на последствии птичьего помёта, особенно на озимой пшенице, для достижения положительного баланса азота в почве и улучшения качества зерна.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в изданиях, определённых ВАК Минобрнауки РФ:

1. Агафонов, Е.В. Продуктивность культур звена полевого севооборота при использовании индюшиного помёта на черноземе обыкновенном / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, Н.С. Скуратов // Современные проблемы науки и образования [Электронный ресурс]. - 2012. - № 6. – Режим доступа: [www. scienceeducation. ru/106-7584.htm](http://www.scienceeducation.ru/106-7584.htm) (0,60 п.л., авт. – 0,20).

2. Агафонов, Е.В. Эффективность индюшиного помёта в звене полевого севооборота на черноземе обыкновенном / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, Н.С. Скуратов // Полиметрический сетевой электронный журнал Кубанского аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. - № 10 (84). – режим доступа: <http://et.kubagro.ru/2012/10/pdf/38.pdf> (0,63 п.л., авт. – 0,15).
3. Агафонов, Е.В. Опыт применения куриного помёта 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 (0,40 п.л., авт. – 0,15).
4. Агафонов, Е.В. Результаты применения подстилочного куриного помёта под сахарную свёклу / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев** // Сахарная свёкла. - № 6. - 2013. – С.11-12 (0,35 п.л., авт. – 0,25).
5. **Каменев, Р.А.** Проблемы использования птичьего помёта в земледелии Ростовской области и пути их решения / Р.А. Каменев // Зерновое хозяйство России. – 2013. - №6 (30). – С. 44-47 (0,46 п.л.).
6. **Каменев, Р.А.** Эффективность применения куриного помёта 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. - № 48. - С. 54-56 (0,45 п.л., авт. – 0,15).
7. Агафонов, Е.В. Влияние индюшиного помёта на азотный режим чернозёма обыкновенного и урожайность подсолнечника / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, Д.А. Манашов // Современные проблемы науки и образования [Электронный ресурс]. - 2014. - № 4. – режим доступа: www.science-education.ru/118-14377 (0,26 п.л., авт. – 0,10).
8. Агафонов, Е.В. Эффективность применения индюшиного помёта под подсолнечник / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, Д.А. Манашов // Земледелие. - 2014. - № 2. - С.25-26 (0,35 п.л., авт. – 0,15).
9. **Каменев, Р.А.** Влияние куриного помёта на продуктивность звена полевого севооборота / **Р.А. Каменев**, Е.Г. Баленко // Сахарная свёкла. - 2014. - № 2. – С. 38-39 (0,30 п.л., авт. – 0,15).
10. Агафонов, Е.В. Использование куриного помёта для увеличения продуктивности полевого севооборота / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, А.А. Бельгин // Плодородие. - 2015. - № 4 (85). - С. 17-19 (0,40 п.л., авт. – 0,15).
11. Агафонов, Е.В. Влияние индюшиного помёта 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 (0,45 п.л., авт. – 0,15).
12. Агафонов, Е.В. Влияние индюшиного помёта на урожайность и масличность семян подсолнечника на черноземе обыкновенном / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, Д.А. Манашов // Агрохимический вестник. - 2015. - № 3.- С.31-33 (0,28 п.л., авт. – 0,10).
13. Агафонов, Е.В. Влияние способов заделки индюшиного помёта в почву на азотный режим чернозёма обыкновенного и урожайность подсолнечника / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, Д.А. Манашов // Проблемы агрохимии и экологии. - 2015. - № 1. - С. 9-16 (0,32 п.л., авт. – 0,10).

14. Агафонов, Е.В. Экономическая оценка применения индюшиного помёта под подсолнечник на черноземе обыкновенном / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, Д.А. Манашов // Птица и птицепродукты. - 2015. - № 4.- С. 66-68 (0,48 п.л., авт. – 0,15).
15. Агафонов, Е.В. Особенности системы земледелия и баланс NPK в Ростовской области / Е.В. Агафонов, В.В. Турчин, А.А. Громаков, **Р.А. Каменев** // Плодородие. – 2015. - № 5.– С. 35-36 (0,45 п.л., авт. – 0,10).
16. Агафонов, Е.В. Влияние подстилочного куриного помёта на азотный режим чернозема обыкновенного и урожайность кукурузы / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, А.А. Бельгин // Агрохимия. - 2016. - №9. – С. 16-23 (0,83 п.л., авт. – 0,30).
17. **Каменев, Р.А.** Повышение качества зерна и сбора белка с 1 га в звене полевого севооборота при внесении подстилочного куриного помёта / Р.А. Каменев, Е.Г. Баленко, В.В. Турчин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. - №3. – С. 38-44 (0,65 п.л., авт. – 0,30).
18. Агафонов, Е.В. Калийный режим чернозема южного и урожайность культур в звене севооборота при внесении куриного помёта / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев** // Проблемы агрохимии и экологии. - 2017. - № 1. - С. 3-10 (0,60 п.л., авт. – 0,30).
19. **Каменев, Р.А.** Влияние индюшиного помёта на плодородие чернозема обыкновенного / **Р.А. Каменев**, Е.В. Агафонов, Е.Г. Баленко // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2017. - №1. – С. 6-14 (0,70 п.л., авт. – 0,35).

Монографии, пособия, рекомендации и руководства:

20. Агафонов, Е.В. Птичий помёт – 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 (4,10 п.л., авт. – 2,05).
21. Агафонов, Е.В. Применение индюшиного помёта при выращивании полевых и овощных культур на черноземе обыкновенном / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, Д.А. Манашов: Научн.-практ. реком. – пос. Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2015. - 31 с.(1,90 п.л., авт. – 0,80).
22. Агафонов, Е.В. Использование индюшиного помёта в земледелии Ростовской области / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, Д.А. Манашов: Научн.-практ. реком. – пос. Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2015. - 47 с (2,70 п.л., авт. – 1,20).
23. Агафонов, Е.В. Применение индюшиного помёта под подсолнечник / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, Д.А. Манашов: Монография. – пос. Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2015. - 187 с (11,30 п.л., авт. – 6,20).
24. 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: Научн.-практ. реком. – пос. Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2016. - 86 с (5,1 п.л., авт. – 1,10).

25. Агафонов, Е.В. Подстилочный куриный помёт в звене полевого севооборота / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, А.А. Бельгин: Монография. – пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2016. – 289 с (17,1 п.л., авт. – 6,2).

В прочих изданиях:

26. Агафонов, Е.В. Влияние индюшиного помёта на урожайность ярового ячменя на черноземе обыкновенном / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, Г.Е. Мажуга // Матер. Межд. научн.-практ. конф. «Развитие инновационного потенциала агропромышленного производства, науки и аграрного образования». Том II. – пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2009. – С. 10-12 (0,18 п.л., авт. – 0,10).

27. **Каменев, Р.А.** Урожайность ярового ячменя на черноземе обыкновенном при применении индюшиного помёта / Р.А. Каменев, В.В. Турчин // Матер. Межд. научн.-практ. конф. молодых ученых и специалистов «Применение средств химизации в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия». – Москва, ВНИИА, 2009. – С. 81-84 (0,20 п.л., авт. – 0,11).

28. Агафонов, Е.В. Использование индюшиного помёта компании ООО «ЕВ-РОДОН» при выращивании ярового ячменя на черноземе обыкновенном / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, В.В. Турчин // Матер. Межд. научн.-практ. конф. «Интеграция науки, образования и бизнеса для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации». Том II. – пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2010. – С. 257-261 (0,19 п.л., авт. – 0,08).

29. **Каменев, Р.А.** Применение индюшиного помёта при выращивании ярового ячменя на черноземе обыкновенном / Р.А. Каменев // Матер. 44-й межд. науч. конф. молодых ученых и специалистов «Комплексное применение средств химизации в адаптивно-ландшафтном земледелии». – Москва: ВНИИА, 2010. – С.124-127 (0,21 п.л.).

30. **Каменев, Р.А.** Использование индюшиного помёта в звене севооборота на черноземе обыкновенном в Октябрьском районе Ростовской области / Р.А. Каменев // Матер. 45-й междунар. научн. конф. молодых ученых и специалистов «Применение средств химизации для повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур». – Москва, ВНИИА, 2011. – С. 51-54 (0,19 п.л.).

31. Агафонов, Е.В. Эффективность использования индюшиного помёта в звене полевого севооборота на черноземе обыкновенном в условиях Октябрьского района Ростовской области / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев** // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2011. – №1. – С. 56-62 (0,35 п.л., авт. – 0,20).

32. Агафонов, Е.В. Влияние способов заделки индюшиного помёта на урожайность подсолнечника на чернозёме обыкновенном / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, Д.А. Манашов // Матер. Межд. научн.-практ. конф. «Проблемы и тенденции инновационного развития агропромышленного комплекса и аграрного образования России». – пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2012. – Том 2. – С.10-13(0,22 п.л., авт. – 0,10).

33. **Каменев, Р.А.** Использование различных видов птичьего помёта при выращивании полевых культур в условиях агрофирмы «Новобатайская» Кагальницкого района Ростовской области / **Р.А. Каменев**, Д.А. Бузняков // Матер.

Межд. научн.-практ. конф. «Проблемы и тенденции инновационного развития агропромышленного комплекса и аграрного образования России». - пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2012. - Том 2. - С. 24-27 (0,21 п.л., авт. - 0,12).

34. Манашов, Д.А. Применение индюшиного помёта при выращивании подсолнечника в условиях Октябрьского района Ростовской области / Д.А. Манашов, **Р.А. Каменев** // Матер. Межд. научн.-практ. конф. «Проблемы и состояние современного почвозащитного земледелия». - пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2012. - С. 85-88 (0,20 п.л., авт. - 0,10).

35. Агафонов, Е.В. Влияние куриного помёта на урожайность кукурузы на зерно в условиях СПК «Победа» Азовского района Ростовской области // Е.В. Агафонов, А.А. Бельгин, **Р.А. Каменев** / Матер. Межд. научн.-практ. конф. «Проблемы и тенденции инновационного развития агропромышленного комплекса и аграрного образования России». - пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2012. - С. 5-7 (0,15 п.л., авт. - 0,08).

36. Бельгин, А.А. Эффективность применения куриного помёта при выращивании кукурузы на зерно на черноземе обыкновенном / А.А. Бельгин, **Р.А. Каменев** // Матер. IV Межд. дистан. научн.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные проблемы устойчивого развития агропромышленного комплекса России». - пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2012. - С. 94-96 (0,15 п.л., авт. - 0,07).

37. **Каменев, Р.А.** Влияние индюшиного помёта на продуктивность звена полевого севооборота на черноземе обыкновенном / **Р.А. Каменев** // Матер. 46-й межд. научн. конф. молодых ученых, докторантов, аспирантов и соискателей ученых степеней доктора и кандидата наук «Эффективность применения средств химизации в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур». - Москва: ВНИИА, 2012. - С. 70-73 (0,18 п.л.).

38. Агафонов, Е.В. Продуктивность звена полевого севооборота при использовании индюшиного помёта в условиях Октябрьского района Ростовской области / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев** // Вестник аграрной науки Дона. - 2012. - № 3 (19). - С. 73-76 (0,23 п.л., авт. - 0,15).

39. Агафонов, Е.В. Птичий помёт – важное средство повышения плодородия почв Ростовской области / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев** // Матер. Межд. научн.-практ. конф. «Инновационные пути развития АПК: проблемы и перспективы». - пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2013. - С. 87-90 (0,23 п.л., авт. - 0,15).

40. Агафонов, Е.В. Влияние различных видов птичьего помета на урожайность полевых культур / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев** // Матер. Межд. научн.-практ. конф. «Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика». - Ставропольский ГАУ, 2013. - С. 15-18 (0,21 п.л., авт. - 0,11).

41. **Каменев, Р.А.** Применение куриного и утиного помёта под подсолнечник / **Р.А. Каменев**, О.О. Собочкина, А.С. Токарев // Матер. Межд. научн.-практ. конф. «Инновационные пути развития АПК: проблемы и перспективы». - пос. Персиановский: Донской ГАУ. - 2013. Т. 2. - С.128-131 (0,19 п.л., авт. - 0,08).

42. Агафонов, Е.В. Практическое применение результатов исследований с птичьим пометом в Ростовской области / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев** // Ма-

- тер. Межд. научн.-практ. конф. «Современные технологии сельскохозяйственного производства и приоритетные направления развития аграрной науки». – пос. Персиановский: Донской ГАУ. – 2014. – С. 30-33 (0,20 п.л., авт. – 0,10).
43. **Каменев, Р.А.** Использование птичьего помёта в земледелии Ростовской области / Р.А. Каменев // Труды Всероссийского совета молодых ученых и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений Министерства сельского хозяйства РФ «Перспективные направления развития сельского хозяйства». - Москва, 2015. - С. 32-35 (0,18 п.л.).
44. Agaphonov, E.V. TO THE PROBLEM OF PRODUCTIVITY BOOST OF THE FIELD SEED TURNOVER SEGMENT OF WINTER WHEAT – CORN – SUNFLOWER ON THE SOUTHERN BLACK SOIL / E.V. Agaphonov, **R.A. Kamenev** // Научный журнал «Научный альманах стран Причерноморья» [Электронный ресурс] - №1. Апрель. - 2015. – режим доступа:<http://science-almanac.ru/documents/13/2015-01-07-Agaphonov-Kamenev.pdf> (0,65 п.л., авт. – 0,35)
45. Агафонов, Е.В. Продуктивность звена полевого севооборота озимая пшеница – кукуруза на зерно – подсолнечник при использовании куриного помёта на черноземе южном / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев**, Е.Г. Баленко // Вестник Донского государственного аграрного университета. - 2015. - № 3-1 (17). - С. 30-35 (0,30 п.л., авт. – 0,10).
46. **Каменев, Р.А.** Разработка рекомендаций по дозам и срокам внесения бесподстилочного и постилочного помёта различных видов птиц (куриного, индюшиного, утиного) / Р.А. Каменев // Матер. Межд. научн.-практ. конф. «Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур». - пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2016. – С. 38-45 (0,35 п.л.).
47. **Каменев, Р.А.** Действие и последствие подстилочного куриного помёта в звене севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох / Р.А. Каменев, Е.Г. Баленко // Матер. Межд. научн.-практ. конф. «Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур». - пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2016. – С. 45-48 (0,20 п.л., авт. – 0,10).
48. Агафонов, Е.В. Эффективность использования индюшиного помёта в земледелии Ростовской области / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев** // Матер. Межд. научн.-практ. конф. «Почвы - удобрения - урожай». - Горки. - 2016. – С. 3-4 (0,12 п.л., авт. – 0,06).
49. Агафонов, Е.В. Использование птичьего помёта на чернозёмах Ростовской области / Е.В. Агафонов, **Р.А. Каменев** // Матер. X Межд. симпозиума НП «Содружество учёных агрохимиков и агроэкологов», «Совершенствование методологии агрохимического обеспечения современного земледелия» / Под редакцией академика РАН В.Г. Сычева. - Москва: ВНИИА, 2017. – С. 178-186 (0,42 п.л., авт. – 0,21).