

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

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

пос. Персиановский – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	14
1.1 Особенности питания и удобрения зерновых, зернобобовых и технических культур	14
1.2 Выход, состав и свойства птичьего помёта	25
1.3 Влияние птичьего помёта на плодородие почвы	29
1.4 Экологические аспекты применения птичьего помёта в земледелии	35
1.5 Утилизация птичьего помёта в качестве органического удобрения	41
1.6 Нормативно-правовые вопросы утилизации птичьего помёта в земледелии	45
2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	48
3 ВЛИЯНИЕ КУРИНОГО ПОМЁТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА ЗЕРНОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА КУКУРУЗА НА ЗЕРНО, ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА	55
3.1 Методика исследований	55
3.2 Содержание доступной влаги в почве под кукурузой, яровым ячменём, озимой пшеницей	56
3.3 Содержание доступных форм элементов питания и гумуса в почве под культурами звена севооборота	61
3.4 Биометрические показатели и динамика поступления элементов питания в растения в звене севооборота	96
3.5 Урожайность и качество продукции полевых культур, продуктивность звена севооборота кукуруза на зерно, яровой ячмень, озимая пшеница	104
3.6 Вынос, баланс и коэффициенты использования элементов питания из удобрений полевыми культурами	118
3.7 Экономическая и биоэнергетическая оценка применения удобрений в звене севооборота	125
Заключение к главе 3	127
4 ВЛИЯНИЕ КУРИНОГО И УТИНОГО ПОМЁТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА ЗЕРНОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА ПОДСОЛНЕЧНИК, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА	132
4.1 Методика исследований	132
4.2 Динамика продуктивной влаги в почве под культурами звена севооборота	134
4.3 Содержание и динамика минерального азота, подвижного фосфора, обменного калия и гумуса в почве в звене севооборота	136
4.4 Формирование вегетативной массы и потребление элементов питания растениями в звене севооборота	161
4.5 Продуктивность звена зернопропашного севооборота, уро-	167

	жайность и качество продукции полевых культур	
4.6	Вынос элементов питания полевыми культурами, баланс и коэффициенты использования NPK из помёта в звене севооборота	179
4.7	Экономическая и биоэнергетическая эффективность выращивания культур в звене севооборота	186
	Заключение к главе 4	189
5	ВЛИЯНИЕ КУРИНОГО ПОМЁТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА ЗЕРНОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА САХАРНАЯ СВЁКЛА, ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ, ГОРОХ	195
5.1	Методика исследований	195
5.2	Содержание продуктивной влаги в почве под культурами звена севооборота	196
5.3	Динамика и содержание доступных элементов питания в почве под сахарной свёклой, яровым ячменём и горохом	198
5.4	Биометрические показатели, содержание и динамика поступления элементов питания в растения	210
5.5	Урожайность и качество продукции, продуктивность звена севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох	215
5.6	Вынос и баланс питательных веществ, коэффициенты использования NPK из помёта в звене севооборота	223
5.7	Экономическая и биоэнергетическая оценка выращивания сахарной свёклы, ярового ячменя и гороха в звене севооборота	228
	Заключение к главе 5	230
6	ВЛИЯНИЕ ИНДЮШИНОГО ПОМЁТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА ЗЕРНОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА ПОДСОЛНЕЧНИК, ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА	235
6.1	Методика исследований	235
6.2	Динамика продуктивной влаги в почве под подсолнечником, яровым ячменём и озимой пшеницей	236
6.3	Содержание и динамика минерального азота, подвижного фосфора, обменного калия и гумуса в почве под культурами звена севооборота	240
6.4	Формирование вегетативной массы и потребление элементов питания растениями подсолнечника, ярового ячменя и озимой пшеницы	273
6.5	Продуктивность звена севооборота, урожайность и качество продукции полевых культур	283
6.6	Вынос и баланс элементов питания растений в звене севооборота, коэффициенты использования NPK из помёта	302
6.7	Экономическая и биоэнергетическая эффективность выращивания полевых культур в звене севооборота	309
	Заключение к главе 6	312
7	ВЛИЯНИЕ ИНДЮШИНОГО ПОМЁТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА ЗЕРНОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА ЯРОВОЙ ЯЧ-	317

МЕНЬ, ПОДСОЛНЕЧНИК, ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ	
7.1	Методика исследований 317
7.2	Динамика продуктивной влаги в почве под культурами звена севооборота 318
7.3	Содержание и динамика доступного азота, фосфора и калия для растений в почве под культурами звена севооборота 321
7.4	Влияние удобрений на биометрические показатели и динамику поступления элементов питания в растения в звене севооборота 332
7.5	Продуктивность звена севооборота, урожайность и качество продукции ярового ячменя, подсолнечника, ярового ячменя 336
7.6	Вынос и баланс элементов питания в звене севооборота, коэффициенты использования NPK из помёта полевыми культурами 345
7.7	Экономическая и биоэнергетическая оценка применения индюшиного помёта и минеральных удобрений в звене севооборота 348
	Заключение к главе 7 350
8	ВЛИЯНИЕ КУРИНОГО ПОМЁТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА ЗЕРНОПАРПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА ПАР, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА, КУКУРУЗА НА ЗЕРНО, ПОДСОЛНЕЧНИК 353
8.1	Методика исследований 353
8.2	Динамика продуктивной влаги в почве под озимой пшеницей, кукурузой и подсолнечником 354
8.3	Содержание и динамика минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в почве под культурами звена севооборота 357
8.4	Влияние условий минерального питания на биометрические показатели и динамику поступления NPK в растения 370
8.5	Урожайность и её качество, продуктивность звена севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник 374
8.6	Вынос и баланс элементов минерального питания в звене севооборота, коэффициенты использования NPK из помёта 383
8.7	Экономическая и биоэнергетическая оценка действия и последствий куриного помёта в звене севооборота 385
	Заклучение к главе 8 387
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ 391
	ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ 393
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 395
	ПРИЛОЖЕНИЯ 430

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В настоящее время около половины прироста урожая сельскохозяйственных культур получают за счет применения удобрений (Минеев В.Г., 2004; Ефремов Е.Н., Сычев В.Г., 2012; Сычев В.Г., Шафран С.А., 2013).

Общеизвестно, что органические удобрения являются основой плодородия почв (Еськов А.И., 2001; Лысенко В.П., 2014). В годы с самым высоким уровнем химизации (1986-1988 гг.) в России с органическими удобрениями вносили 34,7% питательных веществ от их общего поступления, в США – 64,1, в развитых европейских странах – 42,5-54,1% (Чекмарев П.А., Родионов В.Я., Лукин С.В., 2011).

Объемы внесения органических удобрений в 2002 г. из-за недостатка технических средств и возросших удельных затрат не превышали 60 млн т вместо 390 млн т в 1990 г., то есть сократились в 6,5 раз (Еськов А.И., 2005).

Начиная с 90-х годов прошлого века, в Российской Федерации резко сократилось применение минеральных удобрений. Баланс питательных веществ в земледелии стал складываться со значительным превышением выноса над их поступлением в почву. За 25 лет (с 1991 до 2015 г.) дефицит азота составил – 56,3 млн т, фосфора – 12,3, калия - 75,9, а всего – 144,5 млн т, или 40 кг/га в год (Научные основы предотвращения деградации почв, 2013; Чекмарев П.А., 2012; Сычев В.Г., Шафран С.А., 2017). В большинстве регионов Российской Федерации плодородие пахотных почв по основным агрохимическим показателям за последние 20 лет существенно снизилось (Асеева Т.А., Голов В.И., 2012; Сычёв В.Г., Лунёв М.И., Павлихина А.В., 2012; Русакова И.В., 2013).

С 1991 по 1999 гг. в Ростовской области применение удобрений резко уменьшилось. В 1990 г. 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. внесение минеральных удобрений уменьшилось до 6,4 кг/га, а органических – до 0,6 т/га. После 2000 г. – в период 2011-2014 гг. минеральных удобрений применялось уже 55,5 д.в. кг/га посевов. Но органики применяли лишь 0,11 т/га. Даже с учётом того, что побочная продукция полевых культур не отчуждается с поля, отрицательный баланс

питательных веществ составляет 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.

Сохранение и восстановление почвенного плодородия невозможно без возврата в почву веществ, используемых растениями при создании урожая. Но из-за снижения объёмов животноводства в современном земледелии сократилось использование навоза, применяемого в качестве органического удобрения (Плескачев Ю.Н., Борисенко И.Б. и др., 2012).

В структуре агропромышленного комплекса РФ птицеводство занимает ведущее место (Лысенко В.П., Мерзлая Г.Е., Афанасьева Р.А., 2014). Современное промышленное птицеводство характеризуется большой концентрацией поголовья птицы на птицефабриках. С увеличением производства основной продукции возрастает поступление отходов, которые в основном представлены помётом птицы. Складирование этого отхода может вызвать загрязнение природы (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).

Объемы 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).

Решение проблемы утилизации помёта в земледелии, которое позволит предотвратить загрязнение окружающей среды и одновременно повысить плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур, является актуальной проблемой агрохимических исследований.

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 се-

вооборотов, качество сельскохозяйственных культур с учетом последствий 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 последствий 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 последствий 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 облас-

ти» (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.

Установление оптимальных доз птичьего помёта в качестве органического удобрения позволяет не только увеличить продуктивность полевых культур, сохранить и повысить плодородие почвы, но и обезопасить окружающую среду от загрязнения из-за несвоевременной утилизации помёта или его ненормированного внесения на поля.

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 использо-

ваны 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 Минобрразования и науки 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 конференции. – 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 Минобрразования 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.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Особенности питания и удобрения зерновых, зернобобовых и технических культур

В современных условиях земледелия севообороты не теряют своей актуальности. Научно обоснованный подход к выбору культур севооборота дает возможность наиболее эффективно использовать удобрения, пестициды и энергетические ресурсы, увеличить выход продукции с единицы площади, а также обеспечивать возможность для расширенного воспроизводства плодородия почв. Культуры севооборота должны подбираться с учетом почвенно-климатических условий и специализации хозяйства (Еремин Д.И., Моисеев А.Н., 2013).

Биологические особенности кукурузы. Кукуруза относится к главнейшим зерновым культурам. Её зерно используют на продовольственные, кормовые и технические цели (Кулешов Н.Н., 1958; Грушка Я., Мартинек В., 1965; Кузнецова С.В., 2009).

В мире под кукурузу ежегодно отводится 158 млн га или 12% от общей площади пашни. Сбор зерна каждый год достигает 800 млн т при общем урожае фуражного зерна в 1700-1800 млн т (Кочисов С.М., 2011).

В кукурузном зерне содержание углеводов составляет 63-76%, 8-12% белка, 6-9% жира, 1,5-2,9% клетчатки (Грушка Я., Грдличка И., 1965; Володарский Н.И., 1975; Шеуджен А.Х. и др., 2001; Наумкин В.Н., 2005).

По сведениям Б.А. Ягодина (2002), А.Х. Шеуджена и др., (2007), В.В. Кидина (2012), для формирования 1 т зерна кукурузе необходимо 22-35 кг азота, 8-14 – фосфора, 24-42 калия. Украинские ученые отмечают, что гибриды кукурузы на 1 т зерна поглощают 15-25 кг общего N, 8-14 кг P_2O_5 и 16-26 кг K_2O (Марчук И.У. и др., 2011).

Мощная корневая система кукурузы даёт ей возможность потреблять элементы питания из почвы фактически до фазы полной спелости зерна (Шиндин А.П. и др., 2009). Но она весьма чувствительна к концентрации питательных веществ в почвенном растворе (Панников В.Д., Минеев В.Г., 1987).

До фазы 7-8 листьев растения кукурузы развиваются очень мало, но после неё растут очень быстро (Azzi G., 1956; Дж. Д. Сейр, 1957; Филин В.И., 1994; Федотов В.А., 1998). В фазу 8-9 листьев накопление сухого вещества в растениях кукурузы по сравнению с фазой 3-4 листа повышается в 11, N – в 15, P_2O_5 – в 13, K_2O – в 23 раза (Лисовал А.П. и др., 1989; Шеуджен А.Х., 2010).

Азот из почвы кукуруза поглощает в период всей вегетации. Пик потребления приходится на фазу выметывание метёлки–цветение (Уоллес, Г., Брессман Е., 1955; Журбицкий З.И., 1975). Потребление азота растениями завершается в период наступления фазы восковой спелости зерна (Агафонов Е.В. и др., 1994; Шеуджен А.Х., 2010).

Потребность кукурузы в фосфоре меньше, чем в азоте и калие, но его использование происходит медленнее, но вплоть до полной спелости зерна. Критическим в обеспечении растений кукурузы доступным фосфором почвы является период от формирования первых листьев до 9-12 листа (Уоллес, Г., Брессман Е., 1955; Минеев В.Г., 2004; Толорая Т.Р. и др., 2008; Шеуджен А.Х., 2010).

Второй период, являющийся критическим в обеспечении растений кукурузы фосфором, эта фаза цветение, когда происходит образование генеративных органов. Но поглощение фосфора кукурузой продолжается вплоть до полной спелости зерна (Дрогалин П.В. и др., 1983). Но существенное увеличение уровня подвижного фосфора в почве может привести к дефициту цинка (Бергер К.К., Пратт П.Ф., 1965; Кудзин Ю.К., Голуб С.С., 1970; Анспок П.И., 1978; Сдобников О.В., 1985). Кукуруза относится к очень чувствительным к цинку культурам (Barnette R.M., Warner I.D., 1935; Катылов М.В., 1965; Диброва В.С., 1966; Агафонов Е.В., 1974; Диброва В.С., Агафонов Е.В., 1976).

Калий используется растениями кукурузы вплоть до фазы цветения. Его потребление увеличивается в период за две-три недели до выметывания метелки. В этот период растения используют до 77% калия (Вавилов П.П., 1986; Посыпанов Г.С. 1997). Дефицит калия останавливает рост растений. Зерно формируется щуплое, плохо выполненное. После прекращения цветения потребление калия уменьшается. В период от фазы молочно–восковая спелость зерна концентрация калия в

растениях кукурузы снижается из-за вымывания осадками (Минеев В.Г., 2004; Шеуджен А.Х., 2007).

В засушливой степной зоне Северного Кавказа температурный режим соответствует требованиям кукурузы, но осадков часто выпадает в два раза меньше потребности (Сотченко В.С., 2009).

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

По сведениям К.Л. Загорча (1990), на чернозёмных почвах Молдавии урожайность кукурузы увеличивалась на 0,82-0,90 т/га от применения навоза в норме 30 т/га.

По данным А.М. Вышинского (1965), применение 20 т/га навоза под кукурузу в условиях Украины повышало продуктивность зерна на 23%.

Агеев В.В., Подколзин А.И. (2001) отмечают, что в условиях Ставропольского края навоз целесообразно применять в дозах 20-40 т/га с учётом плодородия почвы.

При возделывании зерновой кукурузы с использованием орошения, а также в зоне достаточного увлажнения минеральные удобрения применяют в дозах $N_{90-120}P_{90-120}K_{60-90}$ (Кореньков Д.А., 1976; 1990; Исаков Я.И., Игнатъев С.А., 1990; Игнатъев С.А., 1995).

На черноземных почвах при возделывании кукурузы по сведениям М.П. Балана (1977), целесообразно внесение минеральных удобрений при соотношении $NP_{2:1:1}$. Урожайность зерна увеличивалась на 0,78 т/га.

По результатам 20 полевых опытов, проведённых на черноземе выщелоченном Северного Кавказа, использование $N_{45}P_{35}K_{20}$ увеличивало продуктивность зерновой кукурузы на 11,3 ц/га по отношению к контролю (41,0 ц/га), (Симакин А.И., 1976)

По данным А.А. Батакова (2000) в Ростовской области при выращивании кукурузы на зерно целесообразно применять весной $N_{60}P_{60}$.

В Ставропольском крае на черноземе обыкновенном в зоне неустойчивого увлажнения О.В. Тронева (2011) считает целесообразным под раннеспелые и среднеранние гибриды использовать дискование почвы и применять минеральные удобрения в дозе $N_{80}P_{80}K_{80}$.

В Воронежском филиале ГНУ ВНИИ кукурузы в многолетних исследованиях на черноземе выщелоченном применение $N_{60}P_{60}K_{60}$ под кукурузу на зерно увеличивало продуктивность культуры на 5-7 т/га (контроль 26 ц/га), (Стулин А.Ф., 2014).

По данным В.И. Тюрина (2010), при выращивании в условиях Ростовской области более эффективным является применение полного удобрения оптимальной дозой $N_{60}P_{40}K_{30}$. Продуктивность кукурузы увеличивалась на 16-25%. Доля азота в обеспечении прибавки урожая составила 70,7-75,3%, фосфора – 4,0%, калия – 23,0-29,3%.

В Ставропольском крае на черноземе обыкновенном установлена эффективность использования хлористого калия под кукурузу. Определено, что применение K_{60} с 60 кг/га азота увеличивало продуктивность на 12% (62,2 ц/га на контроле). На фоне $N_{60}P_{40}$ прибавка урожайности меньше на 5,0% (Шмелько И.А., 2006).

Обобщая материалы исследований по применению минеральных удобрений в зоне недостаточного увлажнения в Ростовской области и в Ставропольском крае, за последние 15 лет можно констатировать, что во всех случаях авторы предлагают вносить полное минеральное удобрение. Диапазоны оптимальных доз существенно варьируют: доза P_2O_5 и K_2O составляет 30-70 кг/га, азота – 40-70 кг/га (Никитин С.В., 2012).

Биологические особенности ярового ячменя. Ячмень в мире является четвертой зерновой культурой, уступая по посевным площадям лишь пшенице, рису и кукурузе (Чекмарев В.В., Постовая О.В., 2013). В Ростовской области площади посевов ярового ячменя сократились с 865 тыс. га в 1990 до 455 в 2011-2014 гг., урожайность уменьшилась с 26,9 до 18,3 ц/га (Агропромышленный комплекс Ростовской области, 2015).

Порядка 85% зерна ячменя применяется на корм сельскохозяйственным животным. Содержание белка в зерне изменяется от 8 до 14% (Ягодин Б.А., 1982; Кидин В.В., 2012; Филиппов Е.Г., 2013).

На формирование 10 ц зерна и соломы ячмень использует 23-31 кг N, 11-16 кг P_2O_5 и 20-25 кг K_2O (Янковский Н.Г., 2006).

Развитие корневой системы у ячменя существенно меньше, чем у других зерновых культур. Это повышает требования к плодородию почвы при его выращивании (Жирнов И.В., 1995; Блохин В., Левин И., Кожемякин Е., 2008).

Из-за небольшого срока вегетации особое значение имеет обеспечение растений ярового ячменя основными элементами питания в начальный период развития растений (Шеуджен А.Х., 2010). Уже к фазе кущения содержание калия и азота в растениях ячменя достигает 30-35% и до 23% фосфора от необходимого количества (Дерюгин И.П., 1991).

Максимальное поглощение азота растениями происходит от начала фазы кущения до фазы трубкования, что обусловлено формированием побегов. Дефицит азота отрицательно влияет на физиологические процессы и приводит к уменьшению урожайности (Бельтюков Л.П., 1996; Агафонов Е.В., 2002; Янковский Н.Г., 2005).

Хорошая обеспеченность почвы фосфором во время всей вегетации культуры обеспечивает интенсивное формирование корней ячменя и способствует улучшению азотного обмена. При недостатке фосфора задерживается формирование проростков, снижается сопротивляемость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды (Богачёв А.Н., 2000).

Роль калия в растениях ячменя заключается во влиянии на использование воды и азота, в повышении устойчивости в засушливых условиях. Дефицит калия приводит к остановке развития растений, зерно формируется щуплое, имеет низкую белковость (Ерешко А.С., 2007).

В Ростовской области продуктивность зерна ярового ячменя на контрольном варианте составила 3,78 т/га. Прибавка от применения $N_{40}P_{60}K_{40}$ достигала 7,9 т/га или 20,9% (Янковский Н.Г., 2005).

Допосевное внесение под ячмень азота в дозе 60 кг/га, а также подкормка в фазу кущения в дозе 30 кг/га на черноземе обыкновенном обеспечивало прибавку урожайности 33% при средней продуктивности на контроле 23,2 ц/га (Богачёв А.Н., 2000).

По сведениям А.А. Громакова (2004), на черноземе обыкновенном внесение азота в дозе 50 кг/га под предпосевную культивацию ячменя в средней части склона северной экспозиции повышало урожайность на 13,6 ц/га (43,7%).

В 2004-2006 гг. внесение вразброс весной минеральных удобрений под культивацию в дозе $N_{50}P_{50}$ увеличивало продуктивность ярового ячменя на 7,8 ц/га (Каменев Р.А., 2006).

На чернозёме южном в Ростовской области урожайность ячменя варьировала от 12 до 15 ц/га. Под действием 60 кг/га NPK она увеличивалась до 19 ц/га (Герасименко П.С., 2008).

Биологические особенности озимой пшеницы. Повышение продуктивности озимой пшеницы является основной задачей современного земледелия (Овсяникова Г.В. и др., 2011).

Озимая пшеница – ведущая зерновая культура в Ростовской области, площади посевов которой в 2009-2011 гг. превышали 2,0 млн. га, а в 2011-2014 гг. в среднем составила 2028 тыс. га. По сравнению с 1990 (1574,7 тыс. га) площадь и доля озимой пшеницы в структуре посевных площадей стали значительно больше, но урожайность – 33,4 ц/га пока уступает 1990 г. – 38,8 ц/га (Агафонов Е.В. и др., 2015). Она значительно ниже возможностей этой культуры. В повышении валовых сборов озимой пшеницы ведущее место принадлежит удобрениям (Церлинг В.В., 1990; Фискевич В.А., 2011; Лабынцев А.В., Щепетьев М.А., 2012; Есипенко С.В., 2013; Агропромышленный комплекс Ростовской области, 2015).

По результатам полевых опытов, проведённых в Ростовской области, потребление N, P_2O_5 , K_2O на 1 т зерна озимой пшеницы составляет: 30-36, 10-13, 20-24 (Агафонов Е.В., 1992).

На начальном этапе вегетации поглощение из почвы озимой пшеницей N, P_2O_5 , K_2O незначительное, но она чувствительна к дефициту питательных ве-

ществ. Максимальное поглощение растениями элементов питания происходит в срок от кущения до колошения. Увеличение концентрации азота в пшенице в эти сроки обеспечивает получение зерна высокого качества (Малюга Н.Г., 2004).

А.Х. Шеуджен (2010) приводит данные о том, что период максимального среднесуточного потребления N, P₂O₅, K₂O озимой пшеницей совпадает со сроками максимального формирования вегетативной массы. В фазу трубкования использование азота, фосфора и калия составляет 42-33-59% от наибольшего, а в колошение – 78-72-94%.

Критическими периодами в обеспечении растений пшеницы азотом являются: 1) начальный этап вегетации; 2) от начала весенней вегетации до фазы трубкования; 3) цветение-налив зерна (Шеуджен А.Х., 2010). Недостаток азота в течение вегетации пшеницы уменьшает урожайность на 12-40% (Церлинг В.В., 1990).

Фосфор обеспечивает прорастание дружных всходов, ускоряет формирование корневой системы. В течение вегетации фосфор поглощается растениями вплоть до фазы восковой спелости. Хорошая обеспеченность растений P₂O₅ улучшает оплодотворение цветков, увеличивает урожайность и её качество. Но при избыточном фосфорном питании происходит быстрое развитие растений. Урожайность из-за этого уменьшается. Потребление калия растениями озимой пшеницы начинается раньше, чем азота. Однако после колошения его использование растениями снижается. При дефиците калия формируется малозерность в колосе, в нём также мало крахмала (Ягодин Б.А., 2002).

В Ставропольском крае на черноземе выщелоченном установлено, что использование в севообороте NPK в дозе 150 кг/га совместно с навозом в дозе 7,5 т/га в 1978-1993 гг. и 167 кг/га совместно с 6 т/га в 2000-2004 гг. увеличивало продуктивность пшеницы с 3,57 до 4,32 т/га или на 21,2% (Есаулко А.Н., 2006).

В Ростовской области для формирования продуктивности пшеницы около 5,5 т/га целесообразно применять полное минеральное удобрение в дозе N₉₀P₁₂₀K₆₀ (Грабовец А.И., Фоменко М.А., 2007).

На тёмно-каштановой почве в условиях Ростовской области А.В. Цыганков (2011) считает целесообразным под озимую пшеницу вносить N₆₀P₆₀ на фоне

осеннего применения бентонитовой глины в дозе 7,5 т/га. Продуктивность культуры увеличивалась на 25,4% по сравнению с контрольным вариантом (4,22 т/га).

По сведениям А.Л. Хатламаджияна (2010), на черноземе обыкновенном при возделывании пшеницы при посеве целесообразно вносить NPK по 24 кг/га. Весной рекомендуется проводить подкормку азотом в дозе 50 кг/га.

В Краснодарском крае в зернопропашном и зернотравяном севооборотах увеличение продуктивности зерна пшеницы получено при внесении $N_{80}P_{60}K_{60}$. Прибавки по сравнению с контрольным вариантом составили 3,33 т/га в зернопропашном и 2,15 т/га – в зернотравяном севообороте (Баршадская С.И. и др., 2010).

Биологические особенности подсолнечника. В России сосредоточено около 70% всех мировых посевов подсолнечника (Маклецова О. и др., 2013). Высокую рентабельность культуры может обеспечить только высокий урожай семян (Картамышева А.А., 2009; Шеховцев В.С., Кулягин Д.В., 2012). В Ростовской области объёмы производимых семян подсолнечника составляют более 18% от валового сбора по Российской Федерации (Устенко А.А., Усатов А.В., 2010; Кузьменко О.В., 2012; agroday.ru).

На чернозёме обыкновенном использование питательных веществ подсолнечником на 1 ц семян составило: азота – 4,6-5,0; фосфора – 2,2-2,4; калия – 11,0-11,6 кг (Мажуга Г.Е., 1998; Горячев В.П., 2012).

По сведениям Донского научно-исследовательского института сельского хозяйства на 1 ц семян культура использует: азота – 6,2-7,5; фосфора – 1,1-1,7; калия – 11,0-13,5 кг (Листопадов И.Н., 1984).

К фазе цветения подсолнечник потребляет из почвы до 60% N, 80% P_2O_5 и 90% K_2O от максимального поглощения (Устенко А.А., Усатов А.В., 2010).

Пик поглощения азота растениями подсолнечника приходится от фазы бутонизация до завершения цветения. Критический период питания по фосфору – от формирования проростка до фазы бутонизация. Дефицит фосфора в начале вегетации приводит к существенному уменьшению урожайности и прекращению потребления азота корневой системой растений. Поглощение калия растениями под-

солнечника в различные фенологические фазы может существенно изменяться, и обусловлено уровнем обеспеченности этим элементом в предыдущие фазы (Малюга Н.Г. и др., 2011).

Под подсолнечник на чернозёмных почвах целесообразно вносить удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ (Марчук И.У., и др., 2011).

На тёмно-каштановой почве в условиях Ростовской области Д.А. Батаков (2001) рекомендует применять минеральные удобрения в дозе $N_{25}P_{30}K_{30}$. Увеличение урожайности по отношению к контролю составило 31,3%.

В Ростовской области определено, что применение под подсолнечник в дозе $N_{25}P_{20}$ повышало продуктивность семян на 0,13-0,19 т/га (Агафонов Е.В. и др., 1998).

По сведениям Ю.А. Хвостикова (2007), на обыкновенном чернозёме в условиях Ростовской области увеличение урожайности подсолнечника при применении 9 т/га навоза в сочетании с $N_{62}P_{32}K_{42}$ или 6,2 т/га навоза в сочетании с $N_{50}P_{40}K_{34}$ в среднем за ротацию севооборота по эффективности не уступало действию полного удобрения NP_{K} 90 кг/га.

В.П. Горячев (2012) в опытах установил, что прибавки урожайности семян подсолнечника от использования бентонита в дозе 10 т/га при совместном применении с $N_{30}P_{30}$ и $N_{60}P_{60}$ составляют 32,6 и 34,1% соответственно при продуктивности на контроле 1,38 т/га.

По данным Д.А. Манашова (2015), азофоску в дозе 50 кг/га целесообразно вносить весной под предпосевную культивацию. Прибавка урожайности семян подсолнечника составила 21% при продуктивности на контроле 13,4 ц/га.

Биологические особенности сахарной свёклы. В Российской Федерации сахарная свёкла является единственным источником получения сахара (Жеряков Е.В., 2012; Мунтян, Е. 2013). Северный Кавказ - ведущая зона свекловодства страны. Посевы свёклы составляют 240-260 тыс. га в год. Наибольшие площади она занимает в Краснодарском (свыше 150 тыс. га) и Ставропольском (около 30 тыс. га) краях, в Ростовской области – лишь 18 тыс. га (Фетюхин И.В., 2003).

Корнеплоды свёклы содержат в среднем 75% воды и 25% сухих веществ, основную часть которых (17,5%) составляет сахароза. Из общего количества «несахаров» около 5% приходится на нерастворимые (клетчатка - 2,5%, пектиновые вещества - 2,4, белки и зола - 0,1%). К растворимым «несахарам» относятся фруктоза, глюкоза и другие безазотистые вещества (0,8%), азотистые вещества (1,1%) и зола (0,6%), (Коренев Г.В. и др., 2013).

Для формирования урожая сахарная свёкла использует большое количество питательных веществ. По данным ряда опытных станций, при урожае 300-400 ц/га корнеплодов и 150-200 ц/га листьев свёкла потребляет примерно 130-150 кг/га общего азота, 40-60 – общего фосфора и 150-220 кг/га K_2O (Вавилов П.П., 1986; Каюмов М.К., 1989).

В начальном периоде вегетации, когда происходит образование листьев, в почве необходимо повышать содержание минерального азота, что позволяет существенно увеличить урожайность и качество сахарной свёклы. Но в последующие периоды развития свёклы усиленное питание азотом способствует чрезмерному нарастанию листьев, уменьшению продуктивности корнеплодов и сбора сахара.

Целесообразность хорошей обеспеченности фосфором растений свёклы объясняется тем, что в обмене веществ происходят реакции фосфорирования и дифосфорирования. В результате этого накапливается энергия, которая освобождается при дыхании. Калий оказывает влияние на физическое состояние клеточных стенок, при этом он снижает вязкость протоплазмы и повышает её проницаемость.

Удобрения являются мощным средством увеличения продуктивности сахарной свёклы (Харченко С.В., 2010).

По данным А.А. Васютина (2002), на черноземе обыкновенном в Воронежской области под свёклу минеральные удобрения необходимо вносить в норме 120 кг/га NPK.

Использование $N_{120}P_{120}K_{120}$ под свёклу в Воронежской области увеличивало урожайность корнеплодов с 37,11 до 48,85 т/га (на 31,6%), (Гвоздев Н.В., 2005).

По результатам исследований И.В. Фетюхина (2003), в условиях Ростовской области под свёклу необходимо вносить минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{60}$. Увеличение урожайности составляет 61% при продуктивности на контроле 34,3 т/га. Сбор сахара при этом повышается на 76%.

Биологические особенности гороха. В Российской Федерации горох используют на продовольственные и кормовые цели. Содержание белка в зерне изменяется в пределах от 18 до 35%. Накопление 50-100 кг/га азота в почве за счёт симбиотической азотфиксации обеспечивает хорошие условия для азотного питания последующих культур севооборота (Рымарь В.Т., 2004). В Российской Федерации посевные площади гороха составляют порядка 700-750 тыс. га (Кондыков И.В., 2010).

Гороху для формирования 1 ц зерна и такого же количества побочной продукции необходимо 6,4-7,1 кг N, 1,5-2,0 P_2O_5 , 1,8-2,2 K_2O (Завалин А.А., 2009).

Фосфор входит в состав фосфатидов и нуклеиновых кислот и способствует созреванию зерна. Калий используется для образования белковых веществ. К фазе цветения растения гороха используют 38-50% N, 32-75% P_2O_5 , 58-70% K_2O от максимального количества за вегетацию. После завершения фазы цветения поглощение азота и калия уменьшается, а фосфор используется до созревания зерна (Турусов В.И. и др., 2012).

По данным С.А. Колесникова (2008), в условиях Западного Предкавказья под горох необходимо вносить полное минеральное удобрение в дозе $N_{20}P_{30}K_{20}$. Урожайность увеличивалась на 7,7-31,6%.

На черноземе обыкновенном в Ростовской области, по мнению М.Ю. Стукалова (1999), для получения урожайности гороха 2,5 т/га количество P_2O_5 в почве нужно увеличивать до 25 мг/кг почвы. Аммиачную селитру необходимо вносить из расчёта, что каждые 10 кг д.в. увеличивает количество азота в почве на 9 кг/га. Целесообразно применять ризоторфин марки 263 из расчёта 200 граммов на гектарную норму семян.

1.2 Выход, состав и свойства птичьего помёта

Основными видами органических удобрений, используемых в сельскохозяйственном производстве, являются различные виды навоза, птичий помёт и компосты на их основе. В последние годы в Российской Федерации производство навоза и помёта во всех категориях хозяйств составляет 294 млн т, или 211 млн т в пересчете на подстилочный навоз. Но большой дефицит навоза приводит к изысканию других источников органического вещества для внесения в почву. Существенно повышается роль птичьего помёта (Лукин С.М., 2013).

В сохранившихся записях римских историков отмечено, что ещё в древние времена люди хорошо знали об использовании помёта птицы в качестве удобрения и успешно его использовали для поверхностного внесения на почву. Специальные надсмотрщики вели строгий учет его сбора и применения (Лысенко В.П., 2013).

По данным С.М. Лукина (2008), от имеющегося поголовья птицы в сельскохозяйственных организациях России ежегодно получали более 14 млн т помёта. Н. Никулин (2012) приводит сведения о том, что уже в 2010 г. в Российской Федерации производили более 23,1 млн т птичьего помёта.

В Российской Федерации работают свыше 400 птицефабрик. Объёмы производимого помёта составляют более 30 млн т (Лысенко В.П., 2012; Бобылева Г.А., 2013).

Птичий помёт по своей природе – это продукт метаболизма, выделенный из организма птицы в виде смеси мочи и кала, имеющий коллоидную консистенцию (Лысенко В.П., 2014).

При откорме птицы (напольное выращивание) используют подстилочные материалы (подсолнечная лузга или солома) и получают подстилочный помёт с содержанием влаги от 18 до 47%. От птицы, выращиваемых в клеточных батареях, получают нативный или бесподстилочный помёт с различным содержанием влаги: плотный – влажность до 75%, полужидкий – 75-93%, жидкий – 94-96% и стоки – свыше 97% (Шеуджен А.Х. и др., 2012).

По данным специалистов Всероссийского научно-исследовательского и технологического института птицеводства, при клеточном содержании от кур-несушек получают в сутки 150 г помёта (таблица 1). За цикл выращивания 1000 бройлеров поступает 5 тонн помёта с подстилкой (Лысенко В.П., Тюрин В.Г., 2016).

На птицефабрике мощностью 50 тыс. цыплят бройлеров в год производится более 13,5 тыс. т помётных масс (Седых В.А., Карнауш П.Ю., 2010). По данным Н. Кисиль, Э. Тер-Саркисян (2007), при среднегодовой численности кур-несушек 1 млн выход помёта от одной курицы в сутки составляет 175 г при влажности помёта (в среднем) 85%.

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

Вид домашней птицы	Поступле- ние помё- та, г/сут.	Химический состав, % на сухое вещество			
		вода	азот	фос- фор	калий
молодняк (1-120 суток – среднее значение)					
Яичные куры	100	66	1,65	1,00	0,62
Мясные куры	110	65	1,70	1,12	0,72
Цыплята-бройлеры (1-49 сут)	65	62	1,82	1,21	0,83
Индейки	160	70	1,76	0,69	0,40
Гуси	200	76	1,42	0,72	0,48
Утки	190	78	1,10	0,45	0,20
взрослая птица					
Куры	155	73	1,31	0,68	0,58
Индейки	260	64	1,68	0,61	0,38
Гуси	392	82	1,38	0,58	0,43
Утки	340	80	1,00	0,62	0,62

На птицефабрике мощностью 10 млн бройлеров производится в сутки свыше 90 т помёта (Харитонов В.Д., Базиков В.И., 2012). По данным Л.С. Фастюкова (1986), при выращивании кур в клеточных батареях выход помёта от взрослой особи составляет 170-290 г в сутки.

По данным Голубева И.Г. с соавторами (2011) от курицы-несушки в сутки получают 200 г помёта, мясных кроссов – 280-310 г, индеек – 500 г., уток – 450 и гусей – до 600 г.

По сведениям специалистов птицефабрики сельскохозяйственного производственного кооператива «Победа», который находится в Ростовской области, от одной головы курицы яичного направления в среднем в сутки получают более 100 г помётной массы (Агафонов Е.В., Каменев Р.А., 2013).

Помёт является высокоэффективным удобрением с большим набором макро и микроэлементов (Муравин Э.А., 2004; Беззубцев А.В., Шмидт А.Г., 2013; Лысенко В.П., 2013; Дабахова Е.В., Титова В.И., 2015). Большое содержание питательных веществ для растений в составе помёта обусловлено тем, что птица питается концентрированными кормами (Вильдфлуш И.Р. и др., 2000).

Объёмы производства помёта на птицефабриках и содержание в нём основных элементов питания для растений существенно изменяются от набора кормов и рационов, а также вида и возраста птицы (куры, гуси, индейки, утки и т.д.), (Милащенко Н.З., 1991).

В помёте птицы питательные вещества для растений большей частью содержатся в легкоусвояемом для них состоянии. По влиянию на урожайность сельскохозяйственных культур помёт птицы ближе к минеральным удобрениям, чем к навозу КРС. Его действие более пролонгированное по сравнению с минеральными удобрениями, так как часть NPK сосредоточено в органической форме и пополняет запасы питательных веществ в процессе минерализации органического вещества (Бакиров Ф.Г., Арапова Ю.Н., 2013).

При внесении органических удобрений, в том числе и птичьего помёта в почву накапливается водорастворимый гумус или подвижные органические вещества, находящиеся на стадии гумификации и способствующие обогащению почвы доступными соединениями, особенно азота (Минеев В.Г. и др., 1993).

Но при разбрасывании птичьего помёта на поле без его заделки за 10 часов из него теряется до 35% азота. За полгода хранения помёта потери общего азота достигают 56%. Также азот теряется при промерзании и оттаивании помёта, хра-

нящегося в небольших кучах. При внесении в почву помёта азот усваивается растениями только из мочевины. Объясняется это тем, что мочевина под воздействием почвенных уробактерий хорошо разлагается до аммиачного азота, который и усваивается растениями в первый год внесения. Разложение гиппуровой и мочевой кислоты идет медленнее, поэтому азот этих соединений, содержащихся в помёте, усваивается растениями после переработки микроорганизмами в последующие годы. Причем, значительная часть азота поглощается микроорганизмами и переходит в органическое вещество почвы (гумус), где и находится в формах труднодоступных соединений (Агеев В.В., Подколзин А.И., 2006). Поэтому при внесении птичьего помёта на поле необходимо сразу проводить заделку его в почву из-за возможных больших потерь азота.

Из-за узкого соотношения углерода к азоту в составе помёта обеспечивается быстрая минерализация органического вещества почвенной биотой. Поэтому птичий помёт можно применять в качестве удобрения под все сельскохозяйственные культуры (Фисинин В.И., Сычев В.Г., 2013).

По данным А.Х. Шеуджена с соавторами (2012), в курином помёте содержится общего азота, фосфора и калия – 2,2 - 1,8 - 1,1%, в утином помёте – 0,8 - 1,5 - 0,5% соответственно и в гусином помёте – 0,6 - 0,5 - 0,9%.

Н. Кисиль, Э. Тер-Саркисян (2007) отмечают, что куриный помёт содержит 70% органики, 4-6% - азота, 5-6% - кальция, 2,4-2,9% - фосфора, 1,7-2% - калия.

По сведениям Н.С. Зверева с соавторами (2007), в курином помёте содержится: N – 0,79; P_2O_5 – 0,10 и K_2O – 0,4% на сырое вещество. Подобные сведения приводит Попов П.Д. (1986).

Решение проблемы получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственной продукции связано с использованием биологически активных веществ (БАВ), к которым относят микроэлементы, витамины и многие другие химические соединения. Такие вещества содержатся в широко распространенном и возобновляемом сырье – птичьем помёте (Кравец А. и др., 2015).

Кроме органического вещества большую роль в общей массе помёта играет зола, которая для растений одновременно является калийно-фосфорным и извест-

ковым удобрением, так как содержит фосфор, калий, кальций. В золе птичьего помёта около 30 микроэлементов, в том числе магний, сера, железо, бор, марганец. Все они находятся в доступной для растений форме. Фосфор из золы лучше усваивается, чем из минеральных удобрений, а K_2CO_3 (поташ) хорошо растворим в воде. Зола почти не содержит хлора, поэтому полезна для растений, которые его не переносят (Лысенко В.П., 2014).

По сведениям В.Г. Минеева (2004), Л.Г. Комаревцевой (2010) и А.Х. Шеджена с соавт. (2012), в 1 кг помёта птицы количество Mn составляет в пределах 95-335 мг, Zn – в пределах 75 до 350 мг, Co 5-14, 8-17 мг – Cu и 3200-8500 мг Fe. Микроэлементы высвобождаются по мере разложения органического вещества, поэтому более длительное время доступны растениям, чем микроэлементы минеральных удобрений, которые действуют временно, пока не произойдет химическое связывание их в труднодоступные формы.

В подстилочном курином помёте по данным Е.В. Агафонова с соавторами (2002) количество общего азота составило 3,40%, общего фосфора - 3,55% P_2O_5 и K_2O 1,70%, в бесподстилочном помёте – 4,50% азота, 4,08% фосфора и 1,77% калия.

В курином подстилочном помёте в условиях Ростовской области, который вносили в 2002-2005 гг. под сахарную свёклу, количество азота составило 2,40%, фосфора 4,20 и калия 3,00% общего K_2O (Ф.А. Понятовский, 2006).

1.3 Влияние птичьего помёта на плодородие почвы

Основой ведения сельского хозяйства всегда было и остается почвенное плодородие. Сохранение плодородия исходного уровня, как и его расширенное воспроизводство, особенно важно для черноземных почв с высоким потенциалом (Подколзин О.А., 2017).

В последние десятилетия черноземы постепенно утрачивают свое потенциальное плодородие. В первую очередь это связано с усиленной дегумификацией. При длительном сельскохозяйственном использовании черноземы теряют наибо-

лее подвижную лабильную часть гумуса (Авад А.Р., Донских И.Н., Мязин Н.Г., 2008).

Ценность органических удобрений заключается в многостороннем действии на систему почва-микроорганизмы-растения. Они являются не только важным источником элементов минерального питания для растений и почвенных микроорганизмов, но и средством восполнения в ней запасов гумуса – одного из основных показателей плодородия почвы (Онищенко Л.М., 2015). Подсчитано, что из 25% сухого вещества, вносимого в почву с органическими удобрениями, идёт непосредственно на пополнение запасов гумуса, а 75% - полностью минерализуется (Шеуджен А.Х., Трубилин И.Т., Онищенко Л.М., 2012; Ненайденко Г.Н., Ильин Л.И., 2015).

Технологии утилизации птичьего помёта должны решать две главные проблемы: охрану окружающей среды и повышение почвенного плодородия (Бондаренко А.М., Самойлова Т.Ф., 2008). При внесении птичьего помёта особенно важна равномерность его распределения по поверхности и качество заделки в почву. Равномерность разбрасывания необходима для избежания очагов с высокой концентрацией питательных элементов, а немедленная заделка – обусловлена тем, что в помёте содержится большое количество азота в аммиачной форме, улетучивающегося при поверхностном внесении (Шеуджен А.Х. и др., 2006).

Большая часть фосфора в помёте, представленная органическими соединениями, слабо закрепляется в почве и хорошо усваивается растениями. Поэтому фосфор из помёта усваивается лучше, чем из минеральных удобрений (Шеуджен А.Х., Трубилин И.Т., Онищенко Л.М., 2012).

По сведениям Л.А. Изерская с соавторами (1996), В.И. Титова и др., (1996; 2002), содержание доступного фосфора в почвах при внесении помёта, на полях распалоченных рядом с птицефабриками, существенно больше, чем в почвах без этого органического удобрения.

Особое внимание следует уделить вопросу миграции фосфора органических удобрений по профилю почвы. Общеизвестно, что фосфор малоподвижен в почве. При проведении наблюдений с помощью меченых атомов или лизиметров очень

редко удавалось заметить существенное передвижение фосфора по профилю почвы. В опытах с мечеными ^{32}P -фосфорными удобрениями метка не обнаруживалась глубже 10 см от зоны внесения. Основная масса фосфора задерживается в слое почвы 2-3 см. Однако в литературе имеются сведения, что при внесении на поверхность почвы фосфор может мигрировать на глубину от 20 до 45 см. По мнению многих авторов, основным миграционным соединением фосфора являются органоминеральные полимеры фосфорной кислоты (Шильников И.А., Сычев В.Г., Шеуджен А.Х. и др., 2012).

По мнению О.Г. Ониани (1974), основными факторами, влияющими на передвижение фосфора в почве, являются свойства почвы (механический состав, реакция среды, водный режим), климатические условия (количество выпадающих осадков, температура) и формы фосфорных удобрений (органические и минеральные).

Многие специалисты (Органические удобрения в интенсивном земледелии, 1984; В.Г. Минеев и др., 1993; В.Г. Минеев, 2004) считают, что под влиянием органического вещества усиливаются микробиологические процессы в почве, в результате повышается растворимость и, следовательно, доступность растениям элементов минерального питания. Например, нерастворимые фосфаты кальция, железа, алюминия и другие формы переходят в растворимые соединения. Подвижность нерастворимых фосфатов почвы может повышаться в результате их взаимодействия с гуминовыми и другими органическими кислотами. Поэтому фосфор органических удобрений отличается повышенной подвижностью (Цвей Я.П. и др., 2014).

По данным М.А. Цуркана (1985), применение навоза на карбонатном черноземе существенно влияет на содержание легкоподвижных фосфатов и особенно органофосфатов. Отмечено, что при использовании бесподстилочного навоза миграция фосфора происходит в основном в органической форме. Даже на пятый год последствий в унавоженных вариантах содержание органофосфатов было значительно выше, чем на контроле.

В работе В.А. Аргуновой (1974) определено, что практически весь мигрировавший фосфор по профилю почвы связан с органическим веществом. В дренажных водах не было обнаружено минерального фосфора, так как он был весь связан с фульвокислотами. Показано, что в модельных опытах миграционная способность фосфатов, связанных фульвокислотами, в 2-4 раза выше миграционной способности минеральных фосфатов. В естественных условиях был выявлен поздне-осенний максимум миграции (до 10% подвижных), при котором значительная часть фосфора мигрировала от подстилки до иллювиального горизонта со скоростью, примерно равной скорости движения воды. Наблюдаемая миграция фосфора осуществлялась исключительно в форме растворимых органоминеральных соединений.

По данным И.С. Кауричева и др. (1983), отмечена существенная миграция фосфора жидкого навоза по профилю почвы. В полевых и модельных опытах установлено, что 50-80% внесённого фосфора из жидкого навоза мигрировало из пахотного горизонта в органоминеральной форме с наибольшей глубиной проникновения до 90-100 см.

В исследованиях А.Ю. Кудеяровой и В.Н. Баликина (1982) установлена зависимость между содержанием органического вещества в почве, использованием органических удобрений и степенью выщелачивания фосфора в грунтовые воды. Большая роль в миграции фосфора принадлежит фосфатам, образование которых усиливается наличием органики и фосфорных удобрений. В грунтовых водах были обнаружены полимерные формы фосфора, что может свидетельствовать о миграции фосфатов по профилю в виде полифосфорных комплексов.

По мнению М. Александер (1978), подобный эффект связан с защитным действием органического вещества удобрения от ретроградации фосфора в почве. Кроме того, он высказывает предположение о том, что органическое вещество удобрения обладает повышенной способностью растворять фосфаты кальция. А. Демолон (1961), Д.У. Кук (1970) также считают, что величина содержания органического вещества существенно влияет на количество доступного фосфора как в год действия, так и последствия.

Органические фосфаты минерализуются в почве достаточно интенсивно, благодаря действию корневой системы растений на фосфор, взаимосвязанный с органикой (Аскинази Д.Л., 1949).

Применение минеральных удобрений не оказывает влияния на миграцию фосфора. Внесение 2875 кг фосфора на суглинистых почвах штата Огайо (США) не способствовало его миграции. Но при внесении навоза усиливалось вымывание фосфора при систематическом применении фосфор содержащих удобрений (Шконде Э.И., Благовещенская З.К., 1979).

На черноземе обыкновенном увеличение содержания фосфора органических соединений под действием органических и органоминеральных систем удобрения отмечено до глубины 1 м, что подтверждает возможность миграции фосфорорганических соединений. В своей работе А.Ю. Кудеярова и В.Н. Баликин (1982) не обнаружили взаимосвязи между уровнем применения минеральных удобрений и концентрацией фосфора в грунтовых водах. Подобные данные получены при проведении исследований в лизиметрах Г.И. Ушаковой (1987).

В.А. Ефремовым (1998) в опытах с бесподстилочным куриным помётом, внесённым под предпосевную культивацию, установлено, что, уже в середине вегетации кукурузы количество P_2O_5 в слое почвы 20-40 см увеличивалось на 1,2-2,0 мг/кг почвы или на 9-15% по отношению к контролю. Под влиянием последействия помёта на второй год после его внесения количество подвижного фосфора в этом слое повысилось на 12-17%.

Многолетние исследования ВНИИ органических удобрений и торфа по изучению влияния бесподстилочного навоза (БН) на параметры дерново-сильнопodzолистой почвы и продуктивность костреца безостого свидетельствуют о существенной миграции фосфора удобрений по почвенному профилю (Поздняков А.И., Шваров А.П. Тарасов С.И., Русакова И.В., 2015). Ими установлено, что систематическое внесение, в течение 31 года, БН в дозе $N_{300}PK$ увеличивало содержание P_2O_5 (по Чирикову) в верхнем слое почвы до 95,6, в 20-40 см – до 33,1, в 40-60 см – до 14,7 мг/кг почвы. На контроле его было соответственно 3,8, 0,4 и 0,5 мг/кг. С увеличением дозы помета до $N_{700}PK$ количество доступного фосфора по-

высилось ещё больше – в слоях 0-20, 20-40 и 40-60 см до 176,5; 117,7 и 31,9 мг/кг почвы. Изменения фосфатного режима в слое 80-100 см менее значительны – в пределах 4,9-2,5 мг/кг. Действие удобрений в эквивалентной дозе $N_{300}PK$ проявилось в целом слабее.

Систематическое использование удобрений способствовало значительному увеличению валового содержания фосфора в почве. В верхнем слое почвы оно повысилось до 150 мг/100 г почвы при содержании на контроле 129 мг/100 г почв. В слое почвы 20-80 см увеличение было в пределах 16,7-11,2% - со 140-134 на контроле до 140 мг/100 г почвы от действия удобрений (Носко Б.С. и др., 2008).

Фосфор может перемещаться вниз по профилю почвы при ежегодном его внесении в больших дозах, превышающих вынос урожаями (Листопадов И.Н., 2005). По данным И.С. Кауричева и др. (1983), органические удобрения на легких почвах способствуют переносу фосфора на глубину на менее 60 см. На других почвах – до 1 метра по сведениям Е.Н. Алексеевой (1968) и Э.А. Бабарина (1971).

По данным В.В. Агеева (1996), в лизиметрическом стоке, собранным с глубины 1,6 м, обнаруживались следы фосфатов в 1/2 лет исследований, а в фильтрате, собираемом из первой половины метрового слоя, обнаруживались следы фосфатов каждый год исследований. Вымывание фосфора, по данным А.А. Короткова, Е.И. Кравчук (1986), мало зависит от возделываемой культуры и её урожайности.

Поэтому сложившиеся представления о том, что Р-анионы (Р) хемсорбируются на поверхность почвенных металл-содержащих соединений-сорбентов с образованием труднорастворимых (прочно удерживаемых) металлофосфатных комплексов и, как следствие, утрачивают химическую активность и способность к миграции противоречат фактам усиливающейся примерно с 70-х годов прошлого века миграции Р-содержащих соединений (Кудеярова А.Ю., 2010).

Подтверждением миграции соединений фосфора в почвах служит увеличение их притока в водоёмы, усилившегося во второй половине прошлого века, что привело к эвтрофированию водоёмов, визуально проявляющемуся в «цветении»

(Томас Ю.А., 1977; Finck, A., 1982; Коплен Дикс И.С. и др., 1985; Bellemakers M.J.S., Maessen M., 1998).

Но при проведении исследований по миграции фосфора удобрений и уровня изменений его запасов в различных почвах А.Ю. Кудеярова (1987) не учитывает потери фосфора при балансовых расчётах вследствие вымывания его инфильтрационными водами.

В Ростовской области определено, что использование перепревшего бесподстилочного куриного помёта весной под первую культуру в звене севооборота кукуруза, яровой ячмень, просо увеличивало количество $N_{\text{мин}}$ в почве в слое 0-60 см в первой половине вегетации на 40-73 кг/га, количество подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см – на 2,5-5,3 мг/кг почвы. Под второй и третьей культурами отмечено увеличение гумуса на 0,01-0,08% в верхнем слое почвы (Агафонов Е.В. и др., 2001).

На черноземе обыкновенном в Ростовской области в 2002-2005 гг. установлено, что применение куриного помёта под сахарную свёклу в дозе 7,5 т/га к фазе всходов повышало количество $N-NO_3$ в слое почвы 0-60 см по отношению к контролю на 29 кг/га, подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см – на 8,0 и обменного калия в слое 0-40 см – на 6 мг/кг (Понятовский Ф.А., 2006).

1.4 Экологические аспекты применения птичьего помёта в земледелии

Количество производимых сельскохозяйственных отходов АПК Российской Федерации по различным источникам достигает 630-650 млн. т., из них животноводство – 56%, растениеводство – 35,6%, перерабатывающая промышленность – 4,7% и птицеводство – 3,7% (В.П. Лысенко, 2012).

Опасными называются отходы, в составе которых содержатся вредные вещества (токсичные, взрывоопасные) или имеющие возбудителей инфекционных болезней, а также те, которые могут нести потенциальную опасность для окружающей среды и здоровья человека самостоятельно или при вступлении в реак-

ции с другими веществами. Поэтому для характеристики относительной экологической опасности отхода, выраженная в виде натурального числа, используется понятие класс опасности, которому соответствует определенные значения индекса опасности. Индекс опасности – интегральный показатель, характеризующий опасность отхода при воздействии его на окружающую среду (Лысенко В.П., 2012).

Существует 4 класса опасности: 1 класс – чрезвычайно опасные, 2 класс – высокоопасные, 3 класс – умеренно опасные и 4 класс – малоопасные. Образование и движение этих отходов подлежит статистическому учету. Навоз и помёт, согласно Федерального классификационного каталога отходов РФ, классифицируется следующим образом: навоз КРС перепревший (хранение не менее 6 месяцев) – 5 класс опасности, навоз КРС свежий – 4 класс опасности, навоз от свиней свежий – 3 класс опасности; навоз от свиней перепревший (хранение не менее одного года) – 4 класс опасности. Свежий птичий помёт рассматривается как токсичные отходы производства 3 класса опасности, перепревший – 4 класс опасности (Голубев И.Г. и др., 2011).

Птицефабрики по влиянию на здоровье человека по требованиям СанПиН отнесены к предприятиям 1-го класса опасности: проблема обусловлена несвоевременной утилизацией куриного помёта. Устаревшие помётохранилища птицефабрик ни по объёму, ни по техническому состоянию не соответствуют современным требованиям. Строительство новых помётохранилищ зачастую не предусматривается технологическими проектами развития птицефабрик (Гришуткина С., 2008). Наиболее распространенной практикой является размещение отходов птицеводства в хранилищах с последующим вывозом на поля. Но зачастую помётохранилища представляют собой открытые наземные конструкции, которые подвержены воздействию атмосферных осадков, эксплуатируются с перегрузкой, что приводит к сбрасыванию стоков и отходов на рельеф местности, что представляет прямую угрозу загрязнения поверхностных и грунтовых вод (Понамарева Ю.В. и др., 2012).

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), помёт птицефабрик может содержать более 100 возбудителей инфекционных и инвазионных болезней. Помёт является благоприятной средой для развития и сохранности патогенной микрофлоры, может содержать тяжелые металлы, пестициды, медикаментозные препараты, радиоактивные вещества и семена сорных растений (Матросова Л.Е., 2005). Так, например, возбудители сальмонеллеза и колибактериоза сохраняют жизнеспособность в помёте в течение 12 месяцев, туберкулеза - 18 месяцев (Тюрин В., Лысенко В., 2013). Уровень заболеваний населения в районах размещения крупных предприятий животноводства и птицеводства в 1,6 раза превышает средний показатель в России. Общая площадь полей, загрязненных отходами животноводства и птицеводства, в Российской Федерации превышает 2,4 млн гектаров, из которых 20% - сильно загрязненные, 54% - загрязненные, 26% - слабо загрязненные (С. Лукин, 2008).

Хранилища для помёта должны быть расположены за пределами производственных зон птицефабрик с подветренной стороны на возвышенных участках местности, чтобы исключить поступление поверхностных вод и осадков в помётную массу. Сооружения для хранения жидкого помёта должны быть выполнены с гидроизоляцией, исключающей фильтрацию его в водоносные горизонты. Территория сооружений для хранения помёта должна быть ограждена, защищена многолетними зелеными насаждениями, благоустроена и иметь проезды и подъездную дорогу с твердым покрытием шириной не менее 3,5 м. В составе сооружений должна быть емкость для хранения карантинного помёта в течение не менее 6 суток, необходимых для уточнения диагноза в случае подозрения на инфекционную болезнь (Тюрин В., Лысенко В., 2013).

В практике сельскохозяйственного производства помёт широко применяется в земледелии в качестве органического удобрения для увеличения плодородия почв и получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Поэтому, необходимо согласно требований ветеринарного и экологического надзора осуществлять подготовку и переработку помёта для получения качественно-

го органического удобрения, безопасного в санитарном и экологическом отношении (Матросова Л.Е., 2005; Тюрин В., Лысенко В., 2013).

Многие птицеводческие предприятия не имеют достаточных площадей земель сельскохозяйственного назначения для утилизации всего производимого помёта. Экологически безопасный уровень поголовья животных и птицы составляет 2 условные головы на 1 гектар. К 1 условной голове приравнено 50 голов взрослой птицы. Но на многих птицефабриках этот показатель выше в 20 раз и более (Лысенко В.П., 2012).

При ненормируемом применении или некачественной переработке органических отходов происходит развитие негативных процессов на землях сельскохозяйственного назначения: загрязнение, занитрачивание, засоление и осолонцевание почв, снижение их биологической активности, ухудшение водно-физических свойств, загрязнение подземных вод, смыв в поверхностные водоисточники (Кирейчева Л.В., Тиньгаев А.В., 2010).

Систематическое гиперинтенсивное применение помёта увеличивает эрозию почв, химическое и биологическое загрязнение. При внесении избыточных доз птичьего помёта в почву усиливается накопление ионов аммония, хлора, сульфат-ионов, повышается концентрация одновалентных катионов, что может способствовать её засолению. Легкоподвижные формы азота, содержащиеся в помёте, легко вымываются и улетучиваются из почвы, вызывая загрязнение грунтовых вод и атмосферы. Избыток фосфатов приводит к переходу содержащегося в почве железа в недоступное для растений состояние.

При большом разрыве между внесением и заделкой птичьего помёта в атмосферу выделяется аммиак, сероводород, органическая пыль, которые, попадая в воздух, распространяются в радиусе более 3-4 км. Поэтому, для уменьшения вредного воздействия требуется строгое соблюдение установленных технологических операций.

Одной из причин снижения объемов использования органических удобрений является низкая эффективность их применения. Прибавки урожайности от применения органических удобрений в производственных условиях вдвое ниже

их нормативных значений, так как свыше 50% применяемого навоза используется без соответствующего приготовления, прохождения стадии компостирования (Еськов А.И., 2005).

Традиционный способ компостирования помёта, который наиболее приемлем для бесподстилочного (нативного) помёта – смешивание его с наполнителями, содержащими углерод: торфом, опилками. Недостаток этого метода – длительность процесса. Кроме того, некоторые патогенные микроорганизмы остаются по-прежнему активными (Кисиль Н., Тер-Саркисян Э., 2007; Елаева О.Ю., 2008).

Для подстилочного птичьего помёта наиболее распространённым является способ «пассивного компостирования» – самый простой способ подготовки помёта для применения в качестве удобрения. Органическая смесь формируется в бурты высотой до 2 м. Через 6-8 месяцев образуется компост и его можно применять в растениеводстве.

Интенсивное компостирование (аэробная твердофазная ферментация) – органическую смесь загружают в специальные ферментеры, в которых процесс созревания происходит 6-7 суток, так как в них нагнетается в нижнюю часть воздух, который резко интенсифицирует развитие мезофильных и термофильных микроорганизмов.

В Белгородской области накоплен положительный опыт по компостированию птичьего помёта. Это биотермический процесс минерализации и гумификации органических отходов, происходящих в аэробных условиях под воздействием микроорганизмов. В 2010 г. было внесено на поля 760 тыс. тонн птичьего помёта и компостов на его основе, с которыми поступило 57 тыс. тонн д.в. (Чекмарев П.А., Родионов В.Я., Лукин С.В., 2011).

Термическая сушка помёта в специальных установках – этот процесс позволяет получать концентрированное удобрение, которое легче транспортировать.

Широко применяется переработка птичьего помёта в биогумус (вермикомпост) с использованием различных популяций дождевых червей (Гроздова А., 2008).

Важным направлением в обеззараживании куриного помёта является использование различных микробиологических препаратов для ускорения процессов компостирования (Тремасов М.Я. и др., 2006; Гриценко В., Судаков В., 2007).

Ресурсный потенциал птичьего помёта определяется значительной эколого-экономической составляющей. Снижение расхода минеральных удобрений, применяемых под сельскохозяйственные культуры, позволяет сократить их производство, и как следствие добычу и транспортировку полезных ископаемых. При этом снижается техногенное воздействие объектов по добыче полезных ископаемых и производству минеральных удобрений на окружающую среду (Ковалев Н.Г., 2008).

По мнению В.П. Лысенко (2013), из-за отсутствия взаимосвязи между птицеводческими хозяйствами и растениеводческими предприятиями, в которых возможна утилизация помёта в качестве органического удобрения, ежегодно АПК России не добывает 186 млрд. рублей. Эколого-экономическое равновесие при обращении органических отходов достигается заинтересованностью предприятий, формирующих отходы, безопасно их утилизировать, а сельхозтоваропроизводителей - рационально использовать. Экономическим механизмом регулирования для предприятий-источников органических отходов будет служить внедрение повышенных экологических налогов (штрафных санкций). А для сельхозтоваропроизводителей снижение затрат на минеральные удобрения, повышение плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур. Дополнительным стимулом использования органических отходов в сельском хозяйстве для потребителей может служить частичная оплата предприятием-источником отходов за их утилизацию (Кирейчева Л.В., Тиньгаев А.В., 2010).

1.5 Утилизация птичьего помёта в качестве органического удобрения

Академик Д.Н. Прянишников (1965) писал, что как бы ни было велико применение минеральных удобрений в земледелие, использование навоза будет всегда актуальным в растениеводстве.

Применение органических удобрений не только улучшает питание растений, но также способствует развитию почвенных микроорганизмов, в результате чего увеличивается трансформация всех элементов питания (Комаревцева Л.Г., 2010).

Органические удобрения (навоз, помёт и компосты на их основе) являются мощным фактором увеличения плодородия почвы. Применение органики даёт возможность повторно использовать элементы питания растений в земледелие (рециклинг и реутилизация), (Киселев Н.Н., Соколов А.С., 2007). Развитие процесса накопления органического вещества в почве способствует улучшению всех агрономически важных свойств (Байбеков Р.Ф. и др., 2012).

При высоком уровне производительности земледелия и низком внесении органики в пахотный слой происходит усиление минерализации гумуса и ухудшению агрохимических и агрофизических свойств почвы (Арефьев А.Н., 2006).

В настоящее время в Российской Федерации органические удобрения вносятся только на 2% пашни. Но потенциал производства органических удобрений позволяет ежегодно вносить на поля до 100 млн т органического вещества и получать дополнительно 20-25 млн т зерн. ед. (Еськов А.И., Рябков В.В., 2013).

Утилизация навоза и помёта приводит к дополнительным расходам. Но это даёт возможность использовать возобновляемые сырьевые ресурсы, которые после переработки могут приносить постоянный и стабильный доход. Под утилизацией органических отходов понимается не их уничтожение, а использование с выгодой (Мерзлая Г.Е., Лысенко В.П., 2005).

Использование «опасного отхода» - птичьего помёта в качестве органического удобрения решает две важные проблемы. Во-первых, увеличивает урожай-

ность сельскохозяйственных культур и плодородие почвы. Во-вторых, обеспечивается защита окружающей среды из-за отсутствия объекта загрязнения. Это является самым простым, доступным и малозатратным способом утилизации помёта (Дарбасов В.Р., Федорова Е.Я., 2015; Лысенко В.П., 2015).

По рекомендациям ВНИИА имени Д.Н. Прянишникова, удобрения на основе птичьего помёта могут без ограничения использоваться практически под все культуры (Лысенко В.П., Семенцов А.Ю., 2002).

Основой для применения птичьего помёта в качестве органического удобрения в экосистеме является установление нормы для его внесения (Чекаев Н.П., 2009).

По данным С.М. Лукина (2008), нормативная окупаемость 1 т подстилочного помёта 1,6 ц з.е., бесподстилочного полужидкого – 0,8 ц з.е., жидкого – 0,3 ц з.е. По расчётам Н. Маругиной (2012), внесение 1 т подстилочного навоза в севооборотах России окупалось 68 кг з. ед. на естественном фоне и 60 кг з. ед. на фоне минеральных удобрений. Использование подстилочного птичьего помёта в 2 раза эффективнее подстилочного навоза, окупаемость 1 т подстилочного помёта без NPK – 143 кг з. ед., на фоне NPK – 115,7 кг з. ед.

Дозы внесения помёта устанавливают наиболее часто на основании потребности удобряемых культур в азоте и содержанию его в удобрении (Шеуджен А.Х., Куркаев В.Т., Котляров Н.С., 2006). По существующим рекомендациям допустимую дозу навоза и навозных стоков ориентировочно необходимо устанавливать по азоту: при орошении – до 300 кг/га; без орошения – 200 кг/га. Рекомендация единой нормы (дозы по азоту) для различных почвенно-климатических условий, без учета гранулометрического состава почв, типа водного режима и глубины залегания грунтовых вод вызывает сомнение. Использование данного норматива без корректировки для сложных условий утилизации практически невозможно. Например, если территория характеризуется высокой степенью расчлененности на местности, наличием водотоков и эрозионной опасности (Самоделкин А.Г., Титова В.И., Дабахова Е.В., 2013).

По данным А.В. Ряховского, В.Н. Кравченко, С.И. Лысенко (2007), органические удобрения, в содержании в которых $N_{\text{общ}}$ более 2%, а $C:N=15-25:1$, можно применять под сельскохозяйственные культуры без риска их азотного голодания. Чем уже отношение $C:N$ и выше содержание $N_{\text{общ}}$ в органических удобрениях, тем лучше эффект от удобрения, и наоборот. Содержание на оптимальном уровне $N_{\text{общ}}$ и зачастую выше него отмечено в птичьем помёте всех форм.

При внесении органических удобрений даже в рекомендованных дозах общее количество макроэлементов достигает 300 и более кг/га. В степных районах и засушливых условиях эти дозировки опасны для растений. Но в составе органических удобрений только определенная часть питательных веществ сразу доступна для питания сельскохозяйственных культур. Из общего содержания макроэлементов в средней дозе подстильного навоза первой культурой усваивается 180 кг, второй – 60 и третьей – 24 кг (азот + фосфор + калий). За три года эта величина достигает 264 кг, или 69% от общего их количества. Потери составляют 156 кг (31%), которые происходят вследствие необменной фиксации калия и аммония кристаллической решеткой глинистых минералов, перехода азота в состав гумуса и тело бактерий, химического связывания фосфора (Ряховский А.В., Кравченко В.Н., Лысенко С.И., 2007).

По данным Новикова М.Н., Панова Е.П. (1988), на черноземных почвах норма внесения подстильного птичьего помёта под зерновые культуры – 6-8 т/га, под картофель, кукурузу на зерно, сахарную свёклу, кормовые корнеплоды, овощные – 10-15 т/га, технические – 12-15 т/га.

На черноземе выщелоченном Пензенской области, определено, что прибавка урожайности зерна озимой пшеницы составляет 0,92 т/га при применении куриного помёта в дозе 20 т/га. Урожайность на контроле составила 2,63 т/га (Чекаев Н.П., 2009).

При возделывании зерновой кукурузы на светло-серой почве внесение куриного помёта нормой 25 т/га повышало урожайность на 2,40 т/га, при продуктивности на контроле 6,75 т/га (Дабахова Е.В. и др., 2005).

В условиях Омской области систематическое применение куриного помёта позволяет повысить сбор зерна яровой пшеницы с 1 га до 34,0-34,1 ц/га. При этом прибавка к контролю в 2010 г. составила 8,2-9,0 ц/га, в 2011 г. – 15,0-15,1 ц/га. Уровень урожайности яровой мягкой пшеницы достигал 30-42 ц/га (Беззубцев А.В., Шмидт А.Г., 2013).

Помёт целесообразно применять после термической сушки (Куфтов А.Ф. и др., 2005). Эффект от использования высушенного в термосушилках помёта в три-пять раз выше, чем от навоза КРС. Повышение урожайности зерновых культур составила 16%, 60-70% - кормовых, 16-18% - овощных, 30-55% плодовых, 40-50% - ягодных, 40-50% - картофеля (Н. Кисиль, Э. Тер-Саркисян, 2007).

Внесение куриного помёта в условиях Уральской области под картофель увеличивало массу клубней на 78,0 ц/га по сравнению с контролем (283 ц/га), (Мингалиев С.К. и др., 2000).

Применение питательной смеси для растений из птичьего помёта в дозах 15 и 20 т/га под полевые культуры, а также 30 и 40 т/га под овощные увеличивает продуктивность в 1,2-1,6 раза по сравнению с урожаем при использовании только минеральных удобрений (Дурдыбаев С.Д. и др., 1989).

В Ростовской области на черноземе обыкновенном в 1995-1997 гг. внесение перепревшего бесподстилочного куриного помёта в дозе 10 т/га под предпосевную культивацию кукурузы на зерно повышало урожайность на 12,7 ц/га (Агафонов Е.В. и др., 2002).

В условиях Ростовской области на черноземе обыкновенном применение весной подстилочного куриного помёта под сахарную свёклу в дозе 7,5 т/га повышало урожайность по сравнению с контролем на 16%, а сбор сахара - на 20% (Понятовский Ф.А., 2006).

Также в условиях Ростовской области установлено, что от дозы индюшиного подстилочного помёта 10 т/га урожайность кукурузы на зерно повышалась на 6,3 ц/га или 24% (Агафонов Е.В., Каменев Р.А., 2010).

Эффективным является применение индюшиного помёта при выращивании овощных культур в Ростовской области. Урожайность сладкого перца при внесе-

нии помёта в дозе 30 т/га увеличивалась на 17% (контроль 65 т/га), баклажана - на 24% (контроль 57 т/га), (Агафонов Е.В. и др., 2011; Агафонов Е.В., Каменев Р.А., 2011).

Эффект от органических удобрений в севообороте проявляется не только на первой культуре, но и на последующих в течение нескольких лет, что называется последствием удобрения. В севооборотах в зависимости от их специализации срок последствия органических удобрений существенно зависит от почвенно-климатических условий. В засушливых южных районах низкий эффект от органических удобрений обусловлен в отдельные годы дефицитом влаги. Из-за этого органика мало разлагается в почве и в первый год бывает слабо эффективной. Во второй и последующие годы органические удобрения оказывают существенное последствие на урожайность культур (Афендулов К.П., Лантухова А.И., 1973; Минеев В.Г., 2004). Благодаря высокой концентрации органических компонентов и их постепенному высвобождению последствие птичьего помёта оказывает влияние на урожай культур и в последующие 2-3 года (Лысенко В.П., 2014).

При внесении перепревшего бесподстилочного куриного помёта в условиях Ростовской области на черноземе обыкновенном в дозе 10 т/га весной под кукурузу на зерно прибавка урожайности увеличивалась на 1,27 т/га. В первый год последствия на яровом ячмене урожайность зерна повысилась на 0,65 т/га, а на второй год – на 0,45 т/га. Суммарный сбор зерна на контрольном варианте в звене полевого севооборота составил 10,77 т/га (Агафонов Е.В. и др., 2002).

1.6 Нормативно-правовые вопросы утилизации птичьего помёта в земледелии

Современное законодательство в области регулирования оборота агрохимикатов и органических удобрений включает Федеральные законы: от 25 октября 2001 г. №136-ФЗ «Земельный кодекс РФ» от 24 июня 2002 г. №101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» от 10 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» от 16 июля 1998 г. №101-ФЗ «О государственном ре-

гулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения»: от 19 июля 1997 г. №109-ФЗ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами»: от 24 июня 1998 г. №89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

Проектирование систем удаления, подготовки и использования органических удобрений осуществляют на основе «Норм технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета» (НТП 17-99), утвержденных приказом Минсельхоза РФ от 31 мая 1999 г. С 2008 г. «НТП 17-99» трансформированы в «Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета». РД-АПК 1.10.15.02-08.

Национальный стандарт РФ «Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия» ГОСТ (Р 53117-2008).

С 1 января 2011 года введен в действие Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53765-2009 «Помет птицы. Сырье для производства органических удобрений. Технические условия». Если по своим качественным показателям птичий помёт соответствует регламентированным национальным стандартам, то его можно использовать в земледелии.

Согласно нормативным положениям содержание токсичных соединений, радионуклидов, мышьяка, тяжелых металлов, стойких хлорорганических загрязняющих веществ в органических удобрениях не должно превышать гигиенические нормативы. Удобрения не должны содержать болезнетворных микроорганизмов, жизнеспособных яиц, личинок гельминтов, синантропных мух, цист кишечных простейших, вредителей растений, возбудителей болезней, сорняков, имеющих карантинное значение для РФ (Тарасов С.И., Шалова Л.М., 2010).

Министерством природных ресурсов 02.12.2002. утвержден «Федеральный классификационный каталог отходов», в который включен помёт птицы и навоз сельскохозяйственных животных с отнесением их к 3 и 4 классам опасности. Согласно Постановлению Правительства России от 12.07.2003 г. №344 за размещение отхода 3 класса (птичьего помета) с птицефабрик взимается 497 руб./т.

Исчисление и взимание платы за загрязнение окружающей среды осуществляется на основании положения Федерального закона от 10 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды», а также постановления Правительства Российской Федерации от 28 августа 1992 г. №632 «Об утверждении порядка определения платы и её предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия (Кирейчева Л.В., Тиньгаев А.В., 2010).

Таким образом, навоз и помёт – это отход, а не удобрение. Поэтому собственнику (арендатору) животноводческого комплекса, в процессе производства которого образуется навоз, стоки навозные, птичий помёт необходимо иметь лицензию на осуществление деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортированию, размещению отходов 1-4 класса опасности в соответствии с действующим законодательством. Удобрением отходы станут в том случае, когда они утратят свои опасные свойства. Когда будет проведено его эффективное обезвреживание, обеззараживание. Если отходы относятся к третьему-четвёртому классам опасности, то необходимо: иметь паспорт на опасные отходы, осуществлять производственный контроль, назначить ответственных за обращение с отходами лиц, прошедших специальное обучение, места складирования отходов должны соответствовать установленным нормам. Ст. 247 ч.1 УК РФ предусматривает уголовную ответственность за нарушение правил обращения с отходами производства и потребления, создавшими угрозу существенного вреда жизни и здоровью человека и окружающей среде (Деловой крестьянин, №5, 2013).

Таким образом, для использования птичьего помёта в качестве органического удобрения необходимо провести испытания партии помёта на агрохимические показатели: общий азот, фосфор, калий, органическое веществ, зола и т.д., а также экологическую безопасность - отсутствие пестицидов и тяжелых металлов. А также необходимы исследования на санитарно-эпидемиологические показатели: отсутствие патогенной микрофлоры (Агафонов Е.В., Каменев Р.А. и др. 2016).

2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Природно-климатические условия, в которых возделываются сельскохозяйственные культуры, в значительной мере определяют эффективность производства (Алабушев А.В., Раева С.А., 2011). Ростовская область находится в южной части европейской территории России, в умеренных широтах северного полушария, для её территории характерен умеренно-континентальный тип климата. Регион, как и многие другие в РФ, часто подвергается засухе. По своему характеру она может быть почвенной и атмосферной (Сотченко В.С. и др., 2014).

Исследования проводились в Ростовской области в СПК «Победа» Азовского района, СПК агрофирме «Новобатайская» Кагальницкого района, на опытном поле ФГБОУ ВО ДонГАУ Октябрьского района и СПК колхозе «Колос» Каменского района.

Погодно-климатические условия. По схеме агроклиматического районирования Ростовской области территория Азовского района относится к приазовской зоне и занимает юго-западную её часть. Климат зоны проведения исследований засушливый, гидротермический коэффициент 0,7-0,8 (Хрусталеv Ю.П. и др., 2002; Шеуджен А.Х. и др., 2009). По данным метеостанции (Маргаритово) среднегодовья сумма осадков за год составляет 502 мм, среднегодовая температура воздуха 9,7⁰С, а относительная влажность воздуха 73% (приложение 1).

За 2010-2011 и 2014-2015 с.-х. годы выпадение осадков было практически на уровне среднегодовья нормы. В 2011-2012 с.-х. году недобор осадков составил 50,2 мм, в 2012-2013 с.-х. году – 110,6 и в 2013-2014 с.-х. году – 142,4 мм. Эти годы можно характеризовать как засушливые. Среднегодовая температура воздуха была выше среднегодовья нормы во все годы. Превышение изменялось в пределах от 0,9 (2011-2012 с.-х. год) до 2,5⁰С (2012-2013 с.-х. год).

Кагальницкий район входит в южную зону Ростовской области и расположен в юго-западной части её территории. Климат района засушливый. Среднегодовая температура составляет +9,0⁰С. Среднегодовое количество осадков 518 мм (приложение 2).

Наименьшее превышение среднемноголетней нормы осадков было в 2012-2013 с.-х. году, которое составило 25,8 мм, максимальное в 2011-2012 с.-х. году – 130 мм. В 2010-2011 и 2013-2014 с.-х. осадков выпало больше нормы на 87,0 и 92,0 мм. Небольшой дефицит осадков отмечен лишь в 2014-2015 с.-х. году – 11 мм. 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 находится в приазовской зоне Ростовской области. Среднемноголетняя сумма осадков составляет 468 мм (приложение 3). Среднегодовая температура составляет +9⁰С.

Наиболее благоприятными по увлажнению были 2013-2014, 2011-2012, 2008-2009 и 2014-2015 с.-х. годы. Количество осадков превысило среднемноголетнюю норму в эти годы на 55,4, 36,0, 21,7 и 14,5 мм. Большой дефицит осадков отмечен в 2009-2010 гг. – на 106,0 мм меньше среднегодовой нормы. В 2012-2013 с.-х. году их недобор составил 15,4 мм, в 2007-2008 и 2010-2011 с.-х. годы - 21,3 и 27,5 мм. Во все годы отмечено превышение среднегодовой нормы температуры воздуха. Наименьшее увеличение зафиксировано в 2011-2012 с.-х. году – 0,8⁰С, максимальное в 2012-2013 с.-х. году – 2,6⁰С. В 2008-2009 сельскохозяйственном году превышение составило 1,2⁰С, в 2007-2008, 2010-2011 с.-х. годы – 1,3, 2013-2014 и 2014-2015 с.-х. годы –1,4 и в 2009-2010 с.-х. году – 1,7⁰С.

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 +7,4 ⁰С (приложение 4).

Наиболее благоприятными по увлажнению были 2014-2015 и 2015-2016 с.-х. годы. Среднегодовое количество осадков было выше среднемноголетней нормы на 26 и 85 мм. 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. Максимум достигнут в 2015-2016 гг. – на 4,1⁰С больше нормы.

Почвы места проведения исследований. 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%. Поглощённые основания в слое почвы 0-30 см в сумме достигают 36-42 мг-экв./100 г почвы, преобладающим из которых является Ca^{2+} (до 90% от общего количества). Водная вытяжка имеет pH 7,7-8,4. Почва опытных участков характеризовалась в пахотном слое повышенной и высокой обеспеченностью обменным калием, низкой - подвижным фосфором.

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%, pH водной вытяжки 7,5-8,0. В слое почвы 0-50 см в сумме обменных оснований преобладает кальций. Содержание подвижного фосфора в верхнем слое почвы находится в пределах низкой обеспеченности, обменного калия – высокой и повышенной. Порозность почвы в верхней части профиля составляет 60%, водопроницаемость – 1,8-2,6 мм/мин.

Почвы Каменского района представлены чернозёмами южными. Гумусовые горизонты А+В имеют мощность от 25 до 47 см. Содержание гумуса в пахотном слое 2,6-3,2%. Количество поглощённых Ca^{2+} и Mg^{2+} в слое почвы 0-30 см составляет 34-43 мг-экв./100 г почвы. В верхнем профиле pH почвы 7,7, с глубиной увеличивается до 8,0. Этот тип почвы характеризуется низким и очень низким содержанием подвижного фосфора, средним и повышенным – обменного калия. Порозность почвы в верхней части профиля достигает 52%, водопроницаемость – 1,08-1,84 мм/мин (Агафонов Е.В., Полуэктов Е.В., 1999; Безуглова О.С., 2008).

Методика проведения исследований. 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 пи-

тательных 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 под 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 прове-

ден 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 помехранилищах в буртах) перед внесением на поля. Санитарно-бактериологические и экологические показатели помета 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 государственного аграрного университета, исследования химического состава птичьего помёта - в ФГБУ ГЦАС «Ростовский».

Коэффициенты перевода урожайности полевых культур в зерновые единицы представлены в приказе Минсельхоза РФ от 11 января 2013 г. № 6 «Об утверждении коэффициентов перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур».

При расчёте экономической эффективности применения птичьего помёта были использованы следующие нормативы: погрузка удобрений – 28,0 руб./т; подвозка – 40,0 руб. т/км; внесение – 28,0 руб./га. Стоимость птичьего помёта при расчёте экономической эффективности не учитывалась, так как необходима утилизация этого отхода птицеводства. Стоимость азофоски - 20 руб./кг.

Закупочные цены в среднем за 2014-2016 гг. составили: 9000 руб. за 1 т зерна кукурузы, 6000 руб. за 1 тонну ячменя, 20000 руб. за 1 тонну семян подсолнечника и 9500 за 1 тонну озимой пшеницы четвертого товарного класса и 10500 руб.

– третьего класса. Стоимость 1 тонны корнеплодов сахарной свеклы при дигестии 16% - 2800 руб., 17% - 2930 руб.

3 ВЛИЯНИЕ КУРИНОГО ПОМЁТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА ЗЕРНОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА КУКУРУЗА НА ЗЕРНО, ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА

3.1 Методика исследований

Полевые опыты проведены в 2011-2015 гг. в СПК «Победа» Азовского района Ростовской области. Изучалось влияние подстилочного перепревшего куриного помёта на продуктивность звена полевого севооборота кукуруза на зерно, яровой ячмень, озимая пшеница. Предшественник кукурузы – озимая пшеница. Почва опытного участка – чернозём обыкновенный мощный (предкавказский).

Схема опыта: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2-6 варианты – куриный помёт в дозах 5; 7,5; 10; 15; 20 т/га; 7-9 варианты – применение минеральных удобрений в дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$; $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Химический состав куриного перепревшего подстилочного помёта производства птицефабрики СПК «Победа» представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав куриного помёта

Состав помёта	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 3 года
на абсолютно сухое вещество				
Влажность, %	48,5	32,0	45,6	42,0
Азот общий, %	1,98	1,66	2,90	2,18
Фосфор общий, P_2O_5 , %	4,20	3,80	2,50	3,50
Калий общий, K_2O , %	2,90	1,80	3,00	2,57
Органическое вещество, % С	38,06	31,16	46,10	40,10
Соотношение С:N	19,2	18,8	15,9	18,0
CaO, %	-	-	3,4	-
на фактическую влажность				
Азот общий, %	1,02	1,13	1,58	1,24
Фосфор общий, P_2O_5 , %	2,16	2,58	1,36	2,03
Калий общий, K_2O , %	1,49	1,22	1,63	1,45
Органическое вещество, %	19,60	21,19	25,08	21,96
CaO, %	-	-	1,85	-

Применялось минеральное удобрение азофоска (16-16-16). Площадь опытной деланки в опытах – 36 м² (6 м*6 м). Органические и минеральные удобрения вносили весной под предпосевную культивацию кукурузы. Повторность опыта – 4-х-кратная. Расположение деланок – рендомезированное. Уборку урожая кукурузы проводили вручную. Учетная площадь на кукурузе – 16,8, ячмене и пшенице – 6 м².

Основная обработка почвы под кукурузу на зерно отвальная обработка на глубину 23-25 см, под яровой ячмень и озимую пшеницу – дискование на 10-12 см.

Объекты исследований: среднепоздний гибрид кукурузы ПР 38А24, оригинатор - PIONEERHI-BRED INTERNATIONALINK (Смиловенко Л.А., Романов Б.В., Чепец Т.А., 2007). Сорт ярового ячменя Приазовский 9, оригинатор - Всероссийский научно-исследовательский институт зерновых культур им. И.Г. Калиненко (ВНИИЗК). Сорт озимой пшеницы Таня, оригинатор - Краснодарский научно-исследовательский институт им. П.П. ЛУКЬЯНЕНКО.

3.2 Содержание доступной влаги в почве под кукурузой, яровым ячменём, озимой пшеницей

Главным источником водоснабжения растений является почвенная влага (Слейчер Р., 1970; Руднев Г.В., 1978; Чирков Ю.И., 1979). Анализируя целый ряд показателей влагообеспеченности растений, В.А. Платонов (1982) пришёл к заключению, что все перспективные методы её долгосрочного прогноза ориентируются на динамику почвенной влаги.

По мнению М.С. Кулик (1966), данные о запасах продуктивной влаги в почве являются самым надёжным показателем метеорологических исследований для оценки действия удобрений. Они отражают метеоусловия за длительный предшествующий период и степень совершенствования агротехники.

На возможность использования величины запасов продуктивной влаги указывают и многие зарубежные ученые (Thompson C.A., 1975; Isfan D., 1981; Voss R., Killorn R., 1984 и др.).

Для определения продуктивной влаги в почве почвоведрами и агрометеослужбой рекомендуется вегетационно-лабораторный метод проростков (Базыкина Г.С., Роде А.А., 1976; Руководство для агрометеологических постов, 1980).

Установлено, что в предкавказском черноземе ВУЗР озимой пшеницы изменяется в слое почвы 0-100 см от 12,9 в слое 0-20 см до 11,1%, ячменя соответственно от 12,1 до 10,2, кукурузы – от 12,0 до 10,3% (Агафонов Е.В., 1992).

Количество доступной влаги в почве под кукурузой на начальном этапе вегетации было высоким. В метровом слое к посеву оно находилось в пределах 195 мм в 2011 г., 252,6 мм в 2012 г. и 209,8 мм в 2013 г. (рисунок 1).

В течение вегетации кукурузы влажность почвы существенно уменьшалась. В 2013 г. к фазе молочно-восковая спелость при дефиците осадков и высоких температурах снижение происходило существеннее, чем в 2011 и 2012 гг. В слое почвы 0-100 см почвы количество влаги от начала вегетации до молочно-восковой спелости в 2013 г. снизилось на 179,2 мм, а в предыдущие годы - лишь на 102,3 и 106,0 мм.

В фазу полной спелости темпы падения влажности почвы в слое 0-100 см замедлились, но в разные годы она оставалась на различных уровнях. В слое почвы 0-60 см в 2011 и 2013 гг. произошло некоторое увеличение содержания продуктивной влаги. Это было особенно важно в 2013 г. при остром дефиците влаги в предыдущую фазу. Стабилизация явилась следствием достаточно большого – около 50 мм и относительно равномерного выпадения осадков во второй половине июля и первой половине августа.

Использование почвенной влаги в целом за вегетацию кукурузы в разные годы также было неодинаковым. Её потери в первый год опытов в течение вегетации были равны 108,4, в 2012 г. – 128,5, в 2013 г. – 193,6 мм. В 2013 г. почвенная влага обеспечила значительно большую долю в общем балансе влаги за вегетацию кукурузы, чем в остальные.

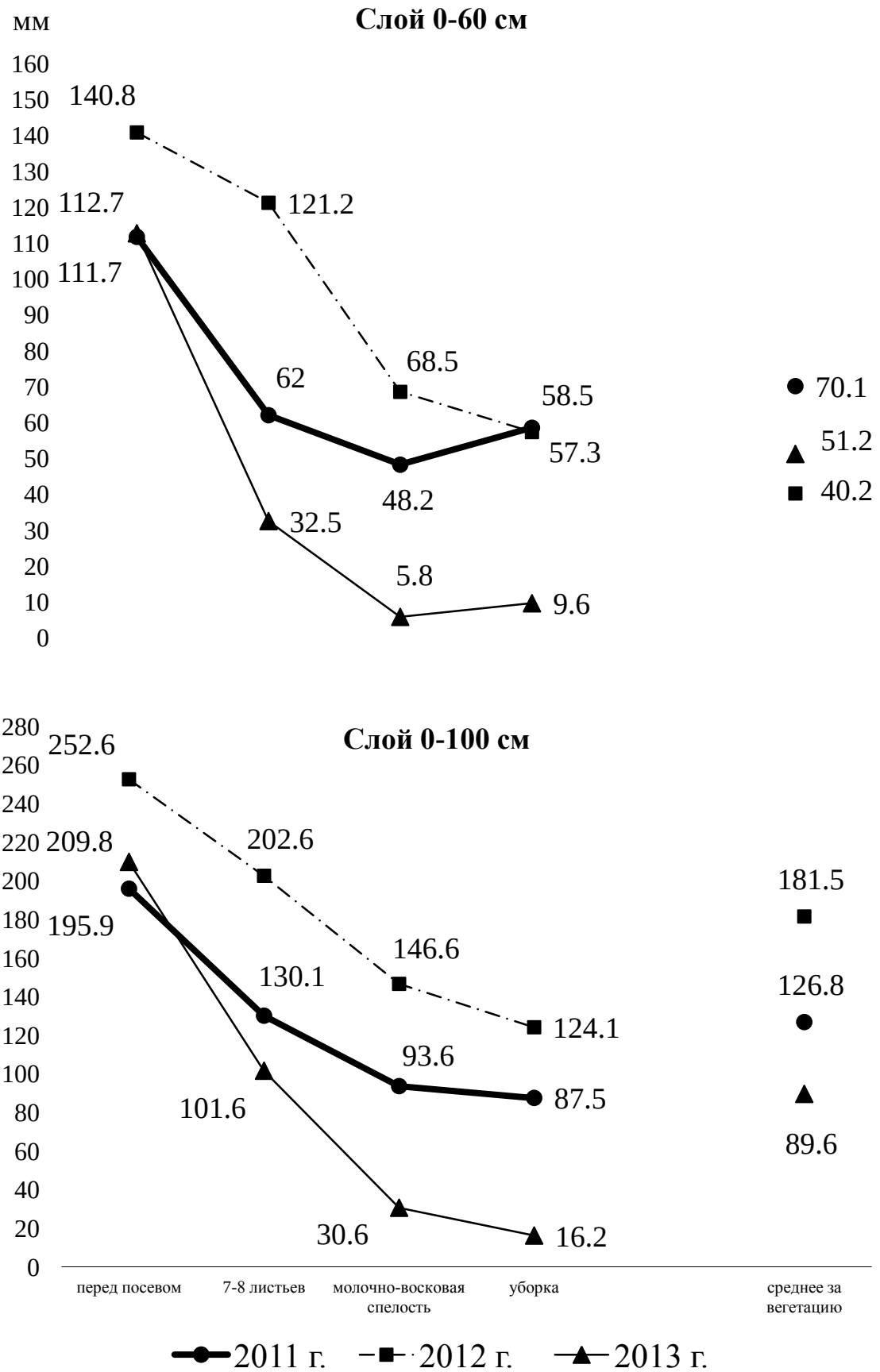


Рисунок 1. Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой, мм

Благодаря выпадению значительного количества осадков при возделывании ярового ячменя, второй культуры звена севооборота, по предшественнику кукуруза на зерно запас доступной влаги в метровом слое к моменту его посева был высоким: в 2012 г. – 217,9, в 2013 г. – 247,0, в 2014 г. – 201,8 мм (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание доступной влаги под яровым ячменём, мм

Слой почвы, см	Год	Период взятия образцов, дата			
		перед посевом	кущение	колошение	уборка
		15.04.12.	10.05.12.	15.06.12.	1.07.12.
0-20	2012	37,1	6,7	9,1	0,8
20-40		41,1	11,2	10,5	1,2
0-60		125,4	37,2	31,7	5,9
0-100		217,9	98,9	61,2	21,2
	2013	22.03.13.	20.05.13.	20.06.13.	4.07.13.
0-20		47,0	31,7	14,8	5,6
0-40		47,3	28,9	13,5	4,7
0-60		143,9	98,5	45,4	15,3
0-100		247,0	194,0	83,3	35,4
	2014	29.03.14.	25.04.14.	10.06.14.	25.06.14.
0-20		41,0	18,4	10,9	12,8
0-40		40,2	25,4	12,6	14,2
0-60		119,7	66,2	36,5	34,8
0-100		201,8	129,1	58,6	47,8

В 2012 г. к кущению произошло существенное сокращение запасов влаги, особенно в слое почвы 0-60 см, на 60,3 мм. Период колошение-полная спелость проходил в условиях очень острого дефицита атмосферной влаги. К концу вегетации верхний слой почвы был полностью иссушен.

В 2013 году снижение влажности к фазе кущение было менее резким, по сравнению с 2012 годом. В метровом слое влажность почвы была в два раза, а в слое 0-60 см – почти в три раза больше, чем в 2012 г. К фазе колошение влажность почвы понизилась – на 110 мм. Содержание влаги в почве было ещё вполне достаточным для дальнейшего развития растений.

По условиям влагообеспеченности 2014 год отличался от двух предыдущих, благодаря осадкам и умеренной температуре в июне (40,1 мм и 21,3⁰С) хорошая

обеспеченность растений влагой сохранилась вплоть до полного созревания зерна.

Перед посевом озимой пшеницы, третьей культуры звена севооборота, по предшественнику яровой ячмень осенью 2012 г. условия увлажнения сложились удовлетворительно. К фазе весеннее кущение запас влаги существенно пополнился и достиг 210,4 мм (таблица 4). Влажность почвы поддерживалась на достаточном уровне вплоть до колошения.

Таблица 4 – Содержание доступной влаги под озимой пшеницей, мм

Слой почвы, см	Год	Период взятия образцов, дата			
		перед посевом	кущение	колошение	уборка
		27.09.12.	22.03.13.	20.05.13.	16.06.13.
0-20	2012-2013	5,6	37,5	21,9	7,4
20-40		12,3	39,2	16,1	2,7
0-60		29,4	117,8	47,5	14,4
0-100		43,7	210,4	74,2	24,4
	2013-2014	5.10.13.	29.03.14.	24.05.14.	26.06.14.
0-20		30,1	42,7	4,2	0
0-40		26,7	45,9	8,2	0
0-60		78,9	136,6	23,0	2,5
0-100		109,6	240,9	49,4	8,6
	2014-2015	21.09.14.	18.04.15.	22.05.15.	17.07.15.
0-20		0	34,3	18,1	12,6
0-40		1,5	36,0	26,6	17,6
0-60		6,1	111,5	67,1	46,1
0-100		15,8	178,2	123,5	87,7

Обильные осадки в сентябре 2013 г. не позволили провести посев озимой пшеницы, который был осуществлён лишь 5 октября. Общее количество продуктивной влаги в метровом слое составило 109,6 мм.

К фазе весеннее кущение запас влаги повысился до 220,9 мм. В связи с дефицитом осадков в апреле-мае 2014 г. запас продуктивной влаги в почве к фазе колошение снизился на 191,5 мм. К полной спелости зерна в верхнем 40-сантиметровом слое доступная влага была использована полностью.

В 2014 г. посев был произведён в сухую почву. Однако выпавшие после посева в последней декаде сентября и в октябре осадки несколько исправили поло-

жение. Промачивание почвы за осенне-зимний период было вполне удовлетворительным – в метровом слое до 178,2 мм. Благодаря очень большому количеству осадков в апреле-июне влажность почвы поддерживалась на высоком уровне в течение всей дальнейшей вегетации культуры.

3.3 Содержание доступных форм элементов питания и гумуса в почве под полевыми культурами в звене севооборота

На основании глубокого и всестороннего изучения азотного обмена Д.Н. Прянишников (1965) пришёл к заключению, что факторами, обуславливающими лучшее питание растений какой-либо формой азота, являются биологические особенности растений и свойства применяемых удобрений.

В.Д. Панников, В.Г. Минеев (1977), Б.А. Ягодин (1982) считают, что на нейтральных почвах при повышенном содержании катионов K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} лучшими являются условия для аммонийного питания, а на слабокислых почвах – для нитратного.

По мнению Д. Кука (1970), в полевых условиях большая часть азота поглощается растениями в нитратной форме в связи с его подвижностью, а также с тем, что аммонийный азот превращается микроорганизмами в нитраты. Вместе с нитратами усиленно поглощаются и многие катионы.

На «предпочтительное» поглощение и использование азота, внесённого в виде нитратов, указывают А. Гэлстон и др. (1983).

О преимуществе нитратной формы азота над аммонийной свидетельствуют также исследования А.Е. Кочергина, О.А. Остроумовой (1957), А.Е. Возбуцкой (1968) и других авторов.

Обстоятельные исследования Г.П. Гамзикова (2013) на почвах Сибири показали, что направленность динамики содержания аммонийного азота в течение лета в пару и под растениями примерно одинакова. На неё не влияет генетические особенности почв. Весной, как правило, наблюдается высокое содержание обмен-

ного аммония. В течение лета оно уменьшается, осенью его количество опять повышается.

По данным А.Х. Шеуджена (2015), в черноземе выщелоченном из всего доступного растениям минерального азота примерно одна треть приходится на аммонийный обменно-поглощённый, а две трети – на нитратный.

Содержание нитратного азота в почве, по-видимому, характеризует не только обеспеченность растений наиболее доступной формой азота в данный момент, но и отражает направленность микробиологических процессов в почве, потенциальные возможности нитрификации на этом почвенном участке в предстоящий период вегетации. Поэтому, основной формой доступного азота на хорошо аэрируемых и прогреваемых черноземах является нитратная (Е.В. Агафонов, 1992).

Учитывая условия, создаваемые в почве при внесении куриного помёта, представляет интерес количество и соотношение различных форм минерального азота в пахотном и подпахотном горизонтах чернозёма обыкновенного, их динамика в течение вегетации и изменения, происходящие в различные годы.

На контрольном варианте в фазу 7-8 листьев кукурузы запас аммонийного азота в почвенном слое 0-20 см в годы проведения опытов составлял 3,5-10,4 кг/га. В нижнем слое почвы его количество изменялось в пределах от 2,7 до 7,4 кг/га. На вариантах с помётом увеличение количества $N-NH_4$ в слое 20-40 см происходило интенсивнее по сравнению с верхним. За 2011-2013 гг. в нижнем слое почвы прибавка составила 27,8% (таблица 5). Основная причина различий, по-видимому, связана с более активной деятельностью почвенной микрофлоры, участвующей в процессе дальнейшего окисления азота - переводу его соединений в нитратную форму в верхнем слое почвы. Не исключена также возможность угнетения бактерий-аммонификаторов в слое почвы 0-20 см при большем количестве $N-NH_4$. В середине вегетации происходило уменьшение запаса $N-NH_4$ в почве. За 2011-2013 гг. он снизился в обоих слоях почвы на 2,6 и 2,0 кг/га. Это объясняется тем, что темпы минерализации помёта на стадии образования $N-NH_4$ были слабее, чем $N-NO_3$.

Таблица 5 – Влияние куриного помёта на количество аммонийного азота в почве под кукурузой за 2011-2013 гг., кг/га

Варианты (дозы помёта, т/га)	0-20 см				20-40 см			
	1	2	3	4	1	2	3	4
контроль	7,0	4,4	4,9	5,4	5,4	4,0	4,2	4,5
5	8,0	4,9	4,2	5,7	6,5	5,4	4,3	5,4
7,5	7,8	4,4	4,1	5,4	7,3	4,4	4,8	5,5
10	8,6	5,7	4,7	6,3	6,7	4,7	3,9	5,1
15	7,5	5,5	4,6	6,0	7,7	4,9	3,8	5,5
20	7,5	5,8	3,8	5,7	6,1	5,1	4,0	5,1
НСР ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅

Примечание: 1 – фаза 7-8 листьев; 2 – молочно-восковая спелость; 3 – полная спелость; 4 – среднее за вегетацию

Существенного влияния дозы помёта на количество аммонийного азота, как и в первую фазу, не прослеживается в обоих слоях почвы, но в большей степени проявилось преимущество вариантов с 10-20 т/га. В течение периода молочно-восковая-полная спелость зерна уровень запаса N-NH₄ в почве на вариантах с помётом понизился до значений близких к нулевому, по сравнению с контролем, или отрицательных. Это свидетельствует о замедлении процесса аммонификации помёта при интенсивно продолжающейся нитрификации.

В целом за вегетацию кукурузы, в среднем за 2011-2013 гг. увеличение запаса N-NH₄ в слое почвы 0-20 см по сравнению с контролем под влиянием помёта было слабым – 0,4 кг/га. В большей степени это проявилось в слое 20-40 см – 17,8%. Однако во все фазы вегетации изменения N-NH₄ под влиянием помёта в среднем за три года были недостоверны в обоих слоях почвы в отличие от данных за каждый год отдельно. Количество аммонийного азота в почве под влиянием минеральных удобрений во все годы было практически на уровне контроля с небольшими колебаниями в ту или другую сторону, как и в целом за вегетацию в 2011-2013 гг. и составило 0,1 кг/га или 1,4%. В слое 20-40 см преимущество проявилось сильнее – 0,8 кг/га почвы или - 17,8%.

В фазу 7-8 листьев кукурузы в слое почвы 0-20 см количество нитратного азота на контроле в разные годы изменялось от 22,7 до 58,2 кг/га. Оно было в 4,4-6,5 раза выше, чем аммонийного. В слое почвы 20-40 см запас N-NO₃ находился в

пределах 9,9-26,4 кг/га и превышал значения $N-NH_4$ в 2,1-3,8 раза. Разброс данных о влиянии помёта на количество нитратного азота в почве в разные годы и периоды вегетации кукурузы очень большой, даже при усреднении по всему блоку вариантов 5-20 т/га. В слое почвы 0-20 см прибавка к контролю варьировала от -4,0 до 41,8 кг/га или от - 8,8 до 184,1%, в слое 20-40 см – от -10,3 до 10,2 кг/га или - 30,4 до 79,9%.

В среднем за 2011-2013 гг., увеличение запаса $N-NO_3$ в слое почвы 0-20 см по сравнению с контролем в целом за вегетацию кукурузы составило 17,4 кг/га или 46,3%, а по слою 20-40 см соответственно 5,4 кг/га или 27,3% (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние куриного помёта на запас $N-NO_3$ в почве под кукурузой, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг. по слоям 0-20 и 20-40 см

Варианты (дозы помёта, т/га)	0-20 см				20-40 см			
	1	2	3	4	1	2	3	4
контроль	37,2	42,6	33,1	37,6	16,4	28,9	14,2	19,8
5	51,6	51,4	34,1	45,7	21,0	26,3	18,2	21,8
7,5	57,3	57,6	33,4	49,8	26,7	27,9	18,8	24,5
10	62,0	62,7	35,7	53,5	28,0	27,6	17,5	24,4
15	73,0	67,0	44,1	61,4	35,9	25,7	21,7	27,8
20	87,2	67,4	40,4	65,0	39,3	30,2	14,6	28,0
HCP_{05}	$F\phi < F_{05}$	11,37	$F\phi < F_{05}$	12,61	12,57	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$

Примечание: 1 – фаза 7-8 листьев; 2 – молочно-восковая спелость; 3 – полная спелость; 4- среднее за вегетацию

Достоверное увеличение количества $N-NO_3$ под влиянием помёта в слое почвы 0-20 см отмечено в фазу молочно-восковой спелости и в целом за вегетацию. В слое 20-40 см – только в фазу 7-8 листьев. Вариабельность этих показателей по фазам вегетации достаточно высокая, но очевидным является снижение запаса нитратного азота в почве после фазы 7-8 листьев вплоть до уборки в слое 0-20 см и до молочно-восковой спелости - в слое 20-40 см. Главная причина заключается в поглощении нитратного азота почвы растениями. Но нельзя исключать и вероятность денитрификации.

Количество $N-NO_3$ в слое почвы 0-20 см при внесении полного минерального удобрения во всех дозах существенно ниже по сравнению с помётом в дозах 5-

20 т/га в 1,5 раза, как в кг/га, так и в процентах. В слое 20-40 см эти показатели практически одинаковы.

Это свидетельствует, во-первых, о большем потреблении нитратного азота растениями кукурузы из верхнего слоя, чем из нижнего. Во-вторых, оно связано с большим количеством нитратного азота, образующегося при минерализации помёта в середине и второй половине вегетации, по сравнению с однократным внесением азота в составе минеральных удобрений перед посевом кукурузы.

С целью изучения азотного режима чернозёма обыкновенного необходимо учитывать общее количество азота в доступной форме.

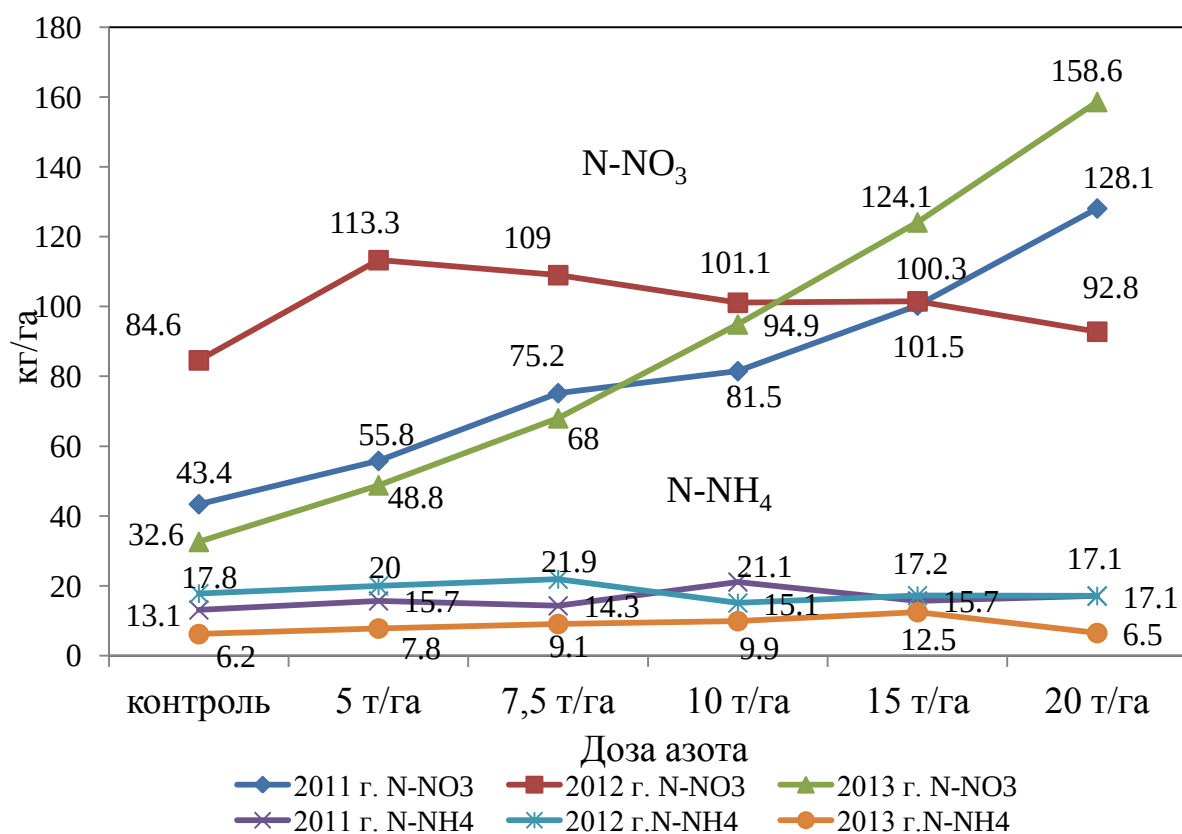
В почвенном слое 0-40 см запас минерального азота наибольшим был в 2011 году - 82,4, в 2012 г. – 52,1 и наименьшим в 2013 г. – 47,9 кг/га. До формирования 7-8 листьев растения очень медленно растут. Этот период продолжается около полутора месяцев, в течение которого нарастает температура воздуха, и активизируются микробиологические процессы в почве. Поэтому обеспеченность почвы доступным азотом часто изменяется от первоначального уровня.

В фазу 7-8 листьев на контроле основная часть доступного азота была представлена нитратной формой: в 2011 г. - 76,8, в 2012 г. – 82,8, в 2013 г. – 84,0% от общего запаса $N_{\text{мин}}$. Изменения запаса аммонийного и нитратного азота к фазе 7-8 листьев в зависимости от его формы и дозы помёта в разные годы представлены на рисунке 2. Количество $N\text{-NO}_3$ нарастало с повышением дозы помёта до 20 т/га – 128,1 кг/га. Запас $N\text{-NH}_4$ повышался лишь на 1,2-8,0 кг/га.

Наибольшее содержание минерального азота было в 2012 году, которое на контроле было равным 84,6 кг/га. Достоверное действие на запас $N\text{-NO}_3$ оказало применение минимальной дозы помёта 5 т/га - до 113,3 кг/га. С увеличением дозы происходило его уменьшение. Запас аммонийного азота в наибольшей степени повышался от использования 7,5 т/га помёта. Максимальное содержание минерального азота зафиксировано от влияния дозы 5 т/га – до 133,3, а минимальное – 109,9 кг/га – от использования 20 т/га.

По-видимому, объяснить это можно следующим образом. 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. Более высокая, чем в 2011 и 2013 гг. температура отмечена также в первой половине июня.



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

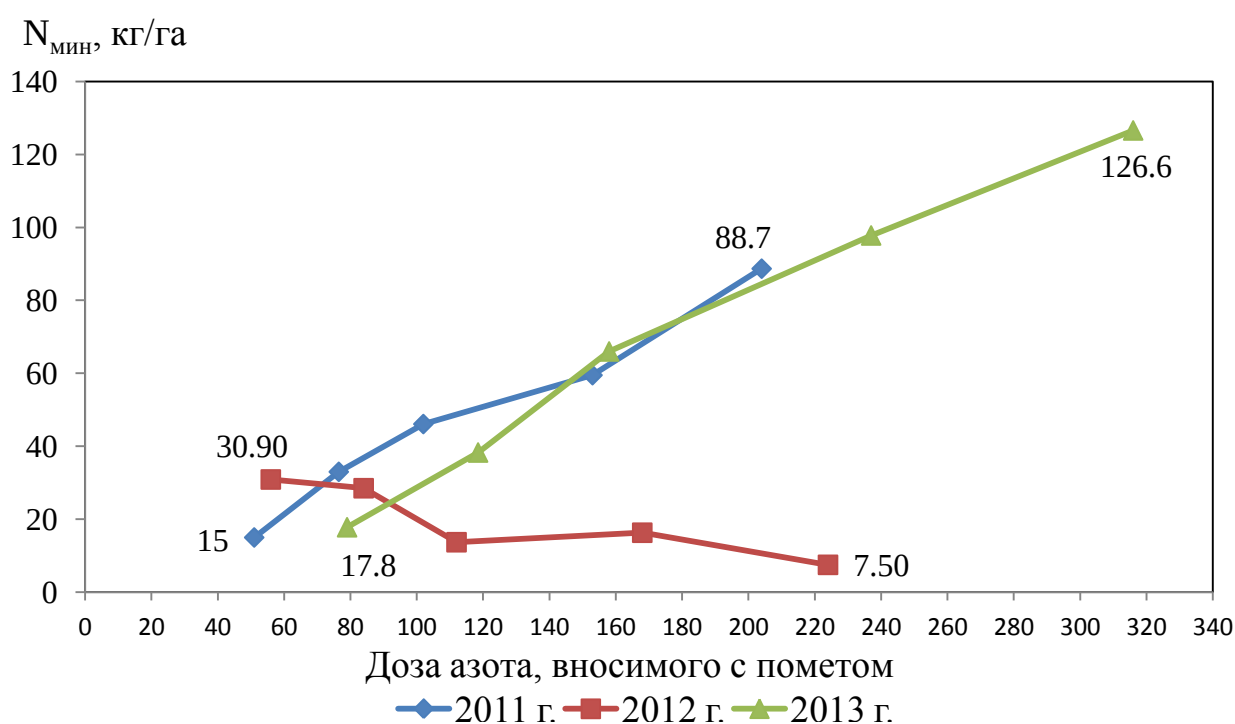
В 2013 году запас аммонийного азота в почве был минимальным – на контроле 6,2 кг/га. Использование помёта вызвало существенное его увеличение. Максимальный прирост к контролю дало применение 15 т/га – на 101,6%.

Количество N-NO₃ в почве под действием помёта в дозе 20 т/га увеличивалось на 126,0 кг/га. Главная причина этого - более высокая концентрация общего азота в помёте в 2013 году.

Динамика N_{мин} под действием помёта очень сходна с изменениями запаса нитратного азота как его основной составляющей. Существенные различия отмечены между 2011, 2012 и 2013 годами. Максимум увеличения запаса N_{мин} в 2011 и

2013 гг. достигнут от действия 20 т/га помёта – до 145,2 и 165,1 кг/га, а в 2012 г. от минимальной дозы – до 133,3 кг/га.

Запас доступного азота в почве изменялся в зависимости от количества азота, вносимого с помётом (рисунок 3). В 2013 г. при низком исходном уровне $N_{\text{мин}}$ в почве – 38,8 кг/га и наибольшем – в курином помёте пределы его повышения были максимальными: от 18 до 127 кг/га. В 2011 г. запас $N_{\text{мин}}$ на контроле составлял 57 кг/га диапазон изменений варьировал от 15 до 89 кг/га. Изменение, как и в 2013 г., было практически линейным.



2011 год $НСП_{05} = 5,7$ кг/га; 2012 год $НСП_{05} = 3,0$ кг/га; 2013 год $НСП_{05} = 7,1$ кг/га
Рисунок 3. Изменения запаса $N_{\text{мин}}$ в почве под кукурузой в фазу 7-8 листьев в зависимости от количества азота, вносимого с помётом, кг/га в слое почвы 0-40 см

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 вызывали увеличение содержания $N_{\text{мин}}$ в почвенном слое от 0 до 40 см на 3,8 кг/га.

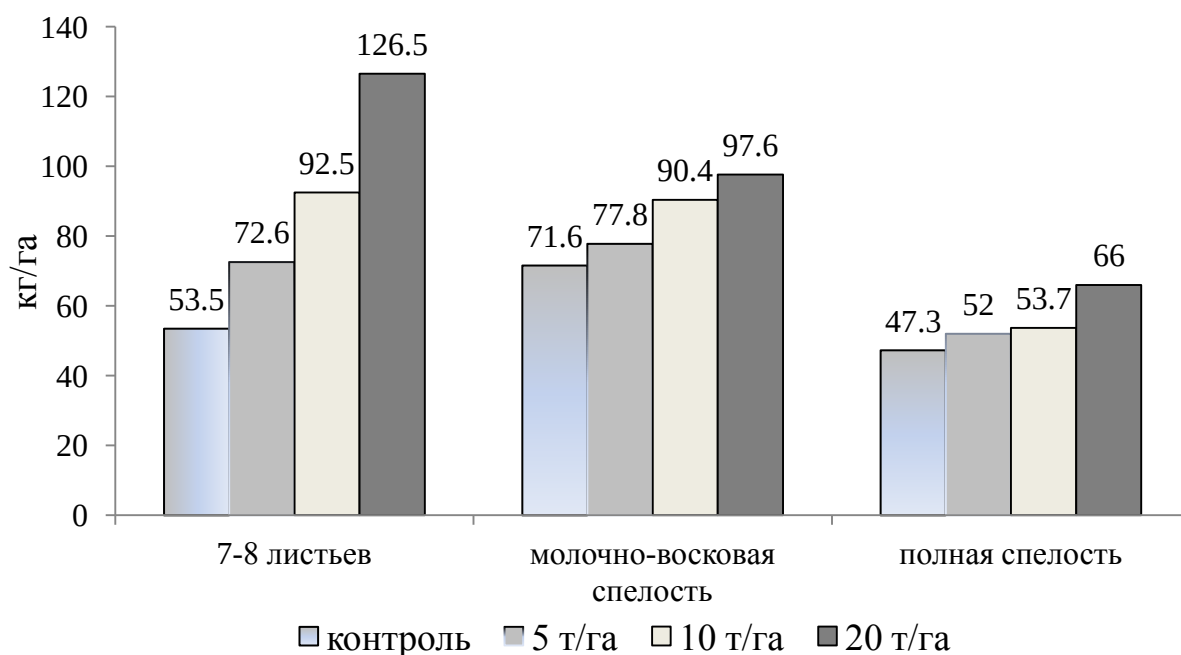
В 2012 году количество $N_{\text{мин}}$ на контрольном варианте составило 102,4 кг/га, максимальное повышение – до 31 кг/га отмечено от использования минимальной дозы помёта - до 56 кг/га азота.

При применении минеральных удобрений к фазе 7-8 листьев наибольшие изменения отмечены в 2011 и 2013 годы – при повышении запаса нитратов в почвенном растворе.

Содержание аммонийной формы азота в почве за 2011-2013 гг. незначительно зависело от нормы органического удобрения. Снижение запаса от фазы 7-8 листьев до молочно-восковой спелости зерна в пределах 2-6, но иногда достигало 10 кг/га.

В дальнейшем на контроле и при внесении азофоски количество аммонийного азота в почве стабилизировалось, а на вариантах с помётом снизилось меньше уровня контроля. По-видимому, это является следствием усиления процесса нитрификации в почве при внесении помёта. Но также возможна иммобилизация $N-NH_4$ почвенной микрофлорой.

За 2011-2013 гг. изменения запаса $N-NO_3$ в слое почвы 0-40 см показывают, что к фазе 7-8 листьев увеличивалось количество $N-NO_3$ под действием помёта. Максимум по отношению к контролю достигнут под действием нормы 20 т/га - 136% (рисунок 4).



$НСР_{05} = 22 \text{ кг/га}$

Рисунок 4. Динамика $N-NO_3$ в почве под кукурузой под действием помёта в 2011-2013 гг., кг/га почвенный слой 0-40 см

В середине вегетации количество $N-NO_3$ в почве на контроле по сравнению с содержанием в фазу 7-8 листьев повысилось на 18 кг/га, от минимальной нормы помёта – на 5 кг/га, от 10 т/га – не изменялось, от 20 т/га – снизилось на 29 кг/га.

В фазу полной спелости зерна содержание $N-NO_3$ в почве уменьшилось вследствие ослабления нитрификационного процесса на фоне продолжающегося потребления азота кукурузой (Онищенко Л.М., 2015). Различия по сравнению с контролем составили от 5 до 9 кг/га.

За 2011-2013 гг. содержание нитратного азота по сравнению с контролем повысилось на 51,1 кг/га.

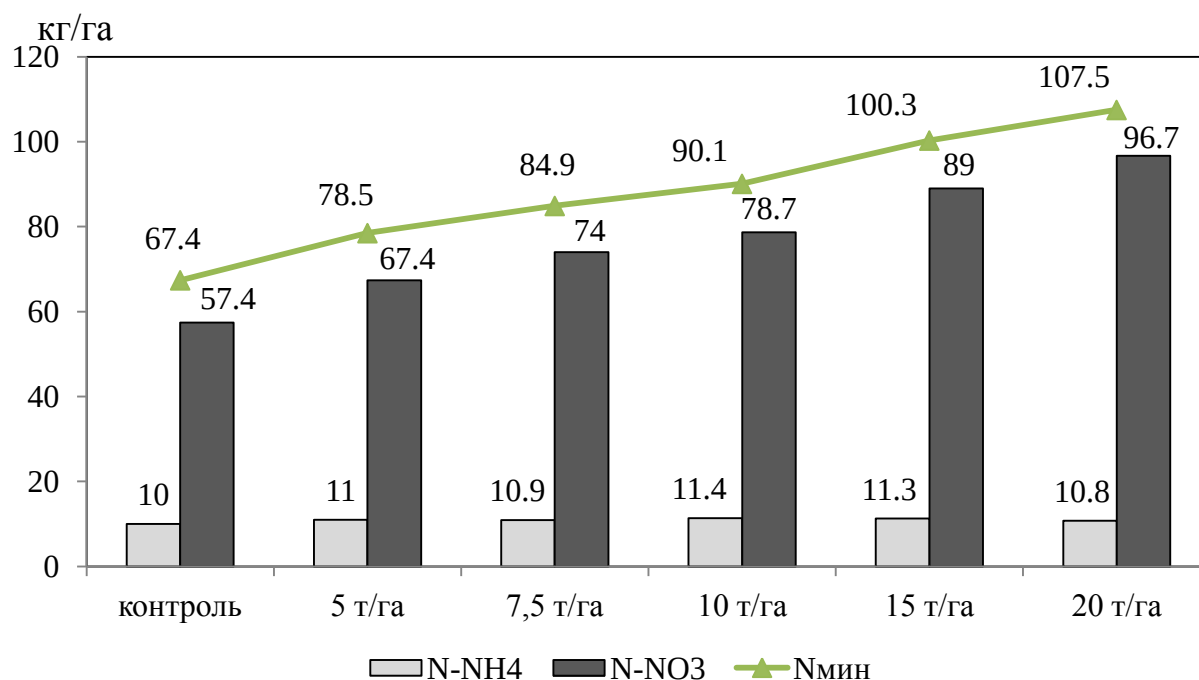
Действие $N_{60}P_{60}K_{60}$ было равнозначно влиянию помёта в дозе 10 т/га. Изменения в количестве $N-NH_4$ незначительны – 0,8 кг/га. В середине вегетации запас почвенного азота снизился.

Вплоть до середины вегетации растений кукурузы, применение помёта оказывало положительное влияние на запас $N_{мин}$ в слое почвы 0-40 см при его исходном уровне на первом этапе от 70 до 80 кг/га. В 2012 году при наибольшем исходном уровне увеличение нормы помёта вызывало негативный эффект.

Изменения запаса $N_{мин}$ в почве в период молочно-восковая-полная спелость зерна также зависели от его уровня в предыдущую фазу. В 2011 г. на всех вариантах с помётом на фоне количества $N_{мин}$ в фазу молочно-восковая спелость в пределах 79-94 кг/га снижение было очень большим. В 2012 г. такое падение произошло при содержании 103-113 кг/га, а в последний год - при исходной обеспеченности 105-111 кг/га. Снижение количества $N_{мин}$ к концу вегетации кукурузы может быть обусловлено не только потреблением растениями кукурузы, но и иммобилизацией его почвенной микрофлорой (Агеев В.В., 2006; Шеуджен А.Х. и др., 2006).

Обобщение результатов по влиянию помёта на запас доступного растениям азота в почве за 2011-2013 гг. сделано за весь вегетационный период (рисунок 5).

Прослеживается зависимость в увеличении запаса $N-NO_3$ с повышением нормы органического удобрения. Наибольшее содержание достигнуто от действия 20 т/га помёта.



$HCP_{05} N-NH_4 = F_{\phi} < F_{теор}$; $HCP_{05} N-NO_3 = 4,8-10,2$ кг/га; $HCP_{05} N_{мин.} = 5,7-5,9$ кг/га;
 Рисунок 5. Влияние помёта на запас азота в почве за весь вегетационный период кукурузы за 2011-2013 гг., кг/га. Почвенный слой 0-40 см

Запас $N-NH_4$ мало изменялся под действием различных норм помёта. Это могло быть следствием как более интенсивной нитрификации, так и некоторого ослабления процесса аммонификации при повышенной концентрации нитратов в почве. В действии помёта на количество всего минерального азота в почве проявились сходные закономерности, что и во влиянии на запас нитратного азота.

Соотношения между аммонийной и нитратной составляющими $N_{мин}$ в почве за весь вегетационный период показало, что на контроле преимущество $N-NO_3$ составило 84,1% от $N_{мин}$. При внесении максимальной дозы помёта преимущество нитратной формы азота увеличилось до 88,6%.

Анализ содержания всех форм азота в почве под яровым ячменём, второй культуры звена севооборота, за 2012-2014 гг. позволяет в значительной мере абстрагироваться от случайных факторов и выявить наиболее общие тенденции во влиянии помёта на содержание азота под влиянием последействия.

К посеву культуры содержание нитратного азота было существенно больше, чем аммонийной формы на всех вариантах опыта (таблица 7).

Последействие помёта на количество аммонийного азота в почве было менее существенным, чем на нитратный. Под действием нормы 10-20 т/га количест-

во $N-NO_3$ в почве было наиболее высоким, а $N-NH_4$ - снижалось вследствие усиленного использования аммонийной формы азота в процессе нитрификации.

Таблица 7 – Запасы доступного азота в почве под яровым ячменём, кг/га. Почвенный слой 0-40 см. Первый год последействия куриного помёта. Среднее за 2012-2014 гг.

Год	Варианты (дозы помёта, т/га)	Посев	Кущение	Колошение	Уборка	Среднее за вегета- цию
$N-NH_4$	контроль	40,7	16,2	10,1	7,2	18,5
	5	48,4	17,7	13,0	8,3	21,9
	7,5	50,1	18,3	14,8	8,0	22,8
	10	46,2	20,7	15,6	8,0	22,7
	15	47,9	24,4	16,0	7,6	24,0
	20	46,6	22,0	16,3	8,2	23,3
	HCP_{05}	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$	3,0
	средне по 5-20 т/га	47,8	20,6	15,2	8,0	22,9
$N-NO_3$	контроль	78,2	42,5	45,0	48,5	53,6
	5	82,8	43,1	53,3	54,3	58,4
	7,5	82,9	50,8	52,2	55,8	60,2
	10	100,8	53,0	58,8	53,8	66,6
	15	103,9	52,9	62,1	53,5	68,1
	20	102,8	53,8	59,2	52,6	67,1
	HCP_{05}	12,8	$F\phi < F_{05}$	3,6	$F\phi < F_{05}$	7,3
	средне по 5-20 т/га	94,6	50,6	57,1	54,0	64,1
$N_{мин}$	контроль	118,9	58,7	55,1	55,6	72,1
	5	131,4	60,7	66,3	62,6	80,3
	7,5	132,6	68,5	67,0	63,8	83,0
	10	147,0	73,7	74,4	61,9	89,3
	15	151,8	77,3	78,0	61,1	92,1
	20	149,4	75,8	75,5	60,7	90,4
	HCP_{05}	15,6	$F\phi < F_{05}$	11,1	$F\phi < F_{05}$	5,2
	средне по 5-20 т/га	142,4	71,2	72,2	62,0	87,0

В течение вегетации произошло существенное снижение количества обеих форм азота, особенно резкое в фазу кущение. В большей степени уменьшился запас аммонийного азота на контроле в уборку – в 5,7 раза по сравнению с количеством перед посевом.

На низком фоне $N-NH_4$ в фазы кущение – колошение заметно увеличение его количества с повышением дозы помёта до 15-20 т/га. Однако во все сроки наблюдения изменения, вызванные применением помёта, недостоверны. В среднем за вегетацию ячменя максимальный прирост запаса $N-NH_4$ в почве, достигнут от дозы 15 т/га – 30%. Но по отношению к остальным дозам помёта это несущественно.

В течение вегетации ячменя количество нитратного азота также понизилось, но значительно меньше, чем аммонийного и стабилизировалось в период кущение-уборка.

Пики наибольшего уровня $N-NO_3$ в почве в период до фазы колошение достигнуты от последействия 10-20 т/га помёта. Небольшое снижение к уборке, которое произошло здесь, вероятнее всего, связано с большим потреблением нитратного азота растениями ячменя.

За весь вегетационный период запас $N-NO_3$ на вариантах с высокими дозами помёта находился в очень близких пределах. Благодаря усилению интенсивности нитрификации под влиянием помёта преимущество в количестве $N-NO_3$ по сравнению с $N-NH_4$ к уборке стало почти семикратным, а в среднем за весь вегетационный период - трёхкратным.

Содержание $N_{мин}$ в почве резко понизилось от посева к кущению, а затем стабилизировалось на контроле и вариантах с минимальными дозами помёта. Последействие органического удобрения в нормах 10-20 т/га вызывало уменьшение количества минерального азота с фазы колошения до уборки по упомянутой выше причине. За весь вегетационный период ячменя существенное действие получено на варианте с дозой 15 т/га. Положительное влияние помёта в дозах 10-20 т/га на обеспеченность почвы $N_{мин}$ достоверно сильнее, чем 5-7,5 т/га.

Представляет интерес определение доли аммонийного и нитратного азота в общем количестве $N_{мин}$. Наибольшее значение аммонийная форма имела к моменту посева. На контроле и в группе вариантов с помётом она была практически одинаковой – 34,2 и 33,6%. Существенных изменений соотношения аммонийного и нитратного азота за весь вегетационный период не происходило. В среднем за

вегетационный период ячменя на долю $N-NH_4$ приходилось 24,1-25,3, а на нитратный азот соответственно 75,9-74,7 % от $N_{мин}$.

Результаты, полученные в среднем за 2012-2015 гг., наглядно отражают общие изменения азотного режима в почве в течение вегетации под озимой пшеницей, третьей культуры звена севооборота, возделываемой по предшественнику яровой ячмень, (таблица 8).

Таблица 8 – Запасы доступного азота в почве под озимой пшеницей, кг/га. Почвенный слой 0-40 см. Второй год последействия куриного помёта. Среднее за 2012-2015 гг.

Формы азота	Варианты (дозы помёта, т/га)	Посев	Весеннее кущение	Колошение	Полная спелость	В целом за вегетацию
$N-NH_4$	контроль	9,1	33,1	11,5	7,5	15,3
	5	10,0	35,2	11,0	8,6	16,2
	7,5	11,5	36,6	10,0	9,5	16,9
	10	10,6	36,4	10,1	8,6	16,4
	15	10,1	36,5	10,6	8,3	16,4
	20	10,1	41,2	12,0	8,1	17,9
	HCP_{05}	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$
	средне по 5-20 т/га	10,5	37,2	10,7	8,6	16,8
$N-NO_3$	контроль	54,2	59,8	22,7	14,1	37,7
	5	56,9	64,4	25,3	19,4	41,5
	7,5	63,2	65,5	27,6	20,2	44,2
	10	56,2	73,4	27,8	20,0	44,4
	15	61,6	76,1	28,9	19,6	46,6
	20	58,8	77,4	30,3	18,9	46,3
	HCP_{05}	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$
	средне по 5-20 т/га	59,4	71,4	28,0	19,6	44,6
$N_{мин}$	контроль	63,6	92,9	34,2	21,6	53,0
	5	66,9	99,7	36,3	28,0	57,7
	7,5	74,8	102,2	37,6	29,7	61,1
	10	66,8	109,7	77,9	28,6	60,8
	15	71,6	112,6	39,5	27,9	63,0
	20	68,9	118,6	42,3	27,0	64,2
	HCP_{05}	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$	$F\phi < F_{05}$
	средне по 5-20 т/га	69,8	108,6	38,7	28,2	61,5

Они существенно улучшились к фазе весеннее кушение. Количество $N-NO_3$ и $N_{мин}$ устойчиво снижалось в период от кушения к уборке. К фазе колошение обеспеченность почвы всеми формами азота понизилась примерно втрое по сравнению содержанием в кушение. Уменьшение содержания доступного азота происходило в почве до фазы полной спелости зерна.

Преимущество аммонийного азота под влиянием последействия помёта было минимальным. За весь вегетационный период культуры оно составило лишь 10%. Влияние помёта на содержание $N-NO_3$ увеличило прибавку к контролю на 7 кг/га, $N_{мин}$ – 8,4 кг/га. В разные фазы вегетации озимой пшеницы эти показатели очень сильно варьировали: по аммонийному азоту от – 0,7 до 15 кг/га; по нитратному – от 9,6 до 39,0, по минеральному – от 9,7 до 30,6%. Поэтому нет оснований для вывода об устойчивом улучшении обеспеченности почвы азотом за весь вегетационный период культуры. Об этом свидетельствуют данные дисперсионного анализа всех форм азота.

Фосфор является важнейшим элементом, определяющим урожайность сельскохозяйственных культур (Бирюкова О.А., Божков Д.В., Носов В.В., 2014). Действие и последействие удобрений, содержащих фосфор, зависят от многих факторов, и особенно от характера превращения его при взаимодействии с почвой (Цуркан М.А., 1985).

К началу активного роста и потребления питательных веществ кукурузой – фаза 7-8 листьев количество подвижного фосфора в почве значительно изменялось. В слое почвы 0-20 см контрольного варианта пределы варьирования составляли от 11,3 до 30,3 мг/кг почвы, то есть изменялись от низкой обеспеченности доступным фосфором до пограничной между средней и повышенной (таблица 9). В слое 20-40 см изменения также были значительными – от 7,1 до 21,9 мг/кг почвы.

Действие помёта на уровень подвижного фосфора в значительной мере зависело от его исходной обеспеченности. В 2011 и 2012 гг. содержание P_2O_5 в почве повышалось с увеличением дозы помёта. В слое почвы 0-20 см наибольшее увеличение по отношению к контролю в 2011 году достигало 3,8 мг/кг или 21,2%,

в 2012 г. – 5,0 мг/кг почвы или 44,2%. В первый год оно получено на варианте с 20, а во второй - с 10 и 20 т/га помёта. В среднем по всей группе вариантов с помётом относительный прирост содержания подвижного фосфора в 2011 г. равен 14,5, а в 2012 г. – 32,7%.

Таблица 9 – Содержание доступного фосфора в почве под кукурузой под действием помёта, мг/кг почвы

Варианты (дозы помёта, т/га)		2011 г.			2012 г.			2013 г.		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
слой 0-20 см										
контроль		17,9	14,3	11,0	11,3	8,3	9,3	30,3	8,7	21,5
5		19,2	15,7	12,7	11,5	7,1	11,9	33,6	12,8	22,1
7,5		20,7	19,3	17,2	15,3	8,6	10,2	32,4	14,5	23,6
10		19,8	20,3	18,3	16,3	9,6	12,8	30,9	16,4	25,5
15		21,0	20,8	19,5	15,6	10,3	14,2	24,6	15,1	25,1
20		21,7	18,9	22,0	16,2	13,2	13,2	23,4	13,4	24,7
НСР ₀₅		2,1	1,4	2,0	1,4	1,7	1,6	2,9	1,9	1,2
среднее по 5-20 т/га		20,5	19,0	17,9	15,0	9,8	12,5	29,0	14,4	24,2
прибавка к контро- лю	мг/кг	2,6	4,7	6,9	3,7	1,5	3,2	-1,3	5,7	2,7
	%	14,5	32,9	62,7	32,7	18,1	34,4	-4,3	65,5	12,6
слой 20-40 см										
контроль		17,4	13,1	10,8	7,1	6,5	7,3	21,9	9,1	20,7
5		17,5	14,4	10,4	8,2	6,8	9,2	22,9	13,6	21,7
7,5		18,2	16,5	12,7	9,6	7,2	9,3	22,1	11,9	20,9
10		18,8	17,9	15,6	11,7	5,3	13,8	21,5	9,6	22,1
15		18,6	17,4	15,3	12,4	7,8	11,6	23,8	10,5	18,4
20		18,4	16,7	17,0	12,6	10,2	11,7	23,0	11,1	17,0
НСР ₀₅		F _ф < F ₀₅	1,0	1,0	0,8	0,7	1,2	1,1	1,6	1,7
среднее по 5-20 т/га		18,3	16,6	14,2	10,9	7,5	11,1	22,7	11,3	20,0
прибавка к контро- лю	мг/кг	0,9	3,5	3,4	3,8	1,0	0,8	0,8	2,2	-0,7
	%	5,2	26,7	31,5	53,5	15,4	3,7	3,7	24,2	-3,4

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

Совершенно иная тенденция отмечена в 2013 г. Наибольшее увеличение P_2O_5 в почве отмечено от использования нормы помёта 5 т/га – 3,3 мг/кг или 10,9%. С увеличением дозы положительный эффект снижался. При внесении 10 т/га уровень фосфора был близок к контрольному, а при использовании 15-20 т/га снижался на 6-7 мг/кг почвы.

По-видимому, при наличии в верхнем слое почвы 33 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, вероятнее всего, способствует увеличение содержания кальцийсодержащих веществ, вносимых с помётом в концентрации около 3%. В слое почвы 20-40 см, где содержалось значительно меньше подвижного фосфора, подобный эффект не проявлялся, по-видимому, в связи со слабым перемещением кальция из верхнего слоя. Применение помёта и здесь вызывало повышение количества доступного P_2O_5 в почве. В 2012 г. максимальное увеличение составило 5,5 мг/кг почвы от действия нормы помёта 20 т/га. В 2011 и 2013 гг. наибольшее увеличение составляло 1,4-1,9 мг/кг почвы при внесении 10-15 т/га помёта. За 2011-2013 гг. увеличение содержания подвижного фосфора в фазу 7-8 листьев от действия помёта в нормах от 5 до 20 т/га составила 1,8 мг/кг почвы или 11,6% (таблица 10).

По мнению ряда исследователей, миграция подвижного фосфора минеральных удобрений по почвенному профилю является слабой (Лупина А.А. и др., 2003).

Однако, полученные результаты свидетельствуют о том, что за полутора-двухмесячный период минерализации помёта, размещённого в почве до глубины 8 см, растворимость и перемещение фосфора во влажной почве стали значительно больше. 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.

Таблица 10 – Влияние помёта на количество доступного фосфора в почве под кукурузой, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2013 гг. по слоям 0-20 и 20-40 см

Вариант (дозы помёта, т/га)		Слой почвы, см							
		0-20				20-40			
		1	2	3	4	1	2	3	4
контроль		19,8	10,4	13,9	14,7	15,5	9,6	12,9	12,7
5		21,4	11,9	15,6	16,3	16,2	12,4	13,8	14,1
7,5		22,8	14,1	17,0	18,0	16,6	11,9	14,3	14,3
10		22,3	15,4	18,9	18,9	17,3	10,9	17,2	15,1
15		20,4	15,5	19,5	18,4	18,3	11,9	15,1	15,1
20		20,4	15,2	20,0	18,5	18,0	12,8	15,2	15,3
НСР ₀₅		F _ф < F ₀₅	2,7	3,0	2,3	F _ф < F ₀₅	F _ф < F ₀₅	F _ф < F ₀₅	1,6
среднее по 5-20 т/га		21,5	14,4	18,2	18,0	17,3	12,0	15,1	14,8
прибавка к контролю	мг/кг	1,7	4,0	4,3	3,3	1,8	2,4	2,2	2,1
	%	8,6	38,5	30,9	22,4	11,6	25,0	17,1	16,5

Примечание: 1 – фаза 7-8 листьев; 2 – молочно-восковая спелость; 3 – полная спелость; 4- среднее за вегетацию

По мнению И.Н. Листопадова (2005), увеличение содержания подвижного фосфора в подпахотном горизонте связано с обильными осадками, а также с применением фосфорных удобрений в больших дозах.

В 2011 и 2012 гг. выпадение осадков в апреле и мае было обильным, среднемесячные нормы были превышены на 14,6-15,5 мм. В 2013 г. дефицит осадков отмечен в апреле, но в мае их выпало больше нормы на 8 мм.

За 2011-2013 гг. с дозами помёта 5-20 т/га в почву было внесено 102-406 кг/га фосфора, что существенно превосходит вынос культурами звена полевого севооборота.

К середине вегетации кукурузы количество доступного фосфора в почве снижалось. Но изменения количества подвижного фосфора в разные годы существенно различалось. Причём, это проявилось и в разных слоях почвы.

В 2011 году на контрольном варианте в верхнем слое почвы количество доступного фосфора снизилось на 3,6, в 2012 году – на 3,0, а в 2013 году – на 21,6 мг/кг почвы. Аналогичная тенденция отмечена и в нижележащем слое 20-40 см: 2011 г. – на 4,3, 2012 г. – на 0,6, 2013 г. – на 12,8 мг/кг почвы.

Снижение количества доступного фосфора в почве обусловлено его поглощением корневой системой растений и сдвигом фосфатного равновесия в сторону образования малорастворимых и нерастворимых соединений фосфора - в основном трёхзамещенных фосфатов.

Объяснить это можно, по-видимому, следующим. По многочисленным исследованиям, остаточные, осажденные фосфаты почвы, образованные вследствие трансформации ранее внесённых удобрений, могут определенное время служить источником питания растений, переходя в подвижные формы. При этом содержание подвижного фосфора в почвах, переходящего из осажденных фосфатов, также может поддерживаться на определенном уровне, о чём свидетельствуют данные агрохимической службы (Антипина Л.П., 1987; Еськов А.И., 2005; Минеев В.Г., 2006; Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е., 2013).

Не совсем понятная ситуация с обеспеченностью почв подвижным фосфором сложилась в последнее десятилетие XX века в целом в РФ. По данным С.А. Шафрана (2004), с 1990 по 2000 гг. применение фосфорсодержащих удобрений снизилось с 40 до 3 кг/га. Однако при этом содержание подвижного фосфора не только не снизилось, но даже несколько повысилось. К 2000 г. доля почв с низким содержанием фосфора уменьшалась по сравнению с 1990 г. на 6,7, а с повышенным – увеличилась на 7,5%. Он полагает, что причины такой парадоксальной ситуации заключаются в следующем. Урожайность сельскохозяйственных культур в эти годы была очень низкой и вынос питательных веществ незначительным. Из севооборотов выведено более 25% в основной малоплодородной пашни. Ежегодное агрохимическое обследование проводилось лишь на 10-20% пашни. Поэтому данные полученных результатов не отражают фактическое состояние вопроса.

Аналогичные данные представлены агрохимической службой Ростовской области. Применение фосфорных удобрений в виде суперфосфата в 80-е годы прошлого века имело длительное последствие, выразившееся в увеличении содержания подвижного фосфора в почвах региона. Его содержание увеличивалось в течение ещё 10-ти лет после прекращения внесения минеральных удобрений и

достигло максимальных значений в 1997 г., составив 27,8 мг/кг почвы. В дальнейшем произошел резкий спад до 19,7 мг/кг (Назаренко О.Г. и др., 2016).

При положительных балансах фосфора в суглинистых почвах в первые годы происходит повышение содержания подвижного фосфора с последующим его снижением, связанным с переходом в малоподвижное состояние в зависимости от свойств почв и агрохимической нагрузки на агроценозы. За 20 лет интенсивной химизации (1971-1990) в России при положительном балансе фосфора в среднем на 1 га пашни с минеральными удобрениями было внесено сверх выноса более 300 кг P_2O_5 , что повышало обогащение почв фосфатами, в том числе в малоподвижных формах. Внесенный фосфор удобрений со временем перешел в основном в малоподвижные формы и до сих пор является пролонгированным источником фосфатного питания растений, обуславливающим сравнительную устойчивость производства сельскохозяйственной продукции в последние десятилетия. Однако истощение этого источника - вопрос времени, и государственная задача на ближайшую перспективу – обеспечить бездефицитный баланс фосфора в земледелии России (Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е., 2012).

Основной причиной более чем трёхкратного уменьшения доступного для растений P_2O_5 в верхнем слое почвы и двукратного в слое 20-40 см в 2013 г. явился очень мощный сдвиг фосфатного равновесия в целом по слою почвы 0-40 см, вследствие резкого падения влажности почвы. В 2013 г. в период 7-8 листьев - молочно-восковая спелость запас влаги в почвенном слое 0-60 см уменьшился с 32,5 до 5,8 мм, в 2011 г. – с 62,0 до 48,2 мм, в 2012 г. – со 121,2 до 68,5 мм. В 2013 г. в верхних слоях почвы доступной влаги содержалось лишь 1,5 и 2,3 мм.

Применение помёта во всех дозах сгладило этот процесс и приводило к повышению содержания доступного фосфора, как в слое 0-20, так и в слое 20-40 см.

К фазе полная спелость фосфатный уровень почвы продолжал снижаться в 2011 г., несколько повышался в 2012 г. и очень сильно увеличивался в 2013 г. В последнем случае произошло почти такое же резкое изменение растворимости соединений фосфора, как и в предыдущую фазу, но процесс шел в обратном направлении. Это стало следствием периодического увеличения влажности почвы –

количество осадков за данный период составило 49,9 мм и их распределение было достаточно равномерным. Поэтому к фазе полной спелости в слоях почвы 0-20 и 20-40 см отмечено даже небольшое увеличение количества влаги - до 4,6 и 3,8 мм.

В своё время А.Н. Лебединцев (1960), изучая динамику фосфатов в почве при изменении её влажности, показал, что высушивание почвы с последующим энергичным смачиванием приводит к резкому повышению в ней фосфорнокислых солей, что положительно сказывается на урожае.

В.А. Францесон (1963) отмечал, что быстрое смачивание высушенной почвы приводит к сильному разрыхлению и даже разрушению почвенных агрегатов. Не исключено, что благодаря обнажению при этом новых внутренних поверхностей ранее скрытые соединения фосфора переходят в раствор. По его мнению, высушивание и смачивание тел микроорганизмов может также приводить к изменению пористости («распаковке») оболочек, в результате чего увеличивается их проницаемость и вещества, находящиеся в плазме, получают возможность перейти в раствор. Известно, что способность почвы к поглощению фосфатов очень велика. В экстремальных условиях это приводит к «выбросу» в почвенный раствор огромного количества фосфатов, которое напрямую зависит от насыщения почвы предшествующим внесением фосфорных удобрений.

На типичном черноземе в Юго-Восточной зоне Краснодарского края с 1990 по 1997 гг. содержание подвижного фосфора в почве постепенно снижалось. Однако в 2001 г. в сельскохозяйственных предприятиях с примерно одинаковым уровнем обеспеченности почвы подвижным фосфором и близкими темпами его уменьшения после 1990 г. произошли существенные и неоднозначные изменения. Так, в Гулькевчском районе в одной группе из четырех хозяйств в содержание фосфора в почве в среднем понизилось по сравнению с 1997 г. на 7,0 мг/кг почвы или на 16,2%, в другой группе из пяти хозяйств оно резко увеличилось – на 49%. Авторы объясняют это разными сроками агрохимического обследования, которое в первом случае выполнялось весной во время очень острой засухи и повышения температуры во всей зоне, что вызвало уменьшение растворимости фосфатов. Во

втором – после обильных осадков, способствовавших очень большому усилению подвижности фосфора (Лупина А.А., Эдемская Н.Л., 2004).

В.В. Агеев и А.И. Подколзин (2001; 2006) к условиям, влияющим на процессы трансформации фосфора в почвах, также относят температуру и влажность. Содержание подвижного фосфора в почве к лету и осени, к концу вегетации растений снижается в 1,5-2 раза. По их мнению, это объясняется двумя причинами: потреблением фосфора растениями и уменьшением влажности почвы. Между содержанием влаги в почве и подвижных фосфатов имеется прямая зависимость.

О существенном влиянии гидротермических факторов на подвижность фосфора в черноземных почвах указывает в своих исследованиях В.М. Красницкий и О.Т. Ермалаев (2012).

Такие условия сложились в почве под кукурузой в 2013 г. Сначала резкое нарастание температур и падение влажности почвы привело к существенному снижению растворимости фосфорных соединений, а затем к практически такому же увеличению. Можно предположить, что на самом деле второй «всплеск» был даже выше первоначального уровня в связи с очень большим потреблением фосфора растениями кукурузы. Урожайность зерна кукурузы в 2013 г. была в два раза больше, чем в 2011 и 2012 гг. и находилась в пределах 6,19-7,24 т/га. Всё это свидетельствует об очень близкой аналогии с ситуацией, описанной А.А. Лупиной и Н.Л. Эдемской (2004) в юго-восточной зоне Краснодарского края.

К уборке действие помёта способствовало значительному повышению фосфатного уровня почвы, чем в предыдущие фазы развития кукурузы. Максимальное повышение в разные годы происходило при внесении помёта в дозах 10, 15 или 20 т/га. Примерно те же тенденции отмечены и по слою 20-40 см. В 2013 г. они слабее и под влиянием больших доз проявился негативный эффект, о причинах которого уже упоминалось выше.

Столь значительное действие помёта на количество доступного фосфора в почве к уборке свидетельствует о том, что процесс минерализации помёта продолжается в течение всего вегетационного периода кукурузы.

В целом за 2011-2013 гг. по блоку с нормами органического удобрения 5-20 т/га количество доступного P_2O_5 в верхнем слое почвы повышалось в основные фазы вегетации культуры на 1,7, 4,0 и 4,3 мг/кг почвы, а в слое 20-40 см – на 1,8, 2,4 и 2,0 мг/кг почвы.

За вегетационный период кукурузы под влиянием помёта содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см в среднем повысилось на 22, а в нижнем слое – на 16,5%. Анализ изменений под действием каждой из доз помёта показывает, что количество доступного фосфора в почве увеличивается от дозы помёта 10 т/га, после чего оно стабилизируется. Это характерно для всего слоя 0-40 см. Доля нижнего слоя почвы в общем пуле фосфора в фазу 7-8 листьев составила 51,4, в фазу молочно-восковая спелость - 37,5, в полную спелость – 32,0%.

Естественно, что на самом деле доля слоя 0-20 см существенно выше из-за более значительного потребления фосфора растениями кукурузы, особенно в середине и в конце вегетации. Но в любом случае миграция фосфора из помёта по 40-сантиметровому профилю почвы на посеве кукурузы представляется высокой.

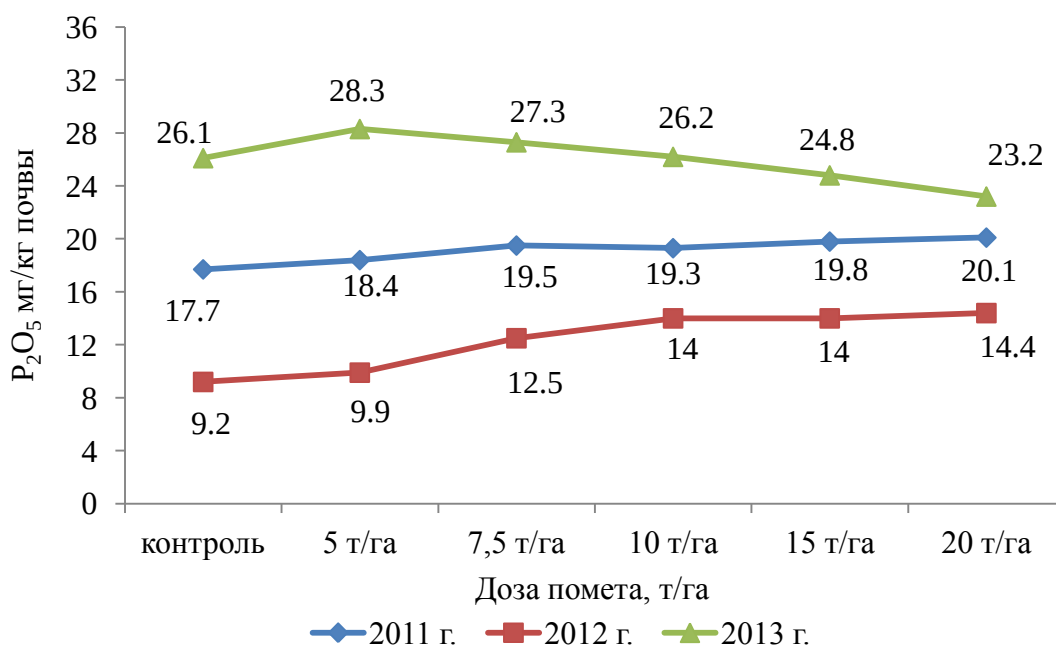
В изменениях содержания доступного фосфора в почве под действием минеральных удобрений в отдельные фазы отмечены другие закономерности. В слое 0-20 см наибольшее повышение содержания подвижного фосфора по сравнению с контролем происходило в период от 7-8 листьев до молочно-восковой спелости зерна, за 2011-2013 гг. на 2,0-3,2 мг/кг почвы.

В фазу полной спелости оно резко понижалось или полностью утрачивалось. За весь вегетационный период кукурузы содержание доступного фосфора в почве под влиянием минеральных удобрений было вдвое меньше, чем на вариантах с помётом в абсолютном выражении и в 1,5 раза – в относительном.

В слое 20-40 см изменения динамики доступного фосфора под влиянием минеральных удобрений в фазу 7-8 листьев незначительные. Миграция фосфора из минеральных удобрений не проявилась (Шконде Э.И., Благовещенская З.К., 1979; Кудеярова А.Ю., Баликин В.Н., 1982). К уборке различия нивелировались до нуля.

Количество доступного фосфора перед применением удобрений в слое почвы 0-40 см в разные годы различалось. В 2011 году содержание составило 21 мг/кг почвы, в 2012 году – 15 и в 2013 году – 28 мг/кг почвы. Обеспеченность в первый год была средней, во второй – на границе средней и низкой, а в третий – повышенной.

В фазу 7-8 листьев в почвенном слое 0-40 см в 2011 г. количество доступного фосфора составило 17,7, в 2012 году – 9,2, в 2013 году – 26,1 мг/кг почвы. В действии помёта на содержание доступного P_2O_5 проявилась существенная особенность, связанная с его исходным уровнем. В 2011 и 2012 гг. при средней и низкой обеспеченности почвы P_2O_5 к фазе 7-8 листьев отмечено равномерное увеличение его концентрации с повышением дозы помёта вплоть до 20 т/га (рисунок 6).



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

Рисунок 6. Изменения содержания в почве подвижного фосфора под влиянием помёта в фазу 7-8 листьев, мг/кг почвы в слое 0-40 см

В 2013 г. при уровне на контроле до 26 мг/кг почвы доступного P_2O_5 наибольшее увеличение его количества отмечено на варианте с наименьшей нормой помёта 5 т/га – на 8,5%. При увеличении нормы помёта содержание P_2O_5 снижа-

лось. При внесении 10 т/га оно сравнивалось с контролем, а под действием 15 и 20 т/га уменьшилось до 25 и 23 мг/кг почвы.

При проведении опытов в течение вегетации кукурузы происходило снижение уровня обеспеченности почвы фосфором, как на контроле, так и на вариантах с помётом (рисунок 7).

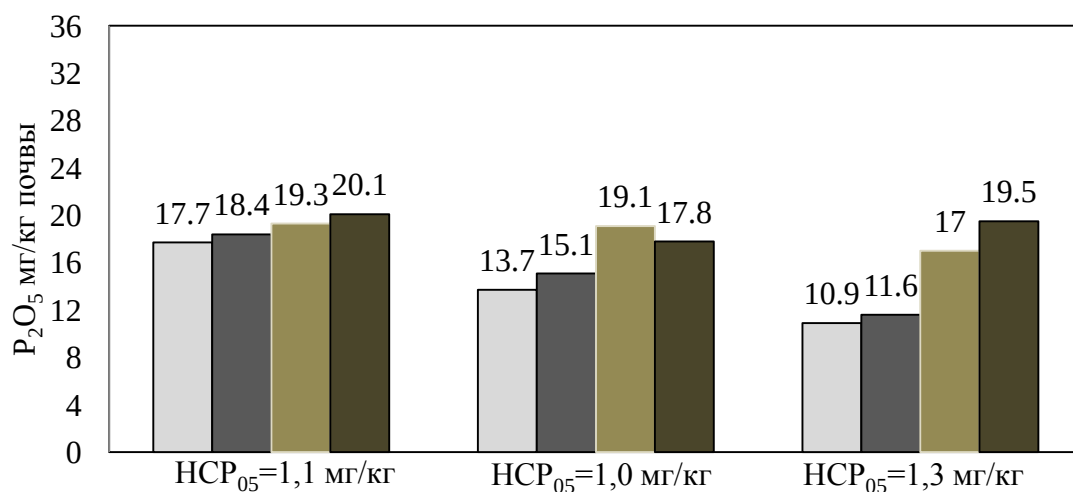
Интенсивность этого процесса в разные годы различна. Чем выше было исходное содержание, тем сильнее оно уменьшалось к середине вегетации, особенно круто в 2013 г. Это было характерно, как для контрольного варианта, так и при внесении помёта.

К фазе полная спелость фосфатный уровень почвы продолжал снижаться в 2011 г., несколько повышался в 2012 г. и очень сильно увеличивался в 2013 г. В последнем случае произошло почти такое же резкое изменение растворимости соединений фосфора, как и в предыдущую фазу, но процесс шел в обратном направлении. В среднем за вегетацию кукурузы положительное действие помёта на содержание подвижного фосфора в почве усилилось. Это проявилось во все годы исследований.

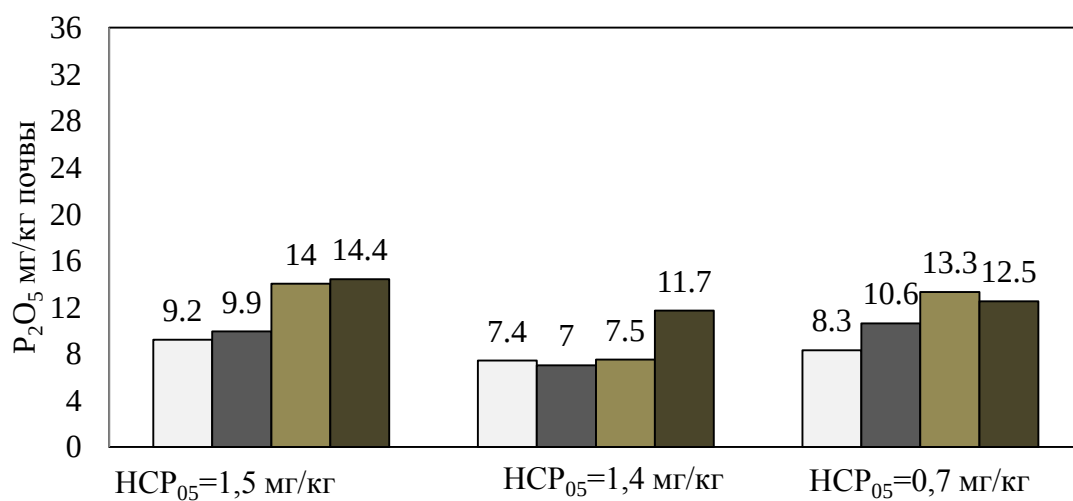
При внесении помёта в 2011 г. обеспеченность почвы фосфором увеличилась в зависимости от дозы на 0,9-5,0 мг/кг почвы (рисунок 8). Максимум был достигнут от наибольшей нормы помёта. По сравнению с контролем прибавка достигала 35,5%. По-видимому, минерализация помёта продолжалась в течение всей вегетации при умеренном выносе фосфора из почвы на создание урожая. В 2012 г. различия по содержанию фосфора в почве между вариантами, полученные к фазе 7-8 листьев, проявились и в конце вегетации, но кривая роста в зависимости от дозы стала более выровненной. Абсолютные изменения, вызванные применением помёта, в этот год меньше, чем в 2011 г., но относительные существенно выше – до 55,4%.

В 2013 году отрицательное влияние повышения дозы помёта на количество доступного фосфора за весь вегетационный период смягчилось. При внесении норм органического удобрения 5, 7,5 и 10 т/га количество P_2O_5 в почве достаточно сходное.

2011 г.



2012 г.



2013 г.

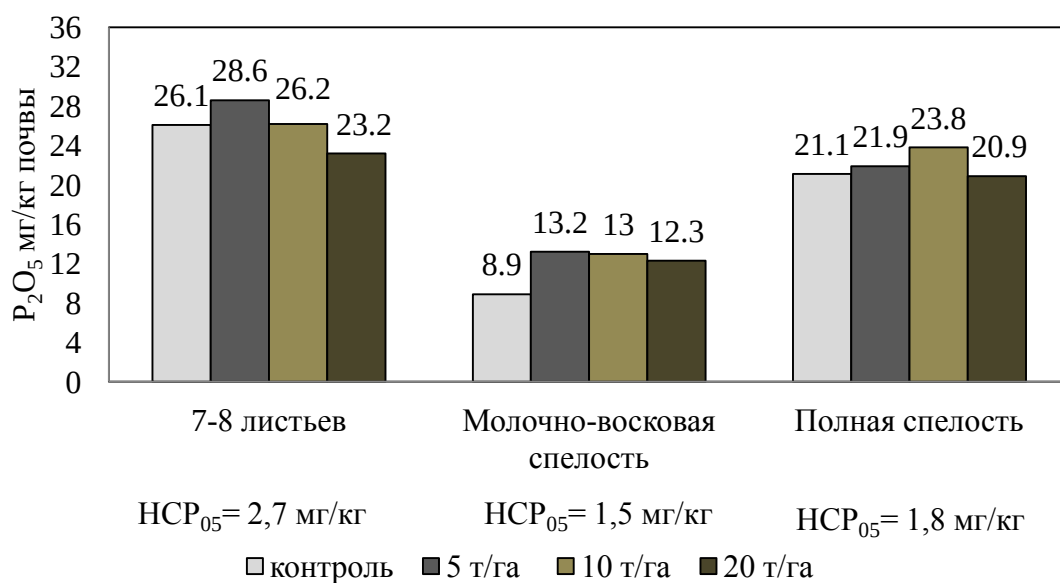
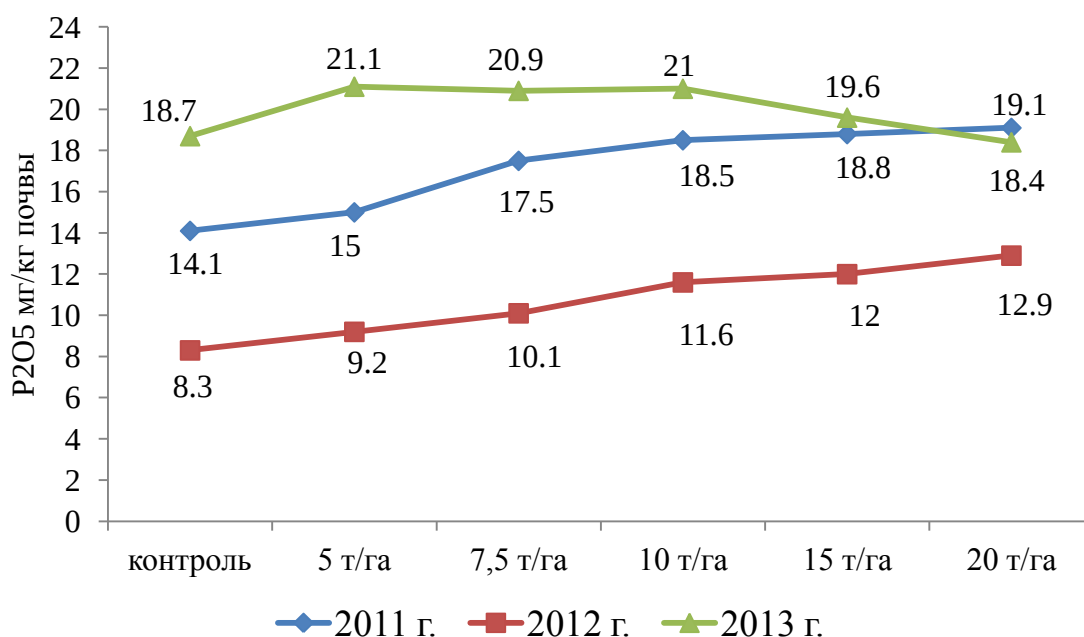


Рисунок 7. Динамика подвижного фосфора в почве при внесении помёта, мг/кг в слое 0-40 см



2011 г. НСР₀₅ = 1,2 мг/кг; 2012 г. НСР₀₅ = 0,6 мг/кг; 2013 г. НСР₀₅ = 1,9 мг/кг

Рисунок 8. Содержание подвижного фосфора под действием помета, мг/кг почвы. Почвенный слой 0-40 см. Среднее за вегетацию

Снижение началось при доведении нормы помета до 15 т/га. А при использовании 20 т/га количество доступного P₂O₅ в почве фактически не опускалось ниже контроля. Это можно объяснить периодическим пополнением почвенных запасов растворимыми формами фосфорных соединений при минерализации помета и ослаблением процесса ретроградации фосфатов в середине вегетации кукурузы.

Применение помета в среднем за 2011-2013 гг. во всех дозах способствовало повышению уровня подвижного фосфора в почве (таблица 11).

В фазу 7-8 листьев наибольшие значения достигались при внесении 7,5 и 10 т/га. С увеличением дозы эффект снижался. Изменения по отношению к контролю изменялась от 1,2 до 2,1 мг/кг почвы. Максимальная прибавка составила 12%.

Таблица 11 – Влияние помета на количество доступного фосфора в почве под кукурузой, мг/кг почвы. Слой почвы 0-40 см. Среднее за 2011-2013 гг.

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

За весь вегетационный период количество доступного фосфора в почве значительно больше – 1,4-3,3 мг/кг почвы. Наибольший и практически одинаковый уровень содержания P_2O_5 в почве зафиксирован от использования нормы органического удобрения 10-20 т/га. По сравнению с контролем он выше на 22,6-24,7%.

Это объясняется продолжающимися процессами минерализации помёта. Кроме того, образование трёхзамещенных фосфатов двух и трёх валентных катионов идёт наиболее активно в первоначальный период действия удобрения, а затем ослабевает (Мачигин Б.П., 1948; Чумаченко И.Н., 1964; Сушеница Б.А., 2007; Клыков В.В., 2013).

Применение минеральных удобрений повышало содержание доступного фосфора в почве под культурой, но их влияние было меньше, чем от куриного помёта, особенно в конце вегетации (таблица 12). При использовании азофоски в дозе 30 кг/га количество доступного фосфора в фазу 7-8 листьев за 2011-2013 гг. составило 18, 60 кг/га – 19, 90 кг/га – 19,8 мг/кг почвы. Различия по отношению к контрольному варианту с минимальной дозой NPK равны 0, со средней – 0,8, максимальной – 1,7 мг/кг почвы. За весь вегетационный период кукурузы повышение по отношению к контролю в зависимости от дозы составило 0,5-1,3-1,8 мг/кг почвы или 3,6-9,5-13,1%.

Таблица 12 – Влияние минеральных удобрений на количество подвижного фосфора в почве за весь вегетационный период кукурузы, мг/кг в слое 0-40 см

Варианты	2011 год	2012 год	2013 год	Среднее за 2011-2013 гг.
контроль	14,1	8,3	18,7	13,7
$N_{30}P_{30}K_{30}$	15,4	8,9	18,3	14,2
$N_{60}P_{60}K_{60}$	15,7	10,3	19,1	15,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$	16,0	11,1	19,3	15,5

На контрольном варианте перед посевом ячменя содержание доступного фосфора в слое почвы 0-40 см составляло 8,5 мг/кг (2012 год), 16,7 (2013 год) и 24,8 мг/кг (2014 год). Наибольшее количество отмечено в 2014 году на поле, где в 2013 г. под кукурузой отмечена обеспеченность почвы пограничная между средней и повышенной.

Последствие помёта повышало количество доступного фосфора в почве в наибольшей степени в 2012 году. Прибавки к контролю изменялись от 2,4 до 9,6 мг/кг. Они повышались с увеличением нормы помёта. В другие годы эффект слабее.

Данные за 2012-2014 гг. подтверждают, что за вегетационный период ячменя снижение количества доступного фосфора происходило плавно.

На контроле увеличение происходило в период от посева к фазе кущения, затем следовало снижение вплоть до уборки ячменя. На вариантах с последствием помёта тенденции те же, но выражены несколько более резко. Учитывая большую вариабельность этого показателя по вариантам и, особенно по годам исследований, НСР во все фазы вегетации недостоверна.

Представляет интерес анализ результатов действия помёта на содержание P_2O_5 в слоях почвы 0-20 и 20-40 см.

В 2012 г. при низкой урожайности зерна ячменя в опыте изменения количества доступного фосфора в почве из-за последствия помёта были значительно больше, чем в другие, но особенно значительно оно повысилось в слое 20-40 см – на 68,6% (таблица 13).

По мнению М.А. Цуркана (1985), это связано с продолжающейся миграцией фосфора и наибольшим накоплением доступного фосфора во второй год действия помёта, вследствие минерализации его органического вещества и высвобождения минерального фосфора.

В последующие годы снижение количества доступного P_2O_5 почвы значительно меньше, однако в среднем за 2012-2014 гг. по всему блоку вариантов с помётом они составили: 12,0% в слое 0-20 см и 16,7% в слое 20-40 см. На варианте с максимальной дозой помёта изменения ещё более контрастны – 17,7% по слою 0-20 см и 24,8% по слою 20-40 см. Но за 2012-2014 гг. различия в динамике подвижного фосфора под влиянием последствия помёта в слое 20-40 см математически недостоверны.

Таблица 13 – Количество доступного фосфора в слоях почвы 0-20 и 20-40 см в среднем за вегетацию ячменя, мг/кг почвы. Первый год последействия помёта

Варианты (дозы помёта, т/га)		2012 г.		2013 г.		2014 г.		Среднее за 2012-2014 гг.	
		слой почвы, см							
		0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
контроль		12,9	10,2	15,6	15,5	24,1	22,7	17,5	16,1
5		14,7	13,8	16,8	15,9	24,1	23,0	18,5	17,6
7,5		14,1	16,2	17,0	16,3	25,4	22,9	18,8	18,5
10		13,6	17,6	18,0	15,9	26,9	24,0	19,5	19,2
15		16,5	19,3	17,6	15,6	26,7	22,7	20,3	19,2
20		18,3	18,8	18,5	17,0	25,6	22,7	20,8	19,5
НСР ₀₅		1,1	0,5	0,5	0,6	0,6	Fφ <F ₀₅	1,9	Fφ <F ₀₅
среднее по 5-20 т/га		15,4	17,2	17,6	16,1	25,7	23,1	19,6	18,8
прибавка к контролю	мг/кг	2,5	7,0	2,0	0,6	1,6	0,4	2,1	2,7
	%	19,4	68,6	12,8	3,9	6,6	1,8	12,0	16,7

Содержание подвижного фосфора перед посевом ярового ячменя в слое почвы 0-40 см изменялось на контроле от 13,9 мг/кг (2012 г.) до 23,7 мг/кг (2014 г.) и за 2012-2015 гг. достигло 17,8 мг/кг.

За 2013-2015 гг. увеличение доступного фосфора в почве в различные фазы развития озимой пшеницы в среднем по вариантам с помётом изменялось от 0,8 до 1,3 мг/кг почвы или от 3,7 до 6,2%. За вегетационный период пшеницы положительный результат от последействия помёта на третий год составил лишь 4,6%. Наиболее существенные изменения обеспечивало применение помёта в дозе 20 т/га, но его положительная роль составила всего 7,7%.

Сопоставление эффекта от помёта по слоям почвы 0-20 и 20-40 см свидетельствует о некотором преимуществе последнего. Он колебался от 4,5 до 9,0 и в среднем достиг 6,3% (таблица 14). С повышением дозы помёта до максимальной последействие повышалось на 12,6%. Однако достаточных оснований предположить возможность дальнейшего существенного последействия даже этой дозы помёта нет, поскольку в слое 0-40 см к моменту уборки озимой пшеницы различия только 6%.

Таблица 14 – Количество доступного фосфора в слоях почвы 0-20 и 20-40 см в среднем за весь вегетационный период, мг/кг почвы. Второй год последствий

Варианты (дозы помёта, т/га)	2012-2013 гг.		2013-2014 гг.		2014-2015 гг.		Среднее за 2012-2015 гг.	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
контроль	19,2	17,9	16,4	15,5	24,6	23,7	20,1	19,0
5	21,7	18,0	16,8	15,2	24,9	24,1	21,1	19,1
7,5	20,2	17,7	17,1	16,8	25,3	24,3	20,9	19,6
10	18,9	18,8	17,5	17,3	25,7	24,7	20,7	20,3
15	18,1	18,7	17,5	17,3	25,9	25,6	20,5	20,5
20	19,8	20,2	17,2	17,8	25,1	26,3	20,7	21,4
НСР ₀₅	0,9	0,5	Fф <F ₀₅	1,2	Fф <F ₀₅	Fф <F ₀₅	Fф<F ₀₅	0,7

Основная часть доступного растениям фосфора почвы из помёта была реализована при создании урожая ячменя и озимой пшеницы причём в первую очередь в слое 0-20 см. Его изменения под влиянием помёта в целом за вегетацию озимой пшеницы были недостоверны.

Содержание в почве калия обусловлено его запасами в материнской породе (Evangelou V.P., 1994; Орел А.Н., 1996; Schneider A., 1997; Турчин В.В., 2007).

Обеспеченность обменным калием в слое почвы 0-20 см к началу вегетации кукурузы была высокой в 2013 г. или очень высокой в 2011 и 2012 гг. В нижележащем слое почвы отмечено снижение количества K_2O на 90-160 мг/кг почвы по сравнению с верхним.

Использование органического удобрения под культивацию кукурузы повышало содержание K_2O в верхнем слое почвы 0-20 см. Это проявилось уже к фазе 7-8 листьев. В 2011 г. максимальные изменения отмечены на вариантах с нормами 5-10, в 2012 г. – с 10-20, в 2013 г. – с 7,5 т/га. В первый и последний годы исследований отмечена тенденция снижения эффекта при внесении доз помёта 15 и 20 т/га, хотя математически эти изменения не всегда подтверждаются.

Влияние органического удобрения на количество обменного калия в почвенном слое 20-40 см ещё более нестабильно. В 2011 г. пик его увеличения отмечен на варианте с дозой 7,5 т/га. С увеличением дозы эффект снижался. В 2012 г. изменения по сравнению с контролем слабые, при общей тенденции к уменьше-

нию, а в 2013 г. они незначительны. По вариантам с пометом количество K_2O в верхнем слое почвы изменялось от 2,0 до 9,8%, а за 2011-2013 гг. составило 5,7% (таблица 15). По слою 20-40 см тенденция ещё меньше - 2,5%.

Таблица 15 – Влияние помета на количество обменного калия в почве под кукурузой, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2013 гг. по слоям 0-20 и 20-40 см

Варианты (доза помета)		0-20 см				20-40 см			
		1	2	3	4	1	2	3	4
контроль		666	556	577	600	515	384	327	409
5		708	580	606	631	539	406	394	446
7,5		706	584	607	632	557	424	392	458
10		728	593	576	632	511	410	387	436
15		664	619	582	622	516	417	385	439
20		707	593	587	627	516	426	391	444
НСР ₀₅		3	5	4	3	6	5	4	6
среднее по 5-20 т/га		701	594	522	629	528	417	390	445
прибавка к контролю	мг/кг	35	38	15	29	13	33	63	36
	%	5,7	6,8	2,6	4,8	2,5	8,6	19,3	8,8

Примечание: 1 – фаза 7-8 листьев; 2 – молочно-восковая спелость; 3 – полная спелость; 4 – среднее за вегетацию

На последующих этапах развития кукурузы происходило снижение количества обменного калия в почве. В 2013 г. минимум отмечен в середине вегетации, а в остальные годы – при полной спелости зерна.

В фазу молочно-восковая спелость в 2011 и 2012 гг. положительное влияние помета на содержание обменного калия в почве нарастало, как правило, с повышением дозы вплоть до 15 и 20 т/га. В 2013 г. эта тенденция нарушена. При применении помета нормой 5-10 т/га количество равнозначно содержанию на контроле, а при внесении 15-20 т/га происходило достоверное уменьшение. Одна из наиболее вероятных причин - изменение калийного равновесия в почве в сторону усиленной фиксации ионов калия в межпакетных пространствах вторичных почвенных минералов, главным образом монтмориллонита, при резком уменьшении количества продуктивной влаги в почве.

В слое почвы 20-40 см различия в количестве K_2O в 2011 и 2013 году в целом небольшие и нестабильные в зависимости от дозы помета. В 2013 г. они на-

много больше, но в основном мало колебались при разных дозах. В среднем по вариантам с помётом различия составили 25%. При недостаточном фоновом количестве K_2O – 269 мг/кг почвы на контрольном варианте равновесие устойчиво сдвигалось в сторону перехода катионов калия в обменно-поглощённое состояние.

В 2011 г. к концу вегетации кукурузы в слое 0-20 см существенное положительное влияние помёта отмечено от нормы 5 и 7,5 т/га. В 2012 году различия незначительны. В 2013 году отмечено повышение количества обменного калия под действием помёта в норме 5-10 т/га на 13-15%, а при 15-20 т/га – отмечено снижение количества обменного калия в почве.

Ещё более нестабильным оказалось действие минеральных удобрений на содержание обменного калия в почве. От применения азофоски за весь вегетационный период кукурузы в 2011-2013 гг. количество K_2O в верхнем слое почвы увеличилось на 7, а в слое 20-40 см – на 3%.

Количество обменного калия в слое почвы 0-40 см перед посевом кукурузы составляло 421 мг/кг в 2013 году, в 2011 году 626 мг/кг и в 2012 году – 825 мг/кг почвы. Соответственно, обеспеченность почвы была высокой и очень высокой.

В фазу образования 7-8 листьев кукурузы уровень обменного калия понизился на 20-53 мг/кг почвы. На контрольном варианте количество K_2O в слое 0-40 см в эту фазу варьировало от 401 до 799 мг/кг почвы.

В середине вегетации кукурузы количество обменного калия в почве снижалось. Это было выражено в 2011 году - на контрольном варианте на 234 мг/кг почвы. Максимум количества обменного калия под действием помёта в 2011 году получен от нормы органического удобрения 15 т/га, в 2012 году – от 20, в 2013 г. – от 10 т/га.

От фазы молочно-восковой до полной спелости зерна кукурузы закономерности изменения уровня обеспеченности почвы обменным калием в разные годы неодинаковы. В 2012 и 2013 гг. уменьшение обеспеченности почвы K_2O , а в 2011 году – существенное повышение.

За 2011-2013 годы в фазу 7-8 листьев наибольшее количество обменного калия достигнуто при внесении 7,5 т/га помёта, в фазу молочно-восковой спелости – при внесении 15 т/га, а к уборке – 5 и 7,5 т/га помёта (таблица 16). Максимальное увеличение по отношению к контролю было 41-48 мг/кг почвы.

Таблица 16 – Влияние помёта и минеральных удобрений на содержание обменного калия в почве под кукурузой, мг/кг почвы в слое 0-40 см. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Среднее за 2011-2013 гг.			В среднем за вегетацию			Среднее за 2011-2013 гг.
	7-8 ли- стьяв	молочно- восковая спелость	полная спелость	2011 г.	2012 г.	2013 г.	
контроль	591	471	452	462	704	348	505
куриный помёт под предпосевную культивацию, т/га							
5	624	494	500	509	722	385	539
7,5	632	504	500	525	728	383	545
10	625	502	482	496	740	373	536
15	605	518	484	493	752	362	536
20	609	510	489	494	772	341	536
НСР ₀₅	22	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	30	18	Fф < F ₀₅
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га							
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	601	475	481	503	690	364	519
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	595	504	489	520	711	356	529
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	604	495	503	519	715	368	534
НСР ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅

В период 7-8 листьев - молочно-восковая спелость уменьшение количества обменного калия в почве на контроле составило 120, на вариантах с органическим удобрением – 87-130 мг/кг почвы, а среднее содержание калия в блоке вариантов с помётом составило 506 мг/кг почвы. Отклонения отдельных вариантов от средней не превышали 12 мг/кг почвы и были незначительными.

В течение вегетации культуры уровень содержания K₂O уменьшился на 19-34 мг/кг почвы от действия 10-20 т/га, а от действия 5 и 7,5 т/га не изменялся.

В среднем от фазы 7-8 листьев до полной спелости зерна кукурузы максимальный прирост содержания K₂O в почве достигнут от действия помёта нормой 7,5 т/га – 38 мг/кг почвы, но эти изменения математически недостоверны.

Различия в количестве K_2O от действия минеральных удобрений соответствовали нижним значениям содержания под действием помёта или находились в средней части этого диапазона, но во всех случаях были незначительными.

Несмотря на то, что обеспеченность калием почвы под ячменём, выращиваемым по предшественнику кукуруза на зерно, при проведении опытов была высокой, его количество на разных участках проведения опытов существенно различалось. На контрольном варианте в слое почвы 0-40 см перед посевом ячменя оно изменялось от 452 до 715 мг/кг почвы. Значительными были изменения и по почвенному профилю. В почвенных слоях 0-20 и 20-40 см перед началом вегетационного периода 2012 году количество K_2O составило 580 и 324, в 2013 году – 756 и 647, а в 2014 году – 510 и 436 мг/кг почвы. За 2012-2014 гг. различия изменений в обеспеченности почвы в течение вегетации культуры обменным калием очень чёткие. Его количество снижалось от посева к фазе полная спелость (таблица 17). Увеличение этого показателя во все фазы развития ярового ячменя зависело от дозы помёта.

Таблица 17 – Количество обменного калия в слое почвы 0-40 см под яровым ячменём, мг/кг почвы. Среднее за 2012-2014 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га)		Посев	Кущение	Колошение	Полная спелость	Среднее за вегета- цию
контроль		547	513	488	469	504
5		546	523	497	464	508
7,5		550	528	504	475	514
10		566	539	509	469	521
15		566	549	523	471	527
20		574	563	539	484	540
НСР ₀₅		Fф < F ₀₅	18	17	Fф < F ₀₅	18
среднее по 5-20 т/га		560	540	514	473	522
прибавка к контро- лю	мг/кг	13	27	26	4	18
	%	2,4	5,3	513	0,9	3,6

Максимальное повышение обеспеченности почвы обменным калием вызвало последствие органического удобрения в норме 20 т/га в среднем за вегетацию. По отношению к контрольному варианту прибавка 36 мг/кг. В среднем по всему блоку вариантов с помётом результат более низкий - 18 мг/кг или 3,6%.

Чёткой зависимости изменений количество K_2O в почве под влиянием помёта нет. В 2012 и 2013 гг. преимущество проявилось в слое 0-20, а в 2014 г. – в слое 20-40 см. Диапазон различий в разные годы изменялся от - 2,2 до 7,8%. За 2012-2014 гг. в верхнем слое почвы составил 5,0, а в нижележащем – 1,8%.

В среднем за 2012-2015 сельскохозяйственные годы изменения калийного режима почвы под озимой пшеницей, третьей культуры звена севооборота, в слое 0-40 см в течение вегетации незначительны. На контроле они варьировали от среднего за всю вегетацию уровня максимум на 18-21 мг/кг почвы или на 3,6-4,2%. Больше всего этот показатель увеличился в кушение, а уменьшался в колошение (таблица 18).

Таблица 18 – Количество обменного калия в почве под озимой пшеницей, мг/кг почвы. Второй год последствия куриного помёта. Среднее за 2012-2015 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га)	Посев	Весеннее кушение	Колошение	Полная спелость	Среднее за вегета- цию
контроль	503	527	488	505	506
5	513	526	495	508	511
7,5	516	531	501	512	515
10	517	535	497	514	516
15	528	549	515	525	529
20	537	561	525	532	539
НСР ₀₅	19	22	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	12

За весь вегетационный период культуры наибольшее повышение количества обменного калия отмечено от последствия 20 т/га помёта – 33 мг/кг почвы или 6,5%. Несмотря на слабые отклонения от контроля благодаря выравненности результатов по вариантам увеличение содержания K_2O по сравнению с контролем оказалось существенным.

Количество гумуса в слое почвы 0-40 см за 2011-2013 гг. в период полной спелости кукурузы на зерно на контроле составило 3,56% (таблица 19). Применение помёта не повлияло на содержание гумуса в почвенном профиле. Перед посевом озимой пшеницы, за 2012-2014 гг. под влиянием последействия органического удобрения в норме 7,5-15 т/га получено статистически достоверное увеличение содержания гумуса по отношению к контрольному варианту - на 0,01%. Это обусловлено пополнением запасов гумуса за счет гумификации органического вещества помёта, растительных остатков предшественника, а также снижением процессов минерализации почвенного гумуса. В уборку озимой пшеницы преимущество вариантов с применением помёта в нормах 7,5-15 т/га на содержание гумуса сохранилось.

Таблица 19 – Содержание гумуса в звене севооборота. Почвенный слой 0-40 см, %. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Срок отбора		
	уборка кукурузы на зерно	посев озимой пшеницы	уборка озимой пшеницы
контроль	3,56	3,51	3,50
куриный помёт, т/га			
5	3,58	3,53	3,51
7,5	3,59	3,54	3,53
10	3,60	3,55	3,54
15	3,61	3,55	3,52
20	3,57	3,52	3,52
азофоска, кг/га			
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,56	3,50	3,50
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,55	3,51	3,49
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,55	3,50	3,48
HCP ₀₅	F _ф < F _{теор.}	0,01	0,01

3.4 Биометрические показатели и динамика поступления элементов питания в растения в звене севооборота

За 2011-2013 годы наибольшее увеличение массы растений в фазу 9-11 листьев достигнуто от действия органического удобрения в норме 15 т/га и азофоски

в дозе 30 кг/га (таблица 20). Действие куриного помёта к фазе молочно-восковая спелость повышало высоту растений на 20-28 см, а сырую массу 1 растения на 62-226 г. По сравнению с фазой 9-11 листьев максимальные биометрические показатели получены при использовании органического удобрения в норме 10 т/га. Масса 1 растения повысилась до 236 г.

Таблица 20 – Биометрические показатели растений кукурузы. Среднее за 2011-2013 гг.

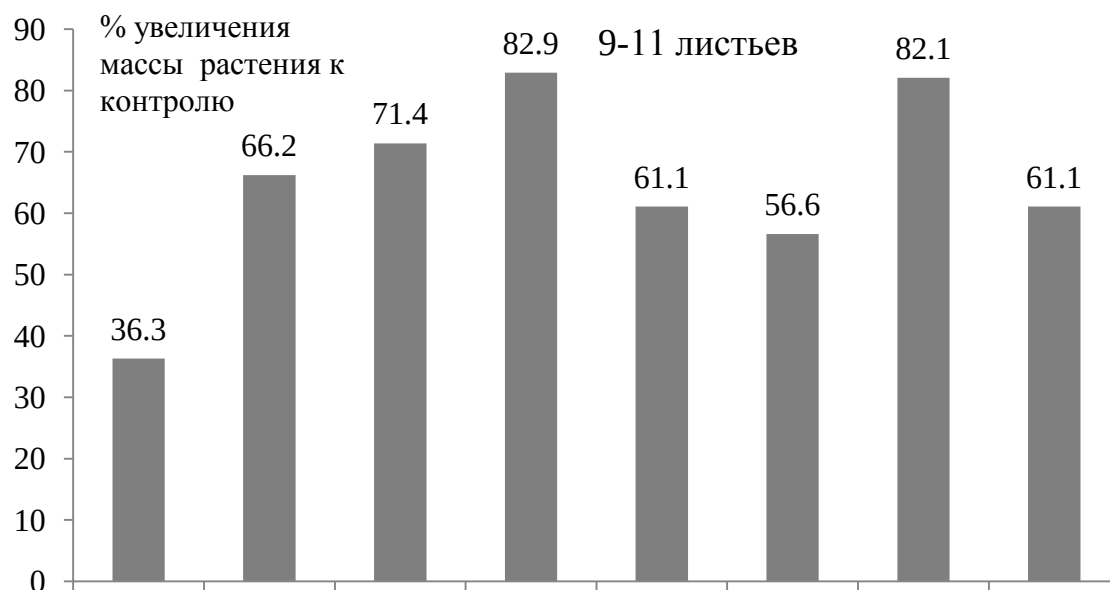
Варианты	9-11 листьев		Молочно-восковая спелость	
	высота, см	масса, г	высота, см	масса, г
контроль	77,6	98,3	233	563
куриный помёт под предпосевную культивацию, т/га				
5	84,4	133,9	253	727
7,5	96,9	163,3	258	749
10	97,4	168,5	261	789
15	99,0	179,8	259	759
20	101,1	158,4	257	725
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га				
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	86,4	153,9	245	649
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	95,5	179,0	244	703
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	89,2	158,4	244	695
НСП ₀₅	10,6	58,6	18,2	124,1

Действие минеральных удобрений также способствовало увеличению биометрических показателей растений, но в меньшей степени, чем помёта. Оптимальная доза азофоски N₆₀P₆₀K₆₀ (рисунок 9).

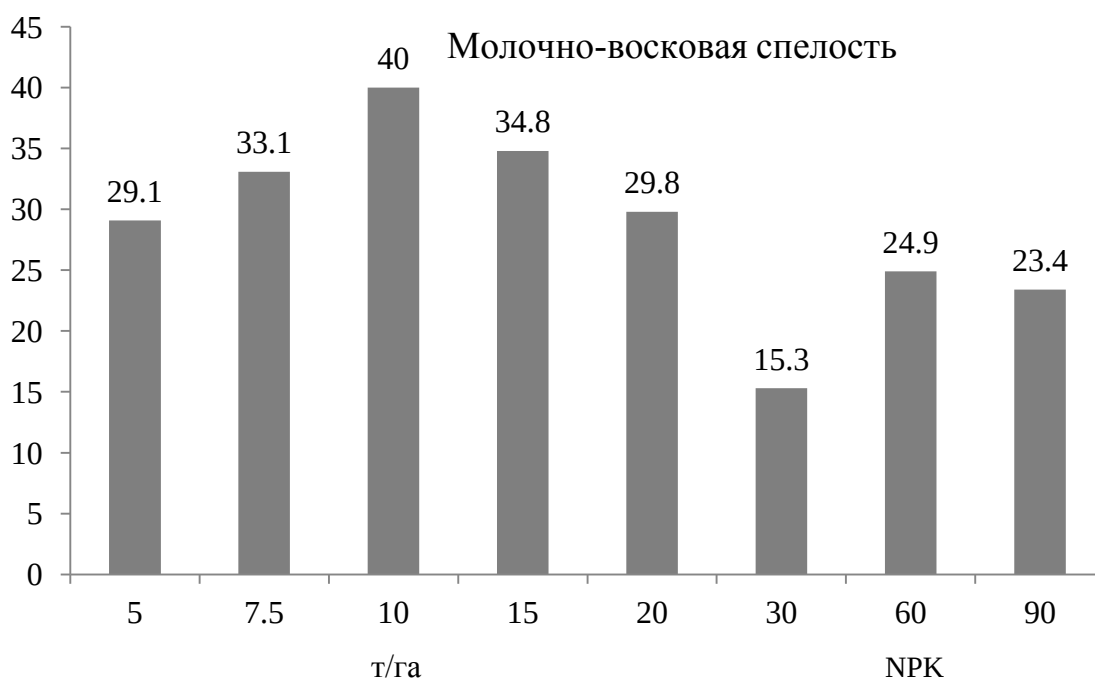
За 2011-2013 гг. отмечены общие закономерности действия органического удобрения на поступление питательных веществ в растения (таблица 21). В фазу 9-11 листьев вследствие интенсивного нарастания вегетативной массы кукурузы количество азота в растениях при внесении органического удобрения в норме 5-10 т/га увеличивалось незначительно, а в норме 15-20 т/га - снижалось.

Повышение использования азота из почвы под влиянием удобрений происходило и в последующий период. Оно существенно превосходило увеличение массы растений. Поэтому к фазе молочно-восковая спелость содержание азота

увеличивалось с повышением дозы органического удобрения до 10 т/га, азофоски - до 60 кг/га.



$HCP_{05} = 5,5\%$



$HCP_{05} = 6,8\%$

Рисунок 9. Относительный прирост массы растений кукурузы под влиянием удобрений. за 2011-2013 гг., % к контролю

Эта влияние сохранилась до уборки кукурузы. Содержание азота в стеблях и листьях растений существенно повысилась, а так же в зерне кукурузы – на 0,16-0,25%. Это положительно отразилось на белковости зерна.

Таблица 21 – Содержание NPK в растениях кукурузы. Среднее за 2011-2013 гг., % на сухое вещество

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

Концентрация фосфора в растениях кукурузы за 2011-2013 гг. на начальном этапе вегетации под действием удобрений увеличивалась менее значительно, чем азота. Но эти изменения отмечены с первых этапов вегетации. Потребление фосфора происходило более интенсивно, чем формирование вегетативной массы растений.

Но эти различия становились несущественными к фазе молочно-восковая спелость зерна. Наибольшая концентрация фосфора в зерне получена в фазу пол-

ной спелости на варианте с дозой помёта 15, в вегетативной массе – 10 т/га, а также при внесении азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Потребление калия растениями кукурузы под влиянием удобрений улучшилось уже на начальном этапе вегетации. В среднем за 2011-2013 гг. максимальная концентрация калия в растениях в фазу 9-11 листьев достигнута от нормы органического удобрения 10 т/га, азофоски - в дозе 60 кг/га каждого элемента. В фазу молочно-восковая спелость зерна положительное влияние на концентрацию калия в растениях от высоких доз минеральных удобрений сохранилось, но оптимум действия куриного помёта сместился к дозе 5 т/га. В фазу полная спелость зерна отмечено преимущество вариантов с помётом, особенно в вегетативной массе кукурузы, которое нарастало с увеличением дозы до 20 т/га. Действие минеральных удобрений на концентрацию калия по сравнению с контролем было минимальным или отсутствовало. Это подтверждает, что кукуруза потребляет калий при внесении помёта из почвы до конца вегетации, а под действием азофоски в основном до середины вегетации.

Последствие удобрений оказало существенное влияние на развитие растений ярового ячменя, выращиваемого по предшественнику кукуруза на зерно (таблица 22).

Таблица 22 – Биометрические показатели растений ярового ячменя и озимой пшеницы. Фаза колошение

Варианты	Яровой ячмень		Озимая пшеница	
	за 2012-2014 гг.		за 2013-2015 гг.	
	высота растений, см	масса 1 растения, г	высота растений, см	масса 1 растения, г
контроль	65,9	2,2	56,4	4,4
последствие куриного помёта, т/га				
5	68,0	2,3	56,4	4,4
7,5	70,3	2,6	56,7	4,6
10	71,2	3,0	57,6	4,9
15	74,7	3,3	58,6	5,1
20	73,8	3,4	58,0	5,2
$НСР_{05}$	1,9	0,2	$F\phi < F_{05}$	0,2

За 2012-2014 гг. прослеживается повышение высоты растений ячменя при возрастании дозы помёта до 15 т/га. Масса одного растения в наибольшей степени увеличивалась от последействия оргнического удобрения в норме 15-20 т/га.

Обобщение результатов потребления NPK растениями ярового ячменя под влиянием последействия помёта в 2012-2014 гг. показывает, что в фазу кущение содержание азота повысилось на всех вариантах опыта (таблица 23).

Таблица 23 – Содержание NPK в растениях ярового ячменя, % на сухое вещество. Первый год последействия помёта. Среднее за 2012-2014 гг.

Варианты	Кущение			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	3,45	0,41	3,80	2,10	0,52	2,27
последействие куриного помёта, т/га						
5	3,52	0,45	3,42	2,14	0,51	2,01
7,5	3,68	0,47	3,51	2,24	0,51	2,07
10	3,75	0,49	3,64	2,34	0,51	2,10
15	3,62	0,55	3,84	2,50	0,55	2,21
20	3,45	0,53	4,03	2,48	0,56	2,31
НСР ₀₅	0,19	0,04	0,17	0,05	0,03	0,13
полная спелость						
	зерно			солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	1,89	0,50	0,58	0,21	0,11	1,88
последействие куриного помёта, т/га						
5	1,92	0,50	0,58	0,22	0,12	1,86
7,5	1,97	0,51	0,62	0,23	0,12	1,87
10	2,07	0,54	0,65	0,24	0,14	1,93
15	2,11	0,55	0,67	0,26	0,15	2,01
20	2,10	0,55	0,65	0,25	0,15	1,97
НСР ₀₅	0,11	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅	Fф < F ₀₅

Пик отмечен при внесении 10 т/га – 0,30%. Существенно увеличилось также содержание фосфора, которое достигало максимума от последействия 15 т/га – 0,14% к контролю. В последействии органического удобрения с нормами 5-10 т/га отмечено уменьшение концентрации калия в растениях ячменя. Но отмечена тенденция повышения этого показателя.

От последствий 15 т/га органического удобрения содержание калия выравнивалось по сравнению с контролем, а при 20 т/га увеличивалось на 0,23%. Эти изменения полностью обусловлены условиями 2012 г., когда интенсивное нарастание вегетативной массы и вместе с ней потребление калия не компенсировалось калием из помёта в меньших дозах вследствие снижения его подвижности под влиянием засухи.

В колошение проявились те же зависимости в действии органического удобрения на содержание элементов питания в растениях ячменя, что и в предыдущую фазу, но отличия уменьшились, в меньшей степени по азоту. Максимум увеличения содержания азота получен от 15 т/га помёта – 0,40%, фосфора и калия – под влиянием последствий 20 т/га, на 0,04%.

Потенциал азота в растениях, накопленный в течение вегетации, в полной мере был использован в зерне. Влияние по сравнению с контролем с нормой помёта 15 и 20 т/га составило – 0,22 и 0,21%. По фосфору различия здесь составили 0,05%, а по калию 0,09 и 0,07%. На этих же вариантах отмечено и более высокое содержание NPK в соломе, но при меньших значениях азота и фосфора и больших калия.

Масса одного растения озимой пшеницы, третьей культуры звена севооборота, превышала массу растений ячменя на контроле вдвое. Последствие помёта в дозе 5 т/га практически не изменяло оба биометрических показателя пшеницы. От повышения нормы органического удобрения они увеличивались. Наибольшая высота в 2013 и 2015 гг. отмечена на варианте с дозой 15 т/га, а в 2014 г. – при 20 т/га, но в целом изменения незначительны. Масса растений на этих вариантах сформирована очень сходная – в 1,55-1,50 раза больше, чем у ярового ячменя. От всех доз минеральных удобрений эффект на озимой пшенице выражен значительно слабее.

В среднем за 2013-2015 гг. в фазу весеннее кущение содержание азота в растениях озимой пшеницы в результате последствий помёта существенно повышалось. Максимум - 3,83% оно достигло при внесении 10 т/га (таблица 24).

Таблица 24 – Содержание NPK в растениях озимой пшеницы, % на сухое вещество. Второй год последствий помёта. Среднее за 2012-2015 гг.

Варианты	Весеннее кущение			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	3,18	0,52	3,91	1,81	0,48	2,66
последствие куриного помёта, т/га						
5	3,48	0,46	3,87	1,86	0,53	2,47
7,5	3,59	0,49	3,82	1,88	0,52	2,45
10	3,83	0,52	3,64	1,92	0,51	2,41
15	3,65	0,54	3,55	1,92	0,51	2,41
20	3,34	0,52	3,60	1,92	0,54	2,25
HCP ₀₅	F _ф < F ₀₅	F _ф < F ₀₅	F _ф < F ₀₅	0,05	F _ф < F ₀₅	F _ф < F ₀₅
полная спелость						
вариант	зерно			солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	1,89	0,51	0,69	0,26	0,17	1,24
5	1,94	0,49	0,68	0,25	0,22	1,29
7,5	1,99	0,53	0,69	0,28	0,22	1,31
10	2,04	0,50	0,76	0,32	0,22	1,37
15	2,04	0,48	0,76	0,33	0,21	1,34
20	2,02	0,45	0,71	0,34	0,20	1,35
HCP ₀₅	0,07	F _ф < F ₀₅	F _ф < F ₀₅	0,03	F _ф < F ₀₅	0,09

Содержание фосфора изменялось по сравнению с контролем незначительно в обе стороны, а калия устойчиво снижалось от увеличения дозы с 5 до 15 т/га. В колошение прирост содержания азота от последствий нормы органического удобрения 10-20 т/га по отношению к контрольному варианту был максимальным и одинаковым – 0,11%. В содержании фосфора положительное влияние помёта незначительно и слабо зависело от дозы. В содержании калия общая тенденция по сравнению с фазой кущения не изменилась. В конце вегетации отчётливо проявилось преимущество помёта в повышении содержания азота в продукции. В зерне и соломе оно было максимальным и близким под влиянием 10-20 т/га помёта.

Содержание фосфора на фоне наибольших доз помёта несколько уменьшилось, но чаще изменялось мало, в соломе последствие помёта во всех дозах дало примерно одинаковый положительный результат – 0,04-0,05%. Влияние помёта на содержание калия в зерне было очень неустойчивым в разные годы, поэтому даже

некоторое повышение в зерне на вариантах с дозами 10 и 15 т/га не является убедительным. Отмечено однозначное преимущество помёта в содержании калия в соломе во все годы исследований. Но оно не зависело строго от дозы и на вариантах с 10-20 т/га помёта различалось мало.

Обобщая полученные результаты можно отметить, что на третий год после внесения помёта содержание фосфора и калия в разные годы в течение вегетации озимой пшеницы изменялось по-разному и выявить общую достоверную тенденцию не представляется возможным. Это связано со значительным увеличением массы растений в течение вегетации, очень большим повышением урожайности зерна – в среднем до полутоны на 1 га, и побочной продукции – до 0,63 т/га. Существенно менялась обеспеченность почвы всеми элементами питания по годам и в течение одного вегетационного периода. Устойчивым было последствие помёта в 2012-2015 гг. только на содержание азота в растениях. Несмотря на колебания в зависимости от дозы в разные сроки наблюдений можно констатировать, что на озимой пшенице последствие органического удобрения в норме 10-20 т/га примерно в одинаковой степени способствует увеличению содержания азота в зерне – на 0,13-0,15% по сравнению с контролем.

3.5 Урожайность и качество продукции полевых культур, продуктивность звена севооборота кукуруза на зерно, яровой ячмень, озимая пшеница

Преобладание высоких температур и воздушной засухи в период цветения-налив-созревание зерна в 2012 г., с учётом формирования самой большой вегетативной массы в фазу восковой спелости зерна, урожайность зерна на контроле была такой же, как и в 2011 году – на уровне трех с небольшим тонн на гектар (таблица 25).

В 2013 году в цветение действие высоких температур было значительно слабее, и опыление кукурузы проходило в более благоприятных условиях. Доста-

точное содержание влаги обеспечило оптимальное течение синтетических процессов и транспирацию в растениях.

Таблица 25 – Влияние удобрений на урожайность зерна кукурузы, т/га

Варианты	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 2011-2013 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%
контроль	3,20	3,07	6,19	4,15	-	-
куриный помёт под предпосевную культивацию, т/га						
5	3,38	3,79	6,34	4,50	0,35	8,4
7,5	3,75	4,16	6,60	4,84	0,69	16,6
10	3,83	4,48	7,24	5,18	1,03	24,8
15	3,52	3,90	6,43	4,62	0,47	11,3
20	3,05	3,90	6,20	4,38	0,23	5,5
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,55	3,62	6,20	4,46	0,31	7,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,30	3,73	6,81	4,61	0,46	11,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,37	3,64	6,77	4,59	0,44	10,6
НСР ₀₅	0,17	0,21	0,42	0,31		

В 2013 году содержание подвижного фосфора было самым высоким и составило около 18,7 мг/кг почвы, в 2012 году - лишь 8,3 мг/кг. Это способствовало на фоне хорошей обеспеченности почвы доступными формами азота и калия формированию в 2013 году наибольшей урожайности – на контроле 6,19 т/га. За 2011-2013 гг. урожайность зерна кукурузы на контроле составила 4,15 т/га. Прибавка зерна равномерно увеличивалась от повышения дозы помёта с 5 до 7,5 т/га, а затем до 10 т/га. Наибольшая продуктивность 5,18 т/га сформирована под действием дозы 10 т/га. Но повышение дозы помёта способствовало резкому снижению эффекта.

Оптимальная доза минеральных удобрений N₆₀P₆₀K₆₀. Но прибавка в 2,2 раза уступает действию органического удобрения в норме 10 т/га.

Анализ структуры урожайности показал, что к уборке количество растений на контроле и вариантах с удобрениями незначительно изменялось в пределах 2011 г. 53030 – 53050, в 2012 г. – 55030 – 55040, в 2013 г. 57020–57080 шт./га. На одном растении во все годы сформировано по одному початку на всех вариантах

опыта, поэтому различия в урожайности определялись массой зерна с одного растения.

В 2011 и 2012 гг. масса зерна с 1 растения на контроле изменялась незначительно. Но влияние удобрений в 2012 г. по сравнению с контролем существенно больше (приложение 5). Масса зерна и побочной продукции в 2013 г. в 2,0-2,5 раза больше, чем в предыдущие годы. Характерная особенность, которая проявилась во все годы, заключается в том, что при увеличении массы зерна под влиянием помёта не сопровождалось соответствующим снижением массы побочной продукции. В среднем за 2011-2013 гг. максимальная масса зерна получена на варианте с 10 т/га помёта – 92,7 г., а вегетативная масса – при внесении 5 т/га.

Урожайность побочной продукции кукурузы на контроле в среднем за 2011-2013 гг. составила 7,51 т/га (приложение 6). Максимальный эффект дало использование наименьшей дозы. Увеличение по отношению к контролю составило 34% и это в четыре раза больше изменений в сборе зерна на этом варианте.

Увеличение дозы помёта приводило к существенному снижению урожайности вегетативной массы. Действие минеральных удобрений на урожайность вегетативной массы кукурузы было эквивалентно влиянию помёта в дозах 10-15 т/га.

Подсчет соотношения массы побочной продукции и зерна показывает, что оно варьирует по годам, но в целом снижается при возрастании нормы от 5 т/га до 10 т/га с 2,62 до 2,16 (таблица 26). При возрастании нормы - снова увеличивается.

Это свидетельствует об улучшении использования потенциала растений при оптимизированном питании и ухудшении - при избыточном. На вариантах с минеральными удобрениями данный эффект проявился слабее, чем при внесении помёта.

Так как различия урожайности зерна кукурузы в разные годы достигали 100%, а максимальные прибавки урожайности, обусловленные применением помёта, отличались в 2-3 раза, определение зависимости действия помёта на урожайность от параметров обеспеченности почвы элементами питания затруднительно.

Таблица 26 – Соотношение побочной продукции и зерна в урожае кукурузы

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

В связи с этим прибавки урожайности зерна за каждый год проранжировали в процентах от максимальной, которая взята за 100%. Данный подход позволил абстрагироваться от абсолютных значений изменений урожайности и привести данные за 2011-2013 гг. к единому знаменателю. Этот приём успешно апробирован в Донском ГАУ ранее (Е.В. Агафонов и др., 1998). Установлено, что наиболее тесная зависимость имеется между относительными изменениями урожайности кукурузы и содержанием минерального азота в почве в фазу 7-8 листьев, $r = 0,789 \pm 0,177$. Она отображается кривой в форме параболы (рисунок 10).

В соответствии с ней оптимальное содержание N_{мин} в почве в эти сроки находится в пределах 100-110 кг/га. При большем содержании эффект снижался. Этим, в первую очередь, объясняется ухудшение результата при увеличении дозы помёта до 20 т/га. Характерным является то, что данное содержание N_{мин} в почве было оптимальным как в 2011 и 2013 гг., когда главную роль в повышении урожайности сыграло улучшение азотного питания кукурузы, так и в 2012 г., где первостепенное значение, несомненно, принадлежало фосфору.

Зависимости эффекта от помёта с содержанием подвижного фосфора в почве в фазу 7-8 листьев кукурузы не установлено, как линейной - $r = -0,320 \pm 0,473$, так и криволинейной - $r = 0,458 \pm 0,229$. Объясняется это очень большими различиями содержания подвижного фосфора в годы проведения опытов. В 2012 году

на контрольном варианте она составила 9,2, а в 2013 г. – почти в три раза больше – 26,1 мг/кг почвы.

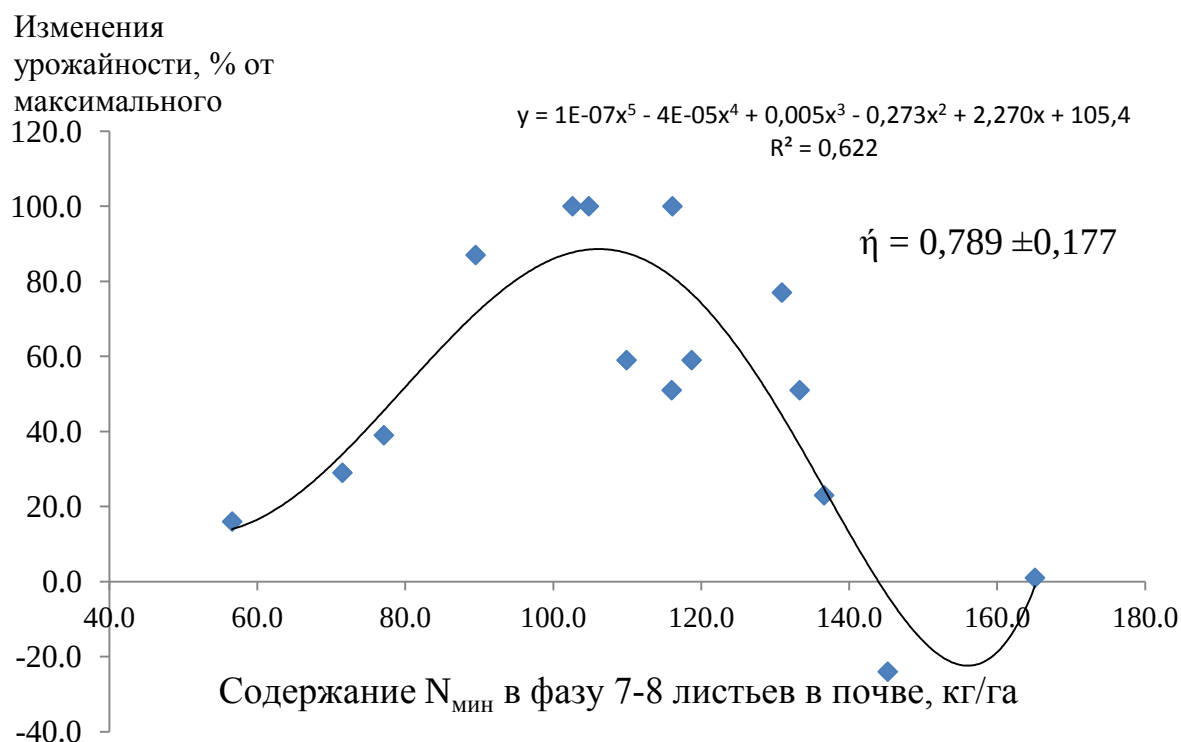


Рисунок 10. Зависимость изменений относительной прибавки урожайности кукурузы от содержания минерального азота в почве в фазу 7-8 листьев, кг/га

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

При выращивании ярового ячменя, второй культуры звена севооборота, по предшественнику зерновая кукуруза урожайность в 2013 и 2014 годы на контроле составила 2,78 и 2,20 т/га, в 2012 г. - лишь 1,48 т/га (таблица 27).

Такой низкий уровень в 2012 г. обусловлен несколькими причинами. К посеву ячменя количество доступного P_2O_5 в оставалось на очень низком уровне – на контроле в слое 0-40 см 8,5 мг/кг, а в целом за всю вегетацию – 11,5 мг/кг почвы (таблица 13).

Таблица 27 – Влияние последствий удобрений на урожайность зерна ярового ячменя, т/га. Первый год последствий

Варианты	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее за 2012-2014 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%
контроль	1,48	2,78	2,20	2,15	-	-
последствие куриного помёта, т/га						
5	1,52	3,21	2,25	2,33	0,18	8,2
7,5	1,61	3,47	2,41	2,50	0,35	16,1
10	1,71	3,91	2,58	2,73	0,58	27,1
15	1,71	4,18	3,41	3,10	0,95	44,2
20	1,67	4,05	3,46	3,06	0,91	42,3
последствие азофоски, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,50	2,82	2,35	2,22	0,07	3,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,58	3,05	2,56	2,40	0,25	11,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	1,63	3,28	2,69	2,53	0,38	17,8
НСП ₀₅	0,12	0,61	0,25	0,46		

В сочетании с исключительно большим количеством минерального азота – к посеву 140,2 кг/га (таблица 7) сложился глубоко отрицательный баланс между этими элементами. Он усугублялся неблагоприятными условиями увлажнения и температурой: острый дефицит осадков и интенсивное нарастание температур в мае – на 4,0 °С больше нормы.

В среднем за 2012-2014 гг. максимальная урожайность зерна ячменя получена от последствий органического удобрения в норме 15 т/га. Прибавка к контролю составила 0,95 т/га или 44,2%. Она существенно повысилась и по отношению к варианту с нормой 10 т/га. Увеличение дозы помёта с 15 до 20 т/га снижало эффект.

Достоверные положительные изменения дало последствие минеральных удобрений в дозе N₉₀P₉₀K₉₀. В последнем случае прибавка урожайности в 2,5 раза меньше, нежели на варианте с оптимальной дозой помёта.

Масса соломы на всех вариантах опыта превышала массу зерна в среднем на 22,3% (приложение 7). Под влиянием удобрений она увеличивалась. Наиболее существенно повысилась урожайность побочной продукции на вариантах с дозами помёта 15 и 20 т/га. По сравнению с урожаем зерна соотношение составило

1,19-1,17, а на варианте с дозой помёта 10 т/га оно было ещё более узким – 1,16 и значительно меньше, чем в целом по опыту.

Это говорит о более продуктивном использовании оптимальных доз помёта для создания урожая зерна. На лучших вариантах с минеральными удобрениями данное соотношение выше: при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 1,23, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 1,27. На контроле оно составило 1,28.

В среднем за 2012-2014 гг. общее количество стеблей растений ячменя на 1 м² повысилось по сравнению с контролем в наибольшей степени на вариантах с дозами помёта 15 и 20 т/га – на 47 шт., продуктивных стало больше при внесении 20 т/г помёта – на 42 шт. (приложение 8). Близки на этих вариантах также показатели длины колоса и числа зёрен в колосе.

Масса зёрен в колосе в наибольшей степени увеличилась на варианте с дозой помёта 15 т/га – 0,81 г, разница с контролем составила 0,19 г или 30,6%. Масса зерен в колосе обеспечила главный вклад в урожайность зерна. Второй по значению признак – число стеблей с озёрненным колосом, он обеспечил прибавку к контролю 10-11%. Совокупность этих факторов обусловила повышение урожайности ячменя.

Последствие минеральных удобрений также улучшило показатели структуры урожайности ячменя, но в меньшей степени, чем помёт. На вариантах с дозами NPK 60 и 90 кг/га результаты были в основном в тех же пределах, что и от последствия помёта в дозах 5 и 7,5 т/га.

При выращивании озимой пшеницы по предшественнику яровой ячмень её урожайность во все годы была значительно выше, чем ячменя. На контроле она варьировала в пределах 3,87-4,78 т/га, а в среднем за 2012-2015 гг. составила 4,42 т/га (таблица 28).

Последствие помёта в дозе 5 т/га, а также минеральных удобрений во всех дозах в 2013-2015 гг. было несущественным. Применение помёта 7,5 т/га не во все годы вызывало достоверное повышение урожайности. Эффект от помёта значительно нарастал с повышением дозы до 10 т/га, но особенно до 15 т/га.

Таблица 28 – Влияние последствий удобрений на урожайность зерна озимой пшеницы, т/га. Второй год последствий

Варианты	2012- 2013 гг.	2013- 2014 гг.	2014- 2015 гг.	Среднее за 2012- 2015 гг.	Прибавка к контро- лю	
					т/га	%
контроль	4,61	4,78	3,87	4,42	-	-
последствие куриного помёта, т/га						
5	4,66	5,11	3,95	4,57	0,15	3,5
7,5	4,80	5,71	4,55	5,02	0,60	13,6
10	5,16	5,91	5,67	5,58	1,16	26,2
15	5,61	6,16	5,91	5,89	1,47	33,3
20	5,83	5,63	6,28	5,91	1,49	33,8
последствие азотоски, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,60	4,80	3,88	4,43	0,01	0,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,68	4,85	3,91	4,48	0,06	1,4
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	4,75	4,90	3,95	4,53	0,11	2,6
HCP ₀₅	0,55	0,41	0,36	0,79		

В последнем случае он достиг в среднем за три года 1,47 т/га или 33,3%. На варианте с дозой помёта 20 т/га прибавка урожайности находилась в тех же пределах, что и при внесении 15 т/га. Во все годы исследований урожайность соломы была выше, чем зерна, на контроле в среднем на 22,6% (приложение 9). На всех вариантах с помётом сбор побочной продукции с 1 га повышался. Максимум он достиг при внесении 15 т/га, при 20 т/га несколько понизился. Тенденция увеличения урожайности соломы проявилось и на вариантах с последствием повышенных доз минеральных удобрений, но она очень слабая.

Соотношение между массой соломы и зерна озимой пшеницы на вариантах с применением удобрений, в отличие от ячменя, в основном увеличивалось. На контроле оно равно 1,23, от последствия 7,5 т/га помёта – 1,26, 10 т/га – 1,27, 15 т/га – 1,24. Лишь последствие максимальной дозы вызвало снижение соотношения до 1,18, поскольку здесь помёт показал большее влияние на урожайность зерна, чем соломы по сравнению с меньшей дозой.

Общее число стеблей озимой пшеницы к уборке на контроле составило 411-451, продуктивных – 396-405, длина колоса – 6,8-7,1 см, число зёрен – 27-31, а их масса 1,0-1,1 г. Достаточно близким были изменения этих показателей и под

влиянием последствий различных доз удобрений, поэтому они представлены в сводной таблице за 2013-2015 гг.

Общее число и количество продуктивных стеблей равномерно увеличивалось с повышением дозы помёта с 5 до 20 т/га. Длина колоса незначительно повышалась при увеличении дозы до 7,5 т/га, но в большей степени и одинаково на вариантах 10-20 т/га. Изменения под влиянием помёта по числу зёрен небольшие, в основном от доз 15-20 т/га. Наибольший эффект дало последствие помёта на величину массы зёрен в колосе. Лишь при внесении минимальной дозы помёта она была на уровне контроля, а с увеличением дозы интенсивно повышалось. Особенно резкое нарастание произошло в интервале 7,5-10 т/га. Положительные изменения были и при доведении дозы до 15-20 т/га, но их темпы меньше. Большое увеличение массы зёрен в колосе стало основной причиной существенного повышения урожайности зерна озимой пшеницы. Увеличение числа продуктивных стеблей на вариантах с дозами помёта 15 и 20 т/га составляло лишь 3,7-4,4%, в то время как повышение массы зёрен 28,0-30,8%.

Для сопоставления продуктивности разных культур и определения суммарного эффекта в звене севооборота урожайность переведена в зерновые единицы.

Суммарный сбор зерновых единиц в звене севооборота в среднем за три цикла чередования культур позволяет с наибольшей степенью достоверности установить влияние помёта в действии на первую культуру и последствии на второй и третий год после внесения (таблица 29).

Доза 5 т/га была недостаточной для применения под кукурузу с последующим возделыванием ярового ячменя и озимой пшеницы без дополнительного внесения удобрений. Применение помёта в дозе 7,5 т/га обеспечивало существенное увеличение продуктивности звена севооборота. Дополнительный сбор зерновых единиц составил в сумме 1,72 т/га. Значительно более высокий эффект обеспечило использование помёта в дозе 10 т/га. Сбор зерновых единиц по сравнению с контролем увеличился на 2,91 т/га, то есть ежегодно почти на 1 т/га. Относительная прибавка урожайности достигла 25,7%. Увеличение дозы помёта до 15 т/га

дало практически такой же результат. Внесение помёта в дозе 20 т/га нецелесообразно.

Таблица 29 – 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
НСП ₀₅	0,39	0,46	0,79	1,00		

Варианты с минеральными удобрениями в данном исследовании использованы для сравнения с влиянием помёта на урожайность культур в прямом действии и последствии. Естественно, что эффект от них был значительно меньше.

Учитывая, что абсолютные изменения прибавок в сборе зерновых единиц с 1 га произошли на разных уровнях урожайности кукурузы, ярового ячменя и озимой пшеницы, учёт влияния помёта на продуктивность культур в относительном выражении представляется ещё более объективным. Об этом свидетельствуют данные рисунка 11.

При внесении помёта в дозе 5 т/га эффект к последней культуре звена севооборота озимой пшеницы сильно затухает, на варианте с последующей дозой – в меньшей степени и на значительно более высоком уровне. Под влиянием помёта в дозе 10 т/га произошла стабилизация изменений сбора зерновых единиц в звене севооборота в пределах 25-27%.

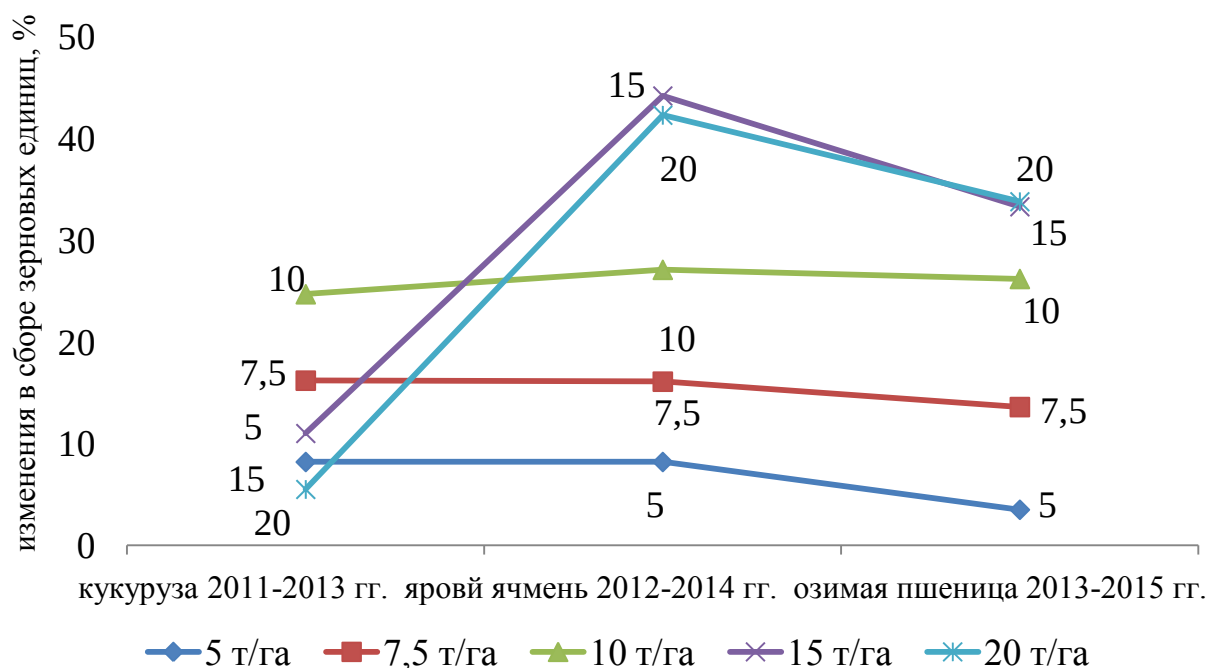


Рисунок 11. Динамика изменений сбора зерновых единиц в звене севооборота под влиянием помёта, %

Большие дозы помёта дали «всплеск» на яровом ячмене после очень сильной невостробованности на кукурузе, но к концу опыта здесь началось явное замедление последействия. Поскольку положительное влияние эффекта от помёта в дозе 10 т/га на этапе яровой ячмень – озимая пшеница не изменялось, а кривая его снижения при использовании 15-20 т/га помёта имеет пологий характер, но на очень высоком уровне, можно предположить наличие позитивного эффекта на этих вариантах и в дальнейшем.

В 2011 и 2012 гг. белковость зерна кукурузы на контроле составила 9,9 и 8,7%. Самое низкое содержание белка в зерне кукурузы получено в 2013 г. На контроле оно составило 8,0, а при внесении удобрений - 7,9-8,6%. Это обусловлено высокой урожайностью зерна и большим расходом азота на формирование вегетативной массы растений. В среднем за 2011-2013 гг. содержание белка составило 8,9% (таблица 30).

Получено существенное увеличение содержания белка при повышении дозы помёта с 5 до 10 т/га. При доведении дозы до 15 т/га итог был одинаковым с дозой 10 т/га – 9,8 %. Наибольшая прибавка по сравнению с контролем получена

на варианте с применением 20 т/га - 1,4%, но в основном за счет 2011 года. При внесении минеральных удобрений в дозах 60-90 кг/га NPK белковость зерна была примерно такой же, как и от 10-15 т/га помёта.

Таблица 30 – Сбор белка в урожае зерна кукурузы, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Белковость, %	Прибавка к контролю, %	Сбор бел- ка, кг/га	Прибавка к контролю	
				кг/га	%
контроль	8,9	-	309	-	-
куриный помёт под предпосевную культивацию, т/га					
5	9,1	0,2	344	35	11,3
7,5	9,6	0,7	391	82	26,5
10	9,8	0,9	427	118	38,2
15	9,8	0,9	379	70	22,6
20	10,3	1,4	375	66	21,4
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га					
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	9,4	0,5	351	42	13,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	9,7	0,8	374	65	21,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	9,9	1,0	376	67	21,7
HCP ₀₅	0,42	-	33		

Достоверное влияние удобрений на сбор белка по сравнению с контролем получен на всех вариантах опыта. Существенное увеличение содержания белка при повышении дозы помёта с 5 до 7,5 т/га, а затем до 10 т/га. Дальнейшее повышение дозы приводило к резкому снижению эффекта.

Содержание белка в зерне ячменя на контроле в годы опытов изменялась от 9,9 до 12,0 и за 2012-2014 гг. составило 10,8% (таблица 31).

Данное отличие обусловлено различным уровнем продуктивности культуры. Действие удобрений на сбор белка существеннее, чем на продуктивность. За 2012-2014 гг. содержание белка в зерне повысилось от действия органического удобрения в норме 15 т/га – на 1,3% к контролю. Похожие результаты достигнуты от действия 10 и 20 т/га.

Минимальный сбор белка получен в 2012 году, а наибольший – в 2013 году. За 2012-2014 гг. увеличение сбора белка в урожае ячменя обеспечило использование органического удобрения в норме 15 т/га.

Таблица 31 – Сбор белка в урожае зерна ярового ячменя, кг/га. Первый год последействия. Среднее за 2012-2014 гг.

Варианты	Белковость, %	Прибавка к контролю, %	Сбор бел- ка, кг/га	Прибавка к контролю	
				кг/га	%
контроль	10,8	-	201	-	-
последствие куриного помёта, т/га					
5	11,0	0,2	220	20	9,5
7,5	11,2	0,4	241	41	19,9
10	11,8	1,0	279	79	38,8
15	12,1	1,3	325	125	61,7
20	12,0	1,2	318	117	58,2
последствие азофоски, кг/га					
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	10,8	0,0	208	7	3,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,9	0,1	226	25	12,4
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	11,0	0,2	241	41	19,9
НСР ₀₅	0,5		54		

Увеличение по отношению к контролю составило 61,7%. С повышением нормы от 7,5 до 10 и 15 т/га сбор белка увеличился на 18,9, а затем ещё на 22,9%. Максимальное действие минеральных удобрений в три раза меньше, чем от 15 т/га помёта.

За 2013-2015 гг. содержание белка в зерне озимой пшеницы на контроле составило 10,7% (таблица 32).

Таблица 32 – Сбор белка в урожае зерна озимой пшеницы, кг/га. Второй год последействия. Среднее за 2013-2015 гг.

Варианты	Белковость, %	Прибавка к контролю, %	Сбор бел- ка, кг/га	Прибавка к контролю	
				кг/га	%
контроль	10,7	-	406	-	-
последствие куриного помёта, т/га					
5	11,0	0,3	433	26,4	6,7
7,5	11,4	0,7	491	84,6	20,9
10	11,6	0,9	559	152,7	37,7
15	11,7	1,0	592	185,4	45,8
20	11,5	0,8	587	181,2	44,6
НСР ₀₅	0,4		66		

Наибольшее увеличение достигнуто в 2012 году от последействия органического удобрения в норме 20 т/га, в 2013 году – от 10, а в 2015 году – от 15 т/га.

За 2013-2015 гг. содержание белка в зерне от действия 10-20 т/га изменялось незначительно – 11,5-11,7%. При внесении азофоски оно не менялась по отношению к контрольному варианту.

Действие 7,5 и 10 т/га помёта было сходным с влиянием на белковость ячменя. Повышение сбора белка получено от последействия органики в нормах 15 и 20 т/га – 45,8 и 44,6%. Последействие в сборе белка под влиянием минеральных удобрений было не существенным.

Последействие помёта не оказало существенного влияния на технологические показатели пшеницы. Товарный класс зерна соответствовал четвертому.

Сбор белка по каждому циклу чередования культур был минимальным в 2011-2013 году, а наибольшим – в 2013-2015 году.

За три цикла чередования культур севооборота в 2011-2015 годы наибольшее увеличение сбора белка достигнуто от действия нормы 7,5-20 т/га (таблица 33).

Таблица 33 – Сбор белка в звене полевого севооборота кукуруза – яровой ячмень – озимая пшеница в целом за 3 цикла чередования культур, кг/га

Варианты	Суммарный сбор, кг/га	Прибавка к контролю	
		кг/га	%
контроль	916	-	-
куриный помёт, т/га			
5	997	81	8,8
7,5	1123	207	22,6
10	1265	349	38,1
15	1296	380	41,5
20	1280	364	39,7
азофоска, кг/га			
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	967	51	5,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1012	96	10,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	1040	124	13,5
НСП ₀₅	116	-	-

Увеличение к контролю составило 38,1-41,5%. Доза помёта 5 т/га оказалась недостаточной как для существенного прироста урожайности, так и для улучшения её качества. Положительное действие азофоски в дозе N₉₀P₉₀K₉₀ было досто-

верным, но в 3 раза меньше, чем помёта в максимальной дозе. Поэтому повышение нормы органического удобрения больше 10 т/га под кукурузу не рационально.

3.6 Вынос, баланс и коэффициенты использования элементов питания из удобрений полевыми культурами

Анализ содержания элементов питания, поступающих в почву при внесении подстилочного перепревшего куриного помёта, показал, что их количество существенно варьировало в годы проведения исследований. Максимальная доза азота и калия была внесена в 2013 г., фосфора – в 2012 г. В среднем за 3 года в составе куриного помёта можно отметить существенное преобладание общего фосфора над азотом и калием (таблица 34). Поэтому, применение подстилочного куриного помёта существенно пополняет фосфатные запасы почвы.

Таблица 34 – Поступление элементов питания в почву при внесении куриного подстилочного перепревшего помёта за 2011-2013 гг., кг/га.

Дозы помета	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
5	62	102	73
7,5	94	153	109
10	124	203	145
15	187	305	217
20	248	406	289

Вынос азота с зерном всеми культурами звена севооборота в среднем по трём циклам их чередования в 2,8 раза больше, чем с побочной продукцией на контроле и примерно в 2 раза на вариантах с помётом и минеральными удобрениями (таблица 35).

Более всего повышалась общая потребность культур звена севооборота в калии. Вынос калия с зерном и побочной продукцией на контрольном варианте достиг 269, а азота – 206 кг/га (таблица 36).

Без внесения удобрений основная часть калия была сосредоточена в побочной продукции - 83,1%. Содержание фосфора в зерне несколько больше, чем в побочной продукции – 55,4%.

Таблица 35 – Вынос элементов питания культурами звена севооборота кукуруза на зерно, яровой ячмень, озимая пшеница с основной и побочной продукцией, кг/га. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Зерно			Побочная продукция		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	152	36	47	54	29	222
куриный помёт, т/га						
5	164	38	50	84	39	270
7,5	188	45	57	100	46	284
10	223	50	71	105	50	300
15	226	52	71	120	48	324
20	230	53	70	120	44	313
азофоска, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	160	41	47	69	39	246
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	168	40	51	83	40	255
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	173	43	50	80	43	263

Таблица 36 – Суммарный вынос NPK в звене севооборота, кг/га. Среднее по 3 циклам чередования культур

Варианты	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	206	65	269
куриный помёт, т/га			
5	248	77	320
7,5	288	91	341
10	328	100	371
15	346	100	395
20	350	97	383
азофоска, кг/га			
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	229	80	293
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	251	80	306
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	253	86	313

Использование помёта и минеральных удобрений увеличивало расход питательных веществ в звене севооборота и соотношения между отдельными элементами. Максимальное увеличение выноса азота в зерне достигало 78 кг/га от действия нормы 20 т/га, однако и при доведении до 10 и 15 т/га результаты близки. В целом изменения по сравнению с контролем в блоке вариантов с 10-20 т/га помёта находились в пределах 47-51%.

В ещё большей степени нарастал расход азота в побочной продукции. По сравнению с контролем он особенно сильно повышался при применении органического удобрения в нормах 15 и 20 т/га – на 122%. При использовании 15 т/га вынос калия в результате прямого действия помёта и его последствий повысился в зерне на 51,0, а в побочной продукции на 46,0%. Наибольшие изменения расхода фосфора отмечены в зерне от действия нормы 20 т/га – 47,2%, а в побочной продукции от нормы 10 т/га – 72%.

Расход элементов питания в звене севооборота увеличивался значительно слабее под влиянием минеральных удобрений. В основном он нарастал при внесении наибольшей дозы $N_{90}P_{90}K_{90}$, но в отдельных случаях был одинаков на вариантах со средней и максимальной дозой.

Учитывая, что практически вся побочная продукция кукурузы, ярового ячменя и озимой пшеницы не отчуждается, а остаётся на поле, баланс элементов питания в звене севооборота в целом рассчитан только по расходу NPK с зерном этих культур.

Применение помёта способствовало снижению дефицита азота в звене севооборота. Однако в некоторых случаях он уменьшался непропорционально дозе помёта (таблица 37).

Таблица 37 – Баланс элементов питания в звене севооборота кукуруза на зерно – яровой ячмень – озимая пшеница, кг/га. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Приход элементов питания			Расход элементов питания			Баланс элементов питания		
	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	-	-	-	152	36	47	-152	-36	-47
куриный помёт, т/га									
5	62	102	73	164	38	50	-102	64	23
7,5	94	153	109	188	45	57	-94	108	52
10	124	203	145	223	50	71	-99	153	74
15	187	305	217	226	52	71	-39	253	146
20	248	406	289	230	53	70	18	353	219
азофоска, кг/га									
$N_{30}P_{30}K_{30}$	30	30	30	160	41	47	-130	-11	-17
$N_{60}P_{60}K_{60}$	60	60	60	168	40	51	-108	20	9
$N_{90}P_{90}K_{90}$	90	90	90	173	43	50	-83	47	40

Нарушение закономерности отмечено при внесении 10 т/га. Отрицательный баланс азота достиг 99 кг/га. Это связано со значительно более существенным повышением урожайности основной и побочной продукции всех культур и соответственным ростом выноса NPK под влиянием помёта в дозе 10 т/га.

Увеличение нормы до 15 т/га приводило к резкому снижению дефицита азота – до 39 кг/га. В расчёте на каждый из трёх лет возделывания отрицательный баланс стал минимальным - 13 кг/га. От действия органики в норме 20 т/га он был положительным.

Применение куриного помёта во всех дозах обеспечило большой профицит фосфора для всех культур звена севооборота. Таким же положительным и большим был баланс и по калию.

При значительно более низкой урожайности на вариантах с минеральными удобрениями, чем под влиянием помёта, достаточно высокий дефицит азота получен на вариантах со всеми дозами. По фосфору и калию больший профицит имел место при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Учитывая очень большой прирост урожайности всех культур севооборота, на варианте с действием и последствием помёта, в оптимальной дозе 10 т/га ежегодный дефицит азота в размере 33 кг/га, по-видимому, можно считать допустимым. Применение помёта в этой дозе позволяет существенно улучшить обеспеченность почвы фосфором и калием. 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. Такое увеличение нельзя считать оправданным. Кроме, того слишком большая доза азота в составе помёта на первой культуре звена севооборота часто приводит к угнетению почвенной нитрифицирующей микрофлоры, неполному его использованию кукурузой и вероятной потерей в результате денитрификации.

В обобщении В.Н. Кудеярова (1989) показано, что во многих регионах СССР для различных почвенных зон несимбиотическим путём фиксируется 30-40

кг/га азота в год. Мишустин Е.Н., Черепков Н.И. (1979) приводят данные по чернозёмам Украины 23-55 кг/га.

Таким образом, благодаря ежегодному дополнительному резерву, общий баланс азота в звене полевого севооборота под действием помёта в дозе 10 т/га представляется, как минимум, нулевым.

На одну тонну зерна кукурузы с учётом побочной продукции на контроле расход азота составил 2,22, фосфора – 0,70, калия – 3,28 кг.

Применение всех видов и доз удобрений вызвало увеличение удельного расхода элементов питания. Содержание азота и фосфора нарастало с повышением дозы помёта до 7,5 т/га, калия – до 5,0 т/га. Резкое усиление расхода калия на варианте с дозой 5 т/га обусловлено тем, что здесь в наибольшей степени увеличивалась вегетативная масса растений по сравнению с другими дозами удобрений.

От действия удобрения в норме 10 т/га расход питательных веществ уменьшился, а при дальнейшем повышении дозы снова значительно повысился вследствие снижения урожайности. Стабилизировался только расход фосфора. Следовательно, на варианте с оптимальной дозой помёта 10 т/га использование питательных веществ растениями кукурузы было наиболее рациональным. На вариантах с наибольшими дозами минеральных удобрений расход азота и калия был примерно в тех же пределах, что и при внесении помёта в дозе 10 т/га, а по фосфору он существенно увеличился.

Расход элементов питания на 1 т зерна с учётом побочной продукции на второй и третьей культуре звена севооборота существенно различался.

Без внесения удобрений потребление NPK растениями ярового ячменя было существенно больше, чем на последующей культуре. Особенно большое различие в удельном расходе калия.

Последствие помёта в дозе 5 т/га очень слабо изменяло эти показатели. Такие же результаты получены и от последствия минеральных удобрений.

Существенные изменения отмечены от действия органического удобрения в нормах 10-20 т/га. Потребление N, P₂O₅, K₂O культурой повысилось в большей

степени, чем на яровом ячмене. Расход азота на второй культуре увеличился на 0,19-0,20 кг/т по отношению к контролю, на третьей – на 0,62-0,68 кг/т. Примерно в такой же степени повысился и расход калия на пшенице, а на ячмене изменение были незначительны. Хотя общий уровень расхода калия на 1 т зерна ячменя остался более высоким по сравнению с пшеницей. В большей степени усилилось потребление фосфора на озимой пшенице, чем на ячмене.

На 1 т зерновых единиц в звене севооборота на контроле расход азота составил 1,82, фосфора – 0,57, калия – 2,38 кг (таблица 38).

Таблица 38 – Расход элементов питания на 1 т зерновых единиц в звене севооборота кукуруза – яровой ячмень – озимая пшеница, кг. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	1,82	0,57	2,38
куриный помёт, т/га			
5	2,06	0,64	2,66
7,5	2,21	0,70	2,62
10	2,31	0,70	2,61
15	2,43	0,70	2,77
20	2,51	0,69	2,74
азофоска, кг/га			
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,95	0,68	2,50
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,07	0,66	2,52
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	2,06	0,70	2,54

Потребность в азоте увеличивалась при применении нормы органического удобрения 20, а калия - 15 т/га. Использование фосфора были одинаковым на вариантах с дозами 7,5-20 т/га. Более всего увеличился удельный расход азота – на 37,9, затем фосфора – на 22,8 и меньше калия – на 16,4% к контролю. Расход P₂O₅ от действия азофоски отмечен в тех же пределах, что и на вариантах с помётом и не зависел от дозы NPK, а азота и калия – значительно меньше.

За 2011-2013 гг. коэффициент использования азота и фосфора из помёта кукурузой был наибольшим от действия дозы органического удобрения 7,5 т/га – 65% азота и 14% фосфора.

По калию он был выше от действия 5 т/га – 59%. Использование азота и калия из органического удобрения в год его внесения больше, чем фосфора. С по-

вышением дозы удобрения коэффициенты усвоения питательных веществ существенно снижались. На варианте с оптимальной дозой 10 т/га они составили N - 52, P₂O₅ – 12, K₂O - 31%.

Расчёты содержания каждого элемента питания в собранном за три года в звене севооборота урожае основной и побочной продукции и его количества в удобрении позволяют определить общую степень усвоения удобрений растениями всех культур. Она существенно больше, чем у кукурузы. Коэффициент использования азота существенно повышался при увеличении дозы помёта с 5 до 10 т/га и достиг 98%, фосфора – до 17% на вариантах с внесением 7,5 и 10 т/га помёта, а по калию составил 70% при 5 и 10 т/га (таблица 39).

Таблица 39 – Коэффициенты использования NPK из удобрений полевыми культурами звена севооборота, %. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Звено севооборота кукуруза – ячмень – пшеница		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
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

При дальнейшем увеличении дозы коэффициенты использования резко снижались по всем элементам. На основании этих показателей дозу помёта 10 т/га можно считать оптимальной и с точки зрения усвоения питательных веществ культурами звена севооборота.

Очень высокий показатель по азоту – практически 100% можно объяснить дополнительным использованием этого элемента из почвенных запасов при усилении в первую очередь фосфорного, также калийного питания.

Низкий коэффициент использования фосфора обусловлен очень большим содержанием фосфора в помёте, о чём уже упоминалось выше.

3.7 Экономическая и биоэнергетическая оценка применения удобрений в звене севооборота

Транспортировка птичьего помёта на дальние расстояния, как правило, экономически не оправдана, требует значительного количества техники, затрат труда и денежных средств. Поэтому проблема утилизации помёта в экологически и экономически оптимальных дозах особенно остро стоит практически перед всеми птицефабриками (Шкель М.П. и др., 1984; Куфтов А.Ф. и др., 1998; Скрыльник Е.В. и др., 2002).

Экономические расчеты свидетельствуют о том, что выращивание кукурузы в СПК «Победа» является прибыльным. На контроле с 1 га за 2011-2013 гг. себестоимость 1 кг зерна составила 2,94 руб., а рентабельность его производства – 206%. Выполнение соответствующих расчётов показало, что оптимальная доза помёта – 10 т/га. При его перевозках от птицефабрики до поля, где высевалась кукуруза на расстояние до 6 км условно чистый доход от её возделывания увеличился на 6134 руб./га. Положительные экономические результаты получены также при внесении органики в нормах 5 и 7,5 т/га. Экономически обоснованное использование помёта при его перевозке в дозе 7,5 т/га – до 5, а в дозе 5 т/га – лишь до 3 км.

Ещё более рентабельным применение помёта было с учетом его последствий. Рентабельность на контрольном варианте в звене севооборота составила 150%, себестоимость производства 1 кг зерновых единиц – 3,44 руб. (таблица 40). В звене севооборота кукуруза на зерно – яровой ячмень – озимая пшеница экономически целесообразное расстояние перевозок помёта для внесения в дозе 10 т/га – 21 км, в дозе 15 т/га – до 13 км, в дозе 7,5 т/га – до 16 км.

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

Таблица 40 – Экономическая оценка применения куриного помёта в звене севооборота кукуруза на зерно – яровой ячмень – озимая пшеница. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты (дозы помёта, т/га)	Расстояние транспортировки помёта, км			
	16	21	13	8
условно чистый доход, руб./га				
контроль	55340			
7,5	63802	71596	68217	62579
10	62302	69596	65217	58579
15	64702	72796	70017	64979
20	66202	74796	73017	68979
себестоимость 1 кг зерновых единиц, руб./кг				
контроль	3,44			
7,5	3,26	3,12	3,36	3,68
10	3,37	3,26	3,57	3,96
15	3,19	3,04	3,23	3,50
20	3,07	2,90	3,02	3,22
рентабельность, %				
контроль	150			
7,5	150	161	142	122
10	142	150	128	106
15	156	168	152	133
20	165	181	169	153

Анализ биоэнергетической оценки применения удобрений показал, что оно способствовало существенному увеличению затрат техногенной энергии – помёта по отношению на контроле на 4,8-20,8, минеральных – на 4,1-12,3 ГДж/га (таблица 41). Одинаковый коэффициент энергетической эффективности и энергоемкость продукции в опыте получены на контрольном варианте и помёте в дозе 10 т/га. Но при этом применение помёта в дозе 10 т/га обеспечило наибольшее увеличение прироста энергии в урожае по сравнению с контролем на 31,6 ГДж/га.

Таблица 41 – Биоэнергетическая оценка применения удобрений в звене севооборота кукуруза на зерно – яровой ячмень – озимая пшеница. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Продуктивность, т/га зер. ед.	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Энергия, накопленная в урожае, ГДж/га	Энергоемкость продукции, ГДж/т	Прирост энергии в урожае, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
контроль	11,31	40,7	162,4	3,59	121,7	4,0
куриный помёт, т/га						
5	12,03	45,9	172,6	3,81	126,7	3,8
7,5	13,03	48,5	187,2	3,72	138,7	3,9
10	14,22	51,1	204,4	3,59	153,3	4,0
15	14,26	56,3	206,4	3,95	150,1	3,7
20	13,97	61,5	202,5	4,40	141,0	3,3
азофоска, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	11,73	44,8	168,2	3,82	123,4	3,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	12,13	48,9	174,0	4,03	125,1	3,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	12,30	53,0	176,4	4,31	123,4	3,3

Заключение к главе 3

1. Применение куриного помёта на подстилке из подсолнечной лузги в дозах 5-20 т/га весной под предпосевную культивацию в среднем за 2011-2013 гг. к фазе 7-8 листьев кукурузы в слое 0-40 см способствовало в большей степени увеличению запаса N-NO₃ в почве – с 53,5 на контроле до 72,6-126,5 кг/га, аммонийного азота с 12,4 до 13,6-15,3 кг/га. В годы с низким исходным запасом N-NO₃ в почве в пределах 31-43 кг/га увеличение его количества происходило с повышением дозы до 20 т/га, а при наличии на контроле 85 кг/га только под влиянием минимальной дозы 5 т/га.

2. В течение вегетации кукурузы на вариантах с помётом количество N-NH₄ в почве уменьшалось и к фазе полной спелости зерна оно стало ниже, чем на контроле. Снижение запаса N-NO₃ в почве при внесении помёта происходило более высокими темпами, но преимущество по сравнению с контролем и разница между вариантами к концу вегетации сохранились. Во все фазы вегетации 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%.

3. Изменения количества минерального азота в почве в течение вегетации кукурузы зависели от его уровня в предыдущую фазу. При наличии в фазу 7-8 листьев 100-110 кг/га $N_{мин}$ к молочно-восковой спелости происходило уменьшение его количества. Снижение нарастало при более высокой исходной обеспеченности почвы азотом. Тенденция сохранялась и в период от молочно-восковой спелости до полной спелости зерна. В первый год последействия помёта в почве в среднем за вегетацию ярового ячменя наибольшее количество минерального азота 92,1 кг/га отмечено на варианте с дозой 15 т/га. Это на 27,7% больше, чем на контроле. В почве под озимой пшеницей на второй год последействия максимальное повышение запаса $N_{мин}$ получено под влиянием помёта в дозе 20 т/га – до 64,2 кг/га, что на 21,1% выше контроля.

4. Применение куриного помёта способствовало наибольшему повышению уровня подвижного фосфора в среднем за 2011-2013 гг. к фазе 7-8 листьев в слое почвы 0-20 см при внесении 7,5 т/га помёта – на 3,0 мг/кг почвы или на 15,2% по сравнению с контролем. К фазе молочно-восковая спелость содержание подвижного фосфора вследствие минерализации помёта максимально увеличилось при внесении 15 т/га – 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 11,8%. В среднем за вегетацию в 2011-2013 гг. оно было достоверным.

5. 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. К концу вегетации положительный эффект стабилизировался на вариантах с дозами 5-10 т/га в пределах 2,2-2,4 мг/кг или 11,8-12,8%. 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 2,1 мг/кг почвы или 11,9%, а в целом за вегетацию 3,3 мг/кг почвы или 24,1%.

6. Уменьшение обеспеченности почвы подвижным фосфором в период от фазы 7-8 листьев до молочно-восковой спелости в 2013 г. обусловлено иссушением почвы, что способствовало переходу большей части моно и дикальциевых фосфатов в трёхзамещённые. От фазы молочно-восковой спелости зерна до полной выпало 50 мм осадков, что вызвало смещение фосфатного равновесия в обратную сторону, в результате чего произошел «всплеск» увеличения содержания подвижного фосфора на всех вариантах опыта почти до первоначального уровня.

7. Содержание подвижного фосфора в почве под ячменём 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 уровня подвижного фосфора 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%.

8. Обеспеченность почвы под кукурузой обменным калием во все годы была высокой. Строгой 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. В среднем за вегетацию ячменя максимальное повышение содержания обменного калия в почве в первый и второй год последствий отмечен 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 в первый год последствий не уступало влиянию помёта, а во второй не проявилось.

9. Перед посевом озимой пшеницы, третьей культуры звена севооборота, в среднем за 2012-2014 гг. на вариантах с применением куриного помета в дозах 7,5-15 т/га увеличение содержания гумуса по сравнению с контролем составило 0,01%. В уборку озимой пшеницы преимущество этих вариантов с пометом в содержании гумуса по сравнению с контролем сохранилось.

10. Во все годы под действием помёта усиливалось потребление растениями фосфора по сравнению с контролем на начальном этапе развития кукурузы. К молочно-восковой спелости отмечено повышение содержания азота и уменьшения калия при увеличении дозы помёта. Увеличение содержания азота под действием помёта получено в зерне и побочной продукции кукурузы. В 2013 году эта тенденция проявилась меньше из-за наибольшей урожайности. Закономерностей влияния удобрений на содержание фосфора и калия в зерне не установлено. В побочной продукции концентрация калия увеличивалась вплоть до дозы 20 т/га. Минеральные удобрения оказали сходное действие с помётом на содержание NPK в растениях кукурузы. Последствие помёта вызвало увеличение содержания азота в растениях ячменя в течение всей вегетации, фосфора - в её начале, а концентрация калия снижалась в первой половине. Эффект от второго года последствия помёта на озимой пшенице проявился в увеличении содержания азота как в вегетативной массе, так и в зерне.

11. Оптимальная доза помёта в среднем за 2011-2013 гг. по влиянию на урожайность кукурузы - 10 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 1,03 т/га или 24,8%. Увеличение дозы снижало урожайность. Установлена тесная зависимость изменений урожайности зерна под влиянием помёта с содержанием минерального азота в почве в фазу 7-8 листьев кукурузы, $\eta = 0,789 \pm 0,177$. Оптимальное запаса $N_{\text{мин}}$ в почве в этот период находится в пределах 100-110 кг/га. Действие минеральных удобрений было слабее. При внесении NPK в дозах 60 и 90 кг/га прирост урожайности значительно ниже - 11,1-10,6%.

12. В первый год последствия в среднем за 2012-2014 гг. максимальная прибавка урожайности ярового ячменя 0,95 т/га или 44,2% получена от дозы 15 т/га. Эффект от последствия минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ 2,5 раза

меньше, чем от помёта. На второй год последствий помёта сохранилось преимущество дозы 15 т/га. В среднем за 2013-2015 гг. урожайность увеличилась по сравнению с контролем на 1,47 т/га или 33,8%. Эффект от минеральных удобрений отсутствовал.

Наибольший суммарный сбор зерновых единиц в звене севооборота кукуруза - яровой ячмень – озимая пшеница получен на варианте с применением помёта в дозе 10 т/га в среднем за 3 цикла чередования культур 14,22 т/га, а повышение по сравнению с контролем составило 2,91 т/га или 25,7%. Увеличение дозы помёта не влияло на повышение продуктивности.

13. Максимальный сбор белка в урожае зерна кукурузы по сравнению с контролем получен от дозы помёта 10 т/га – 118 кг/га или 38,2%. Наибольшее увеличение в сборе белка на последствиях помёта получено от дозы 15 т/га: на ячмене – 61,7%, на пшенице – 45,8%. В среднем за 3 цикла звена севооборота применение помёта в дозах 10-20 т/га увеличивало сбор белка в урожае по сравнению с контролем на 38,1-41,5%.

14. Применение помёта во всех дозах обеспечило положительный баланс в звене севооборота - по фосфору и калию и в дозе 20 т/га – по азоту. При использовании помёта в дозе 10 т/га существенно пополняется фосфатный потенциал почвы. Допустимым является в этом случае ежегодный дефицит азота 33 кг/га. Увеличение дозы помёта нецелесообразно из-за снижения урожайности зерна кукурузы. При внесении оптимальной дозы помёта 10 т/га коэффициенты использования NPK в звене севооборота – 98-17-70%.

15. С учётом последствий 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 по изучению влияния перепревшего подстилочного куриного и утиног помёта на продуктивность звена севооборота подсолнечник, озимая пшеница, озимая пшеница проведены в трёх циклах 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 утиног 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 $N_{25}P_{25}K_{25}$, $N_{50}P_{50}K_{50}$, $N_{75}P_{75}K_{75}$. Химический состав куриного помёта представлен в таблице 42, утиног – в таблице 43.

Таблица 42 – Химический состав куриного помёта птицефабрики «Приазовская»

Наименование показателей	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Среднее за 3 года
на абсолютно сухое вещество				
Влажность, %	35,99	42,13	33,84	37,3
Азот общий, %	3,60	2,80	2,00	2,80
Фосфор общий, P_2O_5 , %	2,60	2,70	2,55	2,62
Калий общий, K_2O , %	3,40	4,80	3,30	3,83
Органическое вещество, % С	41,32	40,66	42,90	41,63
Зола, %	17,37	18,69	14,20	16,75
Соотношение С:N	11,5	14,5	21,5	15,8
на фактическую влажность				
pH солевое	5,8	5,9	5,8	5,8
Азот общий, %	2,30	1,62	1,32	1,75
Фосфор общий, P_2O_5 , %	1,66	1,56	1,69	1,64
Калий общий, K_2O , %	2,17	2,77	2,18	2,37
Органическое вещество, %	26,45	23,53	28,38	26,12

Таблица 43 – Химический состав утиного помёта птицефабрики «Юбилейная»

Наименование показателей	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Среднее за 3 года
на абсолютно сухое вещество				
Влажность, %	59,63	55,85	63,90	59,79
Азот общий, %	0,86	0,92	0,70	0,83
Фосфор общий, P_2O_5 , %	2,35	1,30	3,05	2,23
Калий общий, K_2O , %	3,15	2,70	3,50	3,12
Органическое вещество, % С	33,78	27,45	35,0	32,08
Зола, %	40,14	45,09	30,10	38,44
Соотношение C:N	39,3	29,8	50,0	38,7
на фактическую влажность				
pH солевое	8,2	8,5	7,0	7,90
Азот общий, %	0,35	0,41	0,25	0,34
Фосфор общий, P_2O_5 , %	0,95	0,57	1,10	0,87
Калий общий, K_2O , %	1,27	1,19	1,26	1,24
Органическое вещество, %	13,64	12,12	12,64	12,80

Использовали перепревший куриный помёт на подстилке из подсолнечной лузги производства птицефабрики «Приазовская» и перепревший утиный помёт на подстилке из соломы птицефабрики «Юбилейная». Предшественник подсолнечника – озимая пшеница. Повторность опыта четырехкратная. Площадь делянки 36 м^2 ($6 \text{ м} \times 6 \text{ м}$). Учетная площадь на подсолнечнике – $16,8$, озимой пшенице – 6 м^2 . Помёт вносили осенью под основную обработку почвы под подсолнечник и заделывали плугом на глубину 25-27 см. Азофоску (16-16-16) вносили весной под предпосевную культивацию подсолнечника. Основная обработка почвы под озимую пшеницу в звене полевого севооборота – дискование на глубину 10-12 см.

Объекты исследований: гибрид подсолнечника НК Конди. Оригинатор: компания Сингента. Сорт озимой пшеницы Таня. Оригинатор: ГНУ Краснодарский НИИСХ им. П.П. Лукьяненко.

4.2 Динамика продуктивной влаги в почве под культурами звена севооборота

Перед посевом подсолнечника запасы продуктивной влаги во все годы были высокими и составили в метровом слое почвы в 2011 г. - 191,1, в 2012 г. – 202,1 и в 2013 г. – 178,3 мм (таблица 44).

Таблица 44 – Динамика продуктивной влаги в почве под подсолнечником, мм

Слой почвы, см	Годы	Срок отбора образцов, дата			
		перед посевом	бутонизация	цветение	уборка
		7.04.	15.06.	19.07.	29.08.
0-20	2011	34,2	22,9	6,6	13,2
20-40		34,2	23,3	15,8	10,2
0-60		106,9	72,8	40,4	37,5
0-100		191,1	136,6	100,9	66,6
	2012	17.04.	11.06.	14.07.	15.08
0-20		35,2	24,8	7,2	7,5
0-40		34,7	28,6	9,4	11,2
0-60		112,3	84,7	26,1	33,1
0-100		202,1	154,4	57,5	61,4
	2013	20.04	13.06.	17.07.	15.08.
0-20		32,1	4,8	2,5	1,2
0-40		32,9	4,2	3,5	2,0
0-60		102,2	17,3	8,3	6,7
0-100		178,3	36,3	15,5	13,1

В течение вегетации подсолнечника происходило существенное снижение влажности почвы. В 2011 году оно было достаточно равномерным. В 2012 году минимальное содержание влаги в слое почвы 0-100 см зафиксировано в цветение – до 57,5 мм. Условия влагообеспеченности в 2013 г. были неблагоприятными. Уже в фазу бутонизация подсолнечника запас влаги в почве сократился в 4,9 раза. Это объясняется существенным недобором осадков в апреле и мае. Он оставался на низком уровне до уборки подсолнечника.

При проведении посева озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник (2011-2013 гг.) влагообеспеченность почвы в 2013 г. была наиболее высокой за все годы – в слое 0-20 см 27,8, в метровом слое – 109,0 мм. Минимальный запас

продуктивной влаги сложился в 2012 г., но и в этом случае условия для получения всходов были удовлетворительными (таблица 45). За счёт осенне-зимне-весеннего накопления количество продуктивной влаги в почве существенно увеличилось. К фазе весеннее кушение в 2012 г. оно составило 222,5, в 2014 г. – 177,5, а в 2013 г. – лишь 160 мм.

Таблица 45 – Динамика продуктивной влаги в почве под озимой пшеницей, мм. Вторая культура звена севооборота

Слой почвы, см	Годы	Период взятия образцов, дата			
		перед посевом	весеннее кушение	колошение	уборка
		23.09.	7.04.	18.05.	28.06.
0-20	2011-2012	18,7	40,6	3,0	10,1
20-40		15,4	42,6	7,4	7,7
0-60		49,2	129,0	20,6	26,3
0-100		80,8	222,5	45,5	50,7
	2012-2013	20.09.	9.04.	22.05.	21.06.
0-20		10,5	25,0	7,4	5,6
20-40		13,2	28,6	8,7	9,2
0-60		33,2	87,4	27,7	22,9
0-100		61,5	160,0	58,1	46,1
	2013-2014	22.09.	10.04.	22.05.	22.06.
0-20		27,8	38,2	14,6	6,4
20-40		25,4	30,3	14,8	5,5
0-60		77,3	107,5	44,6	18,2
0-100		109,0	177,0	83,2	34,3

Интенсивное испарение влаги из почвы и потребление её растениями озимой пшеницы способствовали резкому уменьшению почвенной влаги в течение вегетации. Минимальное её содержание в фазу колошение отмечено в 2012 г. в метровом слое 45,5 мм, в уборку в 2014 г. - 34,3 мм.

Обеспеченность почвы продуктивной влагой (2012-2014 гг.) была низкой в 2014 г. – в слое 0-40 см 3,4 мм продуктивной влаги (таблица 46).

Однако за счёт обильного выпадения осадков запасы влаги существенно пополнились – до 183,6 мм. В метровом слое они оставались высокими в течение весенне-летней вегетации озимой пшеницы. Влагообеспеченность почвы во все годы в целом была хорошей.

Таблица 46 – Динамика продуктивной влаги в почве под озимой пшеницей, мм.
Третья культура звена севооборота

Слой почвы, см	Годы	Срок отбора образцов, дата			
		перед посевом	весеннее кушение	колошение	уборка
		25.09.	7.04.	23.05.	29.06.
0-20	2012-2013	8,1	27,1	9,2	6,1
20-40		9,5	29,2	10,5	8,4
0-60		30,7	88,6	32,0	24,7
0-100		59,9	165,6	63,9	50,4
	2013-2014	20.09.	8.04.	21.05.	2.07.
0-20		26,8	31,2	16,9	8,5
0-40		24,5	27,9	14,8	7,8
0-60		74,0	89,6	52,2	26,9
0-100		103,9	158,9	99,2	49,3
	2014-2015	27.09.	11.04.	17.05.	12.07.
0-20		2,3	30,8	15,5	10,1
0-40		1,1	34,0	24,1	15,1
0-60		8,7	103,7	59,6	39,5
0-100		19,2	183,6	115,2	84,2

4.3 Содержание и динамика минерального азота, подвижного фосфора, обменного калия и гумуса в почве в звене севооборота

В 2011-2013 гг. в начале вегетации подсолнечника запас $N-NH_4$ на варианте без применения удобрений в слое почвы 0-20 см варьировал от 24,4 (2012 г.) до 36,9 кг/га (2013 г.), (приложение 10). В среднем это значение составило 29,4 кг/га (таблица 47). В нижележащем слое почвы количество $N-NH_4$ перед посевом отличалось несущественно – от 26,6 до 28,5 и в среднем составило 27,8 кг/га.

Применение куриного помёта в 2012 и 2013 гг. в дозе 7,5 т/га в 2011 году перед посевом не повлияло на запас аммонийного азота в обоих слоях почвы, а в дозе 5 т/га – в оба года исследований. Большой эффект давало увеличение нормы органических удобрений до 15-20 т/га.

В среднем за 2011-2013 гг. в слое почвы 0-20 см применение помёта в этих дозах повышало количество $N-NH_4$ на 20,1-23,8% по отношению к контролю. В

слое почвы 20-40 см наибольшее увеличение запаса $N-NH_4$ достигало 4,4 кг/га или 15,8% при использовании органического удобрения в норме 15 т/га.

Таблица 47 – Запасы аммонийного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении помёта, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора								Среднее за вегетацию	
	перед по- севом		бутонизация		цветение		уборка			
	СЛОЙ ПОЧВЫ, СМ									
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
контроль	29,4	27,8	15,9	13,6	5,2	5,0	3,1	3,8	13,4	12,6
куриный помёт, т/га										
10	32,8	29,4	16,9	14,9	6,5	4,4	5,3	4,3	15,4	13,3
15	35,3	32,2	19,6	12,5	6,6	6,2	5,4	4,5	16,8	13,9
20	36,4	29,7	18,2	16,0	5,9	6,6	6,4	5,1	16,7	14,4
25	33,5	31,6	17,8	14,7	6,4	6,4	6,0	5,8	15,9	14,6
утиный помёт, т/га										
10	29,8	27,6	15,5	15,4	4,6	5,4	4,5	4,5	13,6	13,2
15	35,1	27,7	15,7	14,0	5,9	5,1	4,3	4,4	15,3	12,8
20	30,8	29,0	14,2	13,7	6,9	5,4	4,6	5,2	14,1	13,3
25	28,3	27,5	12,1	15,0	5,7	6,2	5,5	4,1	12,9	13,2
НСР ₀₅	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

Действие утиного помёта на обеспеченность почвы аммонийным азотом в почве к посеву подсолнечника было очень нестабильным (приложение 11). В среднем за 2011-2013 гг. максимальное повышение количества $N-NH_4$ в слое почвы 0-20 см зафиксировано от действия нормы органики 15 т/га 3,7 кг/га или 12,6% в 2011 году, а в 2013 г. – на 11,4 кг/га или на 30,9%. Существенных различий в содержании $N-NH_4$ на других вариантах опыта практически нет. В слое почвы 20-40 см отличия отсутствовали полностью.

В течение вегетации подсолнечника, как на контрольном варианте, так и на вариантах с куриным и утиным помётом динамика аммонийного азота в почве в разные годы была достаточно сходной. От посева до фазы цветения отмечено существенное снижение количества аммонийного азота в почве. От цветения до уборки запас $N-NH_4$ практически не изменялся. Объясняется это потреблением этой формы азота растениями подсолнечника, биологическим поглощением поч-

Перед началом вегетации подсолнечника содержание N-NO₃ на варианте без применения удобрений в слое почвы 0-20 см изменялось от 12,8 (2011 год) до 26,9 кг/га (2012 год), (приложение 12). За 2011-2013 гг. количество N-NO₃ составило 17,8 кг/га (таблица 48). Количество N-NO₃ в слое почвы 20-40 см изменялось от 8,1 (2013 год) до 45,8 кг/га (2012 год) и в среднем составило 22,1 кг/га.

Таблица 48 – Запасы нитратного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см при внесении помёта, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

[illegible]

В изменениях количества $N-NO_3$ в почве на контроле за весь вегетационный период подсолнечника во все годы проявились примерно одинаковые закономерности как в слое 0-20, так и в слое 20-40 см. Оно заключается в повышении количества $N-NO_3$ в почве в период от посева до бутонизации. В наибольшей степени это было заметно в 2011 г. К цветению запас нитратного азота уменьшился. В 2011 и 2013 гг. он достигал минимума и затем незначительно повысился, а в 2012 г. продолжал снижаться (в слое 0-20 см). Увеличение количества нитратного азота в почве к фазе бутонизация, безусловно, связано с нарастанием нитрификационных процессов при достаточной обеспеченности почвы влагой (Богомазов Н.П., 1994; Бельтюков, Л.П., 1996; Клыков В.В., 2013). В течение вегетации по мере снижения влажности почвы на фоне интенсивного потребления $N-NO_3$ азота растениями подсолнечника отмечено уменьшение его запаса в почве.

Влияние куриного помёта на запас $N-NO_3$ перед посевом в почве оказалось более существенным, чем аммонийного. Но закономерности действия дозы удобрений на этот показатель в разные годы отличались. В 2011 году в слое почвы 0-20 см наибольшая прибавка к контролю количества $N-NO_3$ получена на вариантах с нормами 15 и 20 т/га, которая достигала 109%, в 2012 году при внесении 25 т/га - 131,9% и в 2013 году от 10 т/га - 78,1%. Запас $N-NO_3$ в нижележащем слое почвы под действием куриного помёта в 2011 и 2012 гг. увеличивался значительно больше, чем в слое 0-20 см, а в 2013 г. – в целом меньше. Это объясняется лучшими условиями увлажнения в осенний период в 2010 и 2011 гг., по сравнению с 2012 г. Это обеспечило более благоприятные условия для минерализации органического вещества помёта и нитрификации в почве. Большее количество осадков способствовало также промыванию нитратного азота из слоя почвы 0-20 см вниз по её профилю.

Применение утиного помёта в 2011 и 2012 гг. при большем увлажнении оказало наибольшее действие на количество $N-NO_3$ в слое почвы 0-20 см, чем куриного. Максимальное повышение к контролю дало внесение органического удобрения в норме 20 т/га: в 2011 году оно достигало 21,5 кг/га или 168%, а в 2012 г. – 76,8 кг/га или 286%. В 2013 году при меньшем увлажнении эффект зна-

чительно ниже и практически такой же, как от куриного помёта. На варианте с дозой 10 т/га повышение его количества составило 10,7 кг/га или 78,1%. Действие утиного помёта на запас $N-NO_3$ в слое почвы 20-40 см в 2011 и 2013 гг. в целом по блоку вариантов с помётом было сопоставимо с влиянием куриного (приложение 13). В 2012 г. эффект от него был ниже при увеличении дозы до 10-25 т/га. Возможно, это обусловлено чрезмерным увеличением концентрации азота в почве при внесении высоких доз утиного помёта, что приводило к угнетению нитрификаторов.

В каждый год, во все сроки отбора образцов по всему 40-сантиметровому профилю почвы математическая обработка результатов влияния обоих видов помёта на запас $N-NO_3$ свидетельствует о репрезентативности итогов выполненных исследований.

Однако динамика запасов нитратного азота в почве в течение вегетации подсолнечника отличается крайней разнонаправленностью. Она изменялась в зависимости от года исследований, фазы вегетации, типа помёта, дозы и слоя почвы. Такое большое варьирование было обусловлено многообразием действующих факторов и, чаще всего, их совокупностью: исходный уровень обеспеченности почвы $N-NO_3$, условия увлажнения и температуры, уровень формирования вегетативной массы, урожая и потребления растениями, обеспеченность почвы доступными формами фосфора и калия. Поэтому для выявления более общих закономерностей изменения нитратного режима почвы необходимо усреднение результатов по годам исследований, объединения слоёв почвы 0-20 и 20-40 см и определение суммы $N-NO_3$ и $N-NH_4$ в составе $N_{мин}$, их анализ за весь вегетационный период.

В изменениях $N-NO_3$ в почве за 2011-2013 гг. на варианте без применения удобрений в слое почвы 0-20 см отмечено повышение его запаса от посева до фазы бутонизация, затем почти такое же уменьшение в цветение и стабилизация к уборке. В слое 20-40 см изменения имели сходный характер, но пик увеличения к бутонизации выше, а падение к цветению – ниже. В целом имело место повышение нитратного уровня почвы от действия куриного помёта, но закономерность от

дозы была неустойчивой. Выделяется повышение запаса $N-NO_3$ в почве в середине и второй половине, а также в целом за вегетацию при внесении максимальной дозы 25 т/га, а также меньшее действие до 7,5 т/га и особенно 5,0 т/га помёта по сравнению с 10 т/га. По всему блоку вариантов с помётом его эффект в слое 0-20 см был несколько выше, чем в слое 20-40 см.

При внесении утиного помёта количество $N-NO_3$ в слое почвы 0-20 см перед посевом повысилось больше, чем от куриного, но к бутонизации оно изменилось мало и в последующие фазы уменьшилось в большей степени, чем при внесении куриного. Действие утиного помёта в слое 20-40 см во все сроки наблюдений за исключением уборки проявлялось в меньшей степени, чем от куриного. Мало изменялся нитратный уровень от увеличения нормы органического удобрения. Поэтому за весь вегетационный период культуры его влияние оказалось слабым и математически недостоверным. В слое 0-20 см оно выше, но различия с контролем по вариантам со всеми дозами практически одинаковы.

Благодаря очень большой изменчивости величины доз помёта в разные годы $F_{\text{фактическое}}$ было меньше $F_{\text{теоретическое}}$ во все сроки и лишь при усреднении за весь вегетационный период их действия по отношению к контролю стало существенным от действия обоих видов помёта в слое 0-20 см и при внесении 25 т/га куриного в слое 20-40 см.

Анализ содержания $N-NH_4$ и $N-NO_3$ в 40-сантиметровом почвенном слое показывает, что на контрольном варианте аммонийная форма имела существенное преимущество перед нитратной. При внесении помёта соотношение увеличивалось в сторону нитратов на 7,0-24,9% под влиянием куриного и на 16-28% при внесении утиного (таблица 49). Запас $N-NO_3$ в почве увеличивался с повышением дозы куриного помёта до максимальной дозы, а утиного до 20 т/га. Изменения запасов $N-NH_4$ были нестабильными. Его общий уровень на вариантах с куриным помётом был несколько выше, чем с утиным. В течение вегетации прослеживается очень резкое падение уровня количества аммонийного азота в почве на обоих видах помёта – к уборке по сравнению с посевом более чем в 6 раз. При этом различия с контролем очень сильно уменьшились или утрачивались совсем – в фазы

бутонизация и цветение. В целом за вегетацию преимущество применения куриного помёта по сравнению с контролем было в пределах 2,8-5,2, а утиного лишь 1,5-2,1 кг/га и математически недостоверно.

Таблица 49 – Запасы аммонийного и нитратного азота в слое почвы 0-40 см при внесении помёта, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора								Среднее за вегетацию	
	перед по- севом		бутонизация		цветение		уборка			
	N- NH ₄	N- NO ₃	N- NH ₄	N- NO ₃	N- NH ₄	N- NO ₃	N- NH ₄	N- NO ₃	N- NH ₄	N- NO ₃
контроль	57,2	39,9	29,5	69,7	10,2	35,9	6,8	42,1	25,9	46,9
куриный помёт, т/га										
10	62,2	66,5	31,9	71,7	10,9	37,5	9,7	41,8	28,7	54,4
15	66,7	74,7	33,9	72,9	12,9	44,4	9,9	39,1	30,8	57,8
20	66,0	70,7	34,2	77,3	12,5	44,4	11,5	50,5	31,1	60,7
25	65,1	81,3	32,5	90,9	12,8	70,2	11,8	68,1	30,6	77,6
утиный помёт, т/га										
10	59,4	68,9	30,5	76,7	9,5	29,8	10,1	50,0	27,4	56,4
15	62,2	76,4	29,6	70,3	10,8	29,1	9,3	47,8	28,0	55,9
20	59,8	82,2	27,8	66,8	12,4	30,4	9,8	45,8	27,5	56,3
25	55,7	77,0	27,1	62,3	12,0	32,3	9,6	50,9	26,1	55,6
НСР ₀₅	F _φ < F _{теор}	22,9	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}

Под влиянием обоих видов помёта количество N-NO₃ в почве оставалось на высоком уровне в период посев-бутонизация, существенно уменьшилось к цветению и на этом уровне стабилизировалось до уборки. Однако при нарастании нормы куриного помёта содержание N-NO₃ повышалось, особенно на варианте с наибольшей дозой куриного, а при внесении утиного помёта изменялось мало (фаза бутонизации) или снижалось по сравнению с вариантом без удобрений (цветение). За весь вегетационный период подсолнечника внесение утиного помёта дозой 10-25 т/га повышало количество N-NO₃ в почве до 56 кг/га, а использованием куриного увеличивалось с 54 до 78 кг/га.

Доля аммонийной формы азота в составе всего минерального на контроле при посеве составляло 58,9, а в целом за вегетацию снизилось до 35,6%. Под влиянием куриного помёта в дозах 10-20 т/га она уменьшилась в начале вегетаци-

онного периода до 48%, а в целом за вегетацию результаты здесь на уровне контроля – 33,9-34,8%. Более заметное влияние на повышение доли нитратного азота оказало применение 25 т/га помёта – до 45% при посеве и 28% в целом за вегетацию. Действие утиного помёта на усиление нитрификационного процесса к посеву подсолнечника было несколько сильнее, чем куриного. Доля $N-NH_4$ находилась в пределах 42,0-44,9% и мало зависело от дозы помёта. Она также была практически одинаковой на вариантах с помётом в целом за вегетацию культуры – 32,1-33,6%.

Динамика $N-NH_4$ и $N-NO_3$ в 40-сантиметровом почвенном слое от использования минеральных удобрений в течение вегетационного периода была сходной с изменениями на вариантах с внесением помёта, однако здесь при всех дозах NPK происходило уменьшение содержания обеих форм азота по сравнению с контролем. Строгой зависимости количества $N-NH_4$ от дозы нет. Запас $N-NO_3$ уменьшался в меньшей степени при доведении дозы до максимальной.

Перед посевом подсолнечника в слое почвы 0-40 см на контроле количество минерального азота составляло в 2011 г. 78,8, в 2013 г. – 87,0 и 2012 г. – 125,6 (приложение 14), а в среднем за 2011-2013 гг. - 97,0 кг/га (таблица 50).

Таблица 50 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении помёта, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	бутонизация	цветение	уборка	
контроль	97,0	99,3	46,1	48,9	72,9
куриный помёт, т/га					
10	128,8	103,5	48,4	51,5	83,0
15	141,7	106,8	57,3	49,0	88,7
20	136,7	111,5	56,9	62,0	91,8
25	135,9	122,8	84,9	80,2	106,0
утиный помёт, т/га					
10	128,4	107,2	39,3	60,2	83,7
15	138,5	101,0	39,9	57,1	83,9
20	142,0	94,6	42,8	55,6	83,8
25	132,7	89,3	44,3	60,5	81,3
НСР ₀₅	25,2	7,0-12,9	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	3,6-15,4

Максимальное повышение количества $N_{\text{мин}}$ в почве под влиянием обоих видов помёта произошло в разные годы от использования 15 и 20 т/га (приложение 15). Во все сроки отбора образцов почвы под подсолнечником $F_{\text{фактическое}}$ превышало $F_{\text{теоретическое}}$.

За 2011-2013 гг. максимальное повышение количества $N_{\text{мин}}$ в почве достигалось от действия 15 т/га куриного помёта 141,7 кг/га и 20 т/га утиного – 142,0 кг/га. Увеличение нормы удобрения до 25 т/га в обоих случаях приводило к снижению запаса азота в почве. В 2012-2013 гг. с ростом дозы обоих видов помёта с 5 и 7,5 т/га и до 20 т/га обеспеченность почвы $N_{\text{мин}}$ повышалась.

В период от посева до фазы бутонизация, а затем к цветению количество минерального азота в почве резко сокращалось на вариантах с обоими видами помёта. Кривая снижения была значительно круче, чем на контроле, особенно при внесении утиного помёта. К уборке уровень $N_{\text{мин}}$ в почве в блоке вариантов с куриным помётом стабилизировался, а с утиным помётом – повысился. Внесение куриного помёта в дозе 25 т/га вызвало существенное увеличение запаса $N_{\text{мин}}$ в почве по сравнению с другими вариантами в фазы цветение – полная спелость. Применение этой же дозы утиного помёта к подобным изменениям не приводило.

В течение всего периода бутонизация - уборка на фоне куриного помёта прослеживается повышение запаса азота в почве с повышением дозы во всём диапазоне от различных доз утиного помёта был нестабильным, а в цветение становился отрицательным. В целом за вегетацию подсолнечника под действием куриного помёта запас $N_{\text{мин}}$ повышался до 106,0 кг/га с нарастанием нормы удобрения до 25 т/га, а утиного – стабилизировался на уровне 83,7-83,3 кг в диапазоне доз 10-20 т/га и несколько снизилось от использования 25 т/га.

Общим в изменениях $N_{\text{мин}}$ в почве под влиянием минеральных удобрений является их слабое влияние на его запас. За весь вегетационный период отмечено снижение по отношению к варианту без применения удобрений, что обусловлено большим потреблением растениями (приложение 16).

Количество $N_{\text{мин}}$ в почве в начале вегетационного периода озимой пшеницы, выращиваемой после подсолнечника, второй культуры звена севооборота, варьи-

ровало в широких пределах – на контроле в слое 0-40 см от 33,6 кг/га в 2012 г. до 91,8 кг/га в 2011 году (приложение 17). В среднем за 2011-2013 гг. оно составило 56,7 кг/га (таблица 51).

Таблица 51 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей при внесении помёта, кг/га. Первый год последствий. Среднее за 2011-2014 гг.

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	весеннее кушение	колошение	уборка	
контроль	56,7	87,5	55,2	42,5	60,5
куриный помёт, т/га					
10	57,9	108,3	57,7	38,7	65,6
15	58,2	115,9	61,3	58,2	73,4
20	64,7	125,4	52,6	52,3	73,8
25	79,8	120,2	52,8	60,1	78,3
утиный помёт, т/га					
10	59,4	100,8	47,7	44,3	63,1
15	59,6	107,7	39,4	48,5	63,8
20	59,6	118,3	55,4	50,2	70,9
25	66,1	111,9	62,5	45,7	71,5
НСР ₀₅	6,3	12,1	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	8,7

При высоком исходном запасе $N_{\text{мин}}$ в почве в 2011 г. его количество под влиянием куриного помёта снижалось или слабо увеличивалось. В 2013 г. оно увеличилось только на отдельных вариантах, а при наиболее низком уровне в 2012 г. существенно повышалось и нарастало с увеличением дозы вплоть до 25 т/га.

Поэтому за 2011-2013 гг. различия по сравнению с вариантом без применения удобрений под действием органического удобрения в нормах 5-15 т/га очень слабое. Максимальное увеличение достигнуто под действием дозы 25 т/га – 23,1 кг/га. В весеннее кушение в 2011-2012 и 2013-2014 гг. количество $N_{\text{мин}}$ в почве увеличилось в 1,5-2,0 раза, а в 2012-2013 гг. стабилизировалось примерно на уровне контроля. В колошение и уборку отмечено значительное количества $N_{\text{мин}}$ во все годы исследований, но происходило это на различных уровнях – высоком в первый и очень низком в следующий год исследований.

Существенное последствие помёта кур отмечено в каждый год и нарастало с повышением его дозы, лишь от нормы 25 т/га оно несколько уменьшилось. Это отмечено и в среднем за три года исследований. В колошение максимальному увеличению $N_{\text{мин}}$ в почве способствовало использование органического удобрения в норме 15 т/га, в уборку – нормой от 15 до 25 т/га. За весь вегетационный период озимой пшеницы прослеживается нарастание преимущества последствия помёта с повышением дозы. От действия помёта нормой 10 т/га по отношению к варианту без применения удобрений оно достигало 8,2%, а с 25 т/га – 29,4%.

В динамике изменений минерального азота в почве на фоне применения утиного помёта в целом проявились те же закономерности, но на несколько более низком уровне (приложение 18). Меньший эффект получен от последствия максимальной нормы удобрения. За 2011-2014 гг. от действия органического удобрения в норме 10 т/га за весь вегетационный период повышение по отношению к контролю достигло 4,3, а при использовании 25 т/га – 15,6%.

В следующий год последствия куриного помёта на начальном этапе вегетации озимой пшеницы, возделываемой по озимой пшенице, третьей культуры звена севооборота, его эффект был неустойчивым. Максимальное повышение количества $N_{\text{мин}}$ по сравнению вариантом без применения удобрений зафиксировано в 2012 году от действия нормы помёта 15 т/га – 18,7%. В 2013 и 2014 гг. запас $N_{\text{мин}}$ в почве возрастал с повышением нормы органического удобрения до 25 т/га. Прирост больше, чем в 2012 г., в 2013 г. – 24,5 кг/га или 70,8%, а в 2014 г. – 21,3 кг/га или 56,2% (приложение 19). Такие различия обусловлены значительно более высоким количеством $N_{\text{мин}}$ на варианте без удобрений: в 2012 г. 101, а в 2013 и 2014 гг. 35 и 38 кг/га. За 2012-2014 гг. с повышением дозы помёта прослеживается отчётливое увеличение уровня минерального азота в почве (таблица 52). На второй год последствия утиного помёта к посеву озимой пшеницы в 2012 г. его влияние на количество $N_{\text{мин}}$ в почве проявилось слабо, а в 2013 и 2014 г. существенно увеличивало этот показатель по отношению к варианту без удобрений. При этом его количество повышалось с ростом дозы помёта и достигло максимума при 25 т/га (приложение 20). Это, как и в случае с куриным помётом, обусловлено значи-

тельно более высоким количеством $N_{\text{мин}}$ в 2012 году. За 2012-2014 гг. сходные результаты дало последствие утиного помёта в дозах 15-25 т/га.

Таблица 52 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей при внесении помёта, кг/га. Второй год последствия. Среднее за 2012-2015 гг.

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	весеннее кущение	колошение	уборка	
контроль	57,9	98,3	46,2	27,6	57,5
куриный помёт, т/га					
10	64,5	111,8	55,0	30,6	65,5
15	74,6	111,9	66,9	35,9	72,4
20	67,3	122,8	77,4	40,3	77,0
25	78,1	125,7	74,6	37,9	79,1
утиный помёт, т/га					
10	63,7	114,9	54,4	37,4	67,6
15	69,7	118,3	61,0	38,5	71,9
20	68,2	123,5	64,4	41,3	74,4
25	70,4	125,9	66,9	40,4	75,9
HCP_{05}	10,3	10,8	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	9,3

В динамике изменений минерального азота в почве под влиянием куриного и утиного помёта в течение вегетации озимой пшеницы проявились общие закономерности: незначительное увеличение уровня $N_{\text{мин}}$ в почве в 2012-2013 гг. и существенное – в 2013-2014 и 2014-2015 гг. Далее наблюдалось резкое падение обеспеченности почвы азотом к колошению и умеренное – к уборке. Как правило, сохранялось преимущество наибольших доз помёта в особенности 25 т/га. За весь вегетационный период озимой пшеницы повышение количества минерального азота в слое почвы 0-40 см под влиянием последствия куриного помёта нормой 10 т/га составило 13,9, а утиного в этой дозе - 19,3%. Применение куриного помёта в максимальной дозе повышало обеспеченность почвы $N_{\text{мин}}$ на 35,8, а утиного – на 32,0%. Изменение по сравнению с вариантом без применения удобрений были достоверны под действием помёта в нормах 10-25 т/га. Действие органического удобрения в нормах 5 и 7,5 т/га обоих видов помёта в 2013-2014 и 2014-2015 гг. был значительно слабее и недостоверным.

Степень доступности растениям фосфатов почвы определяется протекающими в ней химическими, физико-химическими процессами, агрофизическими свойствами почвы, активностью почвенной биоты, условий выращивания полевых культур, количеством применяемых удобрений (Гинзбург К.Е., 1981; Минеев В.Г., 2001).

На начальном этапе вегетации подсолнечника в слое почвы 0-20 см количество доступного фосфора изменялось от 10,8 (2013 год) до 16,1 (2011 год), то есть была низкой и пограничной между средней и низкой обеспеченностью (приложение 21), и за 2011-2013 гг. составило 13,2 мг/кг (таблица 53).

Таблица 53 – Содержание подвижного фосфора в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора								Среднее за вегетацию	
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка			
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
контроль	13,2	13,2	10,3	11,8	10,0	8,6	12,3	9,2	11,4	10,7
куриный помёт, т/га										
10	17,0	15,1	11,2	12,4	12,7	11,1	12,2	11,8	13,3	12,6
15	18,4	18,3	9,6	12,6	11,7	12,5	12,9	10,1	13,2	13,4
20	17,5	20,3	10,0	11,9	11,8	14,2	12,2	12,0	12,9	14,6
25	17,6	20,9	10,2	14,1	11,8	15,4	13,5	11,1	13,3	15,4
утиный помёт, т/га										
10	15,4	15,2	11,1	11,3	11,0	10,2	8,4	7,4	11,5	11,0
15	15,8	15,7	10,0	10,5	10,1	8,7	9,0	7,4	11,2	10,6
20	17,1	16,8	10,8	8,8	13,5	11,0	9,3	9,3	12,7	11,5
25	22,9	17,1	13,6	9,5	12,6	9,9	10,6	8,2	14,9	11,2
НСР ₀₅	4,5	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	2,9	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	2,3

В слое почвы 20-40 см содержание доступного фосфора было низким - от 12,4 (2012 г.) до 14,6 (2011 г.), а за 2011-2013 гг. достигало 13,2 мг/кг почвы.

Применение куриного помёта положительно отразилось на увеличении фосфатного уровня почвы в слое почвы 0-20 см, за исключением применения доз 5 и 7,5 т/га в 2012 г. и 5 т/га в 2013 г. Но общей зависимости содержания подвижного фосфора в почве от дозы помёта не найдено.

Максимальное возрастание по сравнению с вариантом без применения удобрений получено в 2011 году под действием помёта в норме внесения 15 т/га, которое составило 44,1%, в 2012 году - от 10 т/га 35,7% и в 2013 г. - от дозы 20 т/га 63,0%.

Существенное повышение количества доступного фосфора достигнуто и в слое почвы 20-40 см, за исключением вариантов с дозой 10 т/га в 2011 г., 5 и 7,5 т/га - в 2012 г. и 5-10 т/га - в 2013 г. В 2011 и 2013 гг. максимальное повышение уровня P_2O_5 зафиксировано под действием органического удобрения в норме 20 т/га, которое по отношению к варианту без применения удобрений, достигало 89% и 29%. В 2012 году оптимум получен при внесении помёта в дозе 25 т/га – при возрастании количества доступного фосфора на 64%.

За 2011-2013 гг. при внесении куриного помёта в слое почвы 0-20 см наибольшее повышение от действия органического удобрения нормой 15 т/га составило 39%, а в нижележащем слое от максимальной дозы - 58%.

Динамика изменений подвижного фосфора в почве существенно отличалась в зависимости от фазы вегетации, дозы помёта, а также в разные годы по слоям почвы. К фазе бутонизации произошло снижение содержания P_2O_5 в почве, в 2013 году в слое почвы 20-40 см изменения были меньше. Это объясняется потреблением подвижного фосфора растениями подсолнечника. В слое 0-20 см в 2011 и 2012 гг. на вариантах с помётом его в целом стало меньше, чем на контроле, а в 2013 г. имело место превышение контроля, которое нарастало с повышением нормы до 20 т/га. В нижнем слое почвы возрастание эффекта от использования помёта и увеличение его дозы до 25 т/га имел место только в 2011 г. В остальные годы содержание фосфора снижалось по сравнению с контролем, но, как правило, незначительно.

Ещё более неоднозначные изменения произошли в цветении. На контроле уровень содержания P_2O_5 в 2011 г. значительно повысился в обоих слоях почвы, а в 2012 и 2013 гг. – понизился в такой же мере. Увеличение подвижного фосфора в 2011 г. можно объяснить усилением процесса нитрификации в почве и сопровождающего его процесса сульфатации. Вследствие азотно-, сернокислого или со-

вместного разложения почвенных фосфоритов, происходило высвобождение доступных форм фосфора из двух- и трёхзамещённых фосфатов. В условиях Юга России черноземы на 1 гектаре накапливают такое количество азотной и серной кислоты, которого вполне достаточно для разложения 2,5-3 т/га фосфорита, содержащегося в почве (Агеев В.В., Подколзин А.И., 2006). Содержание нитратного азота в цветение в 40-сантиметровом почвенном слое в 2011 году было 76,0 кг/га, в 2012 году – 31,9 кг/га, в 2013 году – 19,8 кг/га.

В первый год его существенное повышение в слое 0-20 см отмечено только от действия помёта в норме 10 т/га, а в нижележащем слое – 20 и 25 т/га. На лучших вариантах количество доступного фосфора в почве уменьшалось по отношению к варианту без применения удобрений. В 2012 году эффект был нестабильным и чаще отрицательным (слой 0-20 см). В 2013 году применение куриного помёта обеспечивало достоверное повышение количество доступного P_2O_5 в верхнем почвенном слое от действия дозы 25 т/га – на 120%, в слое почвы 20-40 см – до 15 т/га на 193%. В фазу полной спелости в 2011 году в верхнем слое почвы на вариантах с органическим удобрением в норме 20 и 25 т/га количество доступного фосфора понизилось, а на остальных было на уровне контроля как в слое 20-40 см при всех дозах. В 2012 г. некоторое повышение фосфатного уровня почвы произошло в блоке вариантов с дозами 10-20 т/га, а в слое 20-40 см – при 25 т/га. В 2013 г. существенное увеличение содержания подвижного фосфора в почве отмечено в слое 0-20 см только под влиянием помёта в дозе 25, а в слое 20-40 см – 10 и 20 т/га.

От действия утиного помёта количество доступного фосфора в почве перед посевом подсолнечника также значительно увеличилось. Максимальное повышение по отношению к варианту без удобрений в слое почвы 0-20 см получено от действия 15 (2011 год) и 25 т/га (2012 и 2013 годы), которое составило 44-63% (приложение 22). В нижележащем почвенном слое эти изменения составили 29-88%.

За 2011-2013 годы наибольшее увеличение количества доступного P_2O_5 в почве достигнуто от применения 25 т/га: в верхнем почвенном слое на 72%, а в

слое 20-40 см - на 30%. Следовательно влияние утиного помёта проявилось в большей степени в верхнем слое почвы, но лишь от действия максимальной дозы, на остальных вариантах действие куриного помёта было сильнее. Эффективность куриного помёта в слое 20-40 см в целом была сильнее, чем утиного помёта, более существенно от действия доз 20 и 25 т/га. Изменения количества доступного P_2O_5 в почве от действия утиного помёта за весь вегетационный период имеет ту же направленность, что и под действием куриного, но её характер очень изменчив. Отличительная особенность заключается в том, что снижение эффективности утиного помёта в течение вегетации подсолнечника происходило в целом интенсивнее, чем под действием куриного помёта.

В среднем за вегетацию применение куриного помёта в дозах 10-25 т/га оказывало близкое действие на количество доступного фосфора в почве, оно увеличивалось на 1,5-1,9 мг/кг почвы. Существенное действие утиного помёта на вариантах с 10 и 15 т/га не проявилось. Лишь при 25 т/га эффект существенно усилился и стал выше, чем при внесении куриного. Влияние утиного помёта на количество доступного P_2O_5 в слое почвы 20-40 см было крайне слабым, а куриного значительно более существенным и повышалось с нарастанием дозы вплоть до 25 т/га. В последнем случае прибавка к контрольному варианту составила 44%.

От действия органического удобрения в минимальных дозах его содержание было значительно меньше, чем при внесении 10 т/га и более как перед посевом, так и в целом за весь вегетационный период во всём 40-сантиметровом почвенном слое. Внесение небольших доз утиного помёта перед посевом значительно уступало влиянию более высоких, но в дальнейшем эти различия нивелировались.

За 2011-2013 гг. отмечено, что использование помёта кур в дозах 10-25 т/га существенно повышает количество подвижного фосфора как перед посевом, так и в целом за вегетацию (таблица 54). Наибольшие результаты дало внесение помёта в дозе 25 т/га. Увеличение было достоверным с наращиванием нормы помёта с 10 до 25 т/га. Влияние доз 5 и 7,5 т/га было значительно меньше.

Таблица 54 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	бутонизация	цветение	уборка	
контроль	13,2	11,1	9,3	10,8	11,1
куриный помёт, т/га					
10	16,1	11,8	11,9	12,0	13,0
15	18,4	11,1	12,1	11,6	13,3
20	18,9	11,0	12,0	12,1	13,5
25	19,3	12,2	13,6	12,5	14,4
утиный помёт, т/га					
10	15,3	11,2	10,6	7,9	11,3
15	15,8	10,2	9,4	8,2	10,9
20	17,0	9,8	12,3	9,3	12,1
25	20,0	11,6	11,3	9,4	13,0
НСР ₀₅	3,5	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	1,6

Применение утиного помёта в дозах 10-20 т/га давало меньший эффект перед посевом подсолнечника, чем использование куриного, но в дозе 25 т/га результат был несколько больше. Очень большая пестрота данных по содержанию фосфора в почве на вариантах с утиным помётом в разные годы не позволяет считать эти изменения достоверными. В течение вегетации влияние утиного помёта на количество доступного P_2O_5 , как правило, оказалось несущественным или отрицательным. Поэтому за весь вегетационный период оно изменялось по отношению к варианту без удобрений в целом недостоверно. Наибольшие изменения достигнуто от действия максимальной дозы – 1,9 мг/кг.

Использование минеральных удобрений в 2011-2013 гг. не способствовало увеличению фосфатного уровня почвы. В фазы бутонизация и цветение он мало отличался от контроля, а к уборке существенно понизился. В среднем за вегетацию произошло уменьшение содержания P_2O_5 , но лишь на 1,4-0,9 мг/кг почвы и оно мало зависело от дозы. Однако все эти изменения являются лишь тенденцией, поскольку математически недостоверны. Причина, по-видимому, заключается в более интенсивном потреблении фосфора растениями подсолнечника под влиянием азофоски.

Обеспеченность почвы на начальном этапе вегетации озимой пшеницы, выращиваемой по предшественнику подсолнечник, от последствий куриного помёта в нормах 10-25 т/га количество доступного P_2O_5 в 40-сантиметровом почвенном слое существенно возрастало по отношению к варианту без применения удобрений – на 2,4-4,8 мг/кг (таблица 55).

Таблица 55 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей при внесении помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2014 гг. Первый год последствий

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	весеннее кушение	колошение	уборка	
контроль	12,0	12,0	14,6	10,1	12,2
куриный помёт, т/га					
10	14,4	16,1	15,8	13,0	14,8
15	14,9	19,2	15,0	13,7	15,7
20	16,0	18,1	15,4	14,3	15,9
25	16,8	18,2	17,0	14,0	16,5
утиный помёт, т/га					
10	10,1	14,4	12,3	8,8	11,4
15	10,6	15,5	12,3	8,7	11,8
20	11,5	16,1	10,9	10,3	12,2
25	12,3	17,8	12,4	12,3	13,7
НСР ₀₅	3,5	$F_f < F_{теор}$	$F_f < F_{теор}$	4,2	2,6

К фазе весеннее кушение последствия помёта ещё более усилилось – до 4,1-7,2 мг/кг почвы. За осень и зиму произошло изменение фосфатного равновесия почвы в сторону образования более растворимых форм фосфора. В последующий период количество доступного P_2O_5 в почве уменьшилось на вариантах удобрением, но преимущество помёта сохранилось, хотя оно было меньше, чем в первой половине вегетации. Достоверное действие помёта проявилось в целом за вегетацию озимой пшеницы, максимальным оно было на варианте с наибольшей дозой – 35,4%.

Утиный помёт оказал значительно меньшее влияние на фосфатный уровень почвы, чем куриный. Начальная обеспеченность почвы доступным P_2O_5 от последствий 5-15 т/га уменьшилось по сравнению с вариантом без применения удоб-

рений. Это могло быть обусловлено двумя причинами: использование фосфора на создание урожая подсолнечника и образование труднорастворимых соединений фосфора в большей мере, чем под влиянием куриного помёта. К фазе весеннее кушение отмечено увеличение обеспеченности почвы фосфором. Видимо произошёл сдвиг фосфатного равновесия в направлении увеличения растворимости фосфатов. Однако эти изменения математически недоказуемы. В колошение и уборку количество доступного P_2O_5 вновь снизилось по отношению к варианту без применения удобрений по указанным выше причинам. В среднем за вегетацию изменения на вариантах с дозами помёта 5-15 т/га были отрицательными, на вариантах с 5 и 7,5 т/га в среднем за 2013-2014 гг. Наибольшее увеличение обеспечило применение 25 т/га, но в целом результаты опыта несущественны.

Положительное влияние куриного помёта на фосфатный режим почвы сохранилось и на третьей культуре звена севооборота – озимой пшенице. Это проявилось при её посеве. Однако различия между отдельными дозами помёта составили лишь – до 2,3-3,0 мг/кг почвы по отношению к варианту без удобрений (таблица 56).

Таблица 56 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей при внесении помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2012-2015 гг. Второй год последствий

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	весеннее кушение	колошение	уборка	
контроль	11,6	12,1	9,2	9,8	10,7
куриный помёт, т/га					
10	13,9	14,5	11,2	11,1	12,7
15	14,4	14,6	11,4	11,7	13,0
20	14,1	14,8	11,1	11,1	12,8
25	14,6	15,1	11,5	11,3	13,1
утиный помёт, т/га					
10	11,6	11,9	8,7	9,5	10,4
15	11,9	12,2	9,5	9,9	10,9
20	12,4	13,0	10,2	10,0	11,4
25	13,9	14,0	10,9	10,4	12,3
НСР ₀₅	1,5	1,9	1,8	$F_{\phi} < F_{теор}$	1,5

Количество доступного P_2O_5 в почве в начальный период вегетации озимой пшеницы изменялось очень мало, к колошению и уборке он существенно снизился, но эффект от помёта всегда сохранялся. В среднем за вегетацию доступного P_2O_5 было на 2,0-2,4 мг/кг почвы больше, чем на варианте без применения удобрений. При дозах помёта менее 10 т/га его последствие было несущественным.

Эффект от последствия утиного помёта на фосфатный режим второй озимой пшеницы как при посеве, так и в целом за вегетацию меньше, чем от куриного. Достоверное влияние оказало только применение максимальной дозы 25 т/га.

По сведениям Van Diest (1985), H. Mutschler (1995), M.L. Van Beusichem (1998), для описания содержания в почве калия используют следующие основные формы: калий минерального скелета, калий обменный и необменный, калий почвенного раствора и калий органического вещества. Обменно-поглощенный калий почвы является основным ресурсом для использования растениями (Адерихин П.Г., 1973; Барбер С.А., 1988; Адрианов С.Н., 1990; Шеуджен А.Х. и др., 2014).

Начальная обеспеченность почвы обменным калием в слое 0-20 см почвы варьировало от 652 (2013 год) до 789 (2012 год), то есть соответствовало очень высокой обеспеченности, и за 3 года равно 701 мг/кг почвы. В слое почвы 20-40 см эти изменения были от 631 (2011 год) до 458 (2013 год) и 2011-2013 гг. равны 559 мг/кг почвы, а в среднем в 40-сантиметровом слое – 630 мг/кг. Использование куриного помёта в этом почвенном слое способствовало значительному повышению калийного уровня почвы, которое нарастало с увеличением дозы. При внесении 10 т/га увеличение к варианту без удобрений приближалась к НСР опыта, а под влиянием более высоких доз существенно превышала её. Максимальное значение – 100 мг/кг достигнуто от действия максимальной дозы помёта (таблица 57).

От начала вегетации до цветения подсолнечника количество обменного калия в почве уменьшалось на варианте без применения удобрений на 210, а под действием помёта - на 230-260 мг/кг почвы. Преимущество органического удобрения по отношению к варианту без применения удобрений сохранилось, но в меньшей степени. К уборке произошло частичное восстановление уровня обмен-

ного калия, но зависимости от дозы помёта нет. При повышении дозы с 5 до 10 т/га оно повышалось, на вариантах с 15 и 20 т/га имело место снижение эффекта, а при 25 т/га – вновь некоторое увеличение. Однако эти изменения в отдельные годы и в среднем за 2011-2013 гг. были недостоверны.

Таблица 57 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	бутонизация	цветение	уборка	
контроль	630	543	421	479	518
куриный помёт, т/га					
10	674	582	426	504	546
15	700	599	442	479	555
20	715	584	459	490	562
25	730	594	502	513	585
утиный помёт, т/га					
10	619	511	433	453	504
15	621	542	444	426	508
20	649	595	478	427	538
25	711	584	475	455	556
НСР ₀₅	42	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$

Повышение обеспеченности почвы обменным калием в конце вегетации обусловлено прекращением потребления калия растениями и оттоком его в почву через корни. В целом за вегетацию подсолнечника прослеживается равномерное увеличение доступного K_2O от повышения нормы помёта с 5 до 25 т/га.

Влияние утиного помёта на калийный режим почвы было слабее, чем куриного. Перед посевом на вариантах с дозами 10 и 15 т/га отмечена небольшая тенденция к уменьшению по сравнению с контролем, а при 20 т/га – к увеличению. Лишь при внесении 25 т/га она выглядела отчётливой. На фоне общего снижения обеспеченности почвы обменным калием в фазы бутонизация и цветение картина влияния помёта на этот показатель была примерно такой же. В уборку произошло уменьшение запаса K_2O в почве на вариантах с применением 15-25 т/га по сравнению с предыдущими сроками отбора. В этом состоит принципиальное отличие

действия куриного и утиного помёта. Можно предположить, что под влиянием утиного помёта, особенно в больших дозах переход обменного калия в межпакетные пространства вторичных почвенных минералов происходил значительно интенсивнее, чем под влиянием куриного помёта. В среднем за вегетацию эффект от 10-15 т/га помёта был отрицательным, от 20 т/га – слабо положительным, а при 25 т/га возрастание по отношению к варианту без применения удобрений достигало 6,5%. Все изменения обеспеченности почвы K_2O под действием утиного помёта были математически недостоверны.

Несущественные изменения в содержании обменного калия происходили и под влиянием минеральных удобрений. Оно незначительно уменьшилось при внесении $N_{25}P_{25}K_{25}$ и столь же слабо повышалось с увеличением дозы в два и три раза.

Обеспеченность почвы в 40-сантиметровом слое на начальном этапе развития озимой пшеницы за 2011-2013 гг. на варианте без применения удобрений составила 512 мг/кг почвы (таблица 58). За этот промежуток времени произошло восстановление содержания обменного калия в 40-сантиметровом слое почвы на 33 мг/кг или на 6,9%.

Таблица 58 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей при внесении помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2014 гг. Первый год последствий

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	весеннее кущение	колошение	уборка	
контроль	512	538	453	488	498
куриный помёт, т/га					
10	556	592	441	518	527
15	537	566	454	505	516
20	555	583	426	536	525
25	549	583	453	526	528
утиный помёт, т/га					
10	518	550	430	471	493
15	506	533	439	477	489
20	501	522	421	480	481
25	508	534	428	509	495
HCP_{05}	21	27	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	18

Использование органического удобрения способствовало увеличению количества K_2O в почве, но строгой зависимости от дозы не зафиксировано. Под действием органического удобрения в нормах 10-25 т/га достигнуто преимущество по отношению к вариантам без удобрений на 37 мг/кг почвы, а с количеством калия в уборку подсолнечника – на 51 мг/кг почвы. Следовательно восстановление калийного равновесия от действия органического удобрения шло интенсивнее, чем на варианте без удобрений. В начале вегетации весной количество K_2O в почве повысилось, но в большей степени под действием помёта. Как и перед посевом несколько меньшее значение отмечено от влияния помёта в норме 15 т/га. Это обусловлено большим потреблением калия обеими культурами.

В колошение существенно снизилось содержание обменного калия на контроле, но в ещё большей степени на всех вариантах с помётом. Оно стало одинаковым или несколько меньше при внесении помёта. К уборке калийный уровень почвы повысился. Преимущество в действии органического удобрения по сравнению с вариантом без применения удобрений восстановилось. За весь вегетационный период озимой пшеницы последствие помёта вызвало увеличение содержания K_2O на 18-30 мг/кг почвы. Действие 10, 20 и 25 т/га не различалось, чуть меньше – при внесении 15 т/га. Преимущество вариантов с 5 и 7,5 т/га было значительно меньше.

Восстановление калийного равновесия в срок от уборки подсолнечника до посева пшеницы под действием утиного помёта было интенсивнее, чем куриного. Под действием органического удобрения в норме 10-25 т/га количество K_2O возросло на 15,2%. Однако при этом оно оставалось на уровне контроля. К фазе весеннее кущение реальных изменений по сравнению с контролем не произошло, в последующем в большинстве случаев отмечена тенденция к уменьшению. Поэтому в целом за вегетацию калийный уровень почвы на всех вариантах отличался очень мало.

На третьей культуре звена севооборота озимой пшенице к посеву количество K_2O в почве повысилось по отношению к сроку уборки предшественника (первой озимой пшеницы) на контроле практически одинаково – на 56 мг/кг почвы,

как и от последствий помёта кур – в среднем на 68 мг/кг почвы при некотором увеличении с повышением дозы.

В течение вегетации калийный уровень почвы изменялся мало и на варианте без применения удобрений составил 530 мг/кг (таблица 59). Преимущество помёта сохранялось во все фазы вегетации, наибольшее увеличение происходило чаще под влиянием последствий в дозах 20 и 25 т/га.

Таблица 59 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей при внесении помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2012-2015 гг. Второй год последствий

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	весеннее кушение	колошение	уборка	
контроль	542	567	509	500	530
куриный помёт, т/га					
10	573	581	526	518	549
15	586	593	524	526	558
20	598	602	537	527	567
25	600	597	536	521	564
утиный помёт, т/га					
10	561	566	506	513	536
15	570	547	513	512	536
20	569	583	515	518	546
25	578	584	519	518	550
НСР ₀₅	24	14	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	16

Восстановление калийного равновесия в почве под влиянием утиного помёта к посеву озимой пшеницы после уборки предшествующей озимой пшеницы шло несколько интенсивнее, чем на вариантах с куриным помётом. В среднем по блоку вариантов с 10-25 т/га утиного помёта количество K_2O повысилось на 88 мг/кг почвы. Отмечено некоторое преимущество куриного помёта. Это преимущество по сравнению с контролем сохранилось и в дальнейшем. В большей мере оно проявлялось на вариантах с дозами 20 и 25 т/га. Однако во всех случаях оно было несущественным. Слабым было последствие утиного помёта и за весь вегетационный период пшеницы. Максимальное увеличение по отношению к варианту без применения удобрений от действия 20 и 25 т/га помёта составляло лишь

14-20 мг/кг, в то время как использование помёта кур в этих дозах – 37 и 34 мг/кг почвы.

Содержание гумуса в 40-сантиметровом почвенном слое за 2011-2013 гг. при проведении уборки подсолнечника на контрольном варианте составило 3,18% (таблица 60).

Таблица 60 – Содержание гумуса в звене севооборота подсолнечник – озимая пшеница – озимая пшеница в слое почвы 0-40 см, %. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Срок отбора		
	уборка подсолнечника	посев озимой пшеницы (третья культура звена)	уборка озимой пшеницы (третья культура звена)
контроль	3,18	3,12	3,10
куриный помёт, т/га			
10	3,21	3,13	3,11
15	3,22	3,20	3,15
20	3,20	3,20	3,17
25	3,20	3,18	3,16
утиный помёт, т/га			
10	3,20	3,14	3,10
15	3,22	3,21	3,18
20	3,22	3,24	3,25
25	3,24	3,25	3,22
азофоска, кг/га			
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,19	3,12	3,10
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,19	3,12	3,11
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,20	3,14	3,12
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{\text{теор.}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор.}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор.}}$

Применение помёта не влияло на содержание гумуса в почве во все периоды отбора почвенных образцов. Отмечены лишь тенденции в увеличении содержания гумуса в почве, так как различия между вариантами опыта математически недостоверны.

4.4 Формирование вегетативной массы и потребление элементов питания растениями в звене севооборота

Высота растений подсолнечника на контрольном варианте была наименьшей в 2011 г. – 52, существенно больше в 2012 и 2013 гг. – 90-110 см и в среднем за 3 года составила 84 см (приложение 23). Сырая масса 1 растения на контроле изменялась от 210 (2011 г.) до 410 г (2013 г.) и в среднем за 3 года составила 317 г. Применение обоих видов помёта оказало существенное влияние на биометрические показатели. За 2011-2013 гг. высота и масса растений достоверно повышались по сравнению с вариантом без применения удобрений, но различия между ними по высоте незначительны. По массе прослеживается тенденция снижения при повышении дозы помёта кур до максимальной. В 2011 и 2012 годы, а также за 2011-2013 гг. получено достоверное преимущество в действии куриного помёта по сравнению с утиным на высоту растений, а по массе только в 2011 и 2013 гг. Во влиянии минеральных удобрений прослеживается существенное повышение высоты и значительная тенденция к увеличению массы растений при увеличении дозы NPK от наименьшей до максимальной. На вариантах со средней и повышенной дозами эффект был близким к действию помёта.

Преимущество во влиянии куриного помёта по сравнению с утиным в действии на высоту растений сохранилось в 2011 г. в фазу цветения. Но за 2011-2013 гг., как от вида, так и дозы помёта оно незначительно (приложение 24). Сырая масса 1 растения на вариантах с куриным помётом была существенно больше, чем с утиным. На всех вариантах опыта получено достоверное влияние птичьего помёта на массу 1 растения по сравнению с контролем, но различий в зависимости от дозы не наблюдалось.

В фазу бутонизации действие минеральных удобрений на высоту 1 растения уменьшилось вплоть до отрицательной тенденции. Действие $N_{50}P_{50}K_{50}$ и $N_{75}P_{75}K_{75}$ на массу растений было сходным с эффектом от куриного помёта.

Применение обоих видов помёта способствовало существенному повышению в среднем за 2011-2013 гг. содержания азота и калия в растениях подсолнечника в фазу бутонизации, а также отмечена тенденция увеличения концентрации

фосфора (таблица 61). Однако различий от дозы не отмечено. Влияние куриного помёта на концентрацию фосфора больше, чем утиного.

Таблица 61 – Содержание NPK в растениях подсолнечника в фазу бутонизация и цветение, % на сухое вещество. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Бутонизация			Цветение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	3,00	0,19	3,21	2,26	0,15	2,75
куриный помёт осенью под вспашку, т/га						
10	3,26	0,22	3,36	2,42	0,20	2,93
15	3,34	0,24	3,46	2,63	0,19	3,01
20	3,36	0,23	3,49	2,72	0,17	3,09
25	3,27	0,21	3,44	2,62	0,15	3,16
утиный помёт осенью под вспашку, т/га						
10	3,45	0,20	3,28	2,57	0,17	2,92
15	3,41	0,20	3,37	2,63	0,18	2,98
20	3,39	0,20	3,44	2,62	0,17	3,12
25	3,44	0,20	3,45	2,68	0,16	3,13
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	3,27	0,20	3,29	2,41	0,15	2,79
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	3,33	0,21	3,39	2,44	0,16	2,84
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	3,30	0,20	3,40	2,35	0,16	2,87
HCP ₀₅	0,26	0,04	0,16	0,36	0,03	0,28

Под действием минеральных удобрений концентрация NPK в растениях изменялось в такой же степени, как и при внесении куриного помёта.

В фазу цветение относительное влияние всех видов удобрений на содержание элементов питания растений ещё более усилилось. При этом изменения под действием разных доз помёта и видов были несущественными. Слабо проявился эффект от применения минеральных удобрений по фосфору и калию и достоверно - по азоту.

Содержание NPK в семенах подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. под влиянием куриного и утиного помёта изменялось существенно и практически одинаково. Оно мало зависело от дозы (таблица 62).

Прослеживается преимущество обоих видов помёта в содержании всех элементов питания в сравнении с контролем в вегетативной массе подсолнечника, но

оно не зависело от вида помёта и его дозы. Влияние минеральных удобрений на концентрацию азота слабее, на содержание калия – несущественно, а по фосфору на фоне средней и повышенной доз несколько сильнее, чем помёта.

Таблица 62 – Содержание NPK в семенах подсолнечника в фазу полной спелости, % на сухое вещество. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Семена			Вегетативная масса		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	3,14	0,33	1,34	0,82	0,08	2,71
куриный помёт осенью под вспашку, т/га						
10	3,35	0,38	1,62	1,03	0,11	2,84
15	3,40	0,42	1,66	0,99	0,11	2,87
20	3,36	0,42	1,65	0,97	0,12	2,88
25	3,32	0,40	1,60	0,93	0,12	2,84
утиный помёт осенью под вспашку, т/га						
10	3,32	0,37	1,52	0,89	0,12	2,86
15	3,36	0,39	1,55	0,97	0,12	2,94
20	3,40	0,40	1,56	0,95	0,12	2,96
25	3,46	0,40	1,64	0,94	0,12	2,96
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	3,25	0,35	1,48	0,87	0,10	2,74
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	3,25	0,36	1,54	0,89	0,13	2,77
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	3,27	0,36	1,56	0,90	0,14	2,83
HCP ₀₅	0,18	0,05	0,20	0,15	0,04	0,15

Высота 1 растения пшеницы в фазу колошение за 2012-2014 гг. в первый год последствий куриного помёта в дозах 10-25 т/га существенно и практически одинаково увеличилась по сравнению с контролем – на 7,3-8,1 см. Значительно меньше в 2013-2014 гг. на вариантах с дозами 5 и 7,5 т/га (приложение 25). Сходное влияние отмечено и на массу растений. В последствии утиного помёта зафиксировано нарастание этих показателей с увеличением нормы с 5 до 20-25 т/га. Под действием высоких доз эффект несколько превышал максимальные показатели от куриного помёта. Влияние минеральных удобрений на оба биометрические показателя проявилось значительно слабее и математически недостоверно.

В фазу весеннее кущение озимой пшеницы за 2012-2014 гг. большее последствие на концентрацию азота в растениях оказал куриный помёт, чем утиный.

Его влияние в дозах 10-25 т/га было примерно одинаковым (таблица 63), а в дозах 5 и 7,5 т/га – значительно меньше.

Таблица 63 – Содержание NPK в растениях озимой пшеницы в фазу весеннее кущение и колошение, % на сухое вещество. Среднее за 2012-2014 гг. Первый год последствий

Варианты	Весеннее кущение			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	2,69	0,28	3,48	1,36	0,26	2,12
последствие куриного помёта, т/га						
10	3,24	0,33	3,64	1,94	0,29	2,50
15	3,21	0,34	3,64	2,09	0,30	2,65
20	3,21	0,34	3,70	2,22	0,31	2,71
25	3,18	0,33	3,68	2,12	0,32	2,62
последствие утиного помёта, т/га						
10	2,86	0,32	3,56	1,42	0,27	2,25
15	2,93	0,33	3,59	1,48	0,28	2,34
20	2,95	0,34	3,61	1,54	0,28	2,35
25	2,95	0,34	3,62	1,61	0,29	2,37
последствие азофоски, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,67	0,28	3,48	1,37	0,26	2,14
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,70	0,28	3,52	1,38	0,27	2,16
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,73	0,30	3,52	1,39	0,26	2,17
НСП ₀₅	0,45	0,05	0,17	0,69	0,05	0,40

Содержание фосфора и калия при внесении разных видов помёта существенно не изменялось. Эффект от минеральных удобрений был слабым. В фазу колошение проявилось преимущество куриного помёта не только в содержании азота, но также фосфора и калия. При этом прослеживается увеличение этих показателей с повышением дозы помёта от 5 до 20-25 т/га. На фоне утиного помёта данная тенденция слабее. Положительный эффект от последствия минеральных удобрений и в эту фазу очень слаб.

В зерне озимой пшеницы наибольшая концентрация азота и калия достигнута от последствия помёта кур в норме 20 т/га. Содержание азота на последствии утиного помёта было несколько меньше, а калия – таким же. Достоверное

увеличение в содержании фосфора получено на всех вариантах опыта с помётом, но различия в зависимости от дозы не существенны (таблица 64).

Таблица 64 – Содержание NPK в зерне и соломе озимой пшеницы в фазу полной спелости, % на сухое вещество. Среднее за 2012-2014 гг. Первый год последействия

Варианты	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	2,01	0,25	0,68	0,29	0,13	1,19
последствие куриного помёта, т/га						
10	2,15	0,30	0,71	0,33	0,14	1,47
15	2,18	0,31	0,75	0,35	0,14	1,51
20	2,20	0,31	0,78	0,36	0,14	1,53
25	2,19	0,31	0,76	0,36	0,14	1,54
последствие утиного помёта, т/га						
10	2,09	0,28	0,70	0,32	0,14	1,43
15	2,12	0,31	0,78	0,34	0,15	1,47
20	2,14	0,31	0,78	0,35	0,14	1,52
25	2,15	0,31	0,75	0,34	0,14	1,53
последствие азофоски, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,01	0,25	0,68	0,29	0,13	1,22
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,01	0,26	0,69	0,30	0,14	1,26
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,01	0,27	0,70	0,30	0,13	1,26
НСР ₀₅	0,08	0,05	0,09	0,08	0,08	0,26

В соломе озимой пшеницы максимальное содержание азота получено на последствие куриного и утиного помёта в дозе 20 т/га, калия – в максимальной дозе. Однако преимущество с влиянием дозы 10 т/га незначительны.

Меньший эффект во все годы давало применение обоих видов помёта в минимальных дозах. Достоверного действия удобрений на концентрацию фосфора в растениях не установлено. Отмечена небольшая тенденция повышения содержания калия при внесении азофоски в дозах 50 и 75 кг/га.

Влияние куриного и утиного помёта на высоту растений озимой пшеницы во второй год последействия в среднем за 2013-2015 гг. в фазу колошение лишь в отдельных случаях незначительно превышало НСР опыта, а в дозах 5 и 7,5 т/га было на уровне контроля (приложение 26).

Более существенно оказалось влияние последствий птичьего помёта на сырую массу 1 растения, за исключением применения утиного помёта в дозе 10 т/га. Наибольшая масса растения сформирована на варианте с последствием куриного помёта в дозе 20, утиного – 25 т/га.

Концентрация азота и калия в среднем за 2013-2015 гг. как в фазу весеннее кущение, так и в колошение озимой пшеницы в растениях в наибольшей степени увеличивалось на вариантах с последствием куриного и утиного помёта в дозе 25 т/га (таблица 65).

Таблица 65 – Содержание NPK в растениях озимой пшеницы в фазу весеннее кущение и колошение, % на сухое вещество. Среднее за 2013-2015 гг. Второй год последствий

Варианты	Весеннее кущение			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	2,64	0,23	3,21	1,66	0,35	2,45
последствие куриного помёта, т/га						
10	2,74	0,26	3,28	1,78	0,37	2,54
15	2,81	0,27	3,31	1,83	0,38	2,58
20	2,86	0,27	3,32	1,87	0,38	2,72
25	2,90	0,27	3,34	1,91	0,38	2,79
последствие утиного помёта, т/га						
10	2,73	0,25	3,26	1,73	0,37	2,55
15	2,78	0,25	3,29	1,76	0,37	2,59
20	2,81	0,27	3,31	1,79	0,38	2,61
25	2,85	0,26	3,31	1,81	0,39	2,65
последствие азофоски, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,64	0,23	3,21	1,66	0,35	2,46
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,66	0,24	3,23	1,66	0,35	2,46
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,68	0,24	3,23	1,67	0,37	2,47
НСР ₀₅	0,16	0,03	0,09	0,15	0,04	0,22

Достоверное влияние последствий помёта было на всех вариантах опыта, и оно повышалось с увеличением дозы (таблица 66).

Изменения содержания фосфора также достоверны, но мало зависели от дозы. Наибольшее повышение концентрации азота и калия в зерне и соломе озимой

пшеницы от последствий куриного и утиного помёта отмечено на вариантах с дозами 20-25 т/га.

Таблица 66 – Содержание NPK в зерне и соломе озимой пшеницы в фазу полной спелости, % на сухое вещество. Среднее 2013-2015 гг. Второй год последствий

Варианты	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	2,00	0,27	0,56	0,30	0,11	1,21
последствие куриного помёта, т/га						
10	2,08	0,29	0,63	0,33	0,14	1,28
15	2,11	0,32	0,69	0,34	0,15	1,35
20	2,13	0,33	0,69	0,36	0,15	1,38
25	2,11	0,31	0,62	0,36	0,16	1,40
последствие утиного помёта, т/га						
10	2,05	0,29	0,65	0,31	0,14	1,24
15	2,07	0,30	0,66	0,34	0,15	1,30
20	2,10	0,31	0,69	0,35	0,16	1,36
25	2,10	0,30	0,70	0,36	0,17	1,39
последствие азофоски, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,00	0,27	0,56	0,30	0,11	1,21
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,00	0,28	0,56	0,30	0,11	1,23
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,00	0,28	0,58	0,30	0,12	1,23
HCP ₀₅	0,08	0,04	0,09	0,05	0,03	0,15

Различия во влиянии последствий помёта в зависимости от дозы на содержание фосфора были менее существенны, но достоверны на всех вариантах опыта.

4.5 Продуктивность звена зернопропашного севооборота, урожайность и качество продукции полевых культур

На контрольном варианте урожайность семян подсолнечника в разные годы существенно различалась. Наименьшая урожайность сформирована от 1,53 т/га в 2011 г., в 2013 г. 2,56 т/га и наибольшая до 2,92 т/га в 2012 году (таблица 67).

Низкую урожайность подсолнечника в 2011 г. можно объяснить тем, что в июле преобладали высокие температуры. Среднегодовая температура возду-

ха была превышена - $3,9^{\circ}\text{C}$, что отрицательно сказалось на опылении, образовании завязи и, как следствие, на урожайности.

Таблица 67 – Урожайность семян подсолнечника, т/га

Варианты	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 2011-2013 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%
контроль	1,53	2,92	2,56	2,34	-	-
куриный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	3,53	3,12	-	-	-
7,5	-	3,56	3,38	-	-	-
10	1,85	3,78	3,48	3,04	0,70	29,9
15	1,85	3,95	3,60	3,13	0,79	33,8
20	1,86	3,75	3,51	3,04	0,70	29,9
25	1,84	3,66	2,84	2,78	0,44	18,8
утиный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	3,52	2,53	-	-	-
7,5	-	3,54	2,85	-	-	-
10	1,86	3,58	2,91	2,78	0,44	18,8
15	1,85	3,66	2,90	2,80	0,46	19,7
20	1,88	3,81	2,96	2,88	0,54	23,1
25	1,87	4,10	2,82	2,93	0,59	25,2
азофоска весной под культивацию, кг/га						
$\text{N}_{25}\text{P}_{25}\text{K}_{25}$	1,61	3,15	3,17	2,64	0,30	12,8
$\text{N}_{50}\text{P}_{50}\text{K}_{50}$	1,90	3,50	3,03	2,81	0,47	20,1
$\text{N}_{75}\text{P}_{75}\text{K}_{75}$	1,93	3,56	2,95	2,81	0,47	20,1
HCP_{05}	0,08	0,08	0,27	0,36		

Применение куриного и утиного помёта оказало существенное положительное действие на продуктивность подсолнечника во все годы исследований. Различий от вида помёта в 2011 и 2012 гг. не было. В 2013 г. влияние куриного помёта на урожайность подсолнечника достоверно превосходило действие утиного кроме варианта с дозой 25 т/га в связи с отрицательным эффектом увеличения дозы куриного помёта с нормами от 20 до 25 т/га. В 2011 году одинаковая прибавка урожайности семян сформирована от действия помёта. Оптимальная доза минеральных удобрений - $\text{N}_{50}\text{P}_{50}\text{K}_{50}$. Её влияние было эквивалентно действию птичьего помёта.

В 2012 году положительный эффект достигнут от действия куриного и утиного помёта в небольших дозах. В наибольшей степени урожайность повысилась от применения 15 т/га куриного и 25 т/га утиного помёта. Азофоска оказала меньшее влияние на урожайность. Увеличение дозы свыше $N_{50}P_{50}K_{50}$ было нецелесообразно.

В 2013 году существенно повышение продуктивности семян дало использование помёта кур, начиная с дозы 5,0, а утиного – в дозе 7,5 т/га. Максимальная прибавка урожайности от применения куриного помёта в этот год 15, утиного – 10 т/га. Но её изменения в диапазоне от 10 до 20 т/га обоих видов помёта несущественны. Действие минеральных удобрений в оптимальной дозе $N_{50}P_{50}K_{50}$ было эквивалентно влиянию утиного и значительно уступало действию куриного помёта.

В среднем за 2011-2013 гг. урожайность на варианте без применения удобрений составила 2,34 т/га. Прибавка урожайности под влиянием куриного помёта в дозах 10-25 т/га находилась в одинаковых пределах – 0,70-0,79 т/га или 29,9-33,7%. При внесении 25 т/га она существенно уменьшалась. Действие утиного помёта в целом было слабее. Прибавка к контролю нарастала с увеличением дозы с 10 до 25 т/га. Одновременно уменьшалась преимущество куриного помёта. Эффект от доз 7,5 и особенно 5,0 т/га обоих видов помёта ниже, чем от 10 т/га. Урожайность подсолнечника при внесении азофоски в дозах NPK 50-75 кг/га меньше, чем от применения помёта.

Наибольшая вегетативная масса подсолнечника (стебли и корзинки) сформирована в 2012 и 2013 гг. 9,30 и 8,50 и примерно в три раза меньше в 2011 г. – 2,77 т/га (приложение 27). Небольшое преимущество куриного помёта по сравнению с утиным проявилось в диапазоне доз от 5 до 15 т/га, а при использовании 20-25 т/га она была одинаковой.

Наибольшая масса сформирована за 2011-2013 гг. от действия помёта в дозе 20 т/га. Прибавка к контролю составила 1,61-1,57 т/га или 23,5-22,8%. Повышение дозы азофоски до $N_{75}P_{75}K_{75}$ способствовало ещё большему повышению урожайности побочной продукции – на 2,16 т/га или 31,5%.

Количество растений подсолнечника перед уборкой подсолнечника в 2011 г. составляло 52140 шт./м², в 2012 г. – 55370 и в 2013 г. – 53450 шт./м² и в среднем составило 53653 шт./м². За 2011-2013 гг. масса семян подсолнечника с 1 растения на контрольном варианте составила 43,3 г, масса 1 растения – 126,7 г (приложение 28). На вариантах с куриным помётом масса семян повысилась при увеличении дозы с 5 до 15 т/га по сравнению с вариантом без применения удобрений на 14,7 г или 34,0%, с ростом нормы до 25 т/га этот показатель существенно уменьшался. При внесении утиного помёта масса семян повышалась с увеличением дозы вплоть до 25 т/га, но при этом значительно уступала максимальной массе от внесения куриного помёта – на 3,8 г. Повышение массы побочной продукции в блоке вариантов с куриным и утиным помётом происходило с увеличением дозы до 20 т/га, а снижение при внесении 25 т/га. Не столь значительно по сравнению с изменениями массы семян. На вариантах с азофоской вегетативная масса увеличивалась с повышением дозы до максимальной и в большей степени, чем от помёта, а семян только до N₅₀P₅₀K₅₀. Здесь оно было меньше, чем при внесении оптимальных доз помёта.

За 2012-2014 гг. продуктивность озимой пшеницы, выращиваемой по подсолнечнику, на контроле составила 3,73, соломы – 7,89 т/га (таблица 68, приложение 29).

Последствие куриного и утиного помёта в дозе 10 т/га было наиболее эффективно. Увеличение дозы помёта обоих видов увеличивало урожайность, но прибавки ниже НСР опыта. Последствие утиного помёта в нормах 10-25 т/га на урожайность зерна различалось мало – 5,03-4,94 т/га. При повышении нормы помёта кур до 15 т/га урожайность повышалась до 5,29 т/га, но преимущество по сравнению с дозой 10 т/га составило лишь 0,22 т/га или 4,3% и математически недостоверно. Эффект от последствия минеральных удобрений отсутствовал во все годы.

Последствие куриного и утиного помёта за 2012-2014 гг. оказывало достоверное действие на количество продуктивных стеблей и массу зерна с 1 колоса (приложение 30).

Таблица 68 – Урожайность озимой пшеницы в 2012-2014 гг. по предшественнику подсолнечник, т/га. Первый год последствий

Варианты	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее за 2012-2014 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%
контроль	3,05	3,42	4,72	3,73	-	-
последствие куриного помёта, т/га						
5	-	3,93	5,37	-	-	-
7,5	-	4,28	5,59	-	-	-
10	4,40	4,81	6,00	5,07	1,34	35,9
15	4,59	4,83	6,45	5,29	1,56	41,8
20	4,69	4,85	6,03	5,19	1,46	39,1
25	4,60	4,78	5,72	5,03	1,30	34,9
последствия утиного помёта, т/га						
5	-	5,11	5,58	-	-	-
7,5	-	5,18	5,66	-	-	-
10	3,57	5,36	6,15	5,03	1,30	34,8
15	3,58	5,42	5,95	4,98	1,25	33,6
20	3,73	5,48	5,62	4,94	1,21	32,5
25	3,72	5,58	5,63	4,98	1,25	33,4
последствие азофоски, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	3,08	3,44	4,70	3,74	0,01	0,3
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	3,12	3,50	4,81	3,81	0,08	2,1
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	3,20	3,52	4,80	3,84	0,11	2,9
НСР ₀₅	0,19	0,32	0,22	1,20		

Максимальное увеличение количества продуктивных стеблей отмечено при внесении 20 т/га куриного и 25 т/га утиного помёта, но различия в диапазоне доз 15-25 т/га несущественны. Масса зерна в колосе максимально увеличивалась при внесении 15 т/га куриного и 10 т/га утиного помёта, но все изменения при 10-25 т/га несущественны.

Наибольшая урожайность озимой пшеницы (третьей культуры звена севооборота) по предшественнику озимая пшеница на контрольном варианте сформирована в 2013 г. и составила 5,47, наименьшая в 2015 г. – 3,42 т/га, а в среднем за 2013-2015 гг. – 4,44 т/га (таблица 69).

В 2013 г. от последствия куриного помёта достоверное увеличение урожайности зерна озимой пшеницы получено при увеличении нормы с 10 до 20 т/га, где повышение по сравнению с вариантом без применения удобрений составило

0,70 т/га или 12,8%. Применение утиного помёта вызвало положительную тенденцию лишь от действия дозы 15 т/га. Повышение дозы куриного помёта до 25 т/га, а утиного до 20-25 т/га привело к существенному снижению эффекта.

Таблица 69 – Урожайность озимой пшеницы в 2013-2015 гг. по предшественнику озимая пшеница, т/га. Второй год последействия

Варианты	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее за 2013-2015 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%
контроль	5,47	4,42	3,42	4,44	-	-
последействие куриного помёта, т/га						
5	-	4,81	3,45	-	-	-
7,5	-	4,91	3,50	-	-	-
10	5,76	5,01	3,78	4,85	0,41	9,2
15	5,96	4,83	3,85	4,88	0,44	9,9
20	6,17	4,88	3,95	5,00	0,56	12,6
25	5,37	4,71	3,80	4,63	0,19	4,2
последействия утиного помёта, т/га						
5	-	4,57	3,40	-	-	-
7,5	-	4,78	3,46	-	-	-
10	5,43	4,80	3,50	4,58	0,14	3,1
15	5,66	5,03	3,68	4,79	0,35	7,9
20	5,19	5,00	3,70	4,63	0,19	4,3
25	5,17	4,82	3,55	4,51	0,07	1,7
последействие азофоски, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	5,48	4,40	3,44	4,44	0	0
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	5,50	4,48	3,45	4,48	0,04	0,9
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	5,49	4,53	3,61	4,54	0,10	2,3
НСР ₀₅	0,40	0,37	0,14	0,41		

В 2014 г. наибольшая и практически одинаковая прибавка урожайности зерна озимой пшеницы сформирована на вариантах с последействием куриного помёта в дозе 10, утиного – 15 т/га, которая достигала по сравнению с контролем 0,59-0,61 т/га или 13,3-13,8%. В 2015 году урожайность возрастала с увеличением дозы до 20 т/га, которая достигала по отношению к варианту без применения удобрений 0,53 т/га или 15,5%. Последействие утиного помёта в этой дозе был меньше на 7,3%.

В среднем за 2013-2014 гг. действие куриного помёта было достоверно больше, чем утиного за исключением вариантов с дозой 25 т/га. От использования 20 т/га помёта кур продуктивность культуры увеличилась на 0,56 т/га или на 12,6%. Эффект от последствий минеральных удобрений отсутствовал.

Урожайность соломы пшеницы варьировала от 7,48 (2015 год) до 9,22 (2013 год) и за 2013-2015 гг. составила 8,36 т/га (приложение 31). Наибольшая урожайность соломы сформирована на вариантах с последствием куриного помёта в норме 20 т/га, утиного – 25 т/га. Увеличение урожайности соответственно составило 2,17 т/га или 26,0% и 2,03 т/га или 24,3%. В обоих случаях они существенно нарастали с повышением дозы. Последствие помёта в дозе 7,5 т/га было слабее, а на варианте с 5 т/га практически не отличалось от контроля.

Различий во влиянии видов куриного и утиного помёта, а также доз 10-25 т/га, на количество продуктивных стеблей озимой пшеницы на второй год последствия не было (приложение 32). Но существенное увеличение количества продуктивных стеблей по сравнению с контрольным вариантом получено под действием помёта, кроме небольших доз. Масса зёрен в колосе была существенно больше лишь на вариантах с последствием куриного помёта в дозах 10 и 15 т/га.

В звене полевого севооборота подсолнечник, озимая пшеница, озимая пшеница в первом цикле 2011-2013 гг. максимальная прибавка сбора зерновых единиц получена под действием помёта кур в норме 20 т/га – 2,82 т/га или 26,2%, во втором (2012-2014 гг.) и третьем (2013-2015 гг.) цикле – при внесении 15 т/га – 3,34 и 3,69 т/га или 27,5 и 31,0% (приложение 33). Это объясняется более высоким урожаем подсолнечника 2012 и 2013 гг. по сравнению с 2011 г. Эффект от применения утиного помёта был больше во втором цикле звена полевого севооборота, чем от куриного, но в первом и третьем – существенно меньше. Во втором цикле продуктивность звена повышалась при увеличении дозы до 25 т/га, а в первом и третьем – до 15 т/га.

За 3 цикла звена полевого севооборота сбор зерновых единиц достоверно увеличивался под влиянием куриного помёта в сравнении с утиным на подсолнечнике и на второй озимой пшенице, на первой озимой пшенице различия были

меньше. В целом максимальная продуктивность звена севооборота получена при внесении куриного помёта в дозе 15 т/га. По сравнению с контролем прибавка в сборе зерновых единиц составила 2,75 т/га или 23,7%. На варианте с оптимальной дозой утиного помёта – также 15 т/га эффект существенно ниже – 1,86 т/га или 16,0% (таблица 70).

Таблица 70 – Продуктивность звена севооборота, т/га зерновых единиц. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Звено севооборота			Суммарный сбор, т/га	Прибавка к контролю	
	подсолнечник	озимая пшеница	озимая пшеница		т/га	%
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
HCP ₀₅	0,66	1,20	0,41	1,16		

Действие минеральных удобрений было значительно слабее. 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.

Масличность семян подсолнечника на варианте без применения удобрений существенно различалась и достигала в 2011 году 35,6, в 2012 году – 42% и за 2011-2013 гг. - 39,3% (таблица 71). Наибольшее содержание масла в урожае семян подсолнечника достигнуто под действием помёта кур в дозе 15 т/га. За 2011-2013 гг. прибавка масличности составила 5,2%. Увеличение дозы куриного помёта приводило к снижению масличности семян, особенно резко, почти до уровня кон-

троля, при внесении 25 т/га. Это обусловлено увеличением количества $N_{\text{мин}}$ в 40-сантиметровом слое на вариантах с использованием помёта в дозах 20 и 25 т/га в целом за весь вегетационный период, что приводило к снижению масличности семян подсолнечника (Толстоусов В.П., 1974).

Таблица 71 – Масличность и сбор масла в урожае подсолнечника. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Масличность, %	Прибавка к контролю, %	Сбор масла, кг/га	Прибавка к контролю	
				кг/га	%
контроль	39,3	-	860	-	-
куриный помёт осенью под вспашку, т/га					
10	43,5	4,2	1222	362	42,1
15	44,5	5,2	1284	424	49,3
20	43,6	4,3	1187	327	38,0
25	40,0	0,7	1036	176	20,4
утиный помёт осенью под вспашку, т/га					
10	43,4	4,1	1107	247	28,8
15	43,6	4,3	1134	274	31,9
20	44,1	4,8	1183	323	37,6
25	42,7	3,4	1162	302	35,2
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га					
$N_{25}P_{25}K_{25}$	42,0	2,7	1017	157	18,2
$N_{50}P_{50}K_{50}$	42,1	2,8	1089	229	26,7
$N_{75}P_{75}K_{75}$	42,0	2,7	1090	230	26,8
HCP_{05}	3,3		154		

Под влиянием утиного помёта масличность семян подсолнечника максимально повышалась при его внесении в дозе 20 т/га, прибавка составила 4,8%. В среднем за 2012-2013 гг. на вариантах с дозами куриного помёта 5 и 7,5 т/га масличность семян была в 1,5 раза ниже оптимальной, а с такими же дозами утиного составляла 0,1-0,3%. Действие минеральных удобрений было значительно слабее.

Наибольший сбор масла в урожае семян подсолнечника на варианте без удобрений получен в 2012 году 1128, а самый низкий в 2011 году – 501 кг/га, что обусловлено низким уровнем урожайности семян подсолнечника в этот год (приложение 34). За 2011-2013 гг. он составил 860 кг/га. В максимальной степени сбор

масла увеличивался по отношению к варианту без применения удобрений при использовании помёта кур в дозе 15 т/га - на 424 кг/га или 49,3%, от утиного – в дозе 20 т/га, увеличение составило 323 кг/га или на 37,6%. Действие помёта кур в дозе 7,5 т/га был в 1,5, а утиного в 2,0 раза меньше оптимального. Использование минеральных удобрений обеспечило равнозначный сбор масла с 1 га при использовании в дозах $N_{50}P_{50}K_{50}$ и $N_{75}P_{75}K_{75}$. Прибавка достигала 26,7-26,8%.

Белковость зерна пшеницы, выращиваемой по подсолнечнику, на контрольном варианте различалась незначительно – от 11,2 в 2014 г. до 11,7% в 2012 г. и в среднем за 2012-2014 гг. составила 11,5% (таблица 72).

Таблица 72 – Белковость и сбор белка в урожае озимой пшеницы. Среднее за 2012-2014 гг. Первый год последствий

Варианты	Белковость, %	Прибавка к контролю, %	Сбор белка, кг/га	Прибавка к контролю, %	
контроль	11,5	-	367	-	-
последствие куриного помёта, т/га					
10	12,3	0,8	539	172	46,9
15	12,4	0,9	568	201	54,9
20	12,4	0,9	556	189	51,4
25	12,3	0,8	533	166	45,2
последствие утиного помёта, т/га					
10	11,9	0,4	517	150	40,9
15	12,1	0,6	518	151	41,1
20	12,2	0,7	520	153	41,8
25	12,3	0,8	526	159	43,3
HCP_{05}	0,5		83		

На вариантах с последствием куриного помёта наибольшее увеличение белковости зерна озимой пшеницы получено от доз 15 и 20 т/га, которое составило 0,9%, на вариантах с утиным помётом в дозах 20 и 25 т/га - 0,7-0,8%. Последствие минеральных удобрений этот показатель не изменили.

Сбор белка в урожае озимой пшеницы после предшественника подсолнечник на варианте без применения удобрений варьировал от 307 (2012 год) до 454 кг/га (2014 год) и за 2012-2014 гг. составил 367 кг/га. Последствие помёта увеличивало сбор белка. Наибольшая прибавка к варианту без применения удобре-

ний достигнута от последствий куриного помёта в дозе 15 т/га – 201 кг/га или 54,9%, утиного – 159 кг/га или 43,3% при внесении 20 т/га. Последствие азотом практически не проявилось.

Белковость зерна озимой пшеницы, третьей культуры звена севооборота, выращиваемой по предшественнику озимая пшеница, на контроле за 2013-2015 гг. составила 11,4% (таблица 73).

Таблица 73 – Белковость и сбор белка в урожае озимой пшеницы. Среднее за 2013-2015 гг. Второй год последствий

Варианты	Белковость, %	Прибавка к контролю, %	Сбор белка, кг/га	Прибавка к контролю, %	
контроль	11,4	-	435	-	-
последствие куриного помёта, т/га					
10	11,9	0,5	495	60	13,7
15	12,1	0,7	505	70	16,1
20	12,2	0,8	522	87	20,1
25	12,1	0,7	480	45	10,3
последствие утиного помёта, т/га					
10	11,7	0,3	460	25	5,7
15	11,8	0,4	485	50	11,6
20	12,0	0,6	477	42	9,7
25	12,0	0,6	464	29	6,7
НСР ₀₅	0,3		38		

Наибольшая прибавка в содержании белка получена на варианте с последствием куриного и утиного помёта в дозе 20 т/га – 0,8 и 0,6%. Сбор белка с урожаем пшеницы на варианте без применения удобрений за 2013-2015 гг. составил 435 кг/га. Наибольшая прибавка в сборе белка с урожаем озимой пшеницы получена на вариантах с последствием помёта кур, внесённого в норме 20 т/га, которая по сравнению с вариантом без применения удобрений достигала 20,1%. Последствие утиного помёта в лучшей дозе 15 т/га был достоверно меньше на 37 кг/га или 8,5%.

Суммарный сбор белка с урожаем озимой пшеницы, второй и третьей культуры звена севооборота, за 3 цикла на контроле составил 802 кг/га (таблица 74).

Достоверное увеличение в сборе белка в зерне пшеницы достигнуто от действия помёта.

Таблица 74 – Влияние удобрений на суммарный сбор белка в урожае озимой пшеницы с 1 га за два года последействия удобрений, кг. Среднее за 2013-2015 гг.

Варианты	Суммарный сбор белка, кг/га	Прибавка к контролю	
		кг/га	%
контроль	802	-	-
последействие куриного помёта, т/га			
10	1034	232	28,9
15	1073	271	33,8
20	1078	276	34,4
25	1013	211	26,3
последействие утиного помёта, т/га			
10	977	175	21,8
15	1003	201	25,1
20	998	196	24,4
25	990	188	23,5
последействие азофоски, кг/га			
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	801	0	0
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	813	11	1,4
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	824	22	2,7
НСР ₀₅	105		

От последействия куриного помёта наибольшая прибавка получена на варианте с дозой помёта 20 т/га - 34,4%, сходное последействие помёта в дозе 15 т/га – 33,8%. Максимальный эффект от утиного помёта был меньше в дозе 15 т/га – на 9,3%.

Последействие помёта способствовало значительному увеличению содержания клейковины в урожае пшеницы (таблица 75). Наибольшее существенное повышение в первый год последействия получено на вариантах с дозой 15 т/га – куриного до 25,8%, утиного – до 26,6%. На второй год последействия эффект был меньше – до 22,2% от 15 т/га куриного и 20 т/га утиного. В первый год последействия помёта в дозах 15-25 т/га обоих видов товарный класс зерна соответствовал третьему, на второй год последействия – четвертому на всех вариантах опыта.

Таблица 75 – Содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы, %

Варианты	Первый год последействия		Второй год последействия	
	среднее за 2012-2014 гг.	2013-2014 гг.	среднее за 2013-2015 гг.	2014-2015 гг.
контроль	19,3	19,7	18,5	18,8
последействие куриного помёта, т/га				
5	-	20,5	-	18,9
7,5	-	21,4	-	19,3
10	22,6	22,8	20,9	21,2
15	25,8	26,5	22,2	22,0
20	25,9	26,5	22,2	22,3
25	24,7	25,6	21,8	22,0
последействие утиного помёта, т/га				
5	-	20,1	-	19,0
7,5	-	20,9	-	20,0
10	22,2	22,7	20,5	21,2
15	26,6	27,2	21,5	22,3
20	26,5	26,8	22,2	22,7
25	26,2	26,6	22,2	22,3
НСР ₀₅	1,6	1,6	1,3	1,0

4.6 Вынос элементов питания полевыми культурами, баланс и коэффициенты использования NPK из помёта в звене севооборота

Вынос NPK с урожаем семян подсолнечника под действием органического удобрения существенно повышался по сравнению с вариантом без применения удобрений, где составил за 2011-2013 гг. 68-7-29 кг/га. Он достигал максимума при внесении 15 т/га куриного – 98-12-48 и 25 т/га утиного – 93-11-44 кг/га N-P₂O₅-K₂O (приложение 35). Расход элементов питания под действием азофоски был ниже и мало изменялся при повышении дозы с N₅₀P₅₀K₅₀ до N₇₅P₇₅K₇₅ – 84-10-40 кг/га.

Вынос азота и фосфора с вегетативной массой был меньше, а калия больше, чем с семенами, на контроле 52-5-171 кг/га. Различия в действии доз куриного помёта от 10 до 25 т/га на вынос азота и фосфора были минимальными – 70-76 кг N и 8-9 кг P₂O₅, по калию – 204-224 кг/га и во всех случаях максимум достигался при внесении 20 т/га. Изменений в содержании фосфора в этом диапазоне доз

утиного помёта также не было – 8-9 кг/га, количество азота нарастало с увеличением дозы до 20 т/га с 60 до 74, а калия со 193 до 230 кг/га. С увеличением дозы минеральных удобрений до максимальной повышение выноса NPK было ещё более заметным – до 75-12-235 кг/га. Потребление питательных веществ под действием небольших доз органического удобрения проявилось в значительно меньшей степени, чем при внесении 10 т/га и более.

Суммарный вынос NPK с основной и побочной продукцией на фоне внесения куриного и утиного помёта отличался мало (таблица 76).

Таблица 76 – Суммарный вынос NPK семенами и вегетативной массой подсолнечника, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Среднее за 2011-2013 гг.			Среднее за 2012-2013 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	119	12	200	140	16	260
куриный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	-	-	165	21	280
7,5	-	-	-	175	22	304
10	168	19	249	202	24	321
15	173	21	266	206	28	339
20	170	21	271	196	28	343
25	155	20	255	177	25	325
утиный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	-	-	155	19	266
7,5	-	-	-	160	20	277
10	145	18	232	170	22	292
15	158	19	256	184	23	322
20	164	20	271	193	26	348
25	164	20	266	192	27	343
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	139	16	226	163	19	290
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	151	19	249	173	24	310
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	159	21	275	181	26	341

Отмечено лишь небольшое преимущество помёта кур. Наибольшее повышение потребления питательных веществ под действием куриного помёта получено при использовании 15-20 т/га, утиного – 20-25 т/га. Действие азофоски в целом меньше и повышалось с увеличением дозы до N₇₅P₇₅K₇₅.

Суммарный вынос NPK с урожаем озимой пшеницы в 2012-2014 гг. по предшественнику подсолнечник на контроле составил 84-17-103 кг/га N-P₂O₅-K₂O. Последействие куриного помёта в дозах 15-20 т/га повышало эти показатели в среднем в 1,5 раза (таблица 77). Использование питательных веществ озимой пшеницей в результате последействия утиного помёта в целом несколько меньше, максимально до 119-25-154 кг/га. Вынос NPK на вариантах с азофоской повышался по сравнению с контролем несущественно.

Таблица 77 – Суммарный вынос NPK зерном и соломой озимой пшеницей, кг/га. Среднее за 2012-2014 гг. Первый год последействия

Варианты	Среднее за 2012-2014 гг.			Среднее за 2013-2014 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	84	17	103	90	20	122
последействие куриного помёта, т/га						
5	-	-	-	106	22	135
7,5	-	-	-	115	25	152
10	120	24	148	129	28	170
15	128	26	160	136	28	177
20	128	25	161	132	26	171
25	124	25	156	126	25	160
последействие утиного помёта, т/га						
5	-	-	-	117	24	138
7,5	-	-	-	121	25	154
10	114	22	136	130	27	167
15	117	25	145	133	28	179
20	119	24	154	133	27	180
25	119	24	152	132	26	173
последействие азофоски, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	84	17	105	89	20	123
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	86	18	108	92	21	126
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	87	18	109	92	22	128

На третьей культуре звена севооборота озимой пшенице за 2013-2015 гг. общий вынос питательных веществ с зерном и соломой составил N - 98, P₂O₅ - 18 и K₂O – 108 кг/га (таблица 78). Увеличение расхода калия и особенно азота под действием помёта здесь снизилось по сравнению с этими показателями на пшенице в первый год последействия. Максимум прироста по азоту составил 26,5, а по

калию 43,5%. По фосфору преимущество осталось таким же – 55,6%. Эти результаты получены на варианте с дозой 20 т/га. При внесении утиного помёта они ещё меньше. Практически не изменился по сравнению с контролем расход NPK от последствий минеральных удобрений.

Таблица 78 – Суммарный вынос NPK зерном и соломой озимой пшеницей, кг/га. Второй год последствий

Варианты	Среднее за 2013-2015 гг.			Среднее за 2014-2015 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	98	18	108	89	18	100
последствие куриного помёта, т/га						
5	-	-	-	93	20	103
7,5	-	-	-	98	22	107
10	113	23	128	104	24	115
15	117	26	143	108	26	126
20	124	28	155	114	28	135
25	117	27	152	108	27	128
последствие утиного помёта, т/га						
5	-	-	-	91	19	103
7,5	-	-	-	95	20	109
10	106	23	126	100	23	120
15	114	25	137	108	25	126
20	114	26	147	111	27	135
25	114	27	151	110	27	131
последствие азофоски, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	98	18	108	89	18	100
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	99	19	111	91	18	101
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	100	20	112	92	19	102

Суммарное потребление питательных веществ в звене севооборота за 2011-2015 гг. был больше на фоне применения куриного помёта, чем утиного. Различия прослеживается как по основной, так и по побочной продукции (приложение 36), а также в сумме.

Наибольший вынос NPK достигнут под действием помёта кур в дозах 15-20, с утиным – 20-25 т/га. Меньше всего различалось содержание фосфора в продукции. Увеличение выноса под влиянием азофоски уступало действию помёта в несколько раз.

Поступление элементов питания с утиным помётом (осенью 2010, 2011 и 2012 гг.) существенно меньше, чем от куриного (таблица 79). На вариантах с одинаковой дозой помёта в среднем за 2010-2012 гг. содержание азота, вносимого в почву с куриным помётом, было в 5,1 раза больше, чем с утиным, фосфора – в 1,9 раза и калия – в 1,9 раза.

Таблица 79 – Поступление элементов питания в почву при внесении куриного и утиного подстилочного перепревшего помёта, кг/га

Дозы, т/га	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	куриный	утиный	куриный	утиный	куриный	утиный
среднее за 2010-2012 гг.						
10	175	34	164	87	237	124
15	262	51	246	131	356	186
20	349	67	327	175	475	248
25	437	85	409	219	594	310
среднее за 2011-2012 гг.						
5	74	17	82	42	124	62
7,5	111	25	122	63	186	92
10	147	33	163	84	248	123
15	221	50	244	126	372	184
20	294	66	325	167	495	245
25	368	83	407	209	619	307

Поэтому совершенно по-разному сложился баланс элементов питания в звене севооборота (таблица 80). По фосфору и калию баланс был положительным при всех дозах помёта, включая и 5-7,5 т/га (приложение 37).

При использовании куриного помёта в дозе 10 т/га отрицательный баланс составил 100 кг/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; Агеев В.В., Подколзин А.И., 2006). Профицит фосфора и калия достиг 128 и 135 кг/га.

От использования помёта кур в дозе 15 т/га баланс по азоту был минимальным и вполне допустимым – 24 кг/га в звене севооборота и 8 кг/га по каждой культуре. Профицит фосфора и калия по отношению к показателям с дозой 10 т/га

увеличивался на 79 и 110 кг/га. При внесении 20 и 25 т/га баланс азота был высокоположительным - 65 и 173 кг/га.

Таблица 80 - Баланс элементов питания в звене севооборота подсолнечник, озимая пшеница, озимая пшеница в среднем за 2011-2015 гг., 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	-	-	-	208	25	72	-208	-25	-72
куриный помёт, т/га									
10	175	164	237	275	36	102	-100	128	135
15	262	246	356	286	39	111	-24	207	245
20	349	327	475	284	40	111	65	287	364
25	437	409	594	264	36	99	173	373	495
утиный помёт, т/га									
10	34	87	124	256	33	95	-222	54	29
15	51	131	186	263	35	100	-212	96	86
20	67	175	248	265	36	101	-198	139	147
25	85	219	310	266	36	103	-181	183	207
азофоска, кг/га									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	25	25	25	220	27	79	-195	-2	-54
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	50	50	50	227	30	85	-177	20	-35
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	75	75	75	229	30	86	-154	45	-11

При внесении утиного помёта дефицит азота проявился от использования всех доз. При внесении наибольших доз – 20-25 т/га он был в пределах 200-180 кг/га. От использования утиного помёта в дозах 10 и 15 т/га ежегодный дефицит азота составляет 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. По сведениям А.П. Щербакова, И.Д. Рудай (1983), Г.П. Гамзикова (1986), Н.П. Богомазова (1994), Л.П. Бельтюкова (1996), на черноземных почвах при высокой агротехнике и создании благоприятных условий для нитрификации (рыхление междурядий) образование нитратов бывает достаточным не только для обеспечения вегетирующих растений, но и последующей культуры севооборота. Баланс фосфора положитель-

ный при всех дозах. Баланс калия был положительным при увеличении дозы с 7,5 до 10 т/га.

Глубокоотрицательный баланс азота отмечен на вариантах с минеральными удобрениями даже на фоне самой высокой дозы $N_{75}P_{75}K_{75}$ – 154 кг/га. Отрицательным он был и по калию, но при внесении наибольшей дозы незначительным – 11 кг/га. Использование азофоски в дозах $N_{50}P_{50}K_{50}$ и $N_{75}P_{75}K_{75}$ способствовало получению положительного баланса фосфора.

Как следствие, существенно отличались и коэффициенты использования НРК культурами. Максимальные коэффициенты за 2011-2015 гг. достигнуты при использовании куриного помёта в дозе 10 т/га: N - 57, P_2O_5 - 12, K_2O – 48% (таблица 81). С увеличением дозы они существенно снижались.

Таблица 81 – Коэффициенты использования НРК из удобрений в звене севооборота подсолнечник, озимая пшеница, озимая пшеница, %

Варианты	Среднее за 2011-2015 гг.			Среднее за 2012-2015 гг.		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
куриный помёт, т/га						
5	-	-	-	58	12	31
7,5	-	-	-	61	12	44
10	57	12	48	78	15	50
15	45	10	44	59	11	43
20	35	9	37	42	9	34
25	22	6	26	25	6	21
утиный помёт, т/га						
5	-	-	-	253	21	42
7,5	-	-	-	228	21	65
10	185	17	66	239	23	79
15	171	16	68	208	18	79
20	143	13	65	177	17	74
25	109	11	51	139	13	54
азофоска, кг/га						
$N_{25}P_{25}K_{25}$	80	16	112	84	16	124
$N_{50}P_{50}K_{50}$	68	22	116	72	22	110
$N_{75}P_{75}K_{75}$	60	17	113	61	16	119

При внесении утиного помёта наиболее существенно повысился коэффициент использования азота – до 185% при применении 10 т/га, что, безусловно, под-

тверждает существенное использование этого элемента из почвенных запасов. Меньшая разница по фосфору и калию в сравнении с куриным помётом: 17-16% по фосфору и 66-68% по калию на вариантах с дозами 10-15 т/га.

Внесение минеральных удобрений позволило получить более высокие коэффициенты усвоения, чем использование куриного и меньше – утиного, а по фосфору и калию они выше в обоих случаях.

4.7 Экономическая и биоэнергетическая эффективность выращивания культур в звене севооборота

Экономические расчеты подтверждают, что выращивание полевых культур в звене севооборота подсолнечник, озимая пшеница, озимая пшеница в СПК агрофирме «Новобатайская» является рентабельным (таблица 82).

Таблица 82 – Экономическая оценка применения куриного помёта в звене севооборота подсолнечник – озимая пшеница – озимая пшеница. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты (дозы помёта, т/га)	Расстояние транспортировки помёта, км			
	23	20	13	7
условно чистый доход, руб./га				
контроль	83415			
10	103790	104990	107790	110190
15	108307	110107	114307	117907
20	101731	104131	109731	114531
25	86614	89614	96614	102614
себестоимость 1 кг зерновых единиц, руб./кг				
контроль	3,53			
10	3,53	3,48	3,28	3,12
15	3,80	3,53	3,40	3,15
20	4,17	4,00	3,52	3,29
25	4,79	4,57	4,06	3,53
рентабельность, %				
контроль	203			
10	203	210	228	246
15	193	203	228	253
20	167	178	207	237
25	132	143	173	206

В среднем за 3 цикла на контрольном варианте рентабельность составила 203%, себестоимость 1 кг зерновых единиц 3,53 руб., уровень условно чистого дохода составил 83415 руб.

Экономически целесообразное расстояние перевозок куриного помёта с учетом его последствий в звене севооборота в среднем за 3 цикла для внесения в дозе 10 т/га – 23 км, 15 т/га – 20 км, 20 т/га – 13 км и 25 т/га – 7 км, утиного помёта в дозе 10 т/га – 15 км, 15 т/га – 13 км и 20 т/га – 10 км и 25 т/га – 7 км.

В среднем за 2 цикла чередования культур в звене севооборота с учетом последствий куриного помёта в дозе 5 т/га дальность его перевозки от места хранения 25 км, в дозах 7,5 и 10 т/га – 24 км. Экономически целесообразное расстояние транспортировки утиного помёта в дозе 5 т/га – 26 км, в дозах 7,5 и 10 т/га – 22 и 19 км (таблица 83).

Таблица 83 – Экономическая оценка применения утиного помёта в звене севооборота подсолнечник – озимая пшеница – озимая пшеница. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты (дозы помёта, т/га)	Расстояние транспортировки помёта, км			
	15	13	10	7
условно чистый доход, руб./га				
контроль	83415			
10	98959	99759	100959	102159
15	102543	103743	105543	107343
20	98947	100547	102947	105347
25	95953	97953	100953	103953
себестоимость 1 кг зерновых единиц, руб./кг				
контроль	3,53			
10	3,50	3,44	3,35	3,27
15	3,69	3,53	3,47	3,34
20	3,95	3,83	3,53	3,48
25	4,17	4,02	3,81	3,53
рентабельность, %				
контроль	206			
10	206	212	220	228
15	200	207	219	231
20	182	190	204	219
25	166	176	191	209

Применение минеральных удобрений под подсолнечник в дозах NPK 25-75

кг/га, изучаемых в опыте, было нерентабельным.

Анализ биоэнергетической оценки применения удобрений в среднем за 3 цикла чередования культур показал, что оно способствовало существенному увеличению затрат техногенной энергии – помёта в дозах 10-25 т/га по отношению к контрольному варианту на 10,5-26,1 – на минеральных – на 3,5-10,3 ГДж/га (таблица 84).

Таблица 84 – Биоэнергетическая оценка применения удобрений в звене севооборота подсолнечник – озимая пшеница – озимая пшеница. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Продуктивность, т/га зер. ед.	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Энергия, накопленная в урожае, ГДж/га	Энергоемкость продукции, ГДж/т зер. ед.	Прирост энергии в урожае, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
контроль	11,6	40,7	163,9	3,51	123,2	4,0
куриный помёт, т/га						
10	14,39	51,2	202,3	3,56	151,1	4,0
15	14,78	56,4	207,6	3,82	151,2	3,7
20	14,65	61,6	206,4	4,21	144,8	3,3
25	13,74	66,8	194,0	4,86	127,2	2,9
утиный помёт, т/га						
10	13,70	51,2	193,3	3,74	142,1	3,8
15	13,89	56,4	196,1	4,06	139,7	3,5
20	13,81	61,6	194,3	4,46	132,7	3,2
25	13,87	66,8	193,9	4,82	127,1	2,9
азофоска, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	12,08	44,2	169	3,66	124,8	3,8
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	12,37	47,6	173,5	3,85	125,9	3,6
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	12,47	51,0	174,9	4,09	123,9	3,4

Одинаковый коэффициент энергетической эффективности в опыте получен на контроле и под действием помёта в дозе 10 т/га. Использование помёта кур в дозах 10 и 15 т/га обеспечило наибольшее увеличение прироста энергии в урожае по сравнению вариантом без применения удобрений на 27,9-30,0 ГДж/га. Наибольшее увеличение прироста энергии от действия утиного помёта получено от

дозы 10 т/га. Но она меньше, чем от действия помёта кур в дозе 10 т/га на 9,0 ГДж/га.

В среднем за 2 цикла звена севооборота подсолнечник, озимая пшеница, озимая пшеница отмечены те же закономерности, что и в среднем за 3 цикла. Оптимальная доза куриного и утиного помёта 10 т/га.

Заключение к главе 4

1. Перед посевом подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. в слое почвы 0-40 см на контрольном варианте количество аммонийного азота составило 57,2, нитратного - 39,9 кг/га. При внесении перепревшего помёта осенью под вспашку количество N-NO₃ в почве повышалось к посеву с увеличением дозы куриного помёта на подстилке из подсолнечной лузги 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-NH₄ были нестабильными. От посева и до уборки подсолнечника количество N-NH₄ в почве на обоих видах помёта снизилось в 6 раз, уровень N-NO₃ в почве оставался на высоком уровне до фазы бутонизация, резко уменьшился к цветению и до уборки практически не изменялся.

В среднем за 2011-2013 гг. наибольшее повышение уровня минерального азота в слое почвы 0-40 см перед посевом подсолнечника получено при внесении 15 т/га куриного и 20 т/га утиного помёта - 141,7-142,0 кг/га. От посева до фазы цветения уровень N_{мин} в почве уменьшался на вариантах с обоими видами помёта. К уборке уровень N_{мин} в почве в блоке вариантов с куриным помётом стабилизировался, а с утиным помётом – повысился. Минеральные удобрения, внесённые под предпосевную культивацию, не оказали существенного влияния на динамику N_{мин} в почве.

Перед посевом озимой пшеницы в первый и во второй год последствий помёта максимальное повышение N_{мин} в слое почвы 0-40 см получено под влиянием наибольших доз помёта обоих видов. В среднем за вегетацию озимой пшеницы прослеживается нарастание преимущества последствий помёта с повышением

дозы. В первый год последствий 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 последствий помёта в дозе 10 т/га увеличение составило 13,9 и 19,3%, в дозе 25 т/га - 35,8 и 32,0%.

2. Применение куриного помёта в среднем за 2011-2013 гг. в дозах 10-25 т/га в слое почвы 0-40 см повышало содержание подвижного фосфора к посеву подсолнечника на 22,0-46,2%, а в целом за вегетацию – на 17,1-29,7%. Эффект от действия утиного помёта меньше. Увеличение уровня P_2O_5 перед посевом получено только в дозах 20-25 т/га – 28,8-51,5%. В среднем за вегетацию лишь от дозы 25 т/га – на 17,1%. Использование минеральных удобрений не способствовало увеличению уровня P_2O_5 почвы.

Перед посевом озимой пшеницы после подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. на последствиях куриного помёта в дозах 10-25 т/га содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см по сравнению с контролем увеличилось к фазе весеннее кущение до 4,1-7,2 мг/кг почвы. Достоверное влияние последствий куриного помёта на повышение уровня P_2O_5 в почве проявилось в целом за вегетацию озимой пшеницы от доз 10-25 т/га по сравнению с контролем на 18,7-22,4%, от утиного лишь в дозе 25 т/га – 15,0%.

Перед посевом озимой пшеницы на второй год последствий в среднем за 2012-2014 гг. также отмечено преимущество куриного помёта во влиянии на уровень P_2O_5 в почве, но различия между дозами помёта составили лишь 2,3-3,0 мг/кг почвы или 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 больше, чем на контроле. Достоверное влияние последствий утиного помёта перед посевом и в целом за вегетацию получено только от дозы 25 т/га.

Применение куриного помёта в среднем за 2011-2013 гг. как перед посевом подсолнечника, так и в целом за вегетацию в слое почвы 0-40 см способствовало равномерному повышению содержания калия при увеличении дозы с 5 до 25 т/га. 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.

3. В среднем за вегетацию озимой пшеницы в первый год последствий куриного помёта увеличение содержания K_2O составило 18-30 мг/кг почвы. На последствиях утиного помёта в целом за вегетацию калийный уровень почвы на всех вариантах отличался очень мало.

Во второй год последствий максимальное увеличение содержания обменного калия по сравнению с контролем в среднем за вегетацию озимой пшеницы на вариантах с 20 и 25 т/га помёта составляло лишь 14-20 мг/кг, в то время как при внесении куриного помёта в этих дозах – 37 и 34 мг/кг почвы. Однако во всех случаях оно было математически достоверным.

4. Применение обоих видов помёта в среднем за 2011-2013 гг. в растениях подсолнечника в фазу бутонизация и цветение увеличивало содержание всех элементов питания в сравнении с контролем, но оно не зависело от вида и дозы помёта. Под влиянием минеральных удобрений в эти фазы содержание NPK в растениях изменялось в такой же степени, как и при внесении куриного помёта. Концентрация NPK в семенах и вегетативной массе подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. под влиянием помёта обоих видов изменялась практически одинаково, но не зависело от дозы. Действие минеральных удобрений на содержание азота было слабее, на содержание калия – только в наибольшей дозе в семенах, а по концентрации фосфора в вегетативной массе на фоне средней и повышенной доз несколько сильнее, чем помёта.

В фазу весеннее кущение озимой пшеницы в первый год последствий в среднем за 2012-2014 гг. большее влияние на содержание азота в растениях оказал куриный помёт, чем утиный. Концентрация фосфора и калия от последствий не зависела от вида помёта. В фазу колошение проявилось преимущество куриного помёта во влиянии на содержание NPK по сравнению с утиным. В зерне наибольшая концентрация азота и калия отмечена на последствиях куриного помёта в дозе 20 т/га. Содержание азота на последствиях утиного помёта было меньше, а калия – таким же. Достоверное увеличение в содержании фосфора получено на

всех вариантах опыта с помётом, но различия в зависимости от дозы несущественны. В соломе максимальное содержание азота получено на последствие куриного и утиного помёта в дозе 20 т/га, калия – в максимальной дозе.

Концентрация азота и калия в растениях озимой пшеницы во второй год последствия в среднем за 2013-2015 гг. в фазу весеннее кущение и колошение существенно увеличивалась на вариантах с последствием помёта обоих видов в дозе 25 т/га. Изменения количества фосфора также достоверны, но не зависели от дозы. Максимальное содержание азота и калия в зерне и соломе пшеницы от последствия отмечено на вариантах с последствием помёта обоих видов в дозах 20-25 т/га. Влияние последствия помёта в зависимости от дозы на содержание фосфора менее существенно.

5. В среднем за 2011-2013 гг. прибавка урожайности подсолнечника 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.

В первый год последствия куриного и утиного помёта в дозе 10 т/га в среднем за 2012-2014 гг. на озимой пшенице наиболее эффективно. Прибавка по сравнению с контролем составила 1,34 и 1,30 т/га или 35,9 и 34,8%.

В среднем за 2013-2015 гг. во второй год последствия куриного помёта урожайность озимой пшеницы 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 12,6%. Влияние азофоски было несущественным в оба года последствия.

В среднем за 3 цикла максимальная продуктивность звена севооборота 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%.

6. Сбор масла в урожае семян подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. увеличивался по сравнению с контролем при внесении куриного помёта в дозе 15 т/га на 49,3%, от утиного в дозе 20 т/га – на 37,6%. Прибавка к контролю от внесения азофоски в дозах NPK 50-75 кг/га составила 26,7-26,8%.

Максимальное увеличение в сборе белка в урожае озимой пшеницы к контролю в среднем за 2012-2014 гг. получено в первый год последствий куриного помёта в дозе 15 т/га – 54,9%, утиного в дозе 20 т/га – 43,3%. Во второй год последствий наибольшая прибавка по сравнению с контролем в сборе белка с урожаем озимой пшеницы получена на варианте с куриным помётом в дозе 20 т/га на 20,1%. Эффект от последствий утиного помёта в оптимальной дозе 15 т/га был достоверно меньше на 8,5%.

Наибольшая прибавка в суммарном сборе белка с урожаем озимой пшеницы в первый и второй годы последствий в среднем за 3 цикла звена получена на варианте с дозами куриного помёта 15 и 20 т/га – 33,8-34,4%, эффект от утиного помёта в дозе 15 т/га был меньше на 9,3%.

Содержание клейковины в зерне пшеницы в первый год последствий увеличивалось на вариантах с дозой 15 т/га куриного и утиного помёта до 25,8-26,6%. На второй год последствий эффект был меньше – 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 год последствий – четвертому на всех вариантах.

7. При применении помёта обоих видов баланс фосфора был положительным при 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 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.

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%. Использование из утиного помёта в дозах 10-15 т/га фосфора 17-16% и калия - 66-68%.

Экономически обоснованная дальность транспортировки куриного помёта с учетом его последствий в звене севооборота при внесении в дозах 10, 15, 20 и 25 т/га составило – 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 по изучению влияния перепревшего подстилочного куриного помёта на продуктивность звена полевого севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох проведены в трёх циклах в 2010-2015 гг. в условиях СПК агрофирмы «Новобатайская» Кагальницкого района Ростовской области. Почва места проведения исследований – 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 основную обработку почвы и заделывали плугом на глубину 25-27 см. Азофоску 16-16-16 вносили весной под предпосевную культивацию сахарной свёклы. Предшественник сахарной свёклы – озимая пшеница. Повторность опыта четырехкратная. Размещение делянок рендомизированное. Площадь делянки 36 м² (6 м * 6 м). Учетная площадь на сахарной свёкле – 16,8, ячмене и горохе – 6 м².

Использовали перепревший куриный помёт на подстилке из подсолнечной лузги производства птицефабрики «Приазовская» Кагальницкого района Ростовской области (таблица 42).

Основная обработка почвы под яровой ячмень и горох в звене полевого севооборота – дискование на глубину 10-12 см.

Объекты исследований: гибрид сахарной свёклы ОРИКС. Оригинатор: компания СЕСВАНДЕРХАВЕ. Сорт ярового ячменя Приазовский 9. Оригинатор: Всероссийский научно-исследовательский институт зерновых культур им. И.Г. Калиненко (ВНИИЗК). Сорт гороха Аксайский усатый 5. Выведен Донским зо-

нальным научно-исследовательским институтом сельского хозяйства (ДЗНИ-ИСХ).

5.2 Содержание продуктивной влаги в почве под культурами звена севооборота

Обеспеченность почвы доступной влагой перед посевом сахарной свёклы в 2011-2013 гг. была высокой и в слое 0-100 см достигала 209,5-224,5 мм (таблица 85).

Таблица 85 – Динамика продуктивной влаги в почве под сахарной свеклой, мм

Слой почвы, см	Годы	Срок отбора образцов, дата			
		перед посевом	смыкание в рядах	смыкание в междурядьях	уборка
		30.03.11.	14.06.11.	19.07.11.	15.09.11.
0-20	2011	45,3	21,9	3,8	7,2
20-40		45,9	31,0	8,5	9,3
0-60		136,1	81,3	27,5	26,9
0-100		221,9	151,3	64,3	26,9
	2012	10.04.12.	11.06.12.	14.07.12.	22.09.12.
0-20		42,3	17,4	7,5	6,4
20-40		40,6	24,4	10,1	6,8
0-60		125,3	72,0	32,0	20,7
0-100		209,5	141,9	59,0	39,6
	2013	14.04.13.	5.06.13.	17.07.13.	7.10.13.
0-20		39,9	30,6	1,7	29,4
20-40		41,3	27,0	2,2	25,4
0-60		124,5	94,4	5,9	74,7
0-100		224,5	172,0	16,8	106,9

За вегетационный период свёклы в почвенном слое 0-100 см в 2011 году количество доступной влаги снизилось в 8,3 раза, в 2012 году – в 5,3 раза. Резкое иссушение почвы в 2013 году зафиксировано во второй половине вегетации. В профиле почвы мощностью 0-100 см почвы запас влаги составил лишь 16,8 мм. Выпавшие осадки в сентябре 2013 года повысили содержание доступной влаги в

метровом слое к моменту проведения уборки в 6,4 раза по сравнению с предыдущим сроком отбора.

Перед посевом ярового ячменя содержание доступной влаги в почвенном слое мощностью 0-100 см в годы опытов оценивалось как высокое и в 2013 и 2014 гг. составило 196,6 и 196,8 мм. Наибольшее количество влаги зафиксировано в 2012 году – 230,8 мм (таблица 86).

Таблица 86 – Динамика продуктивной влаги в почве под яровым ячменём, мм

Слой почвы, см	Годы	Срок отбора образцов, дата			
		перед посевом	кущение	колошение	уборка
		29.03.12.	18.04.12.	10.05.12.	2.07.12.
0-20	2012	44,8	35,6	11,9	7,5
20-40		43,8	36,8	11,8	14,7
0-60		133,9	111,3	39,3	33,9
0-100		230,8	173,9	77,6	65,8
	2013	15.03.13.	10.04.13.	27.05.13.	28.06.13.
0-20		42,0	22,0	8,8	31,4
20-40		28,4	17,4	13,9	19,2
0-60		111,3	59,8	39,5	61,0
0-100		196,6	106,1	81,7	82,5
	2014	25.03.14.	6.04.13.	26.05.14.	29.06.14.
0-20		30,5	25,6	13,1	5,6
20-40		32,4	22,4	9,4	10,2
0-60		100,4	75,1	32,3	23,3
0-100		196,8	145,1	68,6	43,2

В течение вегетации ярового ячменя во все годы влагообеспеченность почвы поддерживалась на высоком уровне. За весь вегетационный период ячменя содержание доступной влаги в метровом слое почвы в 2012 году снизилось в 3,5 раза, в 2014 г. – в 4,6 раза. В 2013 г. интенсивное уменьшение содержания доступной влаги в почве происходило до фазы колошение, но к уборке стабилизировалось на одном уровне.

Перед посевом гороха в 2012-2014 гг. запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы были высокими и составили 201,0-219,2 мм (таблица 87). В 2013 году от начального этапа вегетации и до фазы стеблевания запас почвенной влаги

снижился в 2 раза. К уборке её количество в почве повысилось за счёт обильного выпадения осадков. В 2014 и 2015 гг. в течение вегетации гороха в профиле почвы количество влаги уменьшалось. Во все годы влагообеспеченность почвы была удовлетворительной, что позволило сформировать высокую урожайность гороха.

Таблица 87 – Динамика продуктивной влаги в почве под горохом, мм

Слой почвы, см	Годы	Срок отбора, дата			
		перед посевом	стеблевание	цветение	уборка
		15.03.13.	12.04.13.	8.05.13.	20.06.13.
0-20	2013	38,0	18,0	5,4	30,4
20-40		35,2	22,4	18,0	17,3
0-60		116,3	76,0	44,4	72,1
0-100		219,2	149,0	107,0	141,6
	2014	20.03.14.	10.04.14.	10.05.14.	26.06.14.
0-20		35,6	24,5	12,6	8,5
20-40		33,8	23,6	15,6	11,6
0-60		104,8	70,7	41,6	30,6
0-100		201,0	132,5	87,0	54,8
	2015	17.03.15.	14.04.15.	6.05.15.	29.06.15.
0-20		39,9	26,9	15,9	10,3
20-40		35,7	24,8	20,1	12,8
0-60		121,7	76,8	55,2	39,5
0-100		210,0	148,2	110,8	76,4

5.3 Динамика и содержание доступных элементов питания в почве под сахарной свёклой, яровым ячменём и горохом

В начальный период вегетации сахарной свёклы на варианте без применения удобрений содержание $N-NH_4$ в 40-сантиметровом почвенном слое максимальным было в 2011 году 60,4 кг/га, в 2012 году – 51,5 и наименьшим в 2013 году – 42,8 кг/га, а за 2011-2013 гг. составило 51,6 кг/га (таблица 88). Существенное действие помёта кур, заделанного осенью под вспашку, на количество $N-NH_4$ перед посевом свёклы получено во все годы, кроме использования небольших доз 5 и 7,5 т/га. Но закономерности во влиянии дозы помёта на запасы аммонийного азота в почве в разные годы не было. В 2011 г. максимум получен от действия до-

зы 15 т/га, в 2012 г. – 25 и в 2013 г. – 20 т/га. Наибольшее повышение количества N-NH₄ за 2011-2013 годы перед посевом достигнуто от доз 15 и 20 т/га, которое составило 36-38%.

Таблица 88 – Динамика аммонийного и нитратного азота в слое почвы 0-40 см при внесении куриного помёта и азофоски, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

Вариан- ты	Срок отбора							
	перед посевом		смыкание в рядках		смыкание в ме- ждурядьях		уборка	
	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃
контроль	51,6	50,4	16,7	30,4	5,7	50,8	5,8	41,8
куриный помёт осенью под вспашку, т/га								
10	64,6	61,7	19,6	43,4	8,9	55,9	8,6	54,8
15	70,2	66,3	19,5	41,3	8,0	59,3	7,8	61,9
20	71,3	72,7	19,6	41,3	9,2	78,0	6,3	70,6
25	66,2	69,9	22,7	34,9	7,8	86,9	6,8	87,2
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га								
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀			19,2	35,2	7,7	58,8	6,3	49,9
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀			17,9	38,0	8,1	68,2	7,4	58,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀			21,2	40,5	8,7	69,9	7,4	55,0
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀			22,5	38,5	8,1	73,1	7,2	74,3
НСР ₀₅	9,6	10,5	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	20,2	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

В среднем за 2011-2013 гг. в фазу смыкания листьев в рядках растениями свёклы при внесении азофоски под предпосевную культивацию запасы аммонийного азота увеличивались по сравнению с вариантом без применения удобрений на 5,8-34,7%. Но эти различия математически недостоверны.

От начального периода вегетации свёклы и до фазы смыкания листьев в междурядьях на контрольном варианте и под влиянием удобрений в почвенном слое 0-40 см отмечено резкое снижение количества N-NH₄. Это обусловлено потреблением его растениями свёклы и почвенной микрофлорой, а также, возможно, обменной фиксацией глинистыми минералами почвы вследствие снижения влажности почвы (Петербургский А.В., 1979; Минеев В.Г., 1999; Ряховский А.В., Кравченко В.Н., Лысенко С.И., 2007). К моменту проведения уборки запасы аммонийного азота существенно не изменялось.

В начальный период развития сахарной свёклы запас $N-NO_3$ в слое почвы 0-40 см на контроле был максимальным в 2012 году 67,0 кг/га, в 2011 году – 46,4 и наименьшим в 2013 г. – 36,4 кг/га. За 2011-2013 годы оно достигало 50 кг/га. Использование куриного помёта существенно увеличивало количество $N-NO_3$ перед посевом свёклы, за исключением минимальной дозы 5 т/га в 2013 году. Но закономерности во влиянии дозы на запасы нитратного азота в слое почвы 0-40 см не было. В 2011 году наибольшее количество получено под действием 20 т/га, в 2012 году – 7,5 т/га и в 2013 году – 15 т/га. За 2011-2013 годы максимум увеличения $N-NO_3$ по сравнению с контролем зафиксирован от дозы 20 т/га – 44,3%.

При внесении азофоски в 2011-2013 гг. содержание $N-NO_3$ в фазу смыкания листьев в рядках растений свёклы повысилось по сравнению с вариантом без применения удобрений на 15,8-33,2%. Но эти различия были математически не достоверны.

За 2011-2013 гг. от посева и до фазы смыкания листьев в рядках в почве происходило снижение запаса $N-NO_3$. Это обусловлено его потреблением растениями свёклы и, возможно, газообразными потерями на денитрификацию.

К следующему отбору в фазу смыкания листьев в междурядьях его запас увеличился, но к уборке снова уменьшился. В фазу смыкания листьев в рядках количество доступной влаги в почвенном 40-сантиметровом слое было высоким и достигало в 2012 году 41,8 мм, в 2011 и 2013 годы – 52,9-57,6 мм. Хорошая влажность почвы, а также проведение междурядных обработок в предшествующий период способствовали улучшению аэрации почвы, что обеспечило усиление процессов нитрификации в течение вегетации свёклы, а на вариантах с помётом минерализации органического вещества.

За 2011-2013 гг. количество $N_{мин}$ на варианте без применения удобрений в почвенном слое 0-40 см перед посевом свёклы достигало 102,0 кг/га (таблица 89). Под влиянием помёта наибольшее количество $N_{мин}$ в почвенном слое 0-40 см зафиксировано от действия органического удобрения в дозе 15 т/га. Увеличение по отношению к варианту без применения удобрений достигало 37,1%. Различия количества $N_{мин}$ в почве за весь вегетационный период на контроле и на вариантах с

удобрениями были сходными с динамикой нитратного азота. В фазу смыкания листьев в междурядьях достоверное увеличение количества $N_{\text{мин}}$ по сравнению с контролем получено от доз помёта 20 и 25 т/га – 54,1-67,3%, а азофоски в дозах НРК 120 и 150 кг/га – 38,9-43,5%. К моменту проведения уборки различия между вариантами опыта с разными дозами удобрений сглаживались.

Таблица 89 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под сахарной свёклой при внесении куриного помёта и азофоски, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора			
	перед посевом	смыкание в рядках	смыкание в междурядьях	уборка
контроль	102,0	47,2	56,6	47,6
куриный помёт осенью под вспашку, т/га				
10	116,3	63,0	64,8	63,5
15	139,8	60,9	67,3	69,6
20	137,4	50,9	87,2	76,9
25	136,1	57,5	94,7	94,1
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га				
$N_{60}P_{60}K_{60}$		54,4	66,5	56,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$		55,9	76,6	66,2
$N_{120}P_{120}K_{120}$		61,7	78,6	62,5
$N_{150}P_{150}K_{150}$		61,0	81,2	81,4
НСР ₀₅	13,1	$F_{\text{ф}} < F_{\text{теор}}$	21,6	$F_{\text{ф}} < F_{\text{теор}}$

Количество $N_{\text{мин}}$ перед посевом ярового ячменя в почвенном слое 0-40 см на варианте без применения удобрений за 2012-2014 гг. достигало 115 кг/га (таблица 90).

Существенное увеличение количества $N_{\text{мин}}$ в почве в первый год последствия куриного помёта получено в дозах 15-25 т/га. Максимальная прибавка по сравнению с контролем от дозы 25 т/га помёта кур составила 52,7 кг/га. Эффекта от последствия азофоски не было. Количество $N_{\text{мин}}$ на вариантах опыта в почвенном слое 0-40 см снижалось от посева ячменя и до уборки, что обусловлено интенсивным его потреблением растениями. В среднем за вегетацию ячменя наибольшая обеспеченность почвы $N_{\text{мин}}$ зафиксирована от последствия помёта в дозах 10-25 т/га, но различия от дозы математически недостоверны.

Таблица 90 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под яровым ячменём при внесении удобрений, кг/га. Среднее за 2012-2014 гг. Первый год последствия

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегета-цию
	перед по-севом	кущение	колошение	уборка	
контроль	115,4	74,9	41,5	39,2	67,7
последствие куриного помёта, т/га					
10	136,6	90,8	53,2	49,7	82,6
15	152,6	83,9	57,0	42,3	84,0
20	161,3	84,6	50,1	42,5	84,6
25	168,1	79,6	53,2	41,5	85,6
последствие азофоски, кг/га					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	126,9	81,4	44,8	32,9	73,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	127,7	83,3	50,1	38,2	76,5
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	125,3	76,4	43,5	39,7	72,9
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	125,0	84,1	47,9	41,1	76,2
НСР ₀₅	28,5	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	9,5

Количество минерального азота в среднем за 2013-2015 гг. перед посевом гороха в почвенном слое 0-40 см на контроле достигало 105,8 кг/га (таблица 91).

Таблица 91 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под горохом при внесении удобрений, кг/га. Среднее за 2013-2015 гг. Второй год последствия

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегета-цию
	перед посевом	стеблевание	цветение	уборка	
контроль	105,8	74,4	51,6	63,6	73,9
последствие куриного помёта, т/га					
10	117,1	78,1	61,8	70,9	82,0
15	120,3	90,2	68,9	73,5	88,2
20	119,1	94,3	72,1	77,0	90,6
25	113,0	99,5	76,1	72,2	90,2
последствие азофоски, кг/га					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	101,0	77,3	55,6	64,1	74,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	103,3	84,1	61,6	62,0	77,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	105,4	84,1	74,6	65,4	82,4
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	104,6	75,8	74,3	65,0	80,4
НСР ₀₅	8,6	$F_{\phi} < F_{\text{теор.}}$	11,3	$F_{\phi} < F_{\text{теор.}}$	8,7

Существенное увеличение N_{мин} получено во второй год последствия куриного помёта на всех вариантах опыта за исключением доз 5 и 7,5 т/га. Макси-

мум по сравнению с вариантом без удобрений достигнут от дозы 15 т/га – 13,7%. Но различия между дозами помёта в количестве минерального азота недостоверны. Эффекта от последствия азотоски не было.

От посева гороха и до фазы цветения в слое почвы 0-40 см отмечено снижение количества $N_{\text{мин}}$ на всех вариантах опыта. К уборке запасы $N_{\text{мин}}$ повысились. По-видимому, это объясняется уменьшением потреблением $N_{\text{мин}}$ растениями гороха и пополнением его запасов за счёт симбиотической азотфиксации. На последствии куриного помёта в дозе 25 т/га и азотоски в дозах NPK 120 и 150 кг/га снижение количества $N_{\text{мин}}$ в почве отмечено до завершения вегетации свёклы. За весь вегетационный период гороха максимальное содержание $N_{\text{мин}}$ в почвенном слое было на последствии помёта в дозе 20 т/га.

По данным академика В.Г. Сычёва с соавторами (2012), динамика содержания подвижного фосфора в почвах России отрицательная. За период 2000-2010 гг. наблюдается стабильное увеличение площадей пахотных земель с очень низким, низким и средним содержанием подвижного фосфора. Не является исключением и Ростовская область.

Перед посевом свёклы количество доступного P_2O_5 на варианте без применения удобрений в почвенном слое 0-40 см было наименьшим в 2012 году 12,5 мг/кг, в 2011 году 13,6 и наибольшим в 2013 году 16,4 мг/кг, то есть была низкой и пограничной между средней и низкой обеспеченностью. За 2011-2013 годы оно составило 14,2 мг/кг почвы (таблица 92). Достоверное увеличение уровня P_2O_5 в 40-сантиметровом почвенном слое перед посевом свёклы достигнуто под действием помёта кур, кроме минимальной дозы в 2012 и 2013 годы и 10 т/га в 2011 году. Содержание доступного фосфора увеличивалось под действием помёта в дозе до 25 т/га в 2011 и 2012 годы и до 10 т/га - в 2013 году. За 2011-2013 гг. повышение количества P_2O_5 по сравнению с контролем от доз 10-25 т/га составило 3,8-4,8 мг/кг почвы или 26,8-33,8%. В среднем за 2012-2013 гг. достоверное увеличение уровня подвижного фосфора по сравнению с контролем в слое почвы 0-40 см получено под действием помёта в дозе 7,5 т/га, но оно существенно ниже, чем от дозы 10 т/га.

Таблица 92 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под сахарной свёклой при внесении куриного помёта и азофоски, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора			
	перед посевом	смыкание в рядках	смыкание в междурядьях	уборка
контроль	14,2	12,9	12,1	13,3
куриный помёт осенью под вспашку, т/га				
10	18,0	15,2	15,4	13,5
15	19,0	14,9	14,8	14,8
20	18,8	13,9	15,8	15,2
25	19,0	14,1	14,3	15,5
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га				
$N_{60}P_{60}K_{60}$		14,6	13,6	11,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$		13,4	12,1	11,4
$N_{120}P_{120}K_{120}$		14,8	12,7	11,5
$N_{150}P_{150}K_{150}$		15,7	13,4	9,8
HCP_{05}	3,1	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$

Наибольшая прибавка в содержании подвижного фосфора в фазу смыкание листьев в рядках растений за 2011-2013 гг. от использования минеральных удобрений отмечено от действия максимальной дозы. Но эти различия математически недостоверны.

Изменения содержания доступного P_2O_5 в почве под свёклой после усреднения данных за 2011-2013 гг. имела разнонаправленный характер. На контроле от посева и до фазы смыкание листьев в междурядьях в почвенном слое 0-40 см происходило снижение обеспеченности почвы P_2O_5 , что объясняется его потреблением растениями. Но к уборке его количество в почве увеличивалось по отношению к предыдущему сроку отбора на 9,9%. Вероятно, выпавшие осадки в августе и сентябре перед уборкой свёклы способствовали восстановлению равновесия в почвенном растворе между различными формами фосфатов. На вариантах с применением куриного помёта в фазу смыкание листьев в рядках содержание подвижного фосфора в почве снизилось, а в последующие сроки отбора оставалось практически на одном уровне или повысилось (25 т/га). Более высокая обеспеченность почвы подвижным фосфором в течение вегетации свёклы под действием помёта объясняется пополнением количества P_2O_5 в результате процессов

минерализации органического вещества помёта, несмотря на его интенсивное потребление растениями свёклы.

При внесении минеральных удобрений количество доступного фосфора равномерно уменьшалось от фазы смыкания листьев в рядках и до уборки свёклы. Таким образом, изменения содержания подвижного фосфора в почве свидетельствует о значительном варьировании его концентрации в период формирования урожая. Минимальное содержание доступного фосфора приходится на фазы с активным ростом растений (Филин В.И., Оконов М.М., 2004).

Перед посевом ярового ячменя по предшественнику сахарная свёкла в 2012-2014 гг. содержание доступного P_2O_5 в почвенном слое 0-40 см составило 15,2 мг/кг, и соответствовало пограничной между средней и низкой обеспеченностью почвы (таблица 93).

Таблица 93 – Динамика подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под яровым ячменем при внесении куриного помёта и азофоски, мг/кг почвы. Среднее за 2012-2014 гг. Первый год последствий

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	кущение	колошение	уборка	
контроль	15,2	14,2	12,4	11,2	13,3
последствие куриного помёта, т/га					
10	17,0	15,7	16,1	13,9	15,7
15	17,2	16,0	15,8	15,0	15,8
20	16,4	15,4	15,6	14,3	15,4
25	15,8	15,9	15,8	14,7	15,5
последствие азофоски, кг/га					
$N_{60}P_{60}K_{60}$	16,1	14,8	14,1	12,0	14,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$	16,3	14,9	13,7	12,0	14,3
$N_{120}P_{120}K_{120}$	16,2	14,9	14,0	11,9	14,3
$N_{150}P_{150}K_{150}$	16,0	14,7	13,5	12,1	14,1
HCP_{05}	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	1,9	2,7	1,4

Существенного влияния последствий помёта и азофоски перед посевом ячменя на уровень P_2O_5 в почве не было. В течение вегетации в почве происходило снижение уровня подвижного фосфора. Существенное увеличение на вариантах с последствием помёта в дозах 10-25 т/га получено в фазу колошение, кото-

рое по отношению к варианту без применения удобрений достигало 25,8-29,8%. Эти различия не зависели от дозы помёта. Преимущество вариантов с последствием помёта сохранилось к моменту проведения уборки ячменя, а также было достоверным в среднем за вегетацию. Прибавка по отношению к контрольному варианту за весь вегетационный период достигала 16,5-18,8%.

Перед посевом гороха по предшественнику яровой ячмень количество доступного P_2O_5 за 2013-2015 гг. на варианте без применения удобрений в слое почвы 0-40 см составило 15,0 мг/кг, и соответствовало пограничной между низкой и средней обеспеченностью (таблица 94).

Таблица 94 – Динамика подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под горохом при внесении куриного помёта и азофоски, мг/кг почвы. Среднее за 2013-2015 гг. Второй год последствия

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	стеблевание	цветение	уборка	
контроль	15,0	14,7	14,0	13,2	14,2
последствие куриного помёта, т/га					
10	16,0	15,4	14,8	14,0	15,1
15	16,6	16,2	15,4	14,9	15,8
20	16,5	15,7	14,9	14,3	15,3
25	16,1	15,4	14,4	14,0	15,0
последствие азофоски, кг/га					
$N_{60}P_{60}K_{60}$	15,2	14,4	13,8	13,0	14,1
$N_{90}P_{90}K_{90}$	15,3	14,4	14,0	13,6	14,3
$N_{120}P_{120}K_{120}$	15,4	14,7	13,9	13,4	14,4
$N_{150}P_{150}K_{150}$	15,5	14,9	14,2	13,8	14,6
HCP_{05}	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6

На второй год последствия куриного помёта получено существенное повышение доступного P_2O_5 в почвенном слое 0-40 см от всех доз, за исключением минимальных 5 и 7,5 т/га. Прибавка по отношению к варианту без применения удобрений составила 6,7-10,7%. Различия между влиянием дозы помёта на содержание P_2O_5 в почве отсутствовали. От посева гороха и до полной спелости в почвенном слое 0-40 см происходило снижение количества доступного P_2O_5 , что обусловлено потреблением его растениями гороха. Преимущество вариантов с по-

следствием помёта сохранилось в течение всей вегетации гороха, кроме действия наибольшей дозы. За весь вегетационный период максимальная обеспеченность почвы P_2O_5 достигнута от действия 15 т/га. Увеличение по отношению к контролю достигало 11,3%.

В начальном периоде развития свёклы в почвенном слое 0-40 см количество K_2O было наименьшим в 2011 году 519 мг/кг и наибольшим в 2012 и 2013 годы - 682 и 657 мг/кг, то есть соответствовало высокой и очень высокой обеспеченности почвы. За 2011-2013 гг. оно составило 619 мг/кг почвы (таблица 95).

Таблица 95 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см под сахарной свёклой при внесении куриного помёта и азофоски, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора			
	перед посевом	смыкание в рядах	смыкание в междурядьях	уборка
контроль	619	570	516	495
куриный помёт осенью под вспашку, т/га				
10	653	528	473	489
15	666	532	509	487
20	661	539	497	488
25	648	550	508	525
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га				
$N_{60}P_{60}K_{60}$		531	461	457
$N_{90}P_{90}K_{90}$		532	473	486
$N_{120}P_{120}K_{120}$		550	477	494
$N_{150}P_{150}K_{150}$		531	463	471
HCP_{05}	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	38	$F_{\phi} < F_{теор}$

Применение куриного помёта осенью под вспашку повышало содержание K_2O в почвенном слое 0-40 см перед посевом свёклы. Но закономерности во влиянии дозы помёта на этот показатель не было. В 2011 году уровень K_2O в почвенном слое 0-40 см увеличивался при доведении дозы до 20 т/га, в 2012 году – до 10 т/га и в 2013 году – до 15 т/га. За 2011-2013 гг. максимум количества K_2O получен под действием дозы 15 т/га по сравнению с вариантом без применения удобрений на 7,6%. Но эти различия между вариантами опыта в зависимости от дозы помёта математически недостоверны.

При внесении азофоски весной под предпосевную культивацию количество обменного калия в слое 0-40 в фазу смыкания листьев в рядках по сравнению с контролем было меньше на 20-39 мг/кг почвы. Но данные различия незначительны. На контроле от посева и до уборки свёклы содержание K_2O равномерно уменьшалось. При внесении удобрений интенсивное снижение обеспеченности почвы K_2O происходило до фазы смыкания листьев в междурядьях. К уборке количество обменного калия не изменялось.

Обеспеченность почвы обменным калием перед посевом ячменя по предшественнику сахарная свёкла в среднем за 2012-2014 гг. оценивалась как пограничная между высокой и очень высокой и составила в почвенном слое 0-40 см 609 мг/кг (таблица 96).

Таблица 96 – Динамика обменного калия в слое почвы 0-40 см под ячменём при внесении удобрений, мг/кг почвы. Среднее за 2012-2014 гг. Первый год последействия

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	кущение	колошение	уборка	
контроль	609	566	509	501	546
последствие куриного помёта, т/га					
10	641	588	516	528	568
15	636	580	504	543	566
20	653	607	525	503	572
25	639	594	495	523	563
последствие азофоски, кг/га					
$N_{60}P_{60}K_{60}$	612	561	509	499	545
$N_{90}P_{90}K_{90}$	618	578	501	510	552
$N_{120}P_{120}K_{120}$	615	576	513	515	555
$N_{150}P_{150}K_{150}$	623	578	508	521	558
HCP_{05}	21	$F_{\phi} < F_{теор.}$	$F_{\phi} < F_{теор.}$	$F_{\phi} < F_{теор.}$	$F_{\phi} < F_{теор.}$

Отмечено существенное влияние последствия помёта на увеличение уровня K_2O в почве, кроме небольших доз в 2013 и 2014 годы. За 2012-2014 гг. количество K_2O в слое почвы 0-40 см повышалось по сравнению с контролем на 27-44 мг/кг или на 4,4-7,2% и не зависело от дозы помёта. Эффект от последствия азофоски отсутствовал.

От посева до фазы колошение ячменя в почвенном слое 0-40 см происходило уменьшение содержания K_2O . Различия между вариантами с помётом и контролем сглаживались и были математически недостоверны. В уборку количество K_2O в почве существенно не изменилось. По-видимому, это снижение обменного калия объясняется не только его потреблением растениями ячменя, но и необменной фиксацией почвенными минералами вследствие снижения влажности почвы (Ониани О.Г., 1981; Минеев В.Г., 1999).

Перед посевом гороха, третьей культуры звена севооборота, по предшествующему яровой ячмень количество K_2O в почвенном слое 0-40 см на контроле за 2013-2015 гг. достигало 570 мг/кг почвы и соответствовало высокой обеспеченности (таблица 97).

Таблица 97 – Динамика обменного калия в слое почвы 0-40 см под горохом при внесении удобрений, мг/кг почвы. Среднее за 2013-2015 гг. Второй год последействия

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	стеблевание	цветение	уборка	
контроль	570	555	526	516	542
последствие куриного помёта, т/га					
10	583	558	537	519	550
15	581	556	530	516	546
20	592	557	522	521	548
25	594	563	539	526	555
последствие азофоска, кг/га					
$N_{60}P_{60}K_{60}$	574	557	522	513	542
$N_{90}P_{90}K_{90}$	579	554	524	524	545
$N_{120}P_{120}K_{120}$	577	555	530	519	545
$N_{150}P_{150}K_{150}$	589	551	528	520	547
HCP_{05}	22	$F_{\phi} < F_{теор.}$	$F_{\phi} < F_{теор.}$	$F_{\phi} < F_{теор.}$	$F_{\phi} < F_{теор.}$

Перед посевом гороха существенное возрастание количества K_2O в почвенном слое 0-40 см получено во второй год последействия помёта лишь в дозах 20 и 25 т/га. В течение вегетационного периода происходило равномерное уменьшение обеспеченности почвы K_2O . Но отличия в зависимости от дозы отсутствовали.

5.4 Биометрические показатели, содержание и динамика поступления элементов питания в растения

В фазу смыкания листьев в рядах сахарной свёклы за 2011-2013 гг. существенного увеличения высоты и массы надземной части растений под действием куриного помёта и минеральных удобрений не было. Более существенное влияние оказало применение удобрений в эту фазу на массу подземной части растений свёклы. На контроле она составила 61 г. Наибольшая прибавка по сравнению с контролем получена под действием помёта в дозе 15 т/га - 54 г или 88,5%, от минеральных удобрений в максимальной дозе - 37 г или 60,7%.

За 2011-2013 гг. в фазу смыкания листьев в междурядьях растений свёклы отмечена лишь тенденция увеличения высоты надземной части под действием удобрений, так как эти различия математически недостоверны. Наибольшая масса ботвы сформирована под действием помёта в дозе 15 т/га. Эффект от применения минеральных удобрений существенно меньше. Максимальное увеличение подземной массы растений получено от дозы помёта 20 т/га, которое по отношению к варианту без применения удобрений (321 г) достигало 336 г или 104,7%, от действия минеральных удобрений в максимальной дозе - 62,0% (приложение 38).

В фазу смыкания листьев в рядах существенного влияния на содержание NPK в надземной части растений свёклы, а также азота и фосфора в подземной массе не отмечено. Концентрация калия на контроле в подземной массе составила 1,46% (таблица 98). Достоверное увеличение его содержания получено под влиянием помёта в дозах 15-25 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 0,43-0,45%.

Концентрация азота в надземной части растений свёклы в фазу смыкания листьев в междурядьях за 2011-2013 гг. на контрольном варианте снизилась по сравнению с содержанием в предыдущую фазу на 1,10% и составила 2,97%. Наибольшее увеличение концентрации азота по сравнению с вариантом без применения удобрений на 0,55 и 0,46% получено под влиянием помёта в дозах 10 и 15 т/га.

[illegible]

Повышение дозы помёта приводило к снижению количества этого элемента в надземной массе растений, что обусловлено эффектом «ростового разбавления». В 2012 и 2013 гг. концентрация азота в растениях увеличивалась под действием помёта в небольших дозах, но максимума достигало под влиянием дозы 10 т/га. Под влиянием удобрений в фазу смыкания листьев в междурядьях концентрация фосфора в надземной массе растений свёклы снижалась по сравнению с вариантом без применения удобрений, калия, наоборот, повышалась. Но эти различия математически недостоверны.

Применение удобрений не оказало существенного влияния в эту фазу на содержание NPK в подземной части растений. К уборке сахарной свёклы различия в содержании элементов питания на вариантах опыта полностью сглаживались как в ботве, так и в корнеплодах и были математически недостоверны.

Последствие куриного помёта за 2012-2014 гг. существенно повлияло на высоту растений ярового ячменя, выращиваемого по предшественнику сахарная свёкла. Она достигала максимума от дозы 15 т/га, минеральных удобрений – в максимальной дозе (приложение 39). В 2013 и 2014 гг. эффект от минимальных доз помёта 5 и 7,5 т/га, а также азофоски в дозах NPK 60 и 90 кг/га отсутствовал. Наибольшая сырая масса 1 растения сформирована на вариантах с последствием помёта в дозах 15 и 20 т/га.

В фазу кущения ярового ячменя в среднем за 2012-2014 гг. существенное влияние на содержание NPK в растениях оказало последствие помёта в дозах 10-25 т/га. Наибольшее содержание питательных веществ получено под действием 20 т/га (таблица 99).

Последствие минеральных удобрений значительно меньше и математически недостоверно по отношению к варианту без применения удобрений. Преимущество во влиянии последствия помёта на содержание элементов питания в растениях ячменя сохранилось и в фазу колошение. Наибольшая концентрация NPK получена от действия органического удобрения в дозах 15-25 т/га. Последствие помёта в дозах 5 и 7,5 т/га в 2013 и 2014 гг. на концентрацию питательных веществ в растениях было ниже, чем дозы 10 т/га. В эту фазу отмечено суще-

ственное и практически одинаковое влияние последствий азофоски на концентрацию азота и фосфора, но только в дозах NPK 120 и 150 кг/га.

Таблица 99 – Содержание элементов питания в растениях ярового ячменя, % на абсолютно сухое вещество. Среднее за 2012-2014 гг. Первый год последствий

Варианты	Кущение			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	3,56	0,34	3,84	2,31	0,27	3,84
последствие куриного помёта, т/га						
10	3,72	0,40	4,15	2,37	0,30	4,15
15	3,83	0,42	4,22	2,43	0,33	4,22
20	3,95	0,42	4,25	2,43	0,33	4,25
25	3,89	0,40	4,22	2,42	0,34	4,22
последствие азофоски, кг/га						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,57	0,34	3,84	2,31	0,27	3,84
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,59	0,35	3,86	2,33	0,28	3,86
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	3,62	0,37	3,90	2,34	0,30	3,90
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	3,63	0,36	3,91	2,35	0,30	3,91
НСР ₀₅	0,16	0,05	0,26	0,04	0,03	0,26
	зерно			солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	1,92	0,26	0,65	0,35	0,08	1,78
последствие куриного помёта, т/га						
10	2,01	0,29	0,70	0,38	0,11	1,94
15	2,05	0,29	0,73	0,40	0,13	1,91
20	2,04	0,28	0,71	0,41	0,13	1,90
25	2,02	0,29	0,71	0,41	0,14	1,86
последствие азофоски, кг/га						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,93	0,26	0,66	0,35	0,08	1,79
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	1,94	0,26	0,67	0,35	0,09	1,81
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,97	0,27	0,70	0,36	0,10	1,82
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	1,97	0,27	0,69	0,36	0,10	1,80
НСР ₀₅	0,06	0,02	F _ф < F _{теор.}	0,03	0,02	0,06

Достоверное влияние последствий куриного помёта получено в увеличении концентрации азота и фосфора в зерне ярового ячменя. Максимум в содержании азота достигнут от дозы 15 т/га – 2,05%, фосфора – не зависел от дозы помёта – 0,28-0,29%.

Существенные различия в содержании NPK в растениях от последствий минеральных удобрений отсутствовали.

Последствие помёта увеличивало содержание NPK в соломе ячменя. Но закономерности во влиянии дозы помёта нет. Наибольшее содержание азота достигнуто под влиянием дозы 20 т/га, фосфора – 25 и калия – 15 т/га.

Последствие азофоски оказало положительное влияние только на концентрацию P_2O_5 в дозах NPK 120 и 150 кг/га.

За 2013-2015 гг. существенное влияние последствий куриного помёта на высоту и массу растений гороха в фазу стеблевания получено от доз 15-25 т/га, которое равномерно нарастало с их увеличением.

Эффект от последствий азофоски получен лишь от максимальной дозы. В 2013-2015 гг. в фазу стеблевания гороха на второй год последствий помёта достоверное увеличение содержания калия в растениях получено лишь от доз 10-20 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 0,10-0,17% (таблица 100). В увеличении концентрации азота и фосфора отмечена лишь тенденция, так как различия математически недостоверны.

В фазу цветения отмечено существенное влияние последствий помёта на концентрацию P_2O_5 в растениях гороха. Прибавка по сравнению с вариантом без применения удобрений составила 0,03-0,05%.

В зерне и соломе гороха различия в содержании NPK в зависимости от дозы помёта и минеральных удобрений сглаживались и достоверных отличий не зафиксировано.

Таблица 100 – Содержание элементов питания в растениях гороха, % на абсолютно сухое вещество. Среднее за 2013-2015 гг.

Варианты	Стеблевание			Цветение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	3,70	0,29	2,74	3,12	0,21	2,13
последствие куриного помёта, т/га						
10	3,82	0,32	2,90	3,23	0,25	2,22
15	3,82	0,32	2,91	3,17	0,26	2,25
20	3,78	0,31	2,84	3,16	0,25	2,20
25	3,80	0,31	2,82	3,16	0,24	2,21
последствие азофоски, кг/га						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,71	0,29	2,75	3,12	0,21	2,14
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,71	0,29	2,76	3,12	0,21	2,15
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	3,73	0,29	2,76	3,13	0,22	2,15
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	3,78	0,30	2,78	3,19	0,22	2,16
HCP ₀₅	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	0,09	F _ф < F _{теор}	0,03	F _ф < F _{теор}
	зерно			солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	3,94	0,54	0,97	0,68	0,28	0,68
последствие куриного помёта, т/га						
10	4,05	0,61	1,08	0,73	0,30	0,73
15	4,07	0,61	1,07	0,74	0,30	0,74
20	4,02	0,59	1,05	0,72	0,30	0,72
25	4,02	0,61	1,04	0,72	0,31	0,72
последствие азофоски, кг/га						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,94	0,55	0,98	0,69	0,28	0,69
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,95	0,55	0,98	0,69	0,28	0,69
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	3,95	0,55	0,98	0,69	0,29	0,69
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	3,99	0,57	1,01	0,71	0,30	0,71
HCP ₀₅	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

5.5 Урожайность и качество продукции, продуктивность звена севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох

На контрольном варианте 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 и за 2011-2013 гг. составила 76,3 т/га (таблица 101).

Таблица 101 – Урожайность корнеплодов сахарной свёклы, т/га

Варианты	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 2011- 2013 гг.	Прибавка к контро- лю		Среднее за 2012- 2013 гг.	Прибавка к контро- лю	
					т/га	%		т/га	%
контроль	86,6	57,1	85,2	76,3	-	-	71,2	-	-
куриный помёт осенью под вспашку, т/га									
5	-	68,4	99,0	-	-	-	83,7	12,5	17,6
7,5	-	69,0	101,0	-	-	-	85,0	13,8	19,4
10	95,9	71,2	107,2	91,4	15,1	19,8	89,2	18,0	25,3
15	97,2	74,7	108,1	93,3	17,0	22,3	91,4	20,2	28,4
20	103,8	68,1	109,3	93,7	17,4	22,8	88,7	17,5	24,6
25	100,5	64,8	100,6	88,6	12,3	16,2	82,7	11,5	16,2
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га									
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	93,2	64,6	92,1	83,3	7,0	9,2	78,4	7,1	10,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	94,1	67,0	96,4	85,8	9,5	12,5	81,7	10,5	14,7
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	95,5	66,4	101,4	87,8	11,5	15,0	83,9	12,7	17,8
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	90,3	68,2	102,0	86,8	10,5	13,8	85,1	13,9	19,5
НСР ₀₅	3,0	4,2	7,8	6,0			6,4		

В 2011 году наибольшее увеличение урожайности корнеплодов по сравнению с контролем получено от дозы помёта 20 т/га – 17,2 т/га или 19,9%, минеральных удобрений - в дозе N₆₀P₆₀K₆₀. Но прибавка от действия азофоски в этой дозе в 2,6 раза меньше, чем от оптимальной дозы помёта. Повышение дозы азофоски вызывало лишь тенденцию роста урожайности.

В 2012 г. существенное увеличение урожайности корнеплодов получено под действия помёта в дозах 5 и 7,5 т/га. Положительное влияние нарастало при увеличении дозы органического удобрения до 15 т/га. Оптимальная доза минеральных удобрений, как и в предыдущий год, N₆₀P₆₀K₆₀. Увеличение дозы азофоски было нецелесообразно.

В 2013 году урожайность свёклы равномерно повышалась при увеличении дозы органического удобрения с 5 до 20 т/га, от азофоски – при использовании максимальных доз.

В среднем за 2011-2013 гг. наибольшая и практически одинаковая прибавка урожайности корнеплодов свёклы сформирована под влиянием помёта в норме 15 и 20 т/га – по сравнению с вариантом без применения удобрений 22,3-22,8%. Эф-

фekt от полного минерального удобрения в оптимальной дозе 120 кг/га NPK меньше на 7,3%.

За 2012-2013 гг. повышение урожайности корнеплодов достигнуто от доз помёта 5 и 7,5 т/га, но оптимальной являлось доза 15 т/га, азофоски - $N_{120}P_{120}K_{120}$.

Урожайность ботвы свёклы за 2011-2013 гг. на контроле сформирована 13,2 т/га (приложение 40). Наибольшее нарастание ботвы сахарной свёклы обеспечило использование помёта кур в дозе 15 т/га, которое составило по сравнению с контролем 5,9 т/га или 44,9%. Прибавка от действия азофоски в дозе NPK 120 кг/га ниже, чем от действия помёта в дозе 15 т/га на 3,4 т/га или на 26,0%. Количество растений сахарной свёклы перед уборкой в 2011 году составило 118220 шт./га, в 2012 г. – 113660 и в 2013 г. – 111110 шт./га и в среднем за 2011-2013 гг. достигло 114330 шт./га. Применение удобрений способствовало существенному увеличению биометрических показателей растений сахарной свёклы к моменту проведения уборки. Наибольшая масса ботвы и корнеплода 1 растения получена от дозы помёта 15 т/га, от минеральных удобрений - в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ (приложение 41).

Урожайность зерна ярового ячменя, выращиваемого по предшественнику сахарная свёкла, на контрольном варианте в разные годы изменялась незначительно и за 2012-2014 гг. составила 2,61 т/га (таблица 102). Наибольшая прибавка зерна ярового ячменя по сравнению с контролем получено от последействия куриного помёта в дозе 15 т/га – 1,04 т/га или 40%. Эффект от последействия минеральных удобрений в максимальной дозе был в 1,8 раза меньше. За 2013-2014 гг. влияние от последействия помёта в небольших дозах, как и минеральных удобрений, на урожайность зерна ячменя было несущественным, так как прибавки меньше НСР опыта.

Урожайность соломы ярового ячменя в 2012-2014 гг. на контроле составила 5,59 т/га (приложение 42). Влияние последействия помёта и минеральных удобрений на нарастание соломы ячменя было сходным с его действием на урожайность зерна. Наибольшая прибавка по сравнению с вариантом без применения удобрений от дозы 15 т/га составила 2,71 т/га или 48,4%. Эффект от последействия 5 и 7,5 т/га помёта, как и минеральных удобрений, был несущественным.

Таблица 102 – Урожайность зерна ярового ячменя по предшественнику сахарная свёкла в 2012-2014 гг., т/га. Первый год последствий

Варианты	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее за 2012- 2014 гг.	Прибавка к контро- лю		Среднее за 2013- 2014 гг.	Прибавка к контро- лю	
					т/га	%		т/га	%
контроль	2,70	2,69	2,43	2,61	-	-	2,56	-	-
последствие куриного помёта, т/га									
5	-	2,93	2,63	-	-	-	2,78	0,22	8,6
7,5	-	3,21	2,79	-	-	-	3,00	0,44	17,2
10	2,90	4,42	2,85	3,39	0,78	29,9	3,64	1,08	42,0
15	3,43	4,53	3,00	3,65	1,04	40,0	3,77	1,21	47,1
20	3,68	3,96	3,06	3,57	0,96	36,7	3,51	0,95	37,1
25	3,80	3,58	2,72	3,37	0,76	29,0	3,15	0,59	23,0
последствие азофоски, кг/га									
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,93	2,75	2,45	2,71	0,10	3,8	2,60	0,04	1,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	2,95	2,96	2,50	2,80	0,19	7,4	2,73	0,17	6,6
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	3,02	3,19	2,84	3,02	0,41	15,6	3,02	0,46	17,8
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	3,11	3,53	2,90	3,18	0,57	21,8	3,22	0,66	25,6
НСР ₀₅	0,25	0,20	0,16	0,59			0,75		

Количество продуктивных стеблей ярового ячменя на варианте без применения удобрений составило 355 шт., а масса зёрен в колосе – 0,73 г (приложение 43). Наибольшее увеличение количества продуктивных стеблей ячменя получено на последствии помёта в дозе 15 т/га, которое составило по сравнению с вариантом без применения удобрений 51 шт./м² или 14,4%. Масса зерна с колоса увеличилась на 0,16 г или на 21,9%.

Урожайность гороха на контрольном варианте за 2013-2015 гг. достигала 2,49 т/га (таблица 103), соломы – 2,50 т/га (приложение 44).

Последствие помёта в дозе 20 т/га оказало наибольшее влияние на урожайность зерна, в дозе 15 т/га - соломы. Прибавки по сравнению с контролем составили соответственно 0,59 и 0,43 т/га или 23,7 и 17,0%. Достоверное влияние на урожайность зерна и соломы было от последствия азофоски в дозах NPK 120 и 150 кг/га. Эффект нарастал с увеличением её дозы. Но повышение урожайности зерна от максимальной дозы минеральных удобрений меньше на 8,2%, чем от последствия помёта в дозе 20 т/га. Последствие помёта в небольших дозах было несущественным. Масса зерна гороха с 1 растения на контрольном варианте со-

ставила 0,52 г (приложение 43). Наибольший выход зерна сформирован на варианте с последствием помёта в дозе 20 т/га. Увеличение урожайности по сравнению с вариантом без удобрений составило 0,52 г или 22,9%.

Таблица 103 – Урожайность гороха по предшественнику яровой ячмень в 2013-2015 гг., т/га. Второй год последствия

Варианты	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее за 2013- 2015 гг.	Прибавка к контро- лю		Среднее за 2014- 2015 гг.	Прибавка к контро- лю	
					т/га	%		т/га	%
контроль	2,47	2,35	2,64	2,49	-	-	2,50	-	-
последствие куриного помёта, т/га									
5	-	2,38	2,65	-	-	-	2,52	0,01	0,6
7,5	-	2,41	2,71	-	-	-	2,56	0,06	2,4
10	2,97	2,65	2,89	2,84	0,35	13,9	2,77	0,27	10,8
15	3,20	2,84	3,01	3,02	0,53	21,2	2,93	0,43	17,0
20	3,41	2,90	2,93	3,08	0,59	23,7	2,92	0,42	16,6
25	3,46	2,68	2,88	3,01	0,52	20,7	2,78	0,28	11,2
последствие азофоски, кг/га									
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,51	2,40	2,68	2,53	0,04	1,6	2,54	0,04	1,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	2,61	2,42	2,70	2,58	0,09	3,5	2,56	0,06	2,4
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,82	2,61	2,78	2,74	0,25	9,9	2,70	0,20	7,8
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	3,05	2,73	2,85	2,88	0,39	15,5	2,79	0,29	11,6
НСР ₀₅	0,31	0,09	0,17	0,25			0,13		

Суммарный сбор зерновых единиц в звене севооборота сахарная свёкла – яровой ячмень – горох на контрольном варианте был практически одинаковым в 2011-2013 гг. и 2013-2015 гг. 27,65 и 27,24 т/га (приложение 45). В 2012-2014 гг. существенно меньше – лишь 19,82 т/га. В первом и третьем цикле звена севооборота максимум в сборе зерновых единиц по сравнению с вариантом без применения удобрений получен от дозы 20 т/га – 23,2 и 26,1%, во втором от дозы 15 т/га – 34,9%. В 2011-2013 гг. наибольшее действие минеральных удобрений в увеличении сбора зерновых единиц получено от применения азофоски в дозе N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀, в 2012-2014 и 2013-2015 гг. – от максимальной дозы.

В среднем за 3 цикла звена севооборота на контрольном варианте сбор зерновых единиц составил 24,87 т/га (таблица 104). Максимальная продуктивность

звена севооборота получена под действием помёта в дозе 20 т/га. Прибавка к контролю составила 6,12 т/га или 24,6%.

Таблица 104 – Продуктивность звена полевого севооборота, т/га зерновых единиц. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Звено севооборота			Суммарный сбор, т/га	Прибавка к контролю	
	сахарная свекла	яровой ячмень	горох		т/га	%
	2011-2013 гг.	2012-2014 гг.	2013-2015 гг.			
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
НСП ₀₅	1,56	0,59	0,25	1,80		

Эффект от влияния минеральных удобрений существенно ниже. Под действием максимальной дозы N₁₅₀P₁₅₀K₁₅₀ прибавка меньше, чем на варианте с дозой помёта 20 т/га в 1,6 раза.

Содержание сахара в корнеплодах свёклы на контроле за 2011-2013 гг. составило 16,8%, что обеспечило сбор сахара 12,7 т/га (таблица 105).

Применение помёта и минеральных удобрений увеличивало сахаристость корнеплодов по отношению к контролю на 0,3-0,9%. Но эти различия математически недостоверны. Более существенным влияние удобрений было на сбор сахара в урожае корнеплодов. Максимальное увеличение обеспечило использование помёта кур в дозе 20 т/га. Увеличение по отношению к контролю составило 3,7 т/га или 29,4%. Действие азофоски в дозе N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ существенно меньше – лишь 19,7%. В среднем за 2012-2013 гг. достоверное увеличение в сборе сахара

получено под действием помёта в дозе 5 и 7,5 т/га, но они существенно меньше, чем от действия 15 т/га.

Таблица 105 – Влияние удобрений на сахаристость и сбор сахара в урожае корнеплодов сахарной свёклы. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Сахари- стость, %	Прибавка к контролю, %	Сбор саха- ра, т/га	Прибавка к контролю	
				т/га	%
контроль	16,8	-	12,7	-	-
куриный помёт осенью под вспашку, т/га					
10	17,5	0,7	15,8	3,1	24,7
15	17,6	0,8	16,3	3,6	28,1
20	17,7	0,9	16,4	3,7	29,4
25	17,5	0,7	15,4	2,7	21,3
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	17,1	0,3	14,1	1,4	10,8
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	17,6	0,8	14,9	2,2	17,3
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	17,5	0,7	15,2	2,5	19,7
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	17,4	0,6	15,1	2,4	18,6
HCP ₀₅	F _ф < F _{теор.}		1,30		

Белковость зерна ячменя на контроле за 2012-2014 гг. составила 11,0%, а сбор белка - 245 кг/га (таблица 106).

Таблица 106 – Влияние удобрений на белковость и сбор белка в урожае зерна ярового ячменя. Среднее за 2012-2014 гг. Первый год последствий

Варианты	Белко- вость, %	Прибавка к контролю, %	Сбор бел- ка, кг/га	Прибавка к контролю	
				кг/га	%
контроль	11,0	-	245	-	-
последствие куриного помёта, т/га					
10	11,5	0,5	331	86	35,2
15	11,7	0,7	364	119	48,6
20	11,6	0,6	355	110	44,9
25	11,5	0,5	332	87	35,5
последствие азофоски, кг/га					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	11,0	0	257	12	4,8
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	11,1	0,1	266	21	8,6
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	11,2	0,2	290	45	18,5
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	11,3	0,3	306	61	25,0
HCP ₀₅	0,4		57		

Достоверное повышение белковости в урожае зерна ячменя по отношению к контролю получено от последствий помёта во всех дозах – 0,5-0,7%. Максимум в сборе белка достигнут от дозы 15 т/га. Прибавка к контролю достигала 48,6%. Существенное последствие минеральных удобрений на сбор белка получено лишь от максимальной дозы. Но оно в 1,9 раза меньше, чем от оптимальной дозы помёта 15 т/га.

За 2013-2014 гг. достоверное действие на белковость зерна ячменя получено только от дозы 7,5 т/га, но на сбор белка в дозе 5 и 7,5 т/га существенного действия не было.

В среднем за 2013-2015 гг. содержание белка в зерне гороха на контроле составило 22,4%, а сбор белка – 479 кг/га (таблица 107). Увеличение белковости зерна гороха получено на вариантах с последствием куриного помёта в дозах 10-25 т/га. Прибавка по сравнению с вариантом без применения удобрений составила 0,5-0,9% и достигала максимума под влиянием дозы 20 т/га. Достоверное увеличение в содержании белка на последствии минеральных удобрений получено лишь при внесении максимальной дозы – 0,2%.

Таблица 107 – Влияние удобрений на белковость и сбор белка в урожае гороха. Среднее за 2013-2015 гг. Второй год последствий

Варианты	Белко- вость, %	Прибавка к контролю, %	Сбор бел- ка, кг/га	Прибавка к контролю	
				кг/га	%
контроль	22,4	-	479	-	-
последствие куриного помёта, т/га					
10	22,9	0,5	558	79	16,6
15	23,1	0,7	599	120	25,0
20	23,3	0,9	617	138	28,7
25	23,2	0,8	599	120	25,1
последствие азофоски, кг/га					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	22,4	0	488	9	1,9
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	22,4	0	497	18	3,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	22,5	0,1	530	51	10,6
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	22,6	0,2	559	80	16,6
НСР ₀₅	0,2		50		

Существенное увеличение в сборе белка от последствий помёта получено на всех вариантах за исключением 5 и 7,5 т/га, азофоски – от NPK 120 и 150 кг/га. Наибольшая прибавка по сравнению с контролем от дозы 20 т/га составила 138 кг/га или 28,7%, от минеральных удобрений в максимальной дозе – в 1,7 раза меньше.

Суммарный сбор белка на контрольном варианте в урожае ярового ячменя и гороха в среднем за 3 цикла чередования культур составил 725 кг/га (таблица 108). Достоверное увеличение от последствий помёта получено на всех вариантах опыта кроме доз 5 и 7,5 т/га, минеральных удобрений - лишь от наибольших доз. Максимальное увеличение в сборе белка получено от последствий помёта в дозе 20 т/га, которое по сравнению с контролем составило 34,0%, от минеральных удобрений в дозе 150 кг/га NPK - 19,3%.

Таблица 108 – Суммарный сбор белка в урожае зерна ярового ячменя и гороха за 2 года последствий по трём циклам чередования культур, кг/га. Среднее за 2012-2015 гг.

Варианты	Суммарный сбор белка, кг/га	Прибавка к контролю	
		кг/га	%
контроль	725	-	-
последствие куриного помёта, т/га			
10	890	165	22,7
15	963	238	32,8
20	972	247	34,0
25	931	206	28,5
последствие азофоски, т/га			
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	745	20	2,7
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	763	38	5,2
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	820	95	13,1
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	865	140	19,3
HCP ₀₅	88		

5.6 Вынос и баланс питательных веществ, коэффициенты использования NPK из помёта в звене севооборота

Вынос NPK с урожаем корнеплодов свёклы на контроле за 2011-2013 гг. составил 174-38-145 кг/га. От действия куриного помёта он увеличивался и достигал

максимума от дозы 20 т/га – 206-47-211 (приложение 47). Вынос азота повышался ещё на 37 кг/га при внесении азофоски в максимальной дозе, но фосфора и калия был меньше на 1 и 24 кг/га.

Вынос азота и калия ботвой сахарной свёклы на контроле был меньше, чем корнеплодами в 2,5 и 2,1 раза, фосфора – в 6 раз. Наибольшее потребление NPK ботвой свёклы получено на варианте с дозой помёта 10 т/га – 96-10-114 кг/га. Максимальный вынос под действием азофоски получен при её внесении в дозе NPK 120 кг/га, но он меньше, чем от действия дозы 10 т/га на 16-1-30 кг/га N- P_2O_5 - K_2O . Расход элементов питания на вариантах с дозами помёта 5 и 7,5 т/га проявился в значительно меньшей степени, чем при внесении 10 т/га.

Суммарный вынос NPK корнеплодами и ботвой сахарной свёклы достигал максимума от дозы 15 т/га и составил 303-56-314 кг/га (таблица 109). От максимальной дозы азофоски расход азота увеличивался ещё на 14 кг/га, но фосфора и калия снизился на 1 и 49 кг/га.

Таблица 109 – Суммарный вынос NPK ботвой и корнеплодами сахарной свёклы, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Среднее за 2011-2013 гг.			Среднее за 2012-2013 гг.		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
контроль	243	44	214	224	22	207
куриный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	-	-	251	26	245
7,5	-	-	-	257	29	246
10	299	53	313	288	29	310
15	303	56	314	296	30	311
20	299	55	309	287	30	307
25	283	51	304	264	30	304
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га						
$N_{60}P_{60}K_{60}$	261	48	221	243	25	210
$N_{90}P_{90}K_{90}$	274	51	239	258	24	229
$N_{120}P_{120}K_{120}$	286	55	249	281	30	241
$N_{150}P_{150}K_{150}$	317	55	265	322	26	263

В первый год последствий на ячмене за 2012-2014 гг. существенное влияние органического удобрения в дозе 15 т/га во влиянии на вынос NPK сохранилось. Повышение по отношению к контролю (60-10-101 кг/га) достигало 33-8-58

кг/га N-P₂O₅-K₂O, от последствий максимальной дозы азотосажа лишь 16-3-30 кг/га (таблица 110).

Таблица 110 – Суммарный вынос NPK зерном и соломой ярового ячменя, кг/га. Среднее за 2012-2014 гг.

Варианты	Среднее за 2012-2014 гг.			Среднее за 2013-2014 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	60	10	101	57	10	104
последствие куриного помёта под вспашку, т/га						
5	-	-	-	67	11	134
7,5	-	-	-	72	13	144
10	85	16	155	87	15	159
15	93	18	159	91	18	164
20	91	18	151	84	16	152
25	86	17	142	76	15	141
последствие азотосажа, кг/га						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	62	10	104	58	10	107
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	65	11	111	62	10	113
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	72	13	123	69	12	125
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	76	13	131	73	13	136

Суммарный вынос основной и побочной продукцией гороха за 2013-2015 гг. на варианте без применения удобрений составил 105-20-42 кг/га N-P₂O₅-K₂O (таблица 111).

Таблица 111 – Суммарный вынос NPK зерном и соломой гороха, кг/га. Среднее за 2013-2015 гг.

Варианты	Среднее за 2013-2015 гг.			Среднее за 2014-2015 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	105	20	42	101	22	43
последствие куриного помёта под вспашку, т/га						
5	-	-	-	101	22	44
7,5	-	-	-	105	23	45
10	125	26	52	114	27	51
15	135	28	57	123	28	56
20	135	28	57	124	30	58
25	133	29	56	120	29	55
последствие азотосажа, кг/га						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	107	21	42	102	22	44
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	110	21	44	103	23	45
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	116	23	46	109	24	47
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	123	24	49	112	24	48

Наибольшее увеличение использования NPK в урожае зерна и соломы гороха получено на последствие органического удобрения в дозах 15 и 20 т/га, которое составило 30-8-15 кг/га, от максимальной дозы азофоски – 18-4-7 кг/га.

Суммарное потребление питательных веществ в звене севооборота за 2011-2015 гг. (три цикла чередования культур) был наибольшим на фоне применения помёта в дозе 15 т/га (таблица 112). Вынос азота от действия азофоски в дозе NPK 150 кг/га меньше лишь на 2,9%, фосфора – на 10,9 и калия – на 19,1%.

Баланс элементов питания в звене севооборота в среднем за 3 цикла чередования культур был положительным по фосфору на всех вариантах опыта, включая дозы 5 и 7,5 т/га и минеральные удобрения, по азоту – лишь от максимальной дозы. Баланс калия был близок к нулевому при внесении помёта в дозе 10 т/га. Отрицательный баланс по азоту при внесении куриного помёта в дозах 10 и 15 т/га в звене севооборота достигал 186 и 113 кг/га, ежегодный – 62 и 38 кг/га.

Таблица 112 – Суммарный вынос NPK основной и побочной продукцией в звене севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох, кг/га

Варианты	Среднее за 2011-2015 гг.			Среднее за 2012-2015 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	408	74	357	382	54	354
последствие куриного помёта под вспашку, т/га						
5	-	-	-	419	59	423
7,5	-	-	-	434	65	435
10	509	95	520	489	71	520
15	531	102	530	510	76	531
20	525	101	517	495	76	517
25	502	97	502	460	74	500
последствие азофоски, кг/га						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	430	79	367	403	57	361
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	449	83	394	423	57	387
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	474	91	418	459	66	413
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	516	92	445	507	63	447

Существенному снижению дефицита азота способствовало введение в звено севооборота гороха. После его уборки на вариантах с последствием куриного 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 (таблица 113).

Таблица 113 - Баланс элементов питания в звене севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох в среднем за 2011-2015 гг., 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

По мнению А.В. Петербургского (1979), в балансе азота необходимо учитывать его высокую мобилизацию растениями из почвы. В зависимости от её свойств разрыв может составлять в процентах от выноса 4-57%. Уточнение этих пределов крайне важно при обосновании доз удобрений для намеченных урожаев. При увеличении дозы помёта с 10 до 15 т/га профицит по фосфору возрастал на 76 кг/га, калия – на 94 кг/га.

Максимальные коэффициенты использования элементов питания в среднем за 2011-2015 гг. получены при внесении куриного помёта в норме 10 т/га: N - 58, P₂O₅ - 13, K₂O – 69% (таблица 114).

С увеличением дозы помёта до 15 т/га они существенно снижались на 11-2-20%. Коэффициенты использования азота и калия из минеральных удобрений равномерно повышались с доведением дозы до максимальной, а фосфора до NPK 120 кг/га. Коэффициент использования азота был выше, чем на варианте с оптимальной дозой помёта 10 т/га на 14%, но калия меньше на 10%. Степень использования фосфора различалась несущественно.

Таблица 114 – Коэффициенты использования NPK из удобрений в звене севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох, %

Варианты	Среднее за 2011-2015 гг.			Среднее за 2012-2015 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
куриный помёт, т/га						
5	-	-	-	50	6	56
7,5	-	-	-	47	9	44
10	58	13	69	73	10	67
15	47	11	49	58	9	48
20	34	8	34	38	7	33
25	22	6	24	21	5	24
азофоска, кг/га						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	37	8	17	35	5	12
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	46	10	41	46	8	37
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	55	14	51	64	10	49
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	72	12	59	83	11	62

5.7 Экономическая и биоэнергетическая оценка выращивания сахарной свёклы, ярового ячменя и гороха в звене севооборота

Анализ экономической эффективности применения удобрений позволяет оценить прибыль от их применения и наметить пути совершенствования отдельных агроприемов (Шеуджен А.Х., Трубилин И.Т., Онищенко Л.М., 2012).

Экономические расчеты подтверждают, что выращивание полевых культур в звене севооборота сахарная свёкла – яровой ячмень – горох в СПК агрофирме «Новобатайская» является рентабельным (таблица 115).

В среднем за 3 цикла на контроле рентабельность составила 257%, себестоимость 1 кг зерновых единиц 2,90 руб., уровень условно чистого дохода составил 185705 руб. Экономически целесообразное расстояние перевозок куриного помёта в среднем за 3 цикла 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 с учетом последствий куриного помёта в дозе 5 т/га дальность его перевозки от места хранения 39 км, в дозах 7,5 т/га – 31 км и 10 т/га – 34 км. Применение минеральных удобрений под свёклу в дозах NPK 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.

Таблица 115 – Экономическая оценка применения куриного помёта в звене севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты (дозы помёта, т/га)	Расстояние транспортировки помёта, км			
	34	26	19	11
условно чистый доход, руб./га				
контроль	185705			
10	231166	234366	237166	240366
15	232815	237615	241815	246615
20	227041	233441	239041	245441
25	204087	212087	219087	227087
себестоимость 1 кг зерновых единиц, руб./кг				
контроль	2,90			
10	2,90	2,88	2,79	2,68
15	3,14	2,90	2,85	2,70
20	3,37	3,16	2,90	2,77
25	3,76	3,48	3,25	2,90
рентабельность, %				
контроль	257			
10	258	271	284	299
15	240	257	274	296
20	218	238	259	286
25	185	207	230	260

Анализ биоэнергетической оценки применения удобрений в среднем за 3 цикла чередования культур показал, что на варианте с применением куриного помёта в дозе 10 т/га получен наиболее высокий коэффициент энергетической эффективности и наиболее низкая энергоемкость продукции (таблица 116).

Прирост энергии повышался по сравнению с контролем на 74,3 ГДж/га. Повышение дозы до 15 т/га увеличивало прирост энергии в урожае ещё на 10,1 ГДж/га, но коэффициент энергетической эффективности был ниже, а энергоемкость продукции выше, чем на варианте с дозой 10 т/га.

Таблица 116 – Биоэнергетическая оценка применения удобрений в звене севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Продуктивность, т/га зер. ед.	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Энергия, накопленная в урожае, ГДж/га	Энергоемкость продукции, ГДж/т зер. ед.	Прирост энергии в урожае, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
контроль	24,87	58,1	419,3	2,34	361,2	7,2
куриный помёт, т/га						
10	29,97	68,5	504,0	2,29	435,5	7,4
15	30,91	73,7	519,3	2,39	445,6	7,0
20	30,99	79,0	520,8	2,55	441,8	6,6
25	29,38	84,2	494,0	2,86	409,8	5,9
азофоска, кг/га						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	26,84	66,3	452,7	2,47	386,4	6,8
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	27,68	70,4	466,0	2,54	395,6	6,6
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	28,56	74,5	480,8	2,61	406,3	6,5
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	28,6	78,6	481,0	2,75	402,4	6,1

В среднем за 2 цикла звена севооборота сахарная свёкла – яровой ячмень – горох отмечены те же закономерности, что и в среднем за 3 цикла.

Заключение к главе 5

1. Применение перепревшего куриного помёта на подстилке из подсолнечной лузги в дозах 10-25 т/га осенью под вспашку в среднем за 2011-2013 гг. перед посевом сахарной свёклы в слое почвы 0-40 см повышало количество аммонийного азота с 51,6 кг/га на контроле до 64,6-71,3 кг/га или на 25,2-38,2%, нитратного азота – с 50,4 кг/га до 61,7-72,7 кг/га или на 22,4-44,2%. Максимум количества азота обеих форм достигнут от дозы 20 т/га.

От посева до фазы смыкания листьев в междурядьях на всех вариантах опыта в слое почвы 0-40 см количество N-NH₄ резко снижалось и к уборке практически не изменялось. Количество N-NO₃ на вариантах опыта в почве уменьшалось

от посева до фазы смыкания листьев в рядках. К фазе смыкания листьев в междурядьях уровень $N-NO_3$ увеличивался, но к уборке снижался.

Наибольшее увеличение количества $N_{мин}$ перед посевом свёклы в слое почвы 0-40 см под влиянием помёта получено в дозе 15 т/га – по сравнению с контролем 37,1%. Влияние азофоски в фазу смыкания листьев в рядках на запасы $N_{мин}$ было несущественным. Динамика изменений уровня $N_{мин}$ в почве на всех вариантах была сходной с изменениями $N-NO_3$.

В среднем за вегетацию ячменя и гороха, второй и третьей культуры звена севооборота, наибольшая обеспеченность почвы $N_{мин}$ получена от последствий помёта в дозах 10-25 т/га. В первый год последствий прибавка по сравнению с контролем составила 22,0-26,4%, во второй – 11,6-22,6%.

2. Применение куриного помёта осенью под вспашку в дозах 10-25 т/га в среднем за 2011-2013 гг. увеличивало к посеву содержание P_2O_5 по сравнению с контролем на 26,8-33,8%. 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 в почве увеличивалось по сравнению с предыдущим сроком отбора на 9,9%. На вариантах с применением помёта содержание подвижного фосфора снизилось в фазу смыкания листьев в рядках, до уборки – оставалось на одном уровне. На вариантах с азофоской уменьшение количества P_2O_5 в почве происходило в течение всей вегетации.

В среднем за вегетацию ячменя в первый год последствий 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%. В среднем за вегетацию гороха во второй год последствий помёта максимальный уровень P_2O_5 в почве получен от дозы 15 т/га. Прибавка контролю составила 11,3%.

3. На фоне очень высокой обеспеченности почвы обменным калием в среднем за 2011-2013 гг. применение помёта и азофоски не оказало существенного влияния на его содержание в слое 0-40 см. 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 – не изменялось.

В среднем за 2012-2014 гг. перед посевом ячменя содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см от последствия куриного помёта в дозах 10-25 т/га повышалось по сравнению с контролем на 4,4-7,2% и не зависело от дозы помёта. От посева до фазы колошения в почве происходило снижение количества обменного калия, к уборке – существенно не изменялось.

Перед посевом гороха в среднем за 2013-2015 гг. существенное 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.

4. В среднем за 2011-2013 гг. существенное влияние удобрений на содержание NPK в растениях отмечено только в фазу смыкания листьев в рядках в повышении концентрации калия в подземной массе свёклы под действием помёта в дозах 15-25 т/га. В фазу смыкания листьев в междурядьях существенное увеличение количества азота в надземной массе свёклы по сравнению с контролем получено под действием помёта в дозах 10 и 15 т/га.

В фазу кущения ярового ячменя в среднем за 2012-2014 гг. существенное влияние на содержание NPK в растениях оказало последствие помёта в дозе 20 т/га, в фазу колошения – в дозах 15-25 т/га. Последствие азофоски в дозах NPK 120 и 150 кг/га в фазу колошения оказало достоверное влияние на концентрацию в растениях азота и фосфора.

Максимум содержания азота в зерне ячменя достигнут от последствия помёта в дозе 15 т/га, фосфора – от всех доз. Эффект от последствия азофоски отсутствовал. Наибольшим содержанием азота в соломе ячменя было от дозы 20 т/га, фосфора – 25 и калия – 15 т/га. Последствие азофоски в дозах NPK 120 и 150 кг/га достоверно увеличивало содержание фосфора.

В среднем за 2013-2015 гг. во второй год последствия удобрений существенное увеличение содержания калия в растениях гороха получено только в фазу

стеблевание от доз помёта 10-20 т/га, повышение концентрации фосфора в фазу цветение – в дозах 10-25 т/га.

5. Наибольшая прибавка урожайности корнеплодов сахарной свёклы в среднем за 2011-2013 гг. сформирована под действием помёта в дозах 15 и 20 т/га, которая по сравнению с контролем (76,3 т/га) составила 22,3-22,8%. Эффект от азофоски в оптимальной дозе NPK 120 кг/га меньше на 7,3%.

Наибольшая прибавка зерна ярового ячменя в среднем за 2012-2014 гг. получено от последствия куриного помёта в дозе 15 т/га – 1,04 т/га или 40%. Эффект от последствия азофоски в максимальной дозе в 1,8 раза меньше.

Максимальная прибавка урожайности зерна гороха во второй год последствия помёта в дозе 20 т/га в среднем за 2013-2015 гг. по сравнению с контролем составила 0,59 т/га или 23,7%. Эффект от последствия азофоски в максимальной дозе меньше на 8,2%.

6. Применение куриного помёта в дозе 20 т/га увеличивало продуктивность звена севооборота сахарная свёкла – яровой ячмень – горох в среднем за 3 цикла чередования культур по сравнению с контролем на 6,12 т/га или 24,6%. Эффект от оптимальной дозы азофоски $N_{150}P_{150}K_{150}$ меньше в 1,6 раза.

7. Прибавка в сборе сахара корнеплодами по сравнению с контролем в среднем за 2011-2013 гг. от применения помёта дозе 20 т/га составила 29,4%, азофоски в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ - 19,7%.

Максимальная прибавка в сборе белка в урожае зерна ярового ячменя получена от последствия помёта в дозе 15 т/га - 48,6%, гороха в дозе 20 т/га – 28,7%. Эффект от последствия азофоски в максимальной дозе на ячмене меньше чем оптимальной дозы помёта в 1,9 раза, горохе – в 1,7 раза.

Суммарный сбор белка в урожае ячменя и гороха в среднем за 3 цикла звена севооборота увеличивался от последствия помёта в дозе 20 т/га по сравнению с контролем на 34,0%, азофоски в дозе 150 кг/га NPK – на 19,3%.

8. Баланс элементов питания в звене севооборота был положительным по фосфору на всех вариантах опыта, включая дозы помёта 5 и 7,5 т/га и минеральные удобрения, по азоту – лишь от максимальной дозы помёта. 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. Применение 15 т/га помёта увеличивало профицит на 76 кг/га, калия – на 94 кг/га по сравнению с дозой 10 т/га.

Максимальные коэффициенты использования NPK из помёта получены при внесении в дозе 10 т/га 58-13-69%. Коэффициент использования азота из минеральных удобрений в дозе $N_{150}P_{150}K_{150}$ больше на 14%, но калия - меньше на 10%. Степень использования фосфора различалась несущественно.

9. Расстояние перевозок куриного помёта от места хранения с учетом его последствий 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 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 куриного 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 15 т/га помёта 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 по изучению влияния перепревшего подстилочного индюшиного помёта на продуктивность звена зернопропашного севооборота подсолнечник, яровой ячмень, озимая пшеница проведены в трёх циклах в 2010-2015 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО Донской ГАУ в Октябрьском районе Ростовской области. Почва места проведения исследований – чернозем обыкновенный среднеспелый (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. Размещение делянок рендомизированное. Использовали перепревший индюшиный помёт на подстилке из подсолнечной лузги компании ООО «ЕВРОДОН», расположенной в Октябрьском районе Ростовской области. Химический состав представлен в таблице 117.

Основная обработка почвы под яровой ячмень и озимую пшеницу в звене зернопропашного севооборота – минимальная, дискование на 10-12 см.

Таблица 117 – Химический состав перепревшего индюшиного помёта на подстилке из подсолнечной лузги

Наименование показателей	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Среднее за 3 года
на абсолютно сухое вещество				
Влажность, %	57,0	52,6	53,3	54,3
Азот общий, %	3,50	4,90	3,30	3,90
Фосфор общий, P_2O_5 , %	5,00	3,30	5,50	4,60
Калий общий, K_2O , %	4,80	4,90	3,80	4,50
Органическое вещество, % С	33,85	42,49	39,25	38,53
Соотношение С:N	9,67	8,67	11,89	9,88
CaO, %	3,89	3,43	3,67	3,66
на фактическую влажность				
pH солевое	8,50	7,20	7,50	7,73
Азот общий, %	1,51	2,32	1,54	1,79
Фосфор общий, P_2O_5 , %	2,15	1,57	2,56	2,09
Калий общий, K_2O , %	2,06	2,32	1,77	2,05
Органическое вещество, %	14,56	20,14	18,33	17,68
CaO, %	1,67	1,62	1,71	1,67

Объектами исследований был гибрид подсолнечника Юпитер F1. Оригинатор - ВНИИ масличных культур имени В.С. Пустовойта. Сорт ярового ячменя Приазовский 9. Оригинатор: ВНИИ зерновых культур им. И.Г. Калининко (ВНИИЗК). Сорт озимой пшеницы Престиж. Оригинатор: Северо-Донецкая государственная сельскохозяйственная опытная станция.

6.2 Динамика продуктивной влаги в почве под подсолнечником, яровым ячменём и озимой пшеницей

Перед посевом подсолнечника наибольшим запас доступной влаги в метровом слое почвы был в 2012 году. По фону с минимальной обработкой почвы он составил 153,6, по отвальной - 149,8 мм (таблица 118). Различие между фонами было лишь 3,8 мм или 2,5%. В 2011 году преимущество в накоплении влаги в почве на фоне дискования в слое почвы 0-100 см составило 5 мм. В 2013 г. лучшему накоплению влаги в осенне-зимний период способствовала вспашка почвы. В метровом слое почвы разница в количестве продуктивной влаги составила 10,4

мм или 9,1% и обусловлена, главным образом, содержанием влаги в слое 60-100 см.

Таблица 118 – Динамика продуктивной влаги в почве под подсолнечником, мм

Слой почвы, см	Срок отбора			
	перед посе- вом	бутонизация	цветение	уборка
2011 г.				
фон - дискование				
0-20	17,5	5,0	0	21,6
20-40	22,5	12,2	5,5	7,1
0-60	69,7	30,9	13,8	34,7
0-100	132,9	69,8	35,7	47,6
фон - вспашка				
0-20	16,2	4,5	0	19,4
20-40	20,5	8,3	2,0	6,7
0-60	66,9	25,8	11,7	31,1
0-100	127,9	61,6	33,2	42,1
2012 г.				
фон - дискование				
0-20	27,0	4,2	0,7	3,5
20-40	34,6	8,1	6,9	5,5
0-60	89,6	21,5	18,2	16,1
0-100	153,6	48,9	43,1	34,9
фон - вспашка				
0-20	26,0	3,8	2,9	4,6
20-40	35,3	7,0	5,4	6,2
0-60	88,9	22	17,7	18,7
0-100	149,8	53,9	40,6	38,7
2013 г.				
фон - дискование				
0-20	11,9	0	1,5	10,5
20-40	25,2	0	1,6	8,6
0-60	61,5	1	4,5	29,3
0-100	114,7	10,4	7,8	39,1
фон - вспашка				
0-20	12,2	0	1,1	11,3
20-40	27,0	0	1,0	10,5
0-60	65,6	4,2	3,6	29,9
0-100	125,1	20,7	7,5	39,2

В 2011 и 2013 годах происходило снижение количества продуктивной влаги в почве от посева и до фазы цветения, но к уборке её количество увеличивалось. Существенное снижение влажности почвы во все годы отмечено от посева до фазы бутонизация.

Это объясняется развитием мощной вегетативной массы растений подсолнечника, интенсивным потреблением влаги ими на фоне резкого нарастания температур и испарения с поверхности почвы. В этот период отличия в запасе влаги в почве при различных обработках оставались незначительными. В 2013 г. в слое 0-40 см почва была иссушена на обоих фонах обработки почвы значительно больше, чем в другие годы. Следовательно, для подсолнечника удовлетворительные условия влагообеспеченности почвы сложились в 2011 и 2012 гг., а в 2013 году - неблагоприятные.

Анализ данных по содержанию продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см за 2011-2013 гг. по каждому сроку отбора образцов и в целом за вегетацию подсолнечника свидетельствуют о том, что общей тенденции, отражающей преимущество одного из видов обработки почвы на её влажность, не установлено. Различия в содержании продуктивной влаги не превышали 2,5 мм.

В течение вегетации ярового ячменя и озимой пшеницы, второй и третьей культуры звена севооборота, различия по фону с минимальной и отвальной обработками почвы, проведенными под подсолнечник, на содержание продуктивной влаги в метровом слое составляли лишь 0,2-1,4 мм и были недостоверными. Поэтому для характеристики обеспеченности почвы влагой использовались усреднённые данные по двум фонам обработки.

Перед посевом ярового ячменя по предшественнику подсолнечник в 2012 и 2013 гг. в метровом слое почвы запасы продуктивной влаги оценивались как средние и составили 132,9-136,4 мм, наиболее низким содержание было в 2014 г. – лишь 107,4 мм (таблица 119). В 2012 году за счёт обильного выпадения осадков от посева и до фазы кущения в слое 0-100 см количество доступной почвенной влаги в почве повысилось на 12,5 мм. В течение вегетации в почве происходило снижение её влагообеспеченности до фазы полной спелости. В 2013 и 2014 гг.

снижение доступной влаги в почве происходила от посева и до уборки. Существенное снижение запаса почвенной влаги в слое 0-100 см отмечено уже в фазу кущение и колошение. Низкая обеспеченность почвы продуктивной влагой отрицательно отразилось на урожайности ярового ячменя в эти годы.

Таблица 119 – Динамика продуктивной влаги в почве под яровым ячменём и озимой пшеницей, мм

Слой почвы, см	Яровой ячмень			
	срок отбора			
	перед посевом	кущение	колошение	уборка
2012 г.				
0-20	28,5	39,3	10,5	8,6
0-100	132,9	145,4	48,6	40,7
2013 г.				
0-20	24,4	0,6	1,2	0
0-100	136,4	47,3	13,1	4,3
2014 г.				
0-20	12,5	10,5	4,5	8,5
0-100	107,4	79,9	30,5	27,9
озимая пшеница				
	перед посевом	весеннее ку- щение	колошение	уборка
2012-2013 гг.				
0-20	1,6	20,6	3,4	0
0-100	30,9	130,1	27,8	9,4
2013-2014 гг.				
0-20	22,6	24,5	10,4	5,4
0-100	100,3	104,4	54,7	26,7
2014-2015 гг.				
0-20	0	35,0	19,0	3,6
0-100	10,4	186,2	125,4	19,8

Перед посевом озимой пшеницы по предшественнику яровой ячмень количество доступной влаги в метровом слое почвы было минимальным в 2014 г. лишь 10,4 мм и 2012 г. – 30,9 мм. Максимальная обеспеченность почвы влагой отмечена в 2013 г. – 100,3 мм.

От посева до фазы весеннее кущение в слое почвы 0-100 см произошло увеличение запасов продуктивной влаги. В дальнейшем течение вегетации во все годы в почве происходило снижение её влагообеспеченности вплоть до уборки. В

среднем за период весеннее кушение – уборка обеспеченность почвы влагой под озимой пшеницей была максимальной в 2014 г. – 110,0 мм, в 2012 и 2013 гг. – лишь 55,7 и 61,9 мм.

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

Перед посевом подсолнечника на контрольном варианте количество аммонийного азота в слое почвы 0-20 см по фону дискование изменялось в пределах от 17,4 (2011 г.) до 28,3 кг/га (2013 г.), в слое 20-40 см – от 20,2 (2011 г.) до 33,0 (2013 гг.), (приложение 48). В среднем за 2011-2013 гг. на контроле в слое почвы 0-20 см количество $N-NH_4$ составило 21,3, в слое 20-40 см – 26,9 кг/га.

Внесение индюшиного помёта под дискование в дозах 5 и 7,5 т/га оказывало достоверное влияние на запасы аммонийного азота по сравнению с контролем перед посевом подсолнечника в слое почвы 0-20 см в 2012 и 2013 гг., в слое 20-40 см – в дозах 5 и 7,5 т/га в 2012 г., в 2013 г. – только в дозе 7,5 т/га. Закономерности в разные годы во влиянии дозы помёта на запасы $N-NH_4$ в почве не было. В слое почвы 0-20 см наибольшее его количество в 2011 и 2013 гг. получено под действием дозы 20 т/га, в 2012 г. – 10 т/га, а в слое 20-40 см в 2011 и 2012 гг. – 20 т/га и в 2013 году - 15 т/га.

В среднем за 2011-2013 гг. перед посевом подсолнечника максимальное количество аммонийного азота в слое почвы 0-20 см получено при внесении помёта под дискование в дозе 20 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 22,8 кг/га или 107,0%. В слое почвы 20-40 см максимум количества $N-NH_4$ также достигнут на варианте с дозой 20 т/га, но эти различия математически недостоверны.

Динамика аммонийного азота в среднем за 2011-2013 гг. под подсолнечником была очень сходной как на контроле, так и на вариантах с пометом, внесённым под дискование. Существенное снижение количества $N-NH_4$ в обоих слоях почвы происходило от посева до фазы бутонизация. Это объясняется потреблени-

ем его растениями подсолнечника, нитрификацией аммония и, возможно, необменной фиксацией глинистыми минералами вследствие иссушения почвы. К фазе цветения его количество незначительно повысилось и до уборки практически не изменялось. В целом за вегетацию подсолнечника обеспеченность почвы в обоих слоях была наибольшей на варианте с дозой 15 т/га, но различия математически достоверны лишь в слое почвы 0-20 см.

Перед посевом подсолнечника по фону вспашка на контрольном варианте количество $N-NH_4$ варьировало в слое почвы 0-20 см в 2011 г. от 15,1 до 26,2 кг/га в 2013 году, а в слое 20-40 см – от 13,8 (2011 г.) до 35,2 кг/га (2012 г.), (приложение 49). В среднем за 2011-2013 гг. по фону с отвальной обработкой количество $N-NH_4$ на контроле в слое почвы 0-20 см составило 22,4, в слое 20-40 см – 26,0 кг/га. Различия между фонами осенней основной обработки почвы в среднем за 2011-2013 гг. в количестве аммонийного азота к посеву подсолнечника были математически недостоверны.

Применение помета в дозах 5 и 7,5 т/га осенью под вспашку оказало существенное влияние на количество аммонийного азота в обоих слоях почвы только в 2013 году. Но, как и при заделке помёта под дискование, закономерности во влиянии его дозы на количество $N-NH_4$ при внесении под отвальную обработку почвы в разные годы отсутствовали. В слое почвы 0-20 см в 2011 и 2013 гг. максимальное количество аммонийного азота отмечено на варианте с дозой 20 т/га. В 2012 году эффект от удобрения отсутствовал. В слое почвы 20-40 см в 2011 и 2013 гг. наибольший эффект достигнут при внесении помёта в дозе 25 т/га, в 2012 году – 20 т/га.

В среднем за 2011-2013 гг. по фону вспашка, как и по фону дискование, максимальное количество в обоих слоях почвы аммонийного азота было на варианте с дозой 20 т/га, но различия между вариантами опыта математически недостоверны. Динамика изменений запасов аммонийного азота в обоих слоях почвы в течение вегетации по фону с отвальной обработкой на всех вариантах опыта была сходной с динамикой на вариантах с применением основной обработки почвы дискованием.

Количество аммонийного азота перед посевом подсолнечника в слое почвы 0-40 см на контроле изменялось в пределах от 37,6 до 61,3 кг/га при минимальной обработке и от 28,9 до 61,2 кг/га - при вспашке, а в среднем за 2011-2013 гг. оно было одинаковым по обоим фонам обработки – около 48 кг/га (рисунок 12).

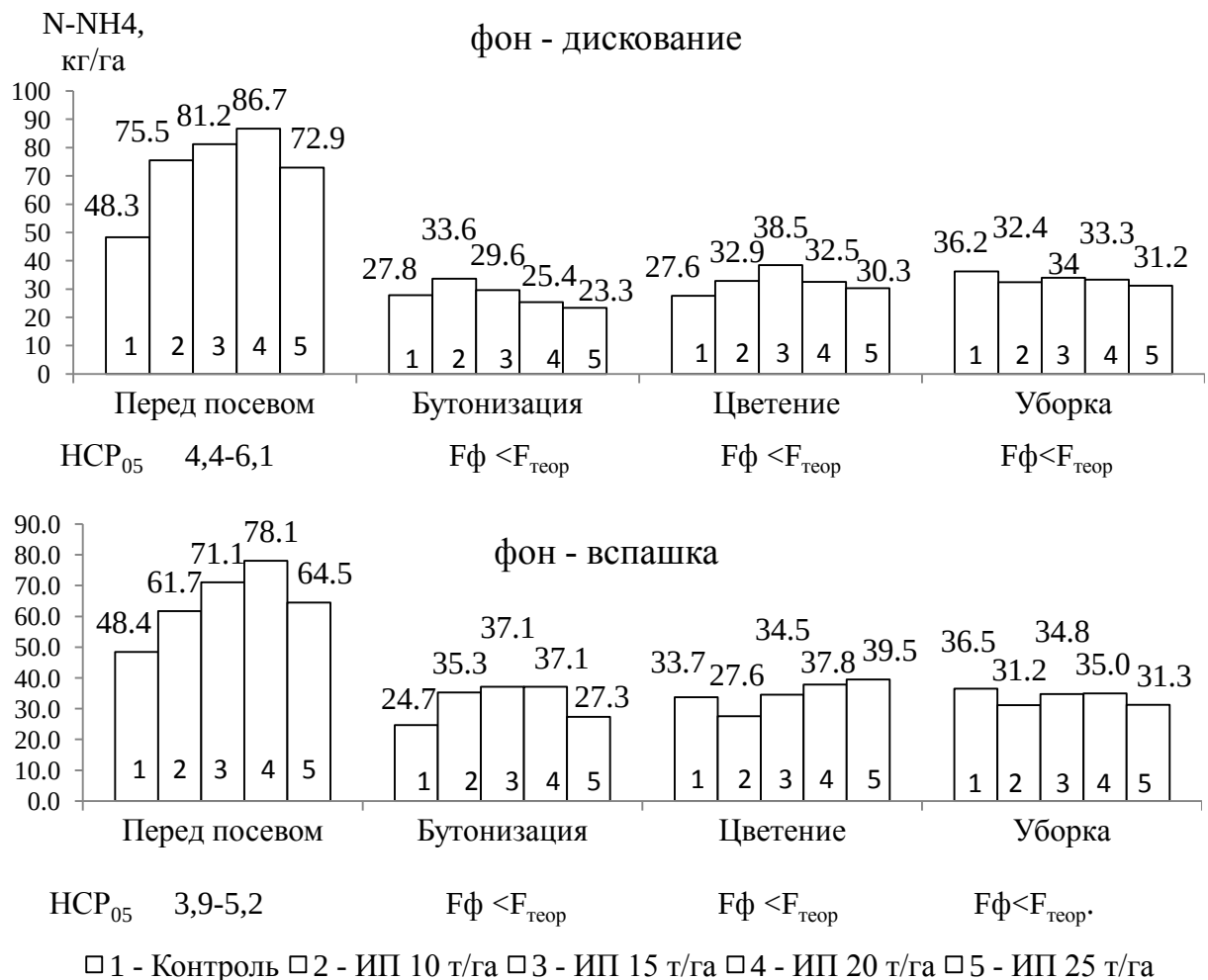


Рисунок 12. Динамика аммонийного азота в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

К посеву подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. на обоих фонах обработки почвы происходило равномерное увеличение количества обменного аммония при повышении дозы с 10 до 15 и 20 т/га. Более высокий уровень содержания $N-NH_4$ в почве на всех вариантах с помётом получен по фону дискование. Увеличение в блоке вариантов с дозами 10-25 т/га составило 31 кг/га, при внесении помёта под вспашку лишь - 21 кг/га. Вероятно, активность основных групп микроорганизмов, осуществляющих аммонификацию органического вещества, в верхнем 10-12 сантиметровом слое почвы в осенний период после внесения помёта и в

весенний до посева подсолнечника существенно больше, чем в слое 10-25 см, где размещён помёт при заделке плугом.

При повышении дозы ещё на 5 т/га произошло снижение на 13,6-13,8 кг/га. Это можно объяснить следующим. Во-первых, за счёт чрезмерного повышения концентрации азота в почве, которое негативно сказывалось на деятельности аммонифицирующей микрофлоры. Во-вторых, возможно это связано содержанием в почве антибиотиков, которые поступают в почву с помётом. В-третьих, бактерии, осуществляющие в почве нитрификацию, и питанием для которых является аммонийный азот, тоже снижали его количество в почве.

Значительные изменения обеспеченности почвы аммонийным азотом произошли в почве от посева до фазы бутонизации. На контрольном варианте содержание $N-NH_4$ уменьшилось на 20-23 кг/га. Количество аммонийного азота в почве понизилось и на вариантах с помётом, особенно по фону дискование. Различия по сравнению с контролем сократились до 6-12 кг/га. Зависимости от содержания $N-NH_4$ от дозы помёта не выявлено. Лишь на варианте с дозой 25 т/га оно меньше, чем на остальных по обоим фонам обработки почвы. При прогревании почвы на большую глубину результат аммонификации помёта при его глубокой заделке был значительно выше, чем при дисковании. В первом случае среднее снижение уровня $N-NH_4$ по сравнению с периодом посева 35, а во втором – 51 кг/га.

В фазу цветения преимущество вариантов с помётом по сравнению с контролем и его зависимость от дозы выражены также слабо, а в уборку самые высокие показатели отмечены на контроле, хотя снижение количества $N-NH_4$ в почве при внесении помёта незначительно. При низкой влажности почвы в слое 0-40 см на данном этапе вегетации подсолнечника, возможно, равновесие между различными формами азота резко сдвинулось в сторону необменной фиксации аммония.

Анализируя изменение уровня обеспеченности почвы аммонийным азотом под влиянием помёта в среднем за вегетацию подсолнечника можно сделать вывод о том, что они невелики и, вероятно, не являются первостепенным фактором изменения урожайности подсолнечника (рисунок 13).

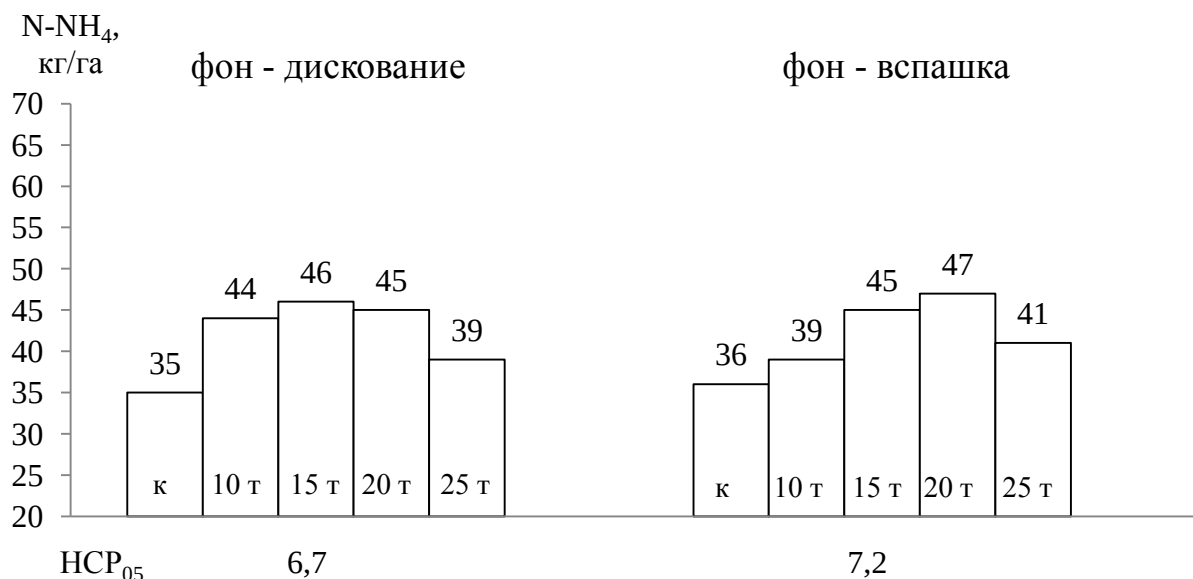


Рисунок 13. Влияние индюшиного помёта на запасы аммонийного азота в почве в среднем за вегетацию подсолнечника, кг/га в слое 0-40 см

Перед посевом подсолнечника запасы нитратного азота на контроле по фону минимальная обработка были существенно выше, чем аммонийного, но лишь в 2012 и 2013 гг. Количество N-NO₃ в слое почвы 0-20 см варьировало в пределах от 21,4 (2011 г.) до 88,2 кг/га (2012 г.), в слое 20-40 см – от 18,9 (2011 г.) до 59,0 кг/га (2012 г.), (приложение 50).

В среднем за 2011-2013 гг. в слое 0-20 см обеспеченность почвы нитратным азотом на контроле составила 63,4, в слое 20-40 см – 42,4 кг/га. Достоверное влияние индюшиного помёта на количество нитратного азота при внесении минимальных доз перед посевом подсолнечника получено только от дозы 7,5 т/га в 2013 году в обоих слоях почвы, в 2012 г. – лишь в слое 0-20 см. Закономерности во влиянии различных доз помёта на запасы в почве N-NO₃, как и аммонийного азота, не выявлено. В 2011 году максимум количества нитратного азота в обоих слоях почвы получен при внесении помёта в дозе 20 т/га, в 2013 г. – 25 т/га, в 2012 году в слое 0-20 см – 10 т/га, в слое 20-40 см – 15 т/га.

В среднем за 2011-2013 гг. перед посевом подсолнечника в верхнем слое почвы различия между вариантами опыта по фону с минимальной обработкой в количестве нитратного азота математически недостоверны. В слое почвы 20-40 см наибольшее увеличение N-NO₃ получено от дозы 20 т/га. Прибавка по сравнению

с контролем составила 32,1 кг/га или 75,7%. Существенное различие в содержании этой формы азота по слоям почвы, обусловлено тем, что, несмотря на заделку помёта в верхний слой, происходила миграция $N-NO_3$ вниз по профилю за осенне-зимний период и первый весенний месяц.

Перед посевом подсолнечника на контрольном варианте по фону вспашка запасы нитратного азота в слое почвы 0-20 см изменялось в пределах от 11,6 (2011 г.) до 73,3 кг/га (2012 г.), в слое 20-40 см – от 11,6 (2011 г.) до 52,9 кг/га (2012 г.), (приложение 51). В среднем за 2011-2013 гг. на контроле перед посевом подсолнечника количество нитратного азота в слое почвы 0-20 см составило 40,0 кг/га, в слое 20-40 см – 34,8 кг/га.

Существенное увеличение нитратного азота от действия индюшиного помёта по сравнению с контролем получено во все годы на всех вариантах опыта. Но закономерностей во влиянии помёта в зависимости от дозы не выявлено. Максимальным количество нитратного азота было на варианте с дозой 15 т/га в слое почвы 0-20 см в 2011 г., в дозе 10 т/га – в 2012 г. и 25 т/га – в 2013 г., в слое почвы 20-40 см в 2011 и 2013 гг. – 20 т/га и в 2012 г. – 15 т/га.

В среднем за 2011-2013 гг. наибольшим количество нитратного азота в слое почвы 0-20 см было на варианте с дозой 10 т/га. Увеличение количества нитратного азота составило по сравнению с контролем 32,2 кг/га или 80,5%. В слое почвы 20-40 см наибольшим количество $N-NO_3$ было на варианте с дозой помёта 20 т/га. Прибавка к контролю составила 55,8 кг/га или 160,3%.

Запасы нитратного азота в слое почвы 0-40 см перед посевом подсолнечника, а также изменения этих значений в разные годы и по вариантам в течение одного года значительно существеннее по сравнению с уровнем количества и изменениями аммонийного азота. В 2011-2013 гг. к посеву по фону дискование на контроле количество нитратного азота в 1,41 раза больше, чем по вспашке. Преимущество проявилось во все годы исследований при всех уровнях запасов $N-NO_3$ в почве и составило: в 2011 г. – 40 и 23; в 2012 г. – 147 и 126; в 2013 г. – 130 и 75 кг/га. Следовательно, активность нитрифицирующей почвенной микрофлоры по-

сле уборки предшественника озимой пшеницы без внесения удобрений значительно выше в верхнем слое почвы.

В связи с этим можно предположить, что равенство в количестве аммонийного азота в почве по двум фонам обработки почвы – 48,3 и 48,4 кг/га является формальным (рисунок 12). Соответственно по фону дискования количество $N-NH_4$ значительно больше, но он использовался на образование нитратов.

В среднем за 2011-2013 гг. поверхностная обработка почвы по сравнению со вспашкой к посеву подсолнечника на контрольном варианте обеспечила преимущество в количестве нитратного азота на 31 кг/га (рисунок 14).

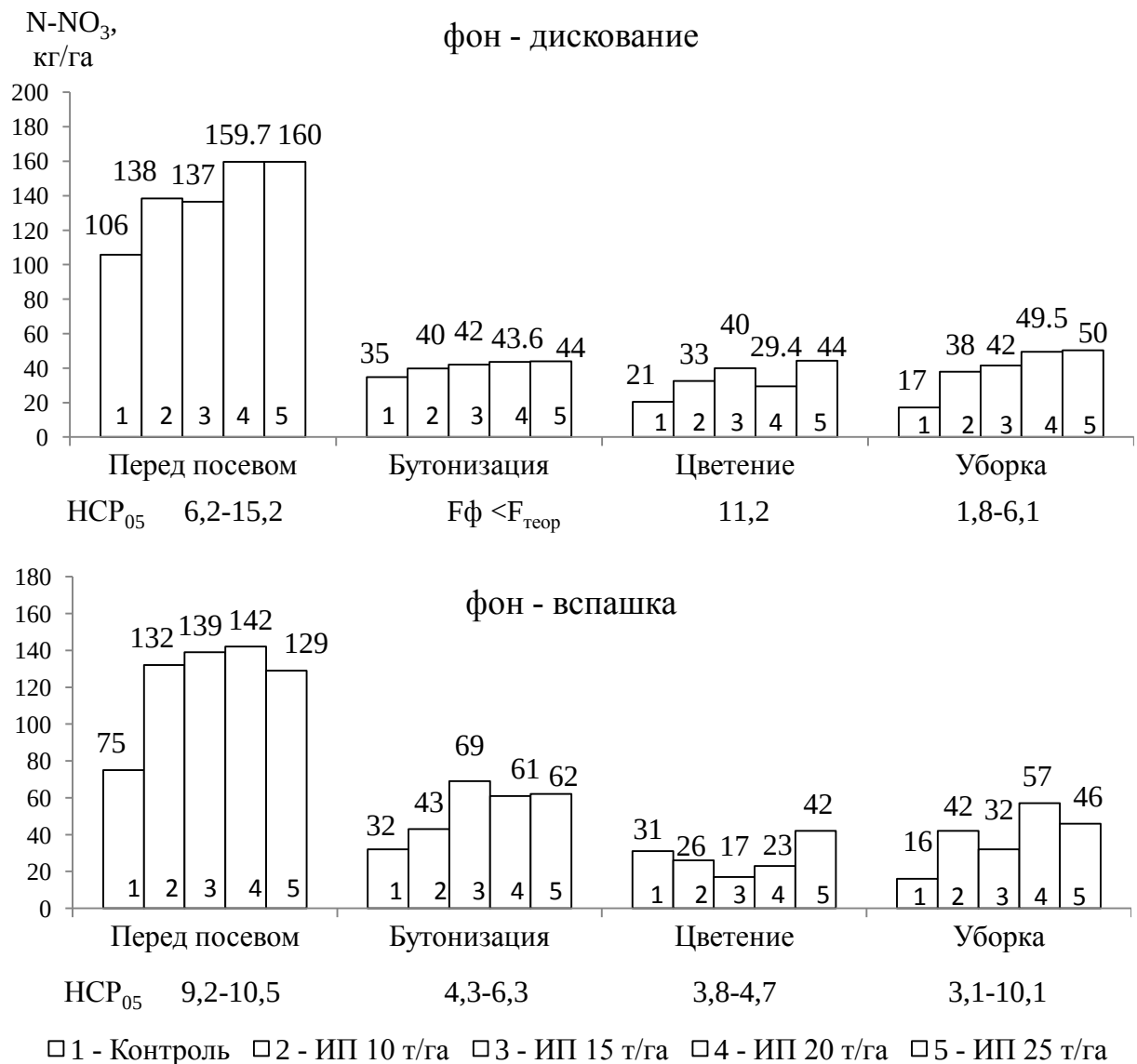


Рисунок 14. Динамика нитратного азота в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

Но увеличение количества $N-NO_3$ в почве при внесении помёта под вспашку значительно больше, чем при дисковании. В среднем по всем вариантам с помётом в первом случае оно составило 61, а во втором 43 кг/га.

На вариантах с внесением помёта в дозах 10 и 15 т/га количество $N-NO_3$ в почве по двум фонам обработки почвы выравнивалось. Относительный прирост по сравнению с контролем на фоне вспашки был в пределах 72-90, а по дискованию – 29-51%. Вероятно, внесение помета стимулировало активность нитрифицирующих бактерий во всех слоях почвы, а равномерное распределение помёта во всём 25-сантиметровом слое почвы максимально способствовало этому процессу (Енкина О.В., Коробской Н.Ф., 1999).

При вспашке создаются благоприятные условия для деятельности почвенной микрофлоры во всём обрабатываемом слое. Поверхностные обработки повышают интенсивность микробиологических процессов в верхнем слое 0-10 см и угнетают в нижнем (20-30 см). Биологическая разнокачественность почвенных слоёв также объясняется различным распределением в них растительных остатков, а также условиями аэрации и влажности. При этом увеличение количества $N-NO_3$ по сравнению с контролем в верхнем слое почвы было практически одинаковым – 27 и 28 кг/га, но на глубине отмечено двукратное преимущество фона вспашки – 16 и 33 кг/га. Доля нижнего слоя в общем запасе нитратов по дискованию составила лишь 39, а по вспашке – 50%.

Сопоставляя степень влияния помёта на аммонийный и нитратный режим почвы, можно предположить, что аммонифицирующая микрофлора в основном локализована в верхнем 20-сантиметровом слое почвы, а нитрифицирующая сосредоточена на большей глубине.

К фазе бутонизации количество $N-NO_3$ в почве уменьшилось, и различия между вариантами сократились, особенно по фону с минимальной обработкой. Незначительное снижение запаса нитратного азота в почве продолжалось до фазы цветения. К уборке запас $N-NO_3$ был низким, но восстановились различия между вариантами с помётом и контролем - до 21-41 кг/га. На обоих фонах обработки почвы увеличение происходило при повышении дозы помёта до 20 т/га.

В среднем за вегетацию подсолнечника за 2011-2013 гг. на контроле по фону дискование количество нитратного азота в слое 0-40 см составило 44,5, а по вспашке – 38,3 кг/га (рисунок 15).

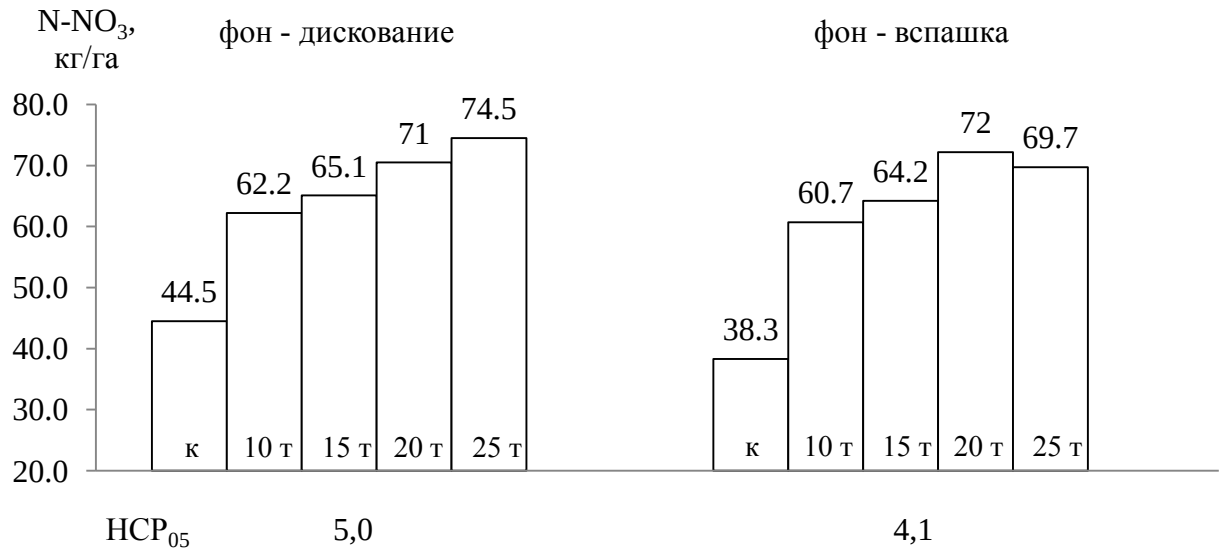


Рисунок 15. Влияние индюшиного помёта на запасы нитратного азота в почве в среднем за вегетацию подсолнечника, кг/га в слое 0-40 см

При внесении помёта оно достаточно равномерно, в соответствии с дозой, повышалось: на фоне дискование на 8-30 кг/га; на фоне вспашка - на 12-34 кг/га. Увеличение запаса N-NO₃ в почве был устойчивым при доведении дозы помёта до 20 т/га. На вариантах с дозами 10-20 т/га оно было практически одинаковым по обоим фонам обработки.

Количество минерального азота перед посевом подсолнечника в слое почвы 0-40 см в разные годы существенно различалось: на контроле по фону с минимальной обработкой от 77,9 до 193,1, по вспашке от 52,0 до 187,4 кг/га.

В среднем за 2011-2013 гг. к посеву получено преимущество в количестве минерального азота в почве по фону дискование (таблица 120). На контроле оно составило 31,2 кг/га и обусловлено различиями в содержании нитратной формы. Но на вариантах с помётом, заделанным под плуг, запас N_{мин} по сравнению с контролем увеличился сильнее, чем при дисковании, что привело к сокращению различий между фонами за исключением варианта с 25 т/га. Максимальное количество отмечено по обоим фонам при внесении 20 т/га помёта - 227-248 кг/га.

Таблица 120 – Запасы минерального азота в слоях почвы 0-40 см под подсолнечником, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	бутонизация	цветение	уборка	
фон - дискование					
контроль	154,0	75,8	48,1	53,4	82,8
10	213,9	73,4	65,5	70,3	105,8
15	217,8	71,7	78,4	75,6	110,9
20	248,0	69,0	61,9	82,7	115,4
25	232,6	67,2	74,5	81,4	113,9
НСР ₀₅	41,7	F _ф < F _{теор}	17,5	3,5-17,5	19,3
фон - вспашка					
контроль	123,2	56,7	64,5	52,2	74,1
10	193,7	78,2	53,9	72,9	99,7
15	209,9	106,1	51,0	67,2	108,6
20	226,7	104,1	60,7	91,8	120,8
25	193,4	89,3	81,7	77,0	110,4
НСР ₀₅	8,4-29,2	4,2-22,7	4,7-10,5	4,0-20,5	8,6-17,2

При повышении дозы с 20 до 25 т/га уменьшение запаса $N_{\text{мин}}$ в 40-сантиметровом слое почвы составляло 14-34 кг/га. Как уже отмечено, это связано с угнетением аммонифицирующей микрофлоры при увеличении концентрации антибиотиков, минерального азота или других веществ, содержащихся в помёте.

Существенная особенность изменений минерального азота от посева до фазы бутонизация состоит в том, что при значительном снижении его запаса в почве на фоне дискования на всех вариантах с помётом произошло незначительное уменьшение и по сравнению с контролем. Но по фону вспашка тенденция абсолютно противоположная. Под влиянием помёта количество $N_{\text{мин}}$ существенно увеличивалось. При внесении 10 т/га его было больше, чем на любом из вариантов по фону дискование. Максимум получен при внесении 15 т/га, только потом началось снижение. Это позволяет сделать вывод о том, что в период посев-бутонизация минерализация органического вещества помёта, размещённого в большем объёме почвы, происходило более интенсивно.

К фазе цветение уровень $N_{\text{мин}}$ по двум фонам обработки почвы различался незначительно и оставался в пределах 50-85 кг/га. К уборке проявилась тенденция

незначительного повышения количества минерального азота в почве при внесении помёта по двум видам обработки почвы.

В целом за вегетацию в среднем за 2011-2013 гг. запас $N_{\text{мин}}$ на контроле по фону дискование составил 82,8, а по вспашке 74,1 кг/га. Под влиянием помёта в дозе 20 т/га количество минерального азота повышалось до 115,4 и 119,1 кг/га. При дальнейшем увеличении дозы снижение в среднем составляло в среднем 5,1 кг/га. В целом существенных различий в количестве $N_{\text{мин}}$ на вариантах с одинаковыми дозами помёта по двум фонам обработки почвы практически нет.

Представляет интерес подсчет соотношения нитратного и аммонийного азота в почве в составе минерального и динамика этого показателя в зависимости от дозы помёта. Тенденции по фонам дискование и вспашка практически не отличаются. В целом за вегетацию подсолнечника в среднем за 2012-2013 гг. на контроле процентное содержание аммонийной формы на 12,6% меньше, чем нитратной (рисунок 16).

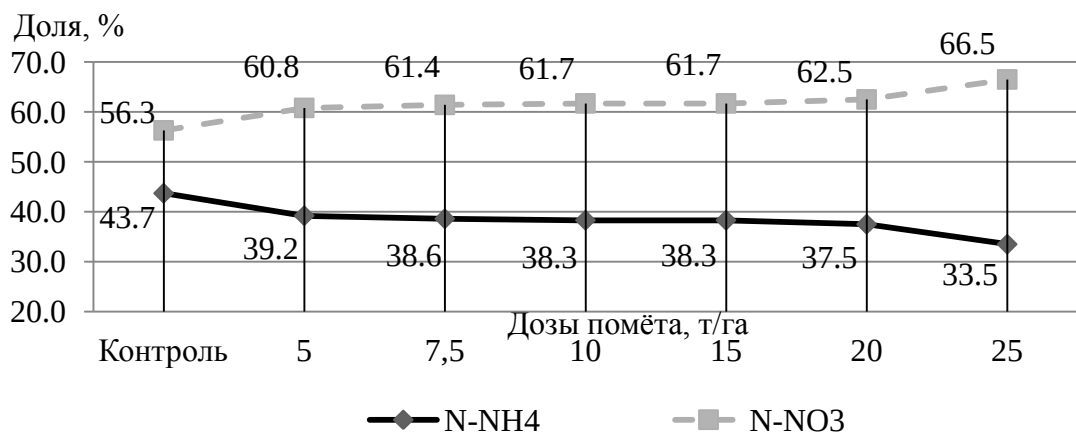


Рисунок 16. Изменение доли $N\text{-NO}_3$ и $N\text{-NH}_4$ в составе $N_{\text{мин}}$ в почве при внесении помёта в целом за вегетацию подсолнечника, %. Среднее по двум фонам обработки почвы за 2012-2013 гг., слой 0-40 см

Применение помёта увеличивало это различие с повышением дозы. В среднем по двум фонам уже при внесении 5 т/га помёта доля $N\text{-NO}_3$ в $N_{\text{мин}}$ повысилась до 60,8%, а аммонийного — уменьшилась. При увеличении дозы до 20 т/га она нарастает постепенно, а с 20 до 25 т/га достаточно круто. На этом варианте 2/3 азота находилось в нитратной форме и 1/3 в аммонийной. Здесь, вероятно, проявилось

угнетение деятельности микрофлоры на этапе аммонификации органического вещества помёта.

Возможно, применение индюшиного помёта в почве в большей степени стимулирует процессы нитрификации, чем аммонификации, нельзя исключить и негативную роль содержащихся в нём антибиотиков. Основной путь попадания антибиотиков в почву – через применение навоза в качестве удобрения. Некоторые антибиотики сохраняются долгое время в окружающей среде, особенно в почве, оказывать цитостатическое, цитотоксическое или цитолитическое действие (Покровский В.Н, 1990; Егоров Н.С., 1994). На развитие бактерий рода *Bacillus*, *Bordetella*, *Brucella*, *Klebsiella*, *Mycobacterium*, *Bacterium* влияют такие антибиотики, как тетрациклины, хлорамфеникол и неомидин (Feng Liu, 2009; Акименко Ю.В. и др., 2013).

Учитывая большую разнонаправленность процессов изменения аммонийного и нитратного азота в почве на вариантах с минеральными удобрениями, большую наглядность происходящих процессов даёт изменения динамики минерального азота. Более высокая обеспеченность почвы минеральным азотом перед посевом подсолнечника по фону минимальная обработка нивелировалась к моменту проведения уборки (таблица 121).

Таблица 121 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении минеральных удобрений. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора			Среднее за вегетацию
	бутонизация	цветение	уборка	
фон - дискование				
контроль	75,8	48,1	53,4	82,8
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	56,9	46,9	47,4	76,3
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	62,2	56,4	48,4	80,2
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	61,6	64,9	51,5	83,0
НСР ₀₅	F _ф < F _{теор}	8,8	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}
фон - вспашка				
контроль	56,7	64,5	52,2	74,1
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	57,5	58,0	56,4	73,8
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	72,1	62,0	60,4	79,4
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	80,2	64,5	58,9	81,7
НСР ₀₅	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

В среднем за вегетацию подсолнечника существенных различий в количестве минерального азота в слое почвы 0-40 см не было, но отмечено преимущество обеспеченности почвы на контрольном варианте.

Перед посевом ярового ячменя по предшественнику подсолнечник в среднем за 2012-2014 гг. количество $N_{\text{мин}}$ в слое 0-40 см было практически одинаковым по двум фонам обработки почвы под подсолнечник – 63,7-65,3 кг/га (таблица 122). На вариантах с последствием помёта обеспеченность почвы минеральным азотом перед посевом возрастала с повышением его дозы. Но запасы $N_{\text{мин}}$ на вариантах с помётом, внесённым под дискование, существенно меньше, чем под вспашку, кроме вариантов с дозой 25 т/га.

Таблица 122 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под яровым ячменем, кг/га. Первый год последствия индюшиного помёта. Среднее за 2012-2014 гг.

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	кущение	колоше- ние	уборка	
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)					
контроль	65,3	46,1	29,3	28,9	42,4
10	84,9	59,3	41,1	34,0	54,8
15	84,6	57,5	40,7	36,1	54,7
20	89,7	70,2	43,4	36,4	59,9
25	103,3	76,7	46,6	43,7	67,6
НСР ₀₅	12,2	12,0	9,5	6,0	6,1
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)					
контроль	63,7	44,0	32,0	31,8	42,9
10	95,6	63,1	43,1	37,0	59,7
15	102,3	63,6	43,1	43,8	63,2
20	108,1	71,4	49,1	49,6	69,6
25	108,6	77,1	53,9	49,1	72,2
НСР ₀₅	28,8	14,6	10,5	7,3	11,9

В течение вегетации ярового ячменя в почве происходило равномерное снижение количества минерального азота. В среднем за вегетацию ячменя обеспеченность почвы минеральным азотом на обоих контролях была одинаковой. Наибольшая обеспеченность почвы $N_{\text{мин}}$ была на вариантах с максимальной дозой. Но количество в почве минерального азота на вариантах с последствием

индюшиного помёта, внесённого под вспашку, было выше. Обеспеченность минеральным азотом под ячменём не зависело от последствий азофоски.

Количество в почве $N_{\text{мин}}$ перед посевом озимой пшеницы на контрольном варианте составило 30,8-32,6 кг/га (таблица 123).

Таблица 123 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей, кг/га. Второй год последствий индюшиного помёта. Среднее за 2012-2015 гг.

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегета-цию
	перед посевом	весеннее кущение	колоше-ние	уборка	
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)					
контроль	32,6	48,2	32,2	21,4	33,6
10	42,9	57,5	39,3	27,4	41,8
15	48,1	55,9	43,8	29,5	44,3
20	55,3	58,7	48,2	29,6	47,9
25	55,9	59,7	50,4	33,2	49,8
НСР ₀₅	7,2	F _ф < F _{теор}	8,6	5,0	4,5
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)					
контроль	30,8	46,7	30,6	21,7	32,5
10	38,5	53,2	35,3	25,3	38,1
15	44,6	60,2	35,2	26,3	41,6
20	46,1	66,2	40,7	31,1	46,0
25	47,6	70,3	39,1	36,9	48,5
НСР ₀₅	6,7	5,7	5,4	8,7	3,8

От посева до фазы весеннее кушение происходило увеличение количества минерального азота в слое почвы 0-40 см на всех вариантах опыта. В течение вегетации происходило снижение его количества вплоть до уборки. В среднем за вегетацию озимой пшеницы обеспеченность минеральным азотом на вариантах с последствием индюшиного помёта в разных дозах, заделанного в почву под дискование и вспашку, не различалась. Максимальным количеством $N_{\text{мин}}$ по обоим фонам обработки было при внесении помёта в дозе 25 т/га. Эффект от последствий азофоски на азотный режим почвы под озимой пшеницей, как и под яровым ячменём, отсутствовал.

Данные по содержанию подвижного фосфора под подсолнечником свидетельствуют, что обеспеченность почвы P_2O_5 перед посевом по фону дискование в

2011-2013 гг. была низкой или очень низкой. В слое 0-20 см на контроле она находилась в пределах 13,8-8,3 мг/кг почвы (приложение 52). В слое почвы 20-40 см оно было практически таким же, как и в верхнем слое. При обработке почвы путем вспашки обеспеченность находилась в пределах низкой или пограничной между низкой и средней. Особенно низкое содержание отмечено в 2013 г. (приложение 53).

Применение помёта способствовало существенному увеличению фосфатного уровня почвы в слое 0-20 см при обоих способах его заделки. В разные годы он повышался с увеличением дозы до 10-20 т/га, а на фоне дискования в 2013 г. и в дозе 5 т/га. Более существенное отличие в действии помёта отмечены в слое почвы 20-40 см. После вспашки содержание фосфора под действием помёта повышалось в не меньшей степени, чем в верхнем. Объясняется это размещением по всему 25-сантиметровому слою почвы. Наряду с этим имело место, по-видимому, и миграция воднорастворимых однозамещенных фосфатов кальция, по профилю почвы 0-40 см. Вследствие более активного действия почвенной микрофлоры минерализация помёта, подкисление почвы и подвижность фосфорных соединений были более интенсивными

В 2012 и 2013 гг. проявилась миграция фосфора при заделке помёта дискованием в слой почвы 20-40 см. В 2012 г. при внесении помёта в дозах 7,5-25 т/га увеличение в слое почвы 20-40 см к посеву подсолнечника по сравнению с контролем составило 2,0-4,1 мг/кг почвы или 16,5-33,9%. Максимум в этот год достигнут от доз 10 и 15 т/га. В 2013 году в слое почвы 20-40 см проявилась миграция под действием доз 5-15 т/га. По сравнению с контролем прибавка составила 2,7-3,6 мг/кг почвы или 27,6-36,7%. Наибольшее увеличение получено под действием помёта в дозе 7,5 т/га. Вероятно, сосредоточенность помёта в значительно меньшем объеме почвы при дисковании усиливало и отрицательное влияние кальция, содержащегося в помёте, в большей степени. Это также препятствовало активной миграции фосфатов.

В течение вегетации содержание подвижного фосфора в почве снижалось. Это было характерно как для слоя 0-20, так и 20-40 см. Более интенсивное

уменьшение фосфатного уровня отмечено в фазу бутонизация, но в некоторых случаях оно продолжалось и в цветение (2011 г.). К уборке содержание P_2O_5 в почве, как правило, увеличивалось.

Более четкое представление о влиянии помёта на содержание подвижного фосфора в слоях почвы 0-20 и 20-40 см при разных способах его заделки осенью дает усреднение данных за 2011-2013 гг. по отдельным дозам и в целом за вегетацию подсолнечника (таблица 124). Поскольку действие разных доз помёта в течение вегетации проявлялось неодинаково, имеет смысл обобщение по блоку вариантов с помётом в целом. На фоне дискование влияние помёта на содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см во все сроки отбора образцов было очень высоким, в относительном выражении оно составило 64,5-43,7, а в среднем за вегетацию 50,0%.

Таблица 124 – Содержание подвижного фосфора в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора								Среднее за вегетацию	
	перед по- севом		бутонизация		цветение		уборка			
	слой почвы, см									
0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га										
контроль	11,1	12,1	6,9	6,5	8,7	8,2	9,9	8,9	9,2	8,9
10	16,9	14,2	12,2	7,6	11,3	9,2	15,9	13,1	14,1	11,0
15	17,9	13,9	10,7	6,6	13,1	9,1	13,9	10,4	13,9	10,0
20	16,7	13,3	10,9	8,0	13,1	7,8	13,9	9,4	13,7	9,6
25	16,3	13,1	11,6	7,2	12,5	9,0	13,6	10,1	13,5	9,9
НСР ₀₅	4,2	F _φ < F _{теор}	2,6	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	2,5	2,5	F _φ < F _{теор}
индюшиный помёт осенью под вспашку, т/га										
контроль	14,1	12,2	6,9	7,2	6,6	5,1	7,8	6,8	8,9	7,8
10	18,1	17,4	10,4	7,2	9,0	9,2	10,9	10,7	12,1	11,1
15	17,5	17,6	10,7	5,8	9,8	8,8	12,1	10,3	12,5	10,6
20	18,0	15,3	10,8	10,5	10,4	11,8	13,4	13,2	13,2	12,7
25	16,3	15,6	9,4	7,5	9,0	10,8	8,7	11,1	10,9	11,3
НСР ₀₅	2,3	3,1	F _φ < F _{теор}	1,5	F _φ < F _{теор}	2,5	3,4	F _φ < F _{теор}	2,5	1,4

В слое 20-40 см действие помёта проявилось крайне неравномерно практически от 7,0 до 20,8%, а в среднем составило 1,2 мг/кг почвы или 13,8%. Матема-

тически оно было недостоверно во всех случаях. Характерно, что максимальное отклонение от контроля в обоих случаях было отмечено при внесении помёта в дозе 10 т/га. На фоне вспашка сложилось совершенно другое положение. Фосфатный уровень почвы повышался под влиянием помёта в слоях 0-20 и 20-40 см в достаточно близких пределах.

В среднем за вегетацию в блоке вариантов с 10-25 т/га помёта увеличение содержания подвижного фосфора в слое 0-20 см составило 3,3, а в слое 20-40 см – 3,6 мг/кг почвы. Это соответствует 37,1 и 46,2%. То есть, в нижнем слое почвы проявилось даже некоторое преимущество во влиянии помёта. В определенной степени оно является формальным, поскольку большая часть фосфора потребляется растениями из слоя 0-20 см. Здесь отмечено повышение влияния помёта на фосфатный режим почвы в целом за вегетацию как по слою 0-20, так и 20-40 см с увеличением дозы помёта до 20 т/га. Доведение дозы до 25 т/га вызывало устойчивое снижение этого показателя. По-видимому, ее применение приводило к угнетению почвенной микрофлоры и снижению интенсивности минерализации помёта в результате увеличения концентрации почвенного раствора.

Общим в динамике содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см по фону дискование в 2012 и 2013 гг. является его существенное снижение от посева до фазы бутонизация. Оно проявилось на всех вариантах опыта. К цветению фосфатный уровень почвы восстанавливается – незначительно и более существенно в 2012 г. Еще большее повышение отмечено к уборке. В 2013 г. он стал больше, чем при посеве, как на контроле, так и на всех вариантах с помётом. Преимущество помёта по сравнению с контролем сохранилось в течение всей вегетации подсолнечника. Оно нарастало с увеличением дозы с 5 до 10 т/га, а затем снижалось. В 2011 г. падение фосфатного уровня продолжалась вплоть до уборки, но только на контроле. На вариантах с помётом в период бутонизация, уборка тенденция неустойчива, но в целом содержание P_2O_5 было больше, чем при посеве. С повышением дозы помёта более 10 т/га эффект, как и в другие годы в целом за вегетацию, уменьшался.

По фону вспашка закономерности изменения содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см в течение вегетации в целом были сходными, но есть и отличия. Перед посевом запас P_2O_5 – на контроле во все годы был выше, чем по дискованию, особенно в 2012 г., а к уборке он уменьшался в большей степени. Это проявилось как на контроле, так и при внесении помёта. Главная особенность состоит в том, что фосфатный уровень почвы существенно повышался с увеличением дозы помёта до 20 т/га. Возможные причины этого явления описаны ранее.

Наиболее характерные тенденции изменения фосфорного режима в почве под влиянием различных обработок почвы и применения помёта четче вырисовывается при усреднении данных за 2011-2013 гг. (рисунок 17).

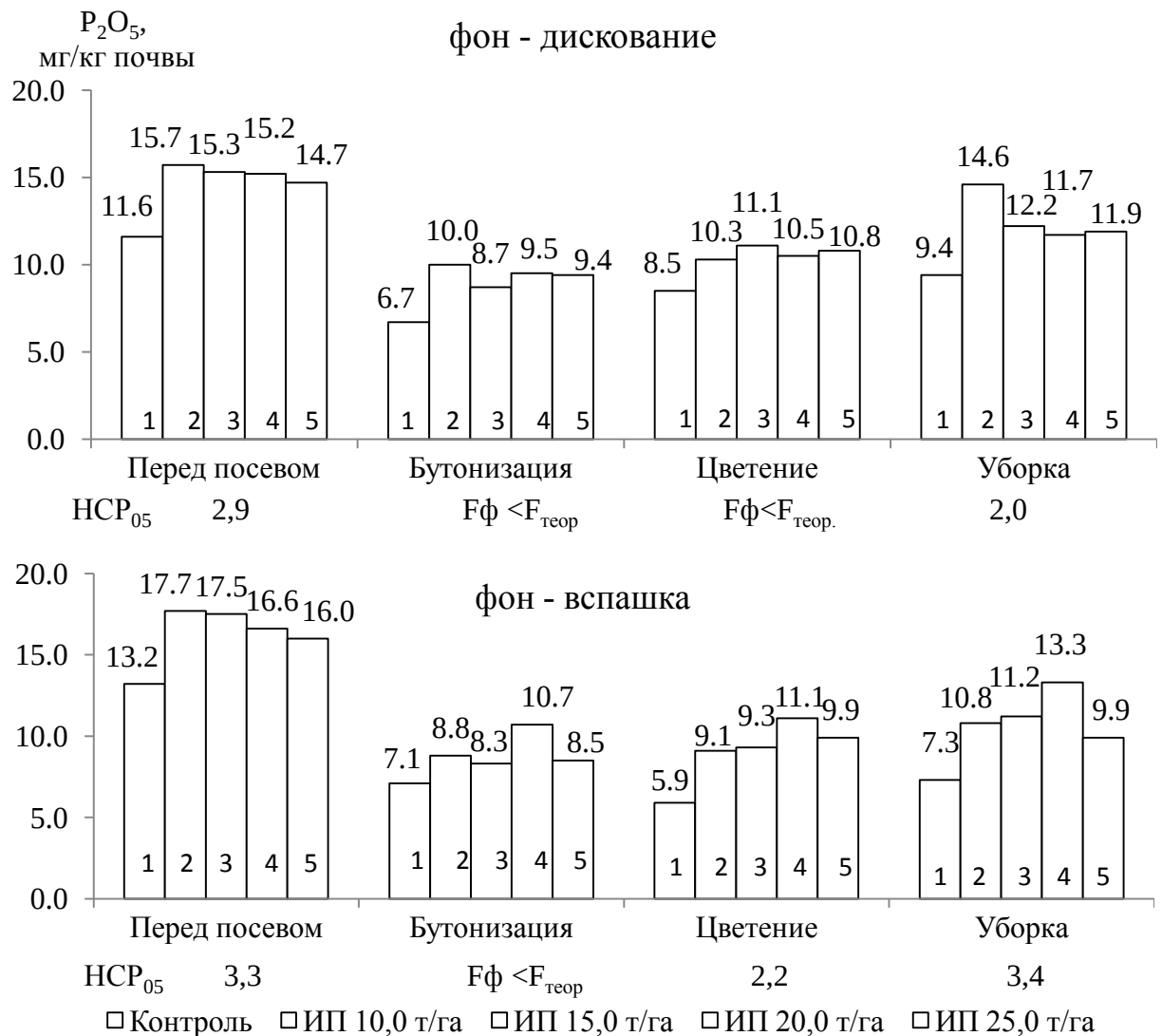


Рисунок 17. Динамика подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2013 гг.

Они показывают, что к посеву подсолнечника содержание подвижного фосфора на контроле и вариантах с помётом по фону вспашка выше, чем при дисковании, на 1,4-2,2 мг/кг почвы. Прослеживается его уменьшение с увеличением дозы помёта свыше 10 т/га. По фону дискование эта тенденция выражена слабее.

То есть, с одной стороны, при глубокой обработке почвы процесс минерализации органического вещества, в том числе из помёта, шел интенсивнее, а с другой, ретроградация минеральных соединений фосфора здесь также шла быстрее, особенно при повышении дозы помёта. Определяющую роль в этом, по видимому, могло сыграть увеличение количества кальция, вносимого с пометом. Его содержание в сухом веществе помёта в среднем составляло 3,66%.

К фазе бутонизация произошло существенное снижение уровня обеспеченности почвы фосфором – до 6,7-7,1 мг/кг почвы на контроле и до 8,3-10,7 мг/кг почвы в вариантах с помётом. Связывание фосфора из удобрений почвой протекает в два периода: первый - очень быстро, а во второй – достаточно медленно (Мачигин Б.П., 1948; Чириков Ф.В., 1956; Чумаченко И.Н., 1964; Devin J. et al., 1968; Fitter H.A., 1974; Larson S., Widdowson A.E., 1976 и др.). По сведениям Б.А. Сушеница (2007), в первые дни поглощается 38-50% фосфатов, но в последующем их запас уменьшается незначительно.

В целом в период бутонизация - уборка подсолнечника снижения запасов подвижного фосфора не наблюдалось, отмечено некоторое увеличение, особенно на последнем этапе. По фону дискование в течение всего периода от внесения помёта осенью до уборки подсолнечника наибольшую роль играл процесс снижения подвижности минеральных фосфатов из помёта при увеличении его дозы свыше 10 т/га. При внесении помёта под вспашку определяющим стало повышение количества подвижного фосфора в почве с увеличением дозы помёта до 20 т/га.

Анализ изменений содержания подвижного фосфора в почве показывает, что наибольшее увеличение обеспеченности почвы под действием помёта по вспашке произошло в период цветения - уборка - на 4 мг/кг почвы, которое по сравнению с контролем составило 67,8 и 54,8%. В период посев - бутонизация

фосфатный уровень повысился на 28-29%. По фону дискование он был более выровненным и менее зависел от сроков – 25,9-40,3%.

В целом за вегетацию наибольшее увеличение содержания подвижного фосфора в почве на фоне дискование произошло при внесении 10 т/га помёта – на 3,6 мг/кг почвы, а по вспашке от 20 т/га – на 4,6 мг/кг почвы (рисунок 18). В первом случае это составило 39,6%, во втором – 53,6 %. В целом по блоку вариантов с помётом также прослеживается преимущество глубокой заделки помёта на фосфатный режим почвы под подсолнечником.

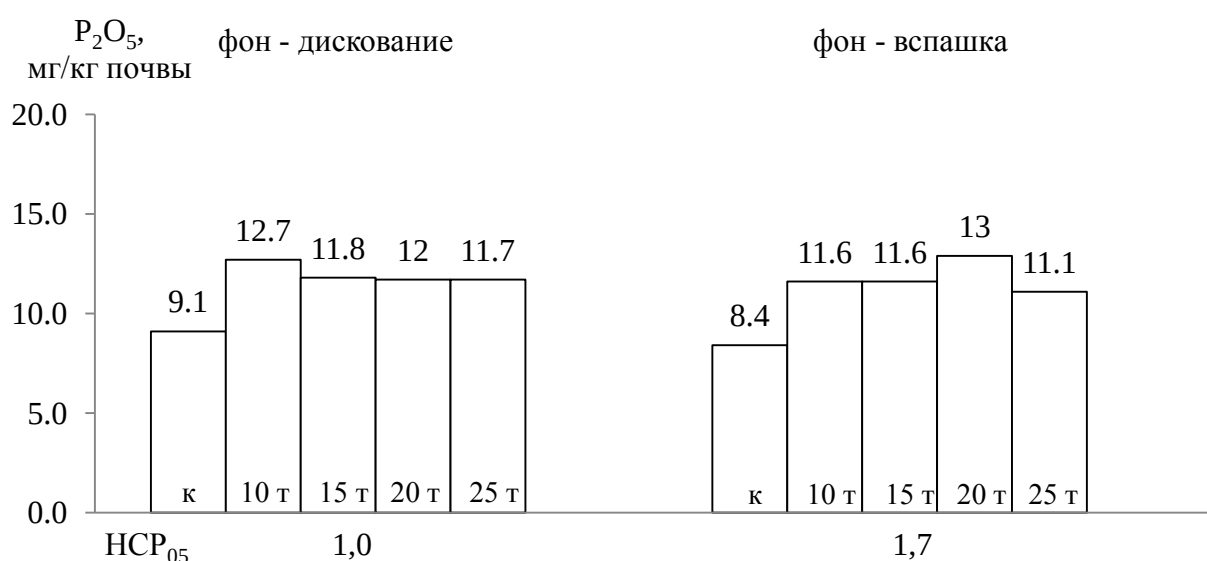


Рисунок 18. Влияние индюшиного помёта на содержание подвижного фосфора в почве в среднем за вегетацию подсолнечника, мг/кг почвы в слое 0-40 см

Во влиянии минеральных удобрений на содержание и динамику подвижного фосфора в почве проявились иные закономерности по сравнению с действием помёта. На вариантах с применением азофоски его преимущество по сравнению с контролем, в слое почвы 0-20 с фазы бутонизация до уборки, существенно уменьшалось, почти до нуля, как по фону дискование, так и по вспашке.

В среднем за 2011-2013 гг. по дискованию оно снизилось с 3,4 до 0,1 мг/кг почвы или с 49,3 до 1,0% (таблица 125). По вспашке соответственно с 5,6 до 0,6 мг/кг почвы и с 81,2 до 7,7%. В целом за вегетацию подсолнечника при мелкой обработке почвы фосфатный уровень повысился на 20,0, а при глубокой - на 43,7%.

Таблица 125 – Содержание подвижного фосфора в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении минеральных удобрений, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора образцов					
	бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см					
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
фон - дискование						
контроль	6,9	6,5	8,7	8,2	9,9	8,9
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	8,1	8,1	8,6	8,2	8,6	9,1
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	10,9	7,4	9,7	7,5	10,0	8,2
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	12,0	8,2	12,1	9,0	11,5	9,5
НСР ₀₅	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	1,4	F _ф < F _{теор}	0,9	F _ф < F _{теор}
фон - вспашка						
контроль	6,9	7,2	6,6	5,1	7,8	6,8
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	11,2	7,5	8,6	6,8	8,1	7,3
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	14,0	8,0	10,0	6,1	9,4	6,7
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	12,3	6,4	9,0	6,7	7,8	7,2
НСР ₀₅	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	2,0	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

Очень слабое влияние оказало применение минеральных удобрений на содержание фосфора в слое почвы 20-40 см. За период бутонизация – уборка по дискованию изменение составило лишь 6,3%, по вспашке – 9,4%. В разные сроки это было очень неравномерным и математически недостоверным. Сравнение полученных результатов с действием помета свидетельствует о значительно большей роли органических удобрений в повышении фосфатов и размещению их по почвенному профилю.

В слое почвы 0-40 см перед посевом ярового ячменя по предшественнику подсолнечник на контроле в среднем за 2012-2014 гг. содержание P₂O₅ составило по фону дискование, проведенного под подсолнечник, 11,5, по вспашке несколько больше – 13,1 мг/кг, то есть обеспеченность почвы соответствовала низкой (таблица 126).

В первый год последствия помёта, заделанного в почву дискованием, максимальное содержание подвижного фосфора перед посевом получено от дозы 15 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 3,7 мг/кг или 32,2%.

Таблица 126 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под яровым ячменём, мг/кг почвы. Первый год последствий индюшиного помёта. Среднее за 2012-2014 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	кущение	колоше- ние	уборка	
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)					
контроль	11,5	9,4	7,0	8,2	9,0
10	14,6	12,4	8,5	10,2	11,4
15	15,2	13,0	9,4	10,8	12,1
20	14,5	12,8	9,5	10,7	11,9
25	14,5	12,8	9,5	10,4	11,8
НСР ₀₅	1,7	F _φ < F _{теор}	1,2	F _φ < F _{теор}	1,0
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)					
контроль	13,1	10,4	6,3	8,6	9,6
10	17,2	14,6	9,9	12,1	13,5
15	16,9	15,3	11,5	12,8	14,2
20	17,3	15,6	11,3	13,1	14,3
25	16,2	14,6	10,7	13,0	13,6
НСР ₀₅	1,5	1,0	2,9	F _φ < F _{теор}	1,9

При заделке помёта под плуг практически одинаковое увеличение P_2O_5 в слое почвы 0-40 см получено от доз 10-20 т/га - 3,8-4,2 мг/кг или 29,0-32,1%. Как на контроле, так и на вариантах с последствием помёта динамика изменений подвижного фосфора была очень сходной. От посева до фазы колошение происходило снижение количества P_2O_5 , что объясняется его потреблением растениями ячменя.

К фазе полной спелости содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см повысилось. Это обусловлено снижением поглощения ячменём из почвы и продолжающейся минерализацией органического вещества помёта на его последствии. В среднем за вегетацию ячменя наибольшая обеспеченность почвы в слое 0-40 см по фону с заделкой помёта дискованием получена в дозе 15 т/га, под плуг – 20 т/га. Но различия в увеличение уровня P_2O_5 между дозами помёта математически недостоверны по обоим способам заделки.

Перед посевом ярового ячменя достоверное увеличение подвижного фосфора на вариантах с последствием азофоски отмечено только на варианте с максимальной дозой по фону с отвальной обработкой почвы. В среднем за вегетацию

максимальная обеспеченность почвы P_2O_5 была на вариантах с последствием полного минерального удобрения в дозах 50 и 75 кг/га.

Перед посевом озимой пшеницы по предшественнику яровой ячмень, третьей культуры звена севооборота, содержание подвижного фосфора на контрольном варианте в среднем за 2012-2014 гг. в слое почвы 0-40 см по фону дискование, проведённого под подсолнечник, составило 9,9, по вспашке – 10,7 мг/кг (таблица 127).

Таблица 127 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей, мг/кг почвы. Второй год последствия индюшиного помёта. Среднее за 2013-2015 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	весеннее кущение	колоше- ние	уборка	
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)					
контроль	9,9	9,9	6,6	8,2	8,6
10	11,7	11,3	7,5	9,3	9,9
15	12,1	12,2	7,8	9,0	10,3
20	12,0	12,1	7,5	8,9	10,1
25	11,5	11,3	7,7	8,6	9,8
НСР ₀₅	0,6	0,7	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	0,6
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)					
контроль	10,7	10,4	6,6	8,3	9,0
10	13,1	12,6	8,0	8,3	10,5
15	14,1	13,4	9,1	8,6	11,3
20	14,2	13,6	10,4	9,8	12,0
25	13,8	13,8	10,5	9,6	11,9
НСР ₀₅	2,2	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	1,7

Обеспеченность почвы соответствовала пограничной между низкой и очень низкой.

Тенденции, отмеченные во влиянии способа заделка помёта на содержание подвижного фосфора в почве под яровым ячменём, сохранились и на озимой пшенице во второй год последствия. Наибольшее увеличение по сравнению с контролем уровня подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см составило при заделке под дискование 15 т/га помёта 22,2%, 20 т/га под вспашку – 39,3%.

От посева до фазы весеннее кушение содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см по фону с минимальной обработкой оставалось практически на одном уровне. До фазы колошение в почве отмечено снижение P_2O_5 с последующим его увеличением к моменту проведения уборки. В среднем за вегетацию озимой пшеницы наибольшая обеспеченность в слое почвы 0-40 см отмечена на варианте с последствием помёта в дозе 15 т/га, заделанного в почву дискованием.

На вариантах с отвальной обработкой почвы под подсолнечник, первой культурой звена севооборота, от посева и до уборки озимой пшеницы на всех вариантах опыта в слое почвы 0-40 см происходило снижение количества подвижного фосфора, за исключением контроля и варианта с последствием индюшиного помёта в дозе 10 т/га, на которых от фазы колошение до уборки произошло его увеличение. Перед посевом озимой пшеницы на последствии азофоски различий в содержании подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см не было.

Вид осенней обработки почвы под подсолнечник оказал существенное влияние на содержание обменного калия перед посевом. По фону с минимальной обработкой в слое почвы 0-20 см оно изменялось от 451 (2013 г.) до 541 мг/кг (2012 г.) и соответствовала высокой обеспеченности, по вспашке – от 353 (2011 г.) до 514 мг/кг почвы (2012 г.), то есть варьировало от повышенной до высокой (приложение 54 и приложение 55).

Содержание обменного калия в слое почвы 20-40 см было меньше, чем в верхнем слое, и по фону дискование изменялось от 290 до 378 мг/кг почвы, по фону с отвальной обработкой – от 238 до 367 мг/кг почвы и соответствовала средней и повышенной степени обеспеченности. В среднем за 2011-2013 гг. на контрольном варианте по фону дискование обеспеченность почвы обменным калием составила в слое 0-20 см 494, в слое 20-40 см – 338 мг/кг, по фону вспашка содержание было меньше – 415 и 304 мг/кг почвы.

В 2011 и 2013 гг. при минимальной обработке отмечено преимущество в содержании обменного калия в почве по сравнению со вспашкой. Минерализация растительных остатков предшественника подсолнечника идёт значительно быст-

рее в верхнем слое, чем в более глубоких слоях почвы. Поэтому количество водорастворимого и обменного калия здесь выше по сравнению с отвальной обработкой, где большая часть органических веществ была перемещена на дно борозды.

В 2012 г. при большей насыщенности ППК обменным калием поступление дополнительных порций калия в почву из разложившихся органических веществ способствовало, по-видимому, сдвигу равновесия между обменным и необменным калием в сторону последнего. Поэтому абсолютный и особенно относительный прирост содержания обменного калия был значительно меньше.

Существенные различия в разные годы отмечены в динамике обменного калия в течение вегетации подсолнечника. В 2011 г. от посева до фазы цветения по фону дискование его содержание уменьшилось на 206 мг/кг почвы в слое 0-20 см и на 236 - в слое 20-40 см. В дальнейшем произошло частичное восстановление запаса обменного калия в почве. По вспашке снижение было меньше, но продолжалось вплоть до уборки подсолнечника, особенно в слое почвы 20-40 см, где оно составило 150 мг/кг почвы. Аналогичные изменения наблюдались в 2013 гг. В 2012 г. отмечены иные тенденции в калийном режиме почвы. Различия в содержании обменного калия в почве под влиянием разных видов обработки почвы были незначительны и вследствие изменения уровня обеспеченности почвы подвижным калием в течение вегетации подсолнечника.

Безусловно, различия калийного режима почвы между годами заключается в условиях увлажнения. В 2012 г. перед посевом подсолнечника содержание продуктивной влаги в слое почвы 0-40 см составило по фону дискование 61,6, в 2011 г. - 37,1, в 2013 г. - 40,0 мм. Разница более чем в 1,5 раза. Кроме того, существенно отличались годы и по количеству осадков за май - август. В 2012 г. их выпало 249,6 мм, а в 2011 и 2013 гг. соответственно на 78 и 120 мм меньше. Высокая исходная влажность почвы и периодическое хорошее дополнительное увлажнение осадками создавало условия для постоянного интенсивного перехода необменного калия в обменный. Этот процесс, по-видимому, был настолько энергичным, что практически полностью компенсировал большой вынос калия растениями при формировании мощной вегетативной массы подсолнечника в этом году. К уборке

в слое почвы 0-20 см содержалось по фону дискование 505, а по вспашке - 512 мг/кг почвы обменного калия.

Существенные изменения в запасе калия одного типа почвы, условия влагообеспеченности в различные годы при выращивании полевых культур, определяют всю неоднозначность методологии характеристики обеспеченности растений доступным калием (Кидин В.В., 2008). В работах Ф.В. Чирикова (1956), И.Г. Вазенина, Г.И. Карасевой (1959), Н.О. Авакяна (1978), В.Д. Цыганка, Л.Г. Бояна (1988), Ю.Г. Погорелова Ю.Г. (1988) установлено, что для использования почвенного калия соприкосновение корневой системы растений с коллоидами почвы не обязательно. После поглощения корнями растений калия из почвенного раствора, его концентрация повышается за счёт пополнения из необменно-фиксированного состояния.

Калий органического вещества в процессе реакций обмена пополняет запасы почвенного раствора (Захарчук П.В., 1962; Перевалов М.И., Поддубный Н.Н., 1977; Петрова А.В., 1981; Державин Л.М., 1982). Переход калия почвенных минералов в обменное состояние не требует изменений решетки (Карапетян А.Р., 1985).

Снижение влажности почвы усиливает необменную фиксацию калия (Кушниренко Е.Ф., 1971; Медведева О.П., 1971; Жукова Л.М., 1974; Петербургский А.В., 1991; Пчелкин В.У., 1996). Т.В. Карпинец (1988) определил, что реакции фиксации протекают более медленно по сравнению с реакцией обмена калия раствора и ППК.

Установлены различия в действии помёта на калийный режим почвы под подсолнечником при разных способах его заделки. При поверхностной обработке почвы увеличение содержания обменного калия в почве перед посевом подсолнечника наблюдалось в основном в слое 0-20 см. Изменения по сравнению с контролем были: в 2011 г. в пределах 68-81, в среднем 74, в 2012 г. на тех же вариантах (10-25 т/га) - 7-80, в среднем 31; в 2013 г. - 44-76, в среднем 59 мг/кг почвы. Строгой зависимости этих изменений от дозы помёта нет, но максимум во все годы имел место на вариантах с внесением 10-15 т/га. В слое почвы 20-40 см в це-

лом повышения содержания обменного калия при внесении помёта под дискование не произошло. По вспашке прирост содержания обменного калия, вызванный применением помёта, в слое почвы 0-20 см составлял: в 2011 г. 14-40, в среднем 32; в 2012 г. - 11-114, в среднем 78; в 2013 г. - 41-61, в среднем 56 мг/кг почвы. Увеличилось содержание обменного калия в слое почвы 20-40 см: в 2011 г. на 46-94; в 2012 г. - на 18-69; в 2013 г. - на 24-61 мг/кг почвы. Большой прирост отмечался при доведении дозы до 7,5-10 т/га, но, как правило, был и второй "всплеск" при внесении 20-25 т/га. Существенное увеличение содержания обменного калия в слое почвы 20-40 см при глубокой заделке помёта объясняется не только позиционным расположением в слое 20-27 см, но и передвижением водорастворимой его части вниз по профилю почвы глубже размещения помёта.

Представляет интерес анализ изменений содержания обменного калия в почве по слоям 0-20 см и 20-40 см в среднем за 2011-2013 гг. При мелкой основной обработке почвы содержание обменного калия повышалось только в верхнем слое почвы и с увеличением дозы уменьшалось. При вспашке увеличение наблюдалось в обоих слоях почвы и нарастало с повышением дозы – в слое 0-20 см до 71, а в слое 20–40 см – до 63 мг/кг почвы (таблица 128).

В фазу бутонизации изменения содержания калия в почве под действием помёта при разных обработках почвы были сходными, но уже при меньшем различии его общего уровня. В цветение уменьшение обеспеченности почвы обменным калием по сравнению с началом вегетации стало более явным. Практически нет различий в содержании калия между фонами обработки почвы. В период цветения - уборка содержание обменного калия в почве несколько увеличилось.

В среднем за 2012 г. и 2013 г. влияние помёта в дозах 5 и 7,5 т/га уступали действию 10 т/га на обоих фонах обработки почвы.

В динамике содержания обменного калия на вариантах с помётом проявились те же тенденции, что и на контроле, но есть и отличия в разных слоях почвы, поэтому лучше проследить этот процесс в целом по слою почвы 0-40 см

Как показали исследования В.В. Турчина (2007), выполненные на чернозёме обыкновенном, для выявления достоверных закономерностей в изменениях ка-

лийного режима почвы под действием различных факторов необходимо несколько этапов усреднения полученных результатов.

Таблица 128 – Содержание обменного калия в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора								Среднее за вегетацию	
	перед посе- вом		бутонизация		цветение		уборка			
	слой почвы, см									
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га										
контроль	494	338	432	294	345	248	387	277	415	289
10	552	340	497	300	387	257	396	261	458	290
15	550	315	469	341	386	232	404	246	452	284
20	526	323	482	328	404	262	440	290	463	301
25	528	315	541	319	430	264	438	275	484	293
НСР ₀₅	39	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	29	F _φ < F _{теор}
индюшиный помёт осенью под вспашку, т/га										
контроль	415	304	362	310	355	263	351	238	371	279
10	447	334	384	331	377	285	411	261	405	303
15	478	344	415	323	357	261	410	267	415	299
20	477	367	453	319	375	272	413	279	430	309
25	486	359	449	374	374	301	433	292	436	332
НСР ₀₅	30	29	33	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	18	F _φ < F _{теор}

В среднем за 2011-2013 гг. очевидно преимущество в содержании обменного калия в почве к посеву подсолнечника по фону дискование по сравнению со вспашкой (рисунок 19).

На фоне дискование чётко прослеживается уменьшение содержания калия в почве при увеличении дозы помёта свыше 10 т/га, а по фону вспашка - тенденция противоположная. Различия, как уже указывалось, обусловлены способом обработки почвы, размещением помёта в разных слоях почвы, особенностями его минерализации, обменного и необменного поглощения ионов калия.

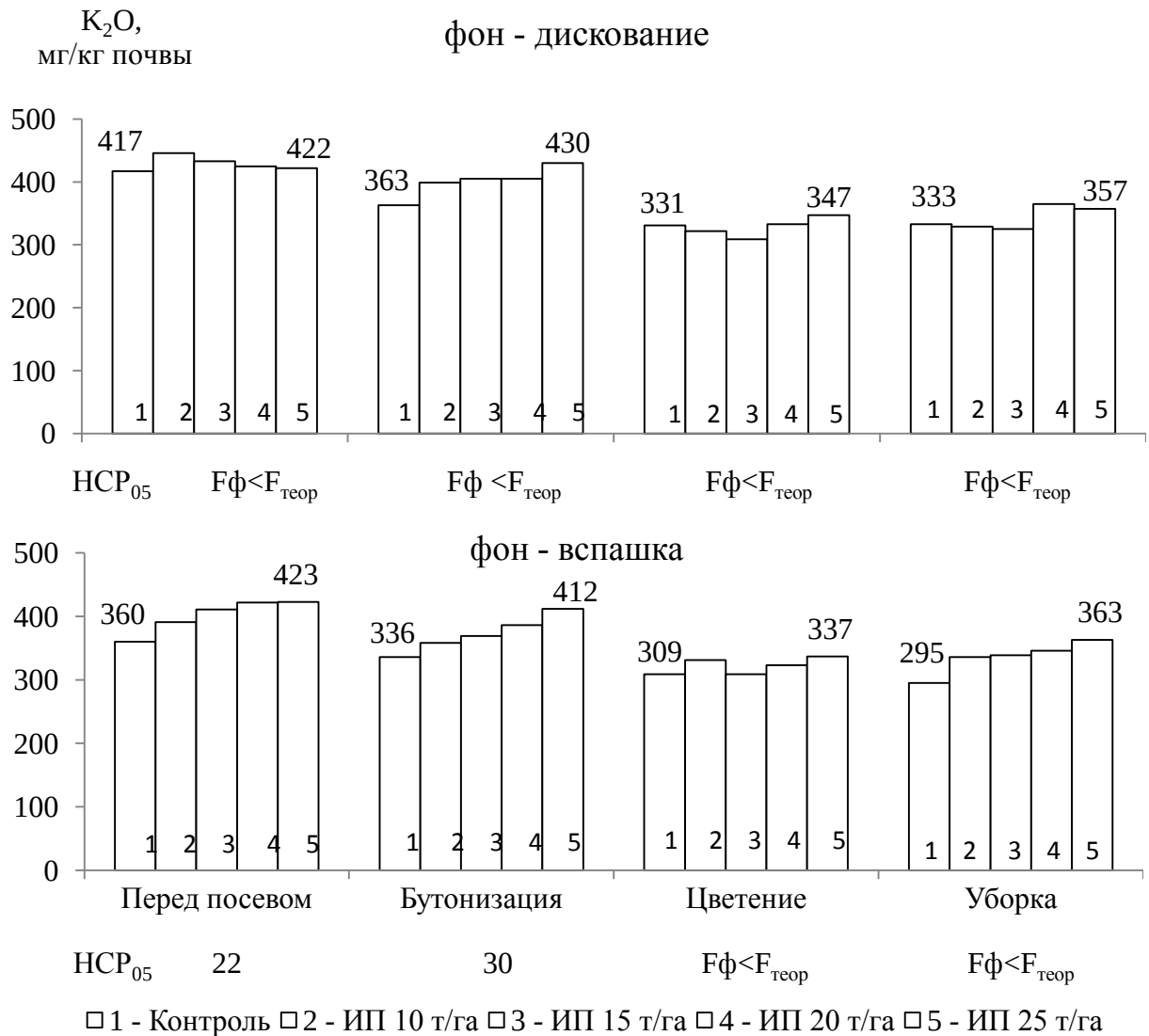


Рисунок 19. Динамика обменного калия в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2013 гг.

Второй этап усреднения сведений о содержании обменного калия в почве - в целом за вегетацию подсолнечника. В среднем за 2011-2013 гг. обеспеченность почвы обменным калием больше при дисковании почвы, чем при вспашке (рисунок 20). На контроле различие составило 27 мг/кг почвы или 8,3%.

Внесение помёта способствует существенному уменьшению этих различий, но не устраняет их полностью. Повышение дозы помёта вызывало рост содержания доступного калия в почве. По фону вспашка повышение уровня обеспеченности почвы обменным калием с увеличением дозы имеет вид практически прямой линии. Близки к этому и данные в среднем по двум фонам обработки почвы.

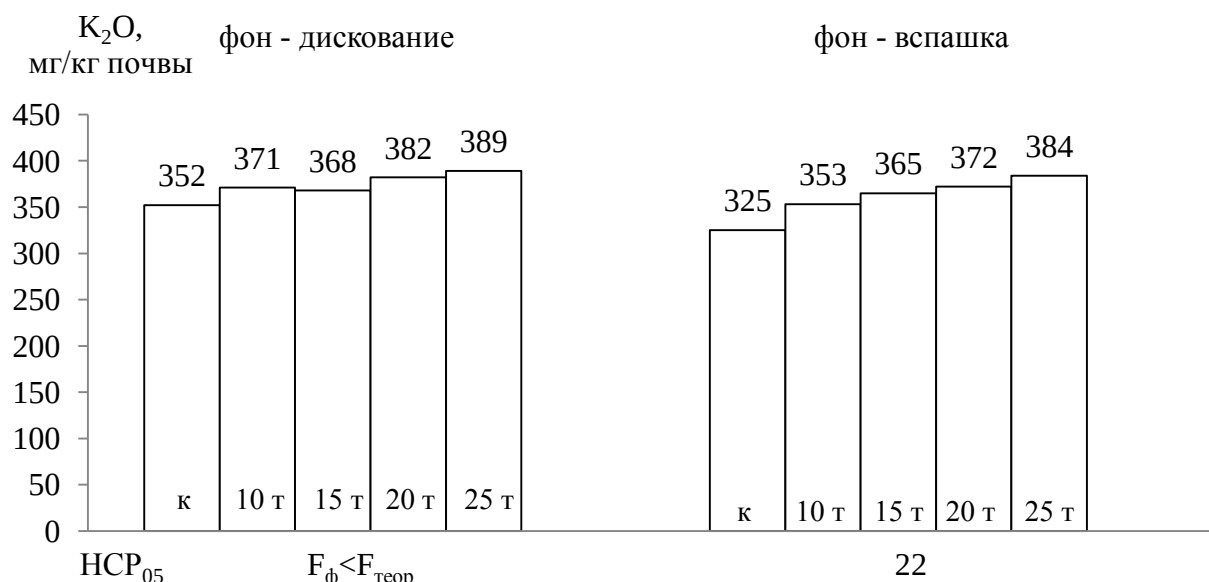


Рисунок 20. Влияние индюшиного помёта на содержание обменного калия в почве в среднем за вегетацию подсолнечника, мг/кг почвы в слое 0-40 см

Под влиянием азофоски содержание обменного калия в почве в среднем за 2011-2013 гг. к фазе бутонизация подсолнечника по фону дискование увеличилось на 6-18, а по вспашке - на 14-47 мг/кг почвы (таблица 129).

Таблица 129 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении минеральных удобрений, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Срок отбора			Среднее за вегетацию
	бутонизация	цветение	уборка	
фон - дискование				
контроль	363	297	333	353
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	369	283	322	348
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	374	307	322	355
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	381	307	327	358
НСР ₀₅	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}
фон - вспашка				
контроль	336	309	295	325
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	350	305	306	330
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	371	302	319	338
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	383	313	324	345
НСР ₀₅	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

Действие минеральных удобрений на содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см в среднем за период бутонизация - уборка было схожим с влиянием помёта. В целом за вегетацию наибольшая обеспеченность почвы обменным ка-

лием отмечена на варианте с максимальной дозой азофоски 75 кг/га, но различия с контролем как по фону дискование, так и по вспашке математически недостоверны.

Перед посевом ярового ячменя по предшественнику подсолнечник в слое почвы 0-40 см содержание обменного калия на контрольном варианте в среднем за 2012-2014 гг. составляло 405-408 мг/кг почвы и соответствовало высокой обеспеченности (таблица 130).

Таблица 130 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см под яровым ячменём, мг/кг почвы. Первый год последействия индюшиного помёта. Среднее за 2012-2014 гг.

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегета-цию
	перед посевом	кущение	колоше-ние	уборка	
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)					
контроль	405	382	333	308	357
10	436	397	356	323	378
15	439	403	345	321	377
20	432	400	352	328	378
25	430	403	365	339	384
НСР ₀₅	16	14	14	F _ф < F _{теор}	14
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)					
контроль	408	390	338	319	364
10	440	406	352	320	380
15	451	413	364	324	388
20	463	428	376	337	401
25	488	450	387	350	419
НСР ₀₅	21	12	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	21

Увеличение обменного калия в слое почвы 0-40 см перед посевом ярового ячменя на вариантах с последствием индюшиного помёта, заделанного в почву дискованием, по сравнению с контролем составило 25-34 мг/кг или на 6,2-8,4% и не зависело от его дозы. Эффект на последствие помёта, заделанного в почву под плуг, на содержание обменного калия в почве был выше. Количества K_2O в почве увеличивалось пропорционально дозе помёта и достигало максимума от наибольшей. Прибавка по сравнению с контролем составила 7,8-19,6%.

От посева и до уборки ярового ячменя количество обменного калия снижалось в почве на всех вариантах опыта. В среднем за вегетацию ярового ячменя наибольшая обеспеченность почвы обменным калием получена от последействия максимальной дозой индюшиного помёта. Прибавка по сравнению с контролем составила при заделке помёта под дисковые 7,6%, под вспашку – 15,2%.

На вариантах с последействием азофоски перед посевом ячменя в среднем за 2012-2014 гг. отмечено достоверное влияние на содержание обменного калия в дозах 50 и 75 кг/га на обоих способах основной обработки почвы. Динамика изменений в содержании обменного калия в почве в течение вегетации ячменя на вариантах с последействием азофоски была сходной с последействием индюшиного помёта. Различия во влиянии дозы на вариантах с последействием азофоски в течение вегетации сглаживались.

Перед посевом озимой пшеницы по предшественнику яровой ячмень, третьей культуры звена севооборота, в слое почвы 0-40 см в среднем за 2012-2014 гг. на контрольном варианте содержание обменного калия составило 355-374 мг/кг почвы и соответствовало высокой степени обеспеченности (таблица 131).

На вариантах с последействием индюшиного помета, заделанного в почву под дискование и вспашку, в слое почвы 0-40 см отмечено достоверное увеличение содержания обменного калия по сравнению с контрольным вариантом. Наибольшим его количество было при внесении максимальных доз 20 и 25 т/га.

От посева до фазы весеннее кущение на всех вариантах опыта в почве произошло увеличение количества обменного калия. В дальнейшем до уборки происходило снижение его содержания в почве. Наибольшая и практически одинаковая обеспеченность почвы в среднем за вегетацию озимой пшеницы получена на вариантах с дозами 15-25 т/га, заделанного в почву с помощью дискования, и 20-25 т/га – по вспашке. Эффект от последействия азофоски, внесённой под подсолнечник, в слое почвы 0-40 см отсутствовал.

Таблица 131 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей, мг/кг почвы. Второй год последствий индюшиного помёта. Среднее за 2013-2015 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	весеннее кущение	колоше- ние	уборка	
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)					
контроль	355	368	318	323	341
10	375	382	337	346	360
15	377	394	357	362	372
20	386	392	349	350	369
25	384	394	350	358	372
НСР ₀₅	17	15	10	12	6
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)					
контроль	374	385	333	322	354
10	395	401	355	346	374
15	405	411	361	345	381
20	419	423	372	355	392
25	424	426	375	356	395
НСР ₀₅	14	20	22	20	16

Содержание гумуса в слое почвы 0-40 см в среднем за 2011-2013 гг. при проведении уборки подсолнечника на контрольном варианте составило 3,02% (таблица 132). Применение помёта не оказало существенного влияния на содержание гумуса в почве в этот срок отбора.

Перед посевом озимой пшеницы по предшественнику яровой ячмень в среднем за 2012-2014 гг. 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. Прибавка по сравнению с контролем составила 0,10-0,11%.

По-видимому, это обусловлено тем, что при заделке помёта под плуг процессы гумификации идут более интенсивно в слое почвы 20-40 см при хорошей влажности почвы, а также снижением процессов минерализации почвенного гумуса. В уборку озимой пшеницы различия между вариантами опыта в содержании гумуса не было.

Таблица 132 – Содержание гумуса в звене севооборота подсолнечник – яровой ячмень – озимая пшеница в слое почвы 0-40 см, %. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Срок отбора		
	уборка подсолнечника	посев озимой пшеницы	уборка озимой пшеницы
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га			
контроль	3,02	2,98	2,95
10	3,11	3,03	2,99
15	3,15	3,05	3,02
20	3,10	3,05	3,04
25	3,08	3,02	3,02
азофоска, кг/га			
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	3,01	2,96	2,95
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	3,00	2,98	2,96
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	3,04	2,95	2,94
индюшиный помёт осенью под вспашку, т/га			
контроль	3,08	3,01	2,97
10	3,15	3,07	3,03
15	3,18	3,11	3,08
20	3,20	3,12	3,08
25	3,17	3,07	3,05
азофоска, кг/га			
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	3,05	3,00	2,95
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	3,08	3,04	3,02
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	3,10	3,07	3,04
НСР ₀₅			
обработка	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$
доза	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	0,08	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$
общая	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$

6.4 Формирование вегетативной массы и потребление элементов питания растениями подсолнечника, ярового ячменя и озимой пшеницы

В фазу бутонизация подсолнечника на контрольном варианте по фонам обработки почвы дискованием и вспашкой высота 1 растения в среднем за 2011-2013 гг. составила 69 и 67 см, а сырая масса - 145 г и 130 г (приложение 56). В эту фазу отмечено выравнивание показателей биометрии растений на разных фонах обработки почвы. Максимальные биометрические показатели растений по обоим

фонам отмечены на варианте с дозой 20 т/га помёта. Результаты дисперсионного анализа не подтвердили достоверность различий между фонами обработки.

В среднем за 2011-2013 гг. на контроле в фазу цветение по фону дискование высота растений составила 168 см, по вспашке – 178 см, а масса – 557 и 573 г (приложение 57). Достоверных различий в биометрии растений в зависимости от вида обработки почвы не было. На вариантах с помётом единой тенденции также не просматривается. По обоим фонам наиболее высокие результаты и масса растений получены на вариантах с дозами 15 и 20 т/га помёта, но увеличение дозы свыше 10 т/га не обеспечивало существенного прироста. Эффект от минеральных удобрений был достоверно меньше, чем от помёта по обоим фонам обработки. Действие помёта в дозах 5 и 7,5 т/га в среднем за 2012 и 2013 гг. уступало влиянию помёта в дозе 10 т/га.

Содержание азота в растениях подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. по фонам с разными обработками почвы в фазу бутонизация, как на контроле, так и вариантах с разными дозами помёта, было очень близким (таблица 133).

Тенденция увеличения концентрации азота под влиянием помёта проявилась только при повышении дозы до 15 т/га и росла с её увеличением до 25 т/га.

На вариантах с применением 5 и 7,5 т/га в среднем за 2012 и 2013 гг. произошло её некоторое уменьшение. Это объясняется тем, что нарастание вегетативной массы опережало темпы увеличения поглощения азота растениями. На вариантах с минеральными удобрениями общий уровень показателей меньше, чем при внесении помёта.

В среднем за 2011-2013 гг. в фазу бутонизация содержание фосфора в растениях на разных фонах обработки различалось незначительно, и на многих вариантах было одинаковым. По фону дискование в эту фазу с увеличением дозы помёта с 10 до 20 т/га содержание калия повышалось с 3,35 до 3,40%, а по фону вспашка - с 3,32 до 3,44%. Повышение дозы до 25 т/га к увеличению этого показателя не приводило. К фазе цветение произошло существенное уменьшение содержания азота в растениях по сравнению с фазой бутонизация - на контроле на 0,81-0,86%. Уровень концентрации азота в подсолнечнике по фону дискование

выше, чем по вспашке, кроме дозы 15 т/га. Отмечено увеличение содержания азота в растениях при повышении дозы помёта с 10 до 25 т/га.

Таблица 133 - Содержание NPK в растениях подсолнечника в фазу бутонизация и цветение под влиянием удобрений, % на сухое вещество. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Бутонизация			Цветение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га						
контроль	2,73	0,25	3,33	1,92	0,22	2,73
10	2,71	0,24	3,35	2,08	0,25	2,88
15	2,89	0,26	3,35	2,05	0,24	2,87
20	3,01	0,27	3,40	2,17	0,23	2,96
25	3,06	0,28	3,40	2,22	0,26	3,08
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон - дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,72	0,26	3,32	1,91	0,23	2,59
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,74	0,26	3,28	1,91	0,25	2,65
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,72	0,24	3,20	1,87	0,24	2,62
индюшиный помёт осенью под вспашку, т/га						
контроль	2,71	0,25	3,31	1,85	0,22	2,79
10	2,72	0,24	3,32	1,95	0,25	2,98
15	2,88	0,26	3,42	2,03	0,25	2,99
20	3,00	0,27	3,44	2,07	0,25	2,99
25	3,11	0,31	3,41	2,15	0,25	3,02
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон - вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,69	0,24	3,26	1,86	0,24	2,67
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,75	0,24	3,30	1,89	0,26	2,65
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,71	0,24	3,27	1,84	0,23	2,63
НСР ₀₅						
обработка	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	0,07	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}
доза	0,15	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	0,13	F _ф < F _{теор}	0,27
общая	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

Положительный эффект получен при внесении 5 и 7,5 т/га, но он меньше по действию помёта в дозе 10 т/га. Изменения в содержании азота, вызванные применением минеральных удобрений, были слабыми, как и в предыдущую фазу.

В фазу цветение изменения в содержании фосфора в растениях под влиянием помёта несущественны и не зависели от дозы. В эту фазу сохранилась тенденции в содержании калия в растениях, полученные в фазу бутонизации, но диапазон изменений, а также действие дозы 25 т/га стали больше.

Содержание азота в семенах подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. по фону дискование на контрольном варианте составило 3,30, а по вспашке - 3,18% (таблица 134).

Таблица 134 - Содержание NPK в растениях подсолнечника в фазу полной спелости под влиянием удобрений, % на сухое вещество. Среднее за 2011-2013 гг.

Варианты	Семена			Стебли + корзинки		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га						
контроль	3,30	0,34	1,69	1,02	0,12	2,55
10	3,65	0,37	1,73	1,18	0,13	2,71
15	3,64	0,40	1,79	1,38	0,15	2,66
20	3,81	0,42	1,73	1,54	0,16	2,87
25	3,98	0,42	1,66	1,46	0,15	2,79
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон - дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	3,36	0,34	1,70	1,06	0,12	2,48
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	3,46	0,36	1,74	1,20	0,13	2,57
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	3,40	0,35	1,71	1,12	0,14	2,49
индюшиный помёт осенью под вспашку, т/га						
контроль	3,18	0,37	1,68	1,09	0,15	2,56
10	3,40	0,38	1,64	1,30	0,15	2,69
15	3,57	0,39	1,62	1,38	0,16	2,65
20	3,73	0,40	1,65	1,49	0,17	2,74
25	3,98	0,40	1,66	1,43	0,18	2,69
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон - вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	3,31	0,36	1,70	1,10	0,14	2,37
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	3,55	0,37	1,72	1,17	0,13	2,29
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	3,54	0,36	1,67	1,12	0,13	2,23
НСР ₀₅						
обработка	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	0,01	F _ф < F _{теор}
доза	0,19	0,04	F _ф < F _{теор}	0,19	0,02	0,25
общая	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

В среднем за 2012 и 2013 г. изменения, вызванные применением 5 т/га, находились в пределах 0,01-0,10, 7,5 т/га - 0,08-0,19%. Максимально повысилось содержание азота в семенах при внесении 25 т/га помёта: по фону дискование на 0,68, по вспашке - на 0,80%. Существенно увеличилось содержание азота в семенах и под влиянием минеральных удобрений. Но эффект от азофоски был меньше, чем от помёта.

Более значительным было действие помёта на содержание фосфора в семенах подсолнечника. Повышение дозы влияло на увеличение его концентрации. Тенденция сохранялась при повышении дозы до 20 т/га на обоих фонах обработки почвы. Но математически достоверное увеличение получено лишь по фону дискование 0,08%, на фоне вспашка - 0,03%. Слабое увеличение содержания фосфора в семенах отмечено при внесении минеральных удобрений только по фону дискование. Под влиянием помёта содержание калия в семенах изменялось очень мало. По фону дискование повышение по сравнению с контролем находилось в пределах 0,02-0,15%, по вспашке оно понизилось на 0,01-0,06% .

Концентрация азота и фосфора в побочной продукции подсолнечника возрастала с повышением дозы помёта до 20 т/га обоим фонам обработки почвы. Количество азота увеличилось при внесении минеральных удобрений, но в меньшей степени, изменения в содержании фосфора были нестабильны.

Поэтому можно сделать заключение о том, что применение помёта практически не влияло на этот показатель химического состава семян. В большей степени оно действовало на содержание калия в вегетативной части растений.

В среднем за 2012-2014 гг. высота 1 растения ярового ячменя, выращиваемого по предшественнику подсолнечник, в фазу колошение на контрольном варианте по фону дискование составила 41,0 см, а масса – 1,8 г (приложение 58). Высота 1 растения на контроле по фону вспашка, проведённой под подсолнечник, была достоверно больше, чем по фону дискование на 2,2 см, но различия по массе 1 сырого растения были математически недостоверны. Наибольшая высота растений ячменя сформирована на последствие помета, заделанного в почву под дискование, в дозе 20 т/га, по вспашке – в дозе 25 т/га, максимальная и одинаковая масса получена на обоих фонах обработки почвы в дозах 20 и 25 т/га.

В среднем за 2012-2014 гг. концентрация азота в фазу кущение в растениях ячменя на контрольном варианте по фону дискование составила 2,58, по вспашке – 2,73% (таблица 135).

Таблица 135 – Содержание NPK в растениях ярового ячменя в фазу кущение и колошение под влиянием удобрений, % на сухое вещество. Среднее за 2012-2014 гг.

Варианты	Кущение			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)						
контроль	2,58	0,27	3,04	1,15	0,19	2,01
10	2,92	0,29	3,14	1,36	0,22	2,14
15	3,03	0,31	3,18	1,41	0,23	2,19
20	3,12	0,30	3,20	1,41	0,25	2,19
25	3,07	0,29	3,21	1,39	0,25	2,17
последствие азофоски, кг/га (фон - дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,58	0,26	3,05	1,16	0,19	2,02
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,62	0,26	3,06	1,18	0,20	2,03
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,64	0,27	3,08	1,19	0,21	2,03
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)						
контроль	2,73	0,27	2,96	1,23	0,19	1,94
10	2,85	0,28	3,06	1,27	0,21	2,06
15	2,90	0,30	3,10	1,31	0,22	2,10
20	2,92	0,30	3,14	1,34	0,23	2,11
25	2,93	0,31	3,18	1,35	0,23	2,09
последствие азофоски, кг/га (фон - вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,62	0,26	2,98	1,19	0,20	1,94
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,65	0,26	3,00	1,21	0,20	1,95
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,65	0,27	3,00	1,21	0,20	1,96
НСР ₀₅						
обработка	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	0,03	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	0,02
доза	0,10	0,01	0,05	0,08	0,02	0,05
общая	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

Различия в содержании азота на разных способах заделки помёта в почву недостоверны. Максимум количества азота получен при заделке помёта дискованием в дозе 20 т/га, вспашкой – в дозе 25 т/га.

Содержание фосфора в растениях ячменя в фазу кущение на контрольном варианте не различалось в зависимости от вида обработки. Наибольшая концентрация фосфора на последствии помёта в растениях получена в дозе 15 т/га при заделке его дискатором, в дозе 25 т/га – плугом.

На контрольном варианте с минимальной обработкой в фазу кущение содержание калия в растениях было достоверно больше, чем по фону с отвальной

обработкой – 3,04 и 2,96%. Наибольшая концентрация калия получена на вариантах с максимальной дозой помёта по обоим способам его заделки.

В колошение количество азота в среднем за 2012-2014 гг. на контроле в растениях ячменя снизилось в 2,2 раза по сравнению с содержанием в фазу кущение. В эту фазу достоверное увеличение концентрации азота на контроле получено по фону с отвальной обработкой по сравнению с поверхностной. Наибольшим содержанием азота было на варианте с дозой 15 т/га при заделке дискованием, и 25 т/га – по вспашке. Содержание фосфора в растениях в эту фазу колошение было максимальным от последствий помета в дозах 20 и 25 т/га по обоим способам заделки, калия - в дозах 15 и 20 т/га. Последствие минеральных удобрений не оказало существенного влияния на содержание элементов питания в растениях.

Установлено достоверное влияние на содержание азота в зерне ячменя минимальной обработки почвы, проведённой под подсолнечник, - на 0,03-0,08%, но оно не зависело от дозы помета (таблица 136).

Содержание фосфора и калия в зерне ярового ячменя не зависело от способа основной обработки почвы, проведённой под подсолнечник. Максимальная концентрация получена на вариантах с последствием помета в дозах 15 и 20 т/га.

Наибольшее количество азота в соломе ярового ячменя отмечено от последствий индюшиного помёта в дозе 15 т/га по обоим способам его заделки. Последствие помета не оказало влияния на содержание фосфора и калия в соломе ячменя.

В среднем за 2013-2015 гг. в фазу колошение озимой пшеницы, возделываемой по предшественнику яровой ячмень, на высоту и массу 1 растения на контрольном варианте не оказал способ основной обработки почвы, проведённой под подсолнечник (приложение 59).

Наибольшие биометрические показатели растений пшеницы в эту фазу сформированы на вариантах с последствием помета по обоим фонам его заделки в почву в дозе 25 т/га.

Таблица 136 – Содержание NPK в растениях ярового ячменя в фазу полная спелость под влиянием удобрений, % на сухое вещество. Среднее за 2012-2014 гг. Первый год последействия

Варианты	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)						
контроль	2,03	0,34	0,77	0,30	0,13	1,69
10	2,03	0,34	0,82	0,32	0,13	1,70
15	2,06	0,35	0,83	0,33	0,14	1,71
20	2,09	0,35	0,83	0,32	0,14	1,71
25	2,08	0,34	0,80	0,33	0,13	1,69
последействие азофоски, кг/га (фон – дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,00	0,33	0,77	0,29	0,12	1,67
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,00	0,34	0,77	0,29	0,12	1,67
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,01	0,33	0,78	0,29	0,12	1,67
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)						
контроль	1,96	0,31	0,76	0,30	0,12	1,59
10	2,00	0,33	0,80	0,32	0,13	1,69
15	2,02	0,36	0,81	0,33	0,13	1,72
20	2,01	0,37	0,82	0,32	0,13	1,72
25	2,00	0,36	0,80	0,31	0,13	1,72
последействие азофоски, кг/га (фон – вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	1,99	0,32	0,77	0,29	0,12	1,62
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,00	0,32	0,78	0,29	0,13	1,63
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,00	0,32	0,77	0,30	0,13	1,63
НСР ₀₅						
обработка	0,03	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}
доза	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	0,02	0,02	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}
общая	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

В фазу весеннее кущение содержание азота во второй год последействия помёта, заделанного под вспашку под подсолнечник, было достоверно выше, чем под дискование, кроме дозы 10 т/га. Наибольшая концентрация азота и фосфора в растениях пшеницы получено на последействии помёта в дозе 25 т/га, внесённого под плуг (таблица 137). Содержание калия в растениях не зависело от способа обработки почвы. Максимальным оно было на варианте с последействием помёта в дозе 20 т/га по фону дискованием и 25 т/га – по вспашке.

Таблица 137 – Содержание NPK в растениях озимой пшеницы в весеннее кушение и колошение под влиянием удобрений, % на сухое вещество. Среднее за 2013-2015 гг. Второй год последствий

Варианты	Весеннее кушение			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)						
контроль	2,74	0,37	3,00	1,18	0,31	1,60
10	2,83	0,39	3,09	1,26	0,33	1,66
15	2,89	0,40	3,17	1,32	0,34	1,69
20	2,91	0,39	3,21	1,39	0,35	1,69
25	2,83	0,38	3,17	1,31	0,33	1,67
последствие азофоски, кг/га (фон - дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,76	0,37	3,01	1,18	0,31	1,61
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,77	0,37	3,03	1,19	0,31	1,63
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,78	0,37	3,05	1,18	0,31	1,63
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)						
контроль	2,80	0,37	3,00	1,25	0,31	1,59
10	2,85	0,40	3,09	1,30	0,33	1,70
15	2,93	0,42	3,15	1,36	0,35	1,76
20	2,97	0,42	3,19	1,41	0,35	1,81
25	3,05	0,42	3,25	1,48	0,37	1,83
последствие азофоски, кг/га (фон - вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,82	0,37	2,99	1,26	0,31	1,63
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,83	0,38	3,01	1,27	0,32	1,64
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,82	0,37	3,02	1,27	0,31	1,64
НСР ₀₅						
обработка	0,03	0,01	F _ф < F _{теор}	0,03	0,005	F _ф < F _{теор}
доза	0,07	0,02	0,12	0,06	0,009	0,11
общая	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	0,013	F _ф < F _{теор}

В фазу колошение проявилось достоверное влияние на содержание азота и фосфора в растениях пшеницы способа заделки индюшиного помёта под плуг по сравнению с дискатором. По содержанию калия такой зависимости не было. Максимальная концентрация NPK в эту фазу получена от последствия помёта в дозе 25 т/га, заделанного в почву вспашкой.

Количество азота в зерне озимой пшеницы не зависело от способа заделки индюшиного помёта в почву. Максимальная концентрация получена на последствии помёта в дозе 20 т/га, внесённого под дискование, и 25 т/га - под вспашку (таблица 138).

Таблица 138 – Содержание NPK в растениях озимой пшеницы в фазу полная спелость под влиянием удобрений, % на сухое вещество. Среднее за 2013-2015 гг. Второй год последействия

Варианты	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)						
контроль	1,88	0,25	0,64	0,29	0,09	1,75
10	1,98	0,28	0,67	0,30	0,11	1,85
15	2,02	0,29	0,71	0,32	0,12	1,95
20	2,03	0,30	0,77	0,33	0,11	1,87
25	2,02	0,29	0,76	0,33	0,11	1,83
последствие азофоски, кг/га (фон - дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	1,88	0,25	0,64	0,29	0,09	1,76
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	1,89	0,26	0,64	0,29	0,09	1,78
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	1,89	0,26	0,66	0,29	0,10	1,77
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)						
контроль	1,87	0,27	0,66	0,31	0,10	1,76
10	1,97	0,31	0,70	0,36	0,13	1,89
15	1,99	0,33	0,77	0,37	0,14	1,98
20	1,99	0,33	0,78	0,39	0,13	2,04
25	2,01	0,33	0,82	0,40	0,13	2,06
последствие азофоски, кг/га (фон - вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	1,88	0,27	0,67	0,31	0,10	1,77
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	1,87	0,27	0,67	0,31	0,11	1,78
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	1,88	0,28	0,68	0,31	0,11	1,78
НСР ₀₅						
обработка	F _ф < F _{теор}	0,02	0,02	0,02	0,006	F _ф < F _{теор}
доза	0,06	0,03	0,05	0,04	0,01	0,13
общая	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

На последствии помёта в дозах 10-25 т/га, внесённого под вспашку, содержание фосфора и калия в зерне озимой пшеницы было достоверно выше по сравнению с внесением помета под дискование. В соломе озимой пшеницы отмечено достоверное влияние заделки индюшиного помёта под вспашку во влиянии его последствия во всех дозах на содержание азота и фосфора, по сравнению с заделкой дискованием. По калию такие различия отсутствовали.

6.5 Продуктивность звена севооборота, урожайность и качество продукции полевых культур

Урожайность подсолнечника на контрольном варианте была низкой в 2011 и 2012 гг. по обоим фонам обработки почвы и изменялась в пределах от 1,32 до 1,58 т/га (таблица 139).

Таблица 139 – Урожайность семян подсолнечника, т/га

Варианты	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 2011- 2013 гг.	Прибавка к контро- лю		Среднее за 2012- 2013 гг.	Прибавка к контро- лю	
					т/га	%		т/га	%
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га									
контроль	1,54	1,32	0,60	1,15	-	-	0,96	-	-
5	-	1,53	0,87	-	-	-	1,20	0,24	25,0
7,5	-	1,72	0,95	-	-	-	1,34	0,38	39,6
10	1,92	1,82	1,02	1,59	0,44	38,0	1,42	0,46	47,9
15	2,28	1,95	1,04	1,76	0,61	52,8	1,50	0,54	56,3
20	2,06	1,81	1,06	1,64	0,49	42,9	1,44	0,48	50,0
25	1,60	1,76	1,10	1,49	0,34	29,3	1,43	0,47	49,0
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – дискование)									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	1,72	1,44	0,81	1,32	0,17	15,1	1,13	0,17	17,7
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,00	1,66	1,01	1,56	0,41	35,4	1,34	0,38	39,6
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,28	1,57	0,98	1,61	0,46	40,0	1,28	0,32	33,3
индюшиный помёт осенью под вспашку, т/га									
контроль	1,58	1,34	1,10	1,34	-	-	1,22	-	-
5	-	1,55	1,58	-	-	-	1,57	0,35	28,7
7,5	-	1,85	1,76	-	-	-	1,81	0,59	48,4
10	2,05	1,85	2,09	2,00	0,66	49,0	1,97	0,75	61,5
15	2,29	1,81	2,03	2,04	0,70	52,5	1,92	0,70	57,4
20	2,21	1,78	1,99	1,99	0,65	48,8	1,89	0,67	54,9
25	2,16	1,53	1,98	1,89	0,55	41,0	1,76	0,54	44,3
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – вспашка)									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	1,79	1,43	1,24	1,49	0,15	10,9	1,34	0,12	9,8
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	1,99	1,51	1,35	1,62	0,28	20,6	1,43	0,21	17,2
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,30	1,77	1,22	1,76	0,42	31,6	1,50	0,28	23,0
НСР ₀₅									
обработка	0,05	F _ф < F _{теор}	0,04	0,15			0,20		
доза	0,10	0,06	0,08	0,30			0,44		
общая	0,14	0,09	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}			F _ф < F _{теор}		

В 2013 г. по фону дискование получена наименьшая продуктивность семян 0,60 т/га, по вспашке - выше в 1,8 раза.

Основная причина низкой урожайности семян подсолнечника в эти годы — это высокие температуры и воздушная засуха в период цветения и налив семян.

В 2012 г. к посеву подсолнечника был накоплен большой запас влаги — около 150 мм в метровом слое почвы. Обильные осадки в первые месяцы вегетации при высокой обеспеченности почвы азотом и калием благоприятно повлияли на формирования мощной вегетативной массы растений. В фазу цветения на контроле она составила в среднем 815, а на вариантах с помётом достигала 1400-1600 г. Это в 1,5-1,9 раза больше, чем в другие годы. Повышение среднесуточных температур — до +30⁰С в цветение и последующий период вегетации, а также воздушная засуха осложнили процесс опыления и налива семян. Потенциал растений, заложенный в первой половине вегетации, оказался нереализованным.

В 2013 году при низком запасе влаги перед посевом в почве, отсутствия осадков и преобладание высоких температур в течение вегетации создали экстремальные условия для растений подсолнечника. При низкой влажности почвы, особенно в верхних слоях, использование запасов питательных веществ растениями было небольшим. Это в большей степени проявилось на посевах подсолнечника при основной обработке почвы дискованием.

Применение индюшиного помёта во все годы оказало положительное влияние на урожайность семян. Максимальную прибавку в 2011 г. по двум фонам обработки почвы дало применение помёта в дозе 15 т/га. В 2012 г. по фону дискование урожайность достоверно повышалась с увеличением дозы помёта до 15 т/га, а по вспашке - лишь до 7,5 т/га. В 2011 и 2012 гг. практически не было различий в урожайности на контроле по обоим фонам обработки почвы. Они незначительны или отсутствуют и в урожайности на вариантах с оптимальными дозами помёта. Следовательно, уровень обеспеченности элементами питания при внесении помёта был достаточным для удовлетворения потребности растений независимо от способа заделки помёта. В 2013 г. урожайность семян подсолнечника по дискованию была всего 0,60 т/га, а по вспашке - 1,10 т/га. По-видимому, запас подвижных

форм элементов питания в верхнем 10-12 см слое почвы из-за низкой влажности был мало доступным, а их распределение в слое 0-27 см улучшило поглощение. Потребность в улучшении питания в этот год была очень велика. Способ заделки помёта в почву оказал существенное влияние на его эффективность. Заделка помёта под дискование существенно увеличивала урожайность. Прибавка урожайности при внесении 10-25 т/га была практически одинаковой – 0,42-0,46 т/га или 70,0-76,7%. Максимальный эффект от помёта, внесённого под вспашку, достигнут от применения 10 т/га. Урожайность увеличилась на 0,99 т/га или 90,0%.

В среднем за 2011-2013 гг. урожайность семян подсолнечника без применения удобрений по вспашке выше, чем по дискованию. Разница составила 0,19 т/га, является математически достоверной, хотя только в 2013 г. были существенные различия. Уровень урожайности на всех вариантах с удобрениями по фону вспашка выше, чем по дискованию. Это также обусловлено результатами 2013 года. Оптимальная доза помёта 10 т/га. Её повышение до 15 т/га при глубокой заделке помёта практически не изменяло урожайность, а по фону дискование урожайность увеличилась на 0,17 т/га. Но эта прибавка незначительна. При дальнейшем повышении дозы на обоих фонах проявилась устойчивая тенденция снижения эффекта. Анализ данных в среднем за 2012, 2013 гг., когда был изучен весь диапазон доз помёта, показывает, что влияние на урожайность 5 и 7,5 т/га существенно меньше действия оптимальных.

В среднем за три года максимальное повышение урожайности дало применение азофоски в дозе $N_{75}P_{75}K_{75}$ – 34,2-44,0%, но это в 1,5 раза меньше наибольшего влияния помёта.

В среднем за 2011-2013 гг. урожайность вегетативной массы подсолнечника на контрольном варианте по фону дискование составила 3,45 т/га, по вспашке – больше на 0,27 т/га (приложение 60). Но данная прибавка математически недостоверна. Максимальное увеличение урожайности вегетативной массы подсолнечника получено на варианте с дозой индюшиного помёта 20 т/га по фону с минимальной обработкой, которое по сравнению с контролем составило 54,8%, по фо-

ну с отвальной обработкой в дозе 15 т/га - 65,1%. На вариантах с минеральными удобрениями наибольшая прибавка получена при их внесении в дозе $N_{75}P_{75}K_{75}$.

В среднем за 2012 и 2013 гг. применение индюшиного помёта под дискование в дозе 7,5 т/га способствовало наибольшему увеличению вегетативной массы по сравнению с контролем на 2,30 т/га или 55,0%, по вспашке в дозе 15 т/га на 2,65 т/га или на 58,4%.

Масса семян с 1 растения подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. на контрольном варианте по фону минимальная обработка составила 22 г, по вспашке – 25 г (приложение 61). Наибольшая масса семян с 1 растения получена на варианте с дозой помёта 15 т/га по обоим способам обработки почвы. Но действие помёта, заделанного в почву под вспашку, было достоверно больше по сравнению с внесением под дискование. Способ обработки почвы, как и доза помёта не оказало достоверного влияния на массу 1 растения.

На вариантах с минеральными удобрениями наибольшая масса 1 растения получена под действием максимальной дозы по обоим фонам обработки почвы, масса семян с 1 растения больше по вспашке в дозе $N_{75}P_{75}K_{75}$, по фону с минимальной обработкой - в дозе $N_{50}P_{50}K_{50}$.

Анализ коррелятивных связей показал, что изменения урожайности семян подсолнечника в наибольшей степени зависели от влияния помёта на азотный режим почвы. Тесная линейная связь получена с изменениями количества нитратного азота: коэффициент корреляции с учётом данных содержания $N-NO_3$ в почве перед посевом по вспашке - $r = 0,795 \pm 0,162$, по дискованию - $r = 0,348 \pm 0,251$. В первом случае корреляция достоверна. Влияние $N_{мин}$ было лишь незначительно выше, чем нитратного азота, или оставалось на том же уровне. Наиболее высокий коэффициент корреляции выявлен по фону вспашка - $0,829 \pm 0,149$, $r^2 = 0,687$. Роль изменений фосфатного и калийного уровня почвы, вызванных применением помёта, в повышении урожайности не столь велика, как азота.

Расчёт множественной корреляции, учитывающий действие на урожайность двух факторов - содержание минерального азота и подвижного фосфора в почве, показал, что теснота этой связи фактически такая же, как и с минеральным азо-

том, максимальное значение коэффициента корреляции было по фону обработки вспашка - $0,834 \pm 0,147$. В целом прослеживается большая зависимость изменений урожайности семян подсолнечника от содержания NPK в почве по фону вспашка, чем по дискованию. Кроме того, установлено, что эти зависимости имеют более выраженный нелинейный характер. Так, индекс корреляции урожайности с содержанием $N-NO_3$ по фону вспашка - $\hat{\eta} = 0,819 \pm 0,153$ (рисунок 21).

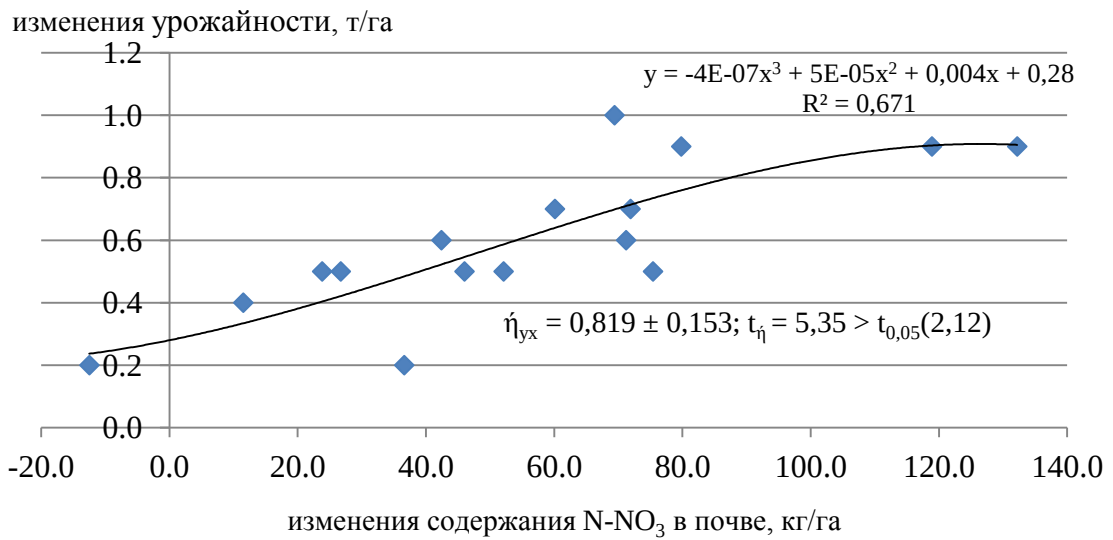


Рисунок 21. Зависимость изменений урожайности от содержания $N-NO_3$ в почве под подсолнечником по фону вспашка

Наиболее высокая зависимость имела место с содержанием всего минерального азота в почве по вспашке, $\hat{\eta} = 0,876 \pm 0,129$ (рисунок 22).

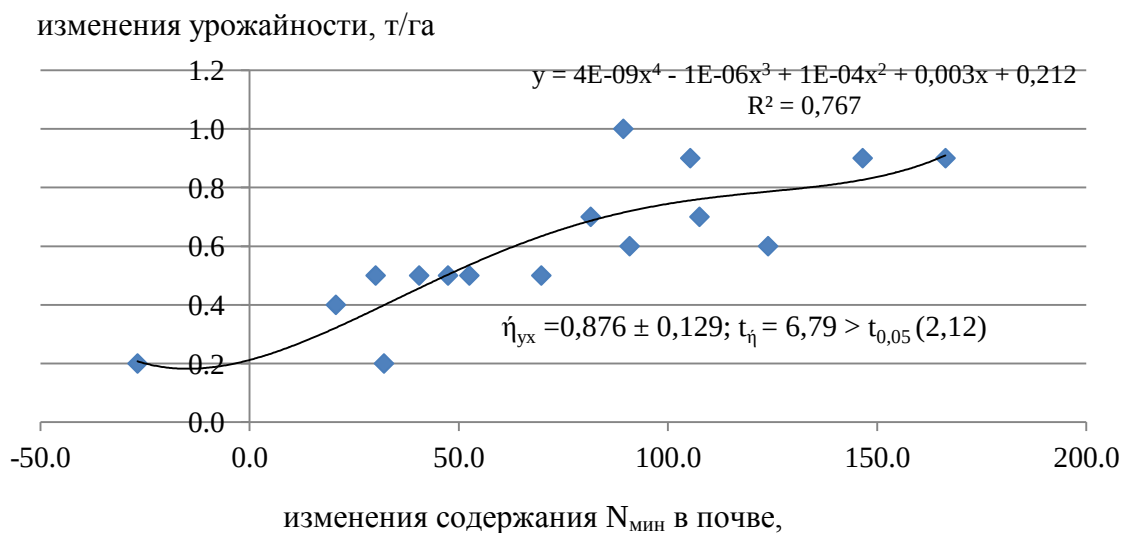


Рисунок 22. Зависимость изменений урожайности от содержания $N_{мин}$ в почве под подсолнечником по фону вспашка

Сопоставление содержания различных форм азота в почве и количества азота в соответствующей дозе помёта в каждый год исследований показало, что в наибольшей степени эта составляющая помёта влияла на содержание $N_{\text{мин}}$.

Так, по фону вспашка, индекс корреляции равен $\hat{\eta}_{yx}^2 = 0,71$ (рисунок 23), по дискованию $\hat{\eta}_{yx} = 0,814$, а по двум фонам - 0,768. Зависимость имеет чёткий криволинейный характер. Часть линии тренда представляет собой характерную параболу.

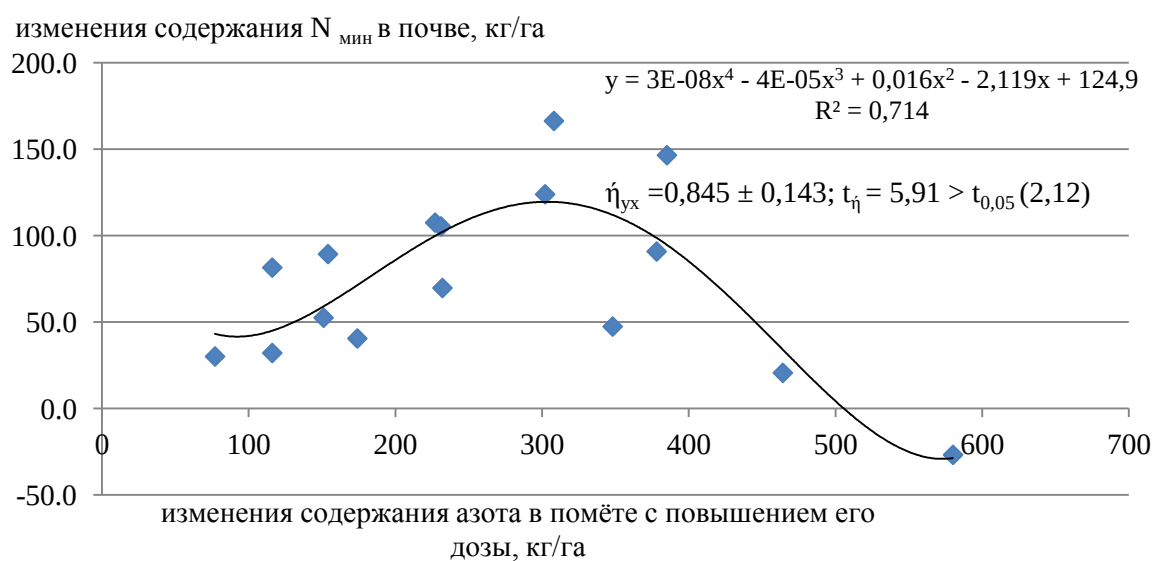


Рисунок 23. Зависимость изменений содержания $N_{\text{мин}}$ в почве под подсолнечником по фону вспашка от количества азота в гектарной дозе помёта.

Она свидетельствует о том, что пик положительного влияния помёта на азотный режим почвы наблюдался, когда содержание азота в гектарной дозе помёта было равно 300 кг. Повышение его дозы, и азота соответственно, приводило к уменьшению эффекта, а при увеличении свыше 20 т/га и 400 кг N снижение становилось очень резким. По-видимому, это приводило к угнетению микробиологической деятельности в почве и уменьшение интенсивности минерализации помёта. Поэтому, содержание азота в гектарной дозе помёта не должно быть более 400 кг/га. Превышение этого предела приводит к негативным последствиям, связанным с угнетением определенных групп микроорганизмов в почве. Фактически доза азота 400 кг/га - порог экологической безопасности применения помёта.

Воспользоваться сведениями, полученными при расчёте корреляционных связей изменений урожайности подсолнечника и содержания элементов питания в почве несмотря на высокую степень детерминации ($\eta^2 = 0,67-0,77$) не представляется возможным по следующим причинам. Во-первых, помёт вносится осенью под основную обработку почвы. Количество доступных форм азота, фосфора и калия к посеву подсолнечника полностью зависит от условий (влажность почвы, температура), складывающихся в течение осеннего и весеннего периодов, которые нельзя спрогнозировать. Во-вторых, линии трендов даже при наиболее высокой нелинейной корреляции изменений урожайности и азота в почве не позволяют выделить оптимумы его содержания в почве, на основе которых можно было бы попытаться рассчитать дозу помёта. Ориентироваться можно лишь на средние данные эффективности разных доз помёта за 2011-2013 гг.

Урожайность зерна ярового ячменя, второй культуры звена севооборота, по фону с минимальной обработкой, проведённой под подсолнечник, на контрольном варианте в среднем за 2012-2014 гг. составила 1,00 т/га, по фону с отвальной обработкой существенно выше – 1,42 т/га (таблица 140, приложение 62).

Эффект от последствия индюшиного помёта, внесённого в почву под дискование, был существенно выше, чем по вспашке. Это объясняется более низким уровнем продуктивности ячменя на контроле по этому фону. Оптимальная доза 15 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 0,88 т/га или 88,0%. По вспашке наибольшая прибавка зерна ячменя получена на последствии помёта в дозе 10 т/га, которая составила 0,48 т/га или 33,8%. Увеличение дозы помёта по обоим фонам обработки почвы приводило к снижению урожайности.

На вариантах с последствием индюшиного помёта, внесённого в почву в дозах 5 и 7,5 т/га, получено достоверное увеличение урожайности по обоим фонам обработки почвы, но прибавки существенно уступают оптимальным вариантам. От последствия минеральных удобрений, внесённых под подсолнечник, отмечена лишь тенденция увеличения урожайности.

Урожайность соломы ярового ячменя в среднем за 2012-2014 гг. на контрольном варианте по фону дискование составила 2,26 т/га, по вспашке – 2,48

т/га. Но различия в урожайности от способа обработки почвы несущественны. Максимальные прибавки урожайности по обоим фонам заделки помёта получены при его внесении в дозе 20 т/га.

Таблица 140 – Урожайность ярового ячменя, т/га. Среднее за 2012-2014 гг. Первый год последствия

Варианты	Урожайность зерна, т/га	Прибавка к контролю		Урожайность соломы, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%		т/га	%
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)						
контроль	1,00	-	-	2,26	-	-
10	1,83	0,83	83,0	3,02	0,76	33,6
15	1,88	0,88	88,0	3,28	1,02	45,3
20	1,80	0,80	80,0	3,36	1,10	48,7
25	1,56	0,56	56,0	3,32	1,06	46,8
последствие азофоски, кг/га (фон – дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	1,05	0,05	5,0	2,36	0,10	4,6
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	1,13	0,13	13,0	2,44	0,18	8,0
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	1,18	0,18	18,0	2,58	0,32	14,3
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)						
контроль	1,42	-	-	2,48	-	-
10	1,90	0,48	33,8	2,83	0,35	14,1
15	1,79	0,37	26,1	3,11	0,63	25,4
20	1,76	0,34	23,9	3,18	0,70	28,2
25	1,71	0,29	20,2	3,11	0,63	25,5
последствие азофоски, кг/га (фон – вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	1,44	0,02	1,2	2,54	0,06	2,6
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	1,49	0,07	4,7	2,67	0,19	7,5
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	1,55	0,13	9,4	2,77	0,29	11,6
НСР ₀₅						
обработка	0,09			F _ф < F _{теор}		
доза	0,19			0,15		
общая	0,27			0,21		

Масса зерна с колоса ярового ячменя в среднем за 2012-2014 гг. на контрольном варианте по фону дискование составила 0,28 г, по вспашке она была существенно выше – 0,37 г (приложение 63). Наибольшая масса зёрен в колосе сформирована на вариантах с последствием индюшиного помёта в дозах 10 т/га по обоим фонам обработки почвы. Последствие индюшиного помёта по обоим

фонам его заделки в почву оказало существенное влияние на увеличение количества продуктивных стеблей ярового ячменя. Максимальным их количество было на варианте с дозой 15 т/га по фону с минимальной обработкой, по отвальной – в дозе 20 т/га. Влияние последствия минеральных удобрений, внесённых под подсолнечник, на элементы структуры урожайности ячменя отсутствовало.

Урожайность зерна озимой пшеницы, третьей культуры звена севооборота, 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 (таблица 141, приложение 64). Но данное различие математически недостоверно.

Таблица 141 – Урожайность озимой пшеницы по предшественнику яровой ячмень, т/га. Среднее за 2013-2015 гг. Второй год последствия

Вариан- ты	Урожайность зерна, т/га	Прибавка к контролю		Урожайность соломы, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%		т/га	%
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)						
контроль	2,33	-	-	3,25	-	-
10	3,30	0,97	41,5	4,56	1,31	40,2
15	3,64	1,31	56,2	4,82	1,57	48,4
20	3,44	1,11	47,5	5,04	1,79	55,2
25	3,20	0,87	37,5	5,08	1,83	56,3
последствие азофоски, кг/га (фон – дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,34	0,01	0,6	3,26	0,01	0,3
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,39	0,06	2,6	3,32	0,07	2,3
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,44	0,11	4,7	3,44	0,19	5,9
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)						
контроль	2,58	-	-	3,41	-	-
10	3,32	0,74	28,7	4,66	1,25	36,6
15	3,50	0,92	35,8	4,73	1,32	38,6
20	3,54	0,96	37,3	4,96	1,55	45,6
25	3,38	0,80	31,0	5,35	1,94	56,9
последствие азофоски, кг/га (фон – вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,59	0,01	0,4	3,46	0,05	1,6
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,63	0,05	1,9	3,54	0,13	3,9
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,69	0,11	4,3	3,64	0,23	6,6
НСР ₀₅						
обработка	F _ф < F _{теор}			F _ф < F _{теор}		
доза	0,50			0,53		
общая	F _ф < F _{теор}			F _ф < F _{теор}		

Во второй год последствий индюшиного помёта, заделанного в почву дискованием, так же, как и в первый год на яровом ячмене, оптимальным было его применение в дозе 15 т/га. Прибавка урожайности к контролю составила 1,31 т/га или 56,2%. По вспашке оптимум сместился в сторону увеличения дозы помёта до 20 т/га. Но урожайность была меньше, чем от оптимальной дозы помёта, внесённого под дискование, и составила по сравнению с контролем 0,96 т/га или 37,3%.

В среднем за 2014-2015 гг. эффект от последствий помёта в дозах 5 и 7,5 т/га меньше по обоим фонам его заделки в почву по сравнению с дозой 10 т/га. Урожайность соломы озимой пшеницы не зависела от способа основной обработки почвы под подсолнечник и на контрольном варианте составила 3,25-3,41 т/га. Максимальное увеличение урожайности соломы на второй год последствий помёта по обоим способам его заделки в почву получено в дозе 25 т/га. Прибавки урожайности по сравнению с контрольными вариантами составили 56,3-56,9%.

Эффект от последствий азофоски, внесённой под подсолнечник, отсутствовал. Масса зёрен в колосе озимой пшеницы на контрольном варианте не зависела от способа основной обработки почвы и в среднем за 2013-2015 гг. составила 0,80-0,84 г (приложение 65). Наибольшая масса зерна с 1 растения сформирована на вариантах с последствием индюшиного помёта в дозах 20 и 25 т/га.

По влиянию последствий помёта на количество продуктивных стеблей пшеницы получены те же тенденции, что и на яровом ячмене в первый год последствий. Наибольшим их количество было на варианте с помётом в дозе 15 т/га, заделанным в почву с помощью дискования, и в дозе 20 т/га, внесённым под вспашку.

Сбор зерновых единиц в звене севооборота подсолнечник – яровой ячмень – озимая пшеница на контрольном варианте по фону дискование был наименьшим в 2011-2013 гг. - 3,85 т/га, в 2012-2014 гг. – 4,63 т/га и наибольшим в 2013-2015 гг. – 6,61 т/га. По фону с отвальной обработкой продуктивность культур была выше и на контроле за эти же циклы составила 5,01, 5,26 и 7,63 т/га (приложение 66).

Наибольший сбор зерновых единиц по двум фонам обработки за третий цикл обусловлен более высокой урожайностью озимой пшеницы в 2015 году.

Способ заделки индюшиного помёта, как и его доза, оказал существенное влияние на сбор зерновых единиц в звене севооборота. По фону минимальная обработка наибольшая прибавка получена при внесении помёта в дозе 15 т/га. Эффект от применения этой дозы помёта снижался с увеличением сбора зерновых единиц на контрольном варианте. Прибавки контрольному варианту составили 4,72, 2,00 и 2,50 т/га или 122,6, 43,2 и 37,8%. При заделке помёта под вспашку отмечены иные закономерности. С увеличением сбора зерновых единиц на контрольном варианте оптимальная доза помёта снижалась. В первом цикле она составила 20 т/га, во втором – 15 и в третьем – 10 т/га. Прибавки к контрольному варианту составили 3,12, 1,30 и 3,16 т/га или 62,3, 24,7 и 41,4%.

В среднем за 3 цикла сбор зерновых единиц в звене севооборота на контрольном варианте по фону минимальная обработка составил 5,02 т/га, по фону с отвальной обработкой сбор существенно больше – 5,97 т/га (таблица 142). Оптимальная доза помёта для повышения продуктивности звена полевого севооборота по обоим фонам обработки почвы 15 т/га. По фону с минимальной обработкой прибавка к контролю составила 3,08 т/га или 61,4%, по вспашке существенно меньше – лишь 2,32 т/га или 38,9%. Это объясняется более высоким уровнем продуктивности на контрольном варианте по фону вспашка. Из-за незначительного последствия минеральных удобрений их эффект в звене севооборота был существенно меньше, чем по оптимальным вариантам с индюшиным помётом по фону с минимальной обработкой в 3,2 раза, по вспашке – в 2,7 раза.

Масличность семян подсолнечника в 2011 году на контрольном варианте по обоим фонам обработки почвы составила 42%. В 2012 году содержание масла на контроле на 10% меньше, чем в предыдущем году. В третий год исследований содержание масла в семенах занимает промежуточное положение.

Таблица 142 – Продуктивность звена севооборота при внесении индюшиного помета и азофоски, т/га зерновых единиц. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Звено севооборота			Суммарный сбор, т/га	Прибавка к контролю	
	подсолнечник	яровой ячмень	озимая пшеница		т/га	%
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}		

В среднем за 2011-2013 гг. масличность по двум фонам обработки была на контрольном варианте практически одинаковая – 36,9-37,0% (таблица 143).

Составные части жира – это глицерин и жирные кислоты, которые образуются из сахаров (Кретович В.Л., 1980). Преобладание в почвенном растворе азота над фосфором приводит к снижению содержания сахаров из-за их повышенного расхода на образование белков (Молосов И.В., 1979; Плешков Б.П., 1987).

Таблица 143 – Масличность семян подсолнечника, %

Варианты	Среднее за 2011-2013 гг.	Прибавка к контролю, %	Среднее за 2012-2013 гг.	Прибавка к контролю, %
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га				
контроль	36,9	-	34,4	-
5	-	-	35,2	0,8
7,5	-	-	34,6	0,1
10	39,0	2,1	35,5	1,1
15	37,6	0,7	33,9	0
20	36,0	0	33,1	0
25	34,7	0	32,1	0
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон - дискование)				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	36,1	0	33,2	0
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	36,8	0	34,2	0
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	35,8	0	33,0	0
индюшиный помёт осенью под вспашку, т/га				
контроль	37,0	-	34,4	-
5	-	-	37,1	2,7
7,5	-	-	38,6	4,2
10	41,7	4,7	40,4	6,0
15	40,8	3,8	38,7	4,3
20	40,8	3,8	38,3	3,9
25	39,6	2,6	37,4	3,0
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – вспашка)				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	37,4	0,4	35,1	0,6
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	38,1	1,1	36,1	1,7
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	37,8	0,8	35,7	1,3
НСР ₀₅				
обработка	1,53		2,1	
доза	F _ф < F _{теор}		4,7	
общая	F _ф < F _{теор}		F _ф < F _{теор}	

В засушливых условиях также передвижение углеводов снижается из вегетативных органов в репродуктивные в большей мере, чем азотистых веществ (Павлов А.Н., 1969). По-видимому, из-за этих условий уменьшается образование жира в семенах при избыточном азотном питании и недостатке влаги. Увеличивается лужистость семян, а процент ядер в них соответственно снижается. На чер-

ноземах Ростовской области такая ситуация складывается довольно часто (Агафонов Е.В. и др., 1998).

Расчёт среднего содержания $N_{\text{мин}}$ и подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см в период бутонизация - цветение и соотношения между ними на всех вариантах опыта показал очень большую изменчивость этого показателя. Он варьировал в пределах от 0,53 до 3,56.

Сопоставление масличности семян и отношения $N_{\text{мин.}} : P_2O_5$ в среднем за 2011-2013 гг. показало, что между ними имеется тесная обратная линейная зависимость $r = -0,797 \pm 0,147$ (рисунок 24). Масличность на 63,5% определяется сбалансированностью в обеспеченности почвы под подсолнечником азотом и фосфором в период бутонизация - цветение.

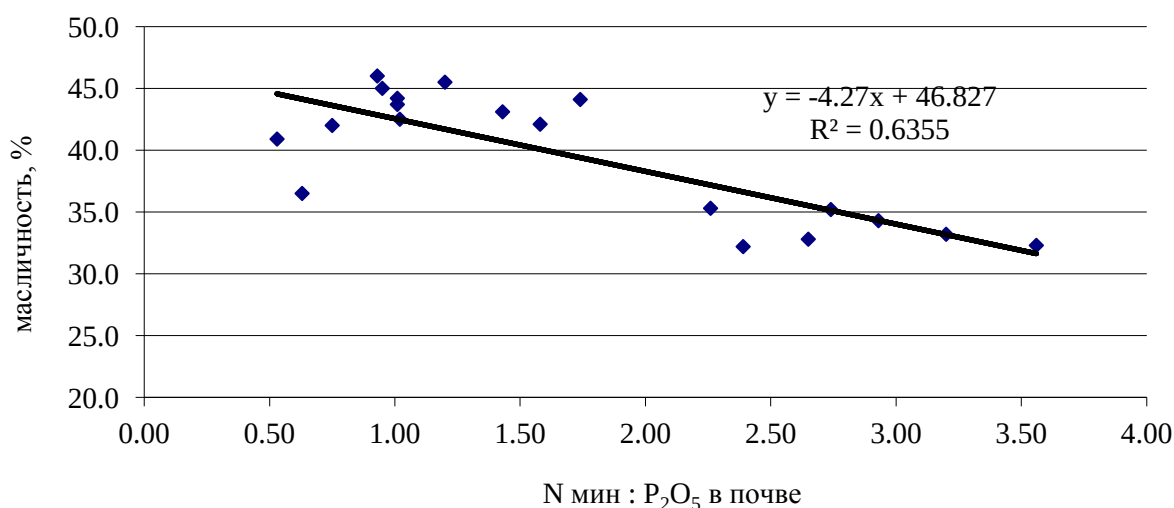


Рисунок 24. Зависимость масличности семян подсолнечника от соотношения минерального азота и подвижного фосфора в слое 0-40 см в период бутонизация - цветение

В среднем за 2011-2013 гг. на вариантах с применением помёта отмечено преимущество глубокой его заделки в почву во влиянии на масличность семян подсолнечника. Максимальная прибавка по сравнению с контролем получена на варианте с дозой 10 т/га 4,7%. На вариантах с минеральными удобрениями различия по сравнению с контролем незначительны. Наибольшее увеличение по фону вспашка от дозы $N_{50}P_{50}K_{50}$ составило всего 1,1%.

В среднем за 2011-2013 гг. на контроле с обработкой почвы дискованием сбор масла в урожае семян составил 396, по вспашке – 460 кг/га (таблица 144, приложение 67).

Таблица 144 – Влияние удобрений на сбор масла в урожае семян подсолнечника, кг/га

Варианты	Среднее за 2011- 2013 гг.	Прибавка к контро- лю		Среднее за 2012- 2013 гг.	Прибавка к контро- лю	
		кг/га	%		кг/га	%
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га						
контроль	396	-	-	297	-	-
5	-	-	-	382	85	28,6
7,5	-	-	-	424	127	42,6
10	583	187	47,2	467	170	57,1
15	627	231	58,3	468	171	57,4
20	557	161	40,6	437	140	47,1
25	480	84	21,1	425	128	43,1
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон - дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	451	55	13,8	344	47	15,7
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	538	142	35,9	420	123	41,2
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	549	153	38,6	388	91	30,5
индюшиный помёт осенью под вспашку, т/га						
контроль	460	-	-	384	-	-
5	-	-	-	534	150	39,1
7,5	-	-	-	640	256	66,5
10	770	310	67,4	738	354	92,2
15	775	315	68,4	688	304	79,2
20	757	297	64,6	669	285	74,1
25	701	241	52,4	614	230	59,8
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	518	58	12,7	430	46	12,0
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	573	113	24,6	475	91	23,6
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	625	165	35,9	492	108	28,1
НСР ₀₅						
обработка	72			96		
доза	145			214		
общая	F _ф < F _{теор}			F _ф < F _{теор}		

Содержание масла в урожае семян с 1 га на контроле по фону вспашка выше, чем по дискованию на 64 кг (16,2%). Применение помёта в дозе 15 т/га обеспечило наибольшее увеличение сбора жира по фону дискование на 58,3%, а по

вспашке – на 68,4% больше по сравнению с контролем. Увеличение дозы помёта вызывало уменьшение этого показателя на обоих фонах.

Эффект от минеральных удобрений во влиянии на масличность семян значительно слабее действия помёта и недостоверен.

Анализ результатов в среднем за 2012 и 2013 гг. продемонстрировал ещё большее преимущество отвальной обработки почвы перед мелкой. По обоим фонам эффект от помёта равномерно повышался с увеличением дозы от 5 до 10 т/га. Различия в сборе масла на этих вариантах достоверны. На фоне дискования при увеличении дозы до 15 т/га содержание масла остаётся на том же уровне, а по фону вспашка начинает снижаться. Уменьшение на обоих фонах отмечено по мере достижения дозы 25 т/га.

Белковость зерна ярового ячменя, второй культуры звена севооборота, в среднем за 2012-2014 гг. на контрольном варианте различалась незначительно по обоим фонам основной обработки почвы, проведённой под подсолнечник, и составила 11,2-11,6% (таблица 145). Отмечена лишь тенденция в увеличении содержания белка в зерне на последствии индюшиного помёта, внесённого под дискование, в дозах 15-25 т/га и под вспашку в дозах 10-25 т/га, так как различия между вариантами опыта математически недостоверны.

Сбор белка в урожае зерна ячменя на контроле по фону с дискованием в разные годы варьировал в пределах от 71 (2012 г.) до 133 кг/га (2014 г.) и в среднем за 2012-2014 гг. составил 99 кг/га. По фону дискование наибольший сбор белка получен на последствии помёта в дозе 15 т/га. Прибавка составила по сравнению с контролем 91 кг/га или 92,3%. По вспашке эффект от последствия оптимальной дозы 10 т/га существенно меньше – лишь 50 кг/га или 36,8%. Это обусловлено более высокой урожайностью зерна и сбора белка на контроле по этому фону обработки почвы. Эффект от последствия минеральных удобрений на белковость и сбор белка в зерне ячменя существенно меньше, чем помёта.

Таблица 145 – Белковость и сбор белка в урожае зерна ярового ячменя. Первый год последействия

Варианты	Содержание белка в зерне, %		Сбор белка в урожае зерна с 1 га, кг					
	среднее за 2012-2014 гг.	прибавка к контролю	2012 г.	2013 г.	2014 г.	средние за 2012-2014 гг.		
						сбор, кг/га	прибавка к контролю	
							кг/га	%
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)								
контроль	11,6	-	71	93	133	99	-	-
5	-	-	-	147	158	-	-	-
7,5	-	-	-	169	181	-	-	-
10	11,6	0	183	175	189	182	83	84,2
15	11,8	0,2	203	184	184	190	91	92,3
20	11,9	0,3	186	189	177	184	85	85,9
25	11,9	0,3	161	171	146	159	60	60,9
последствие азофоски, кг/га (фон - дискование)								
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	11,4	0	74	98	135	102	3	3,4
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	11,4	0	82	106	144	111	12	11,8
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	11,5	0	85	116	148	116	17	17,5
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)								
контроль	11,2	-	116	141	152	136	-	-
5	-	-	-	160	185	-	-	-
7,5	-	-	-	171	192	-	-	-
10	11,4	0,2	163	179	216	186	50	36,8
15	11,5	0,3	167	171	194	177	41	30,4
20	11,5	0,3	166	168	186	173	37	27,5
25	11,4	0,2	163	160	178	167	31	22,8
последствие азофоски, кг/га (фон - вспашка)								
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	11,4	0,2	124	142	153	140	4	2,7
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	11,4	0,2	129	150	157	145	9	6,9
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	11,4	0,2	134	160	161	152	16	11,5
НСР ₀₅								
обработка	0,2		2	7	7	9		
доза	F _ф < F _{теор}		3	15	16	18		
общая	F _ф < F _{теор}		5	21	F _ф < F _{теор}	25		

Содержание белка в зерне озимой пшеницы, третьей культуры звена севооборота, на контрольном варианте не зависела от способа основной обработки почвы, проведённой под подсолнечник, и в среднем за 2013-2015 гг. составила 10,7% (таблица 146).

Таблица 146 – Белковость и сбор белка в урожае зерна озимой пшеницы. Второй год последствий

Варианты	Содержание белка в зерне, %		Сбор белка в урожае зерна с 1 га, кг					
	среднее за 2013-2015 гг.	прибавка к контролю	2013 г.	2014 г.	2015 г.	среднее за 2013-2015 гг.		
						сбор кг/га	прибавка к контролю	
							кг/га	%
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)								
контроль	10,7	-	79	160	420	220	-	-
5	-	-	-	170	423	-	-	-
7,5	-	-	-	181	483	-	-	-
10	11,3	0,6	202	212	554	323	103	46,8
15	11,5	0,8	315	191	575	360	140	63,6
20	11,6	0,9	310	190	518	339	119	54,1
25	11,6	0,9	269	188	489	315	95	43,2
последствие азофоски, кг/га (фон - дискование)								
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	10,7	0	80	159	422	220	0	0
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	10,8	0,1	84	164	430	226	6	2,7
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	10,8	0,1	91	170	429	230	10	4,5
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)								
контроль	10,7	-	132	158	435	242	-	-
5	-	-	-	165	437	-	-	-
7,5	-	-	-	177	477	-	-	-
10	11,2	0,5	223	193	552	323	81	33,3
15	11,3	0,6	271	204	556	344	102	42,0
20	11,3	0,6	301	186	560	349	107	44,2
25	11,5	0,8	271	184	557	337	95	39,4
последствие азофоски, кг/га (фон - вспашка)								
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	10,7	0	134	161	435	243	1	0,6
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	10,7	0	137	161	443	247	5	2,1
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	10,7	0	145	163	449	252	10	4,3
НСР ₀₅								
обработка	F _ф < F _{теор}			F _ф < F _{теор}	7	F _ф < F _{теор}		
доза	0,3			12	15	48		
общая	F _ф < F _{теор}			F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}		

В среднем за 2013-2015 гг. максимальное увеличение белковости зерна пшеницы получено от дозы 20 т/га с заделкой дискованием и в дозе 25 т/га – по вспашке. Сбор белка зерном озимой пшеницы по фону почвы с дискованием под

подсолнечник на контроле в среднем за 2013-2015 гг. составил 220 кг/га, по вспашке - 242 кг/га. Наибольшая прибавка в сборе белка по сравнению с контролем получена на последствии помёта, заделанного в почву дискованием, в дозе 15 т/га, которая составила 63,6%, при заделке вспашкой в дозе 20 т/га - 44,2%.

Суммарный сбор белка зерном ярового ячменя и озимой пшеницы в среднем за 3 цикла звена севооборота на контрольном варианте с фоном обработки дискованием составил 319 кг/га, по вспашке – больше на 59 кг/га (таблица 147).

Таблица 147 – Влияние удобрений на суммарный сбор белка в урожае ярового ячменя и озимой пшеницы с 1 га за два года последствия удобрений, кг

Варианты	Среднее за 2012- 2015 гг.	Прибавка к контро- лю		Среднее за 2013- 2015 гг.	Прибавка к контро- лю	
		кг/га	%		кг/га	%
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)						
контроль	319	-	-	403	-	-
5	-	-	-	449	46	11,4
7,5	-	-	-	507	104	25,8
10	505	186	58,3	565	162	40,2
15	551	232	72,6	567	164	40,7
20	523	204	64,1	537	134	33,3
25	475	156	48,8	497	94	23,3
последствие азотоски, кг/га (фон - дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	323	4	1,1	407	4	1,0
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	337	18	5,5	422	19	4,7
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	346	27	8,6	432	29	7,1
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)						
контроль	378	-	-	443	-	-
5	-	-	-	474	31	6,9
7,5	-	-	-	509	66	14,8
10	509	131	34,6	570	127	28,7
15	521	143	37,8	563	120	27,0
20	522	144	38,2	550	107	24,2
25	504	126	33,4	540	97	21,8
последствие азотоски, кг/га (фон – вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	383	5	1,3	446	3	0,6
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	392	14	3,8	456	13	2,8
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	404	26	6,9	467	24	5,3
НСР ₀₅						
обработка	29			F _ф < F _{теор}		
доза	58			46		
общая	F _ф < F _{теор}			F _ф < F _{теор}		

Максимальное увеличение в сборе белка на вариантах с заделкой помёта дискатором получено от дозы 15 т/га, которое составило 232 кг/га или 72,6%, плугом существенно меньше – лишь 144 кг/га или 38,2%.

Последействие индюшиного помёта способствовало лишь тенденции увеличения содержания клейковины в зерне озимой пшеницы (таблица 148). Товарный класс зерна озимой пшеницы во все годы соответствовал четвертому.

Таблица 148 – Влияние удобрений на содержание сырой клейковины в урожае озимой пшеницы под влиянием последействия индюшиного помёта, %

Варианты	Заделка - дискование		Заделка - вспашка	
	среднее за 2013-2015 гг.	2014-2015 гг.	среднее за 2013-2015 гг.	2014-2015 гг.
индюшинный помёт, т/га				
контроль	19,7	19,8	20,2	20,3
5	-	20,1	-	20,3
7,5	-	20,2	-	20,7
10	21,0	20,9	21,7	21,3
15	21,6	21,2	21,8	21,4
20	21,2	20,9	21,9	21,8
25	20,9	20,6	21,8	21,7
азофоска, кг/га				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	19,7	19,8	20,0	20,3
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	20,0	19,9	20,2	20,4
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	20,2	20,2	20,1	20,3
HCP ₀₅				
обработка	0,4	0,5	0,4	0,5
доза	0,8	1,1	0,8	1,1
общая	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

6.6 Вынос и баланс элементов питания растений в звене севооборота, коэффициенты использования NPK из помёта

Вынос NPK семенами подсолнечника в среднем за 2011-2013 гг. на контрольном варианте по фону дискование составил 35-4-18 кг/га, по вспашке – больше на 4-1-3 кг/га вследствие более высокой урожайности (приложение). Вынос основных элементов питания семенами подсолнечника существенно увеличивается при доведении дозы помёта до 15 т/га – 59-6-29 кг/га по дискованию, а по

вспашке - до 20 т/га 68-7-30 кг/га N-P₂O₅-K₂O. Потребление азота и фосфора вегетативной массой подсолнечника на контроле по обоим фонам обработки почвы соответствовало выносу основной продукцией, но потребление калия было 4,2-4,5 раз больше. Сохранилось преимущество отвальной обработки по сравнению с дискованием в выносе элементов питания. Усвоение элементов питания побочной продукцией подсолнечника возрастало при доведении дозы помёта до 20 т/га по фону дискования до 76-8-141 кг/га и по вспашке до 76-9-140 кг/га N-P₂O₅-K₂O.

Суммарный вынос NPK семенами и вегетативной массой подсолнечника на контрольном варианте по фону дискование составил 67-8-99 кг/га, по вспашке – больше на 9-2-10 кг/га N-P₂O₅-K₂O (таблица 149).

Таблица 149 – Суммарный вынос NPK семенами и вегетативной массой подсолнечника, кг/га

Варианты	Среднее за 2011-2013 гг.			Среднее за 2012-2013 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га						
контроль	67	8	99	65	8	113
5	-	-	-	93	13	146
7,5	-	-	-	111	13	174
10	110	11	156	120	14	179
15	126	13	157	137	15	177
20	133	14	167	141	16	194
25	124	13	154	138	14	177
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	77	8	106	75	9	114
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	98	10	127	97	11	139
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	98	11	131	93	11	141
индюшиный помёт осенью под вспашку, т/га						
контроль	76	10	109	79	11	120
5	-	-	-	111	14	170
7,5	-	-	-	123	15	176
10	125	14	158	138	17	185
15	139	15	169	154	18	196
20	144	16	170	162	18	189
25	143	16	168	154	19	182
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	84	10	108	87	11	123
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	104	12	125	113	13	148
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	108	12	129	114	13	152

Потребление основных элементов питания равномерно нарастало на вариантах с применением помёта по двум фонам обработки почвы при увеличении дозы с 5 до 20 т/га. Вынос NPK под влиянием минеральных удобрений был меньше, чем при внесении помёта. В среднем за 2012-2013 гг. отмечены те же закономерности, что и в среднем за 3 года. Применение помёта в минимальной дозе 5 т/га способствовало существенному увеличению выноса, который нарастал при доведении дозы до 20 т/га по обоим фонам обработки почвы за исключением применения 15 т/га по отвальной обработке, где получен максимум поглощения калия.

В среднем за 2012-2014 гг. суммарный вынос NPK зерном и соломой ярового ячменя на контроле по основной обработке дискованием, проведенной под подсолнечник, составил 23-6-10 кг/га (таблица 150).

Таблица 150 – Суммарный вынос NPK зерном и соломой ярового ячменя, кг/га

Варианты	Среднее за 2012-2014 гг.			Среднее за 2013-2014 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)						
контроль	23	6	40	26	5	45
5	-	-	-	35	6	54
7,5	-	-	-	39	8	59
10	40	8	57	41	9	63
15	42	10	61	42	10	67
20	41	9	62	41	10	66
25	37	9	59	38	8	64
последствие азофоски, кг/га (фон - дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	24	5	41	26	5	45
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	25	6	42	29	6	47
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	26	6	45	30	7	49
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)						
контроль	30	7	43	33	6	46
5	-	-	-	37	8	52
7,5	-	-	-	40	8	55
10	41	8	54	44	9	62
15	40	9	58	41	9	64
20	39	10	59	40	10	66
25	37	8	58	39	9	61
последствие азофоски, кг/га (фон - дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	31	7	45	33	6	49
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	33	7	47	34	7	51
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	34	7	49	36	7	54

По фону вспашка общий вынос на контроле был больше на 7-1-3 кг/га N-Р₂O₅-K₂O. Вынос элементов увеличивался при доведении дозы помёта до 20 т/га независимо от способа его заделки в почву. При внесении помёта под плуг потребление NPK возрастало в 1,3-1,4 раза, под дискование – в 1,5-1,8 раза.

Общий вынос NPK зерном и соломой озимой пшеницы на контрольном варианте был больше, чем ярового ячменя, но основные закономерности во влиянии способа основной обработки почвы под подсолнечник сохранились и на этой культуре (таблице 151).

Таблица 151 – Суммарный вынос NPK зерном и соломой озимой пшеницы, кг/га

Варианты	Среднее за 2013-2015 гг.			Среднее за 2014-2015 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)						
контроль	46	8	62	60	10	70
5	-	-	-	62	10	72
7,5	-	-	-	69	12	83
10	68	12	92	80	15	95
15	76	14	103	82	16	103
20	74	14	104	78	15	103
25	70	13	101	75	14	100
последствие азофоски, кг/га (фон - дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	46	8	62	60	10	71
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	47	8	64	62	10	72
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	49	8	66	62	10	72
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)						
контроль	50	9	67	61	12	71
5	-	-	-	63	13	75
7,5	-	-	-	70	15	84
10	70	14	96	80	17	96
15	75	16	104	83	18	103
20	78	16	111	83	18	111
25	76	16	119	84	19	120
последствие азофоски, кг/га (фон - дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	51	9	68	62	12	72
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	51	9	69	63	12	74
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	53	9	72	64	12	77

Наибольший общий вынос NPK получен на последствии помёта, заделанного в почву дискатором, в дозе 15 т/га и составил 76-14-103 кг/га. По вспашке

оптимальная доза 25 т/га. Вынос на этом варианте больше только по фосфору и калию на 2 и 16 кг/га. В среднем за 2014-2015 гг. получены те же закономерности, что и в среднем за 3 года.

Расчёт количества NPK, вносимого в почву с индюшиным помётом, показал, что в среднем за 2010-2012 гг. содержание общего фосфора и калия является достаточно сбалансированным и различия с увеличением дозы составляют лишь 4-10 кг. Содержание общего азота в составе помёта меньше, чем фосфора в среднем за 2010-2012 гг. на 14,4% (таблица 152).

Таблица 152 – Поступление элементов питания в почву при внесении индюшиного подстилочного перепревшего помёта, кг/га

Дозы помёта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
среднее за 2010-2012 гг.			
10	179	209	205
15	269	314	308
20	358	418	410
25	448	523	513
среднее за 2011-2012 гг.			
5	97	104	103
7,5	145	155	154
10	193	207	205
15	290	311	308
20	386	414	410
25	483	518	513

Подсчёт баланса элементов питания при возделывании культур в звене севооборота подсолнечник – яровой ячмень – озимая пшеница в среднем за 3 цикла чередования культур выполнен с учётом, что вся побочная продукция культур звена севооборота не отчуждается с поля.

Баланс азота в среднем за 2011-2015 гг. при учёте его выноса с урожаем семян и зерна на всех вариантах с помётом во все годы исследований был положительным. Уже при внесении дозы 10 т/га профицит составлял 27-38 кг/га (таблица 153).

Отрицательный баланс азота получен только при внесении минимальной дозы помёта 5 т/га в среднем за 2012-2015 гг. независимо от способа его заделки в

почву (приложение 68). Дефицит азота наблюдался на всех вариантах с минеральными удобрениями. Вынос фосфора растениями подсолнечника, ячменя и пшеницы был невысоким, поэтому его баланс при внесении удобрений в целом положительным. Особенно большой профицит отмечен при внесении помёта. При внесении 10 т/га он в среднем за три года составил 188-191 кг/га.

Таблица 153 - Баланс элементов питания в звене севооборота подсолнечник, яровой ячмень, озимая пшеница в среднем за 2011-2015 гг., кг/га. Среднее за 3 цикла

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
индюшиный помёт под дискование, т/га									
контроль	-	-	-	90	12	38	-90	-12	-38
10	179	209	205	141	18	57	38	191	148
15	269	314	308	155	21	64	114	293	244
20	358	418	410	149	20	62	209	398	348
25	448	523	513	139	19	55	309	504	458
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – дискование)									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	25	25	25	97	12	41	-72	13	-16
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	50	50	50	108	13	45	-58	37	5
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	75	75	75	110	13	47	-35	62	28
индюшиный помёт под вспашку, т/га									
контроль	-	-	-	104	15	45	-104	-15	-45
10	179	209	205	152	21	63	27	188	142
15	269	314	308	158	23	65	111	291	243
20	358	418	410	159	23	66	199	395	344
25	448	523	513	156	22	65	292	501	448
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – вспашка)									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	25	25	25	112	15	48	-87	10	-23
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	50	50	50	121	16	51	-71	34	-1
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	75	75	75	127	16	53	-52	59	22

Положительным был также и баланс по калию на всех вариантах с помётом и на варианте с максимальной дозой азофоски. Профицит по калию при внесении 10 т/га он в среднем за три года составил 148-142 кг/га. Поэтому совершенно очевидно, что индюшиный помёт является существенным источником повышения фосфатно-калийного уровня почвы, что особенно важно при низкой обеспеченности почв подвижным фосфором.

Расчёт коэффициентов использования элементов питания из удобрений показал, что степень использования азота и калия значительно выше, чем фосфора (таблица 154).

Таблица 154 – Коэффициенты использования NPK в звене севооборота подсолнечник, яровой ячмень, озимая пшеница, %

Варианты	Среднее за 2011-2015 гг.			Среднее за 2012-2015 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
индюшиный помёт под дискование, т/га						
5	-	-	-	40	6	43
7,5	-	-	-	47	6	57
10	46	4	51	47	7	53
15	40	5	39	38	6	39
20	31	4	32	28	4	33
25	21	2	22	21	3	22
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	44	4	32	40	4	8
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	68	4	64	74	8	60
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	49	4	55	45	7	45
индюшиный помёт под вспашку, т/га						
5	-	-	-	39	6	58
7,5	-	-	-	41	6	51
10	45	5	43	46	7	52
15	36	4	36	36	5	41
20	29	4	30	29	4	31
25	22	3	25	22	3	25
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	40	4	8	36	4	28
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	64	4	44	74	6	72
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	52	3	41	55	4	61

Максимальные коэффициенты получены в среднем за 3 цикла чередования культур в звене севооборота на варианте с дозой 10 т/га по обоим фонам обработки почвы. При внесении помета под вспашку они составили 45-5-43% NPK, под дискование – 46-4-51%. С увеличением дозы помета коэффициенты использования элементов питания снижались, особенно по азоту и калию.

По данным за 2012-2014 гг., степень усвоения азота и фосфора из помёта в дозах 7,5 и 10 т/га при заделке его под дискование практически одинакова. Но при внесении 7,5 т/га по калию она на 4% больше.

Коэффициент усвоения азота из минеральных удобрений по разным фонам обработки почвы очень близок. Максимум по обоим фонам достигнут при внесении $N_{50}P_{50}K_{50}$ и превосходит уровень потребления на оптимальном варианте с дозой помёта 10 т/га на 19-22%. Коэффициент использования фосфора из помёта очень низок - с увеличением дозы он уменьшался с 4-5 до 2%. Это связано с очень высоким содержанием фосфора в помёте и незначительным его выносом. Из минеральных удобрений фосфор использовался практически также.

6.7 Экономическая и биоэнергетическая эффективность выращивания полевых культур в звене севооборота

Экономические расчеты свидетельствуют о том, что выращивание подсолнечника в учхозе «Донское» является прибыльным. Без применения удобрений с 1 га в среднем за 2012-2013 гг. при основной обработке почвы дискованием себестоимость 1 кг семян составила 11,67 руб., а рентабельность его производства – 71%. Применение вспашки как основной обработки почвы осенью увеличивало рентабельность на 41%, себестоимость снижалась на 2,23 руб./кг.

Выполнение соответствующих расчётов показало, что с учетом только прямого действия при внесении помёта под вспашку в дозах 7,5 и 10 т/га дальность транспортировки от места хранения практически одинакова - 17 и 16 км, в дозах 5 и 15 т/га – 14 и 9 км. При заделке помёта дискованием в дозах 5, 7,5 и 10 т/га расстояние экономически целесообразной транспортировки сокращается до 12-13 км.

В звене севооборота подсолнечник – яровой ячмень – озимая пшеница в среднем за 3 цикла чередования культур при проведении основной обработки почвы под подсолнечник дискованием рентабельность на контрольном варианте составила 42%, себестоимость производства 1 кг зерновых единиц – 7,15 руб.,

уровень условно чистого дохода - 15235 руб./га.

Применение вспашки повышало рентабельность на контроле в звене севооборота на 23%, себестоимость производства 1 кг зерновых единиц снижалась 1,08 руб., условно чистый доход увеличивался на 8375 руб./га (таблица 155).

Таблица 155 – Экономическая оценка применения куриного помёта в звене севооборота подсолнечник – яровой – озимая пшеница. Среднее за 3 цикла чередования культур. Фон - вспашка

Варианты (дозы помёта, т/га)	Расстояние транспортировки помёта, км			
	33	23	16	10
условно чистый доход, руб./га				
контроль	23610			
10	32584	36584	39384	41784
15	27532	33532	37732	41332
20	19860	27860	33460	38260
25	9222	19222	26222	32222
себестоимость 1 кг зерновых единиц, руб./кг				
контроль	6,07			
10	6,06	5,69	5,34	5,05
15	6,91	6,07	5,68	5,24
20	7,79	6,82	6,05	5,56
25	9,01	7,74	6,85	6,07
рентабельность, %				
контроль	65			
10	65	79	90	102
15	48	65	80	95
20	31	50	66	84
25	13	32	49	67

Наиболее оптимальные экономические показатели в опыте получены при заделке помёта осенью под вспашку. Дальность транспортировки помёта в дозе 10 т/га от места хранения экономически целесообразно на расстояние 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 в звене севооборота с учетом последствий доз помёта 5 и 7,5 т/га сохранилось преимущество применения помёта в дозе 10 т/га.

Применение минеральных удобрений под подсолнечник в дозах NPK 25-75 кг/га, изучаемых в опыте, было нерентабельным.

Анализ биоэнергетической оценки применения удобрений в звене севооборота подсолнечник – яровой ячмень – озимая пшеница в среднем за 3 цикла чередования культур показал, что наиболее высокий уровень энергетической эффективности и низкая энергоемкость в опыте получены при внесении помёта под вспашку подсолнечника в дозе 10 т/га. Прирост энергии в урожае культур звена севооборота по сравнению с контролем увеличился на 18,9 ГДж/га (таблица 156). В среднем за 2 цикла чередования культур отмечены аналогичные закономерности.

Таблица 156 – Биоэнергетическая оценка применения удобрений в звене севооборота подсолнечник – яровой ячмень – озимая пшеница. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Продуктивность, т/га зер. ед.	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Энергия, накопленная в урожае, ГДж/га	Энергоемкость продукции, ГДж/т зер. ед.	Прирост энергии в урожае, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
фон - дискование						
контроль	5,02	36,8	69,8	7,33	33,0	1,9
10	7,46	47,2	104,4	6,33	57,2	2,2
15	8,10	52,4	113,2	6,47	60,8	2,2
20	7,66	57,7	107,0	7,53	49,3	1,9
25	6,95	62,9	97,2	9,05	34,3	1,5
азофоска, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	5,34	40,2	73,5	7,53	33,3	1,8
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	5,81	43,6	79,4	7,51	35,8	1,8
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	5,99	47,1	81,7	7,86	34,6	1,7
фон - вспашка						
контроль	5,97	37,8	83,1	6,34	45,3	2,2
10	8,15	48,3	112,5	5,92	64,2	2,3
15	8,29	53,5	114,3	6,45	60,8	2,1
20	8,23	58,7	113,6	7,13	54,9	1,9
25	7,87	63,9	108,8	8,12	44,9	1,7
азофоска, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	6,21	41,3	86,0	6,64	44,7	2,1
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	6,50	44,7	89,5	6,87	44,8	2,0
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	6,83	48,1	93,6	7,04	45,5	1,9

Заключение к главе 6

1. Содержание продуктивной влаги в почве в среднем за 2011-2013 гг. в течение вегетации подсолнечника при основной обработке почвы дискованием и вспашкой существенно не различалось. К посеву подсолнечника количество аммонийного азота 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 индюшиного помёта в большей степени при заделке в почву дискованием – до 73-87 кг/га, при вспашке – до 62-78 кг/га и достигало максимума на вариантах с дозой 20 т/га. Запас $N-NO_3$ в почве по фону вспашка повышался 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 нестабильны. С фазы бутонизация подсолнечника уровень обеспеченности почвы минеральным азотом резко понизился. Количество нитратного азота в составе $N_{мин}$ к концу вегетации было почти в два раза выше, чем на контроле.

В среднем за вегетацию ярового ячменя уровень запасов в почве $N_{мин}$ в слое 0-40 см на вариантах с последствием помёта, внесённого под вспашку, был выше по сравнению с дискованием. В среднем за вегетацию озимой пшеницы максимальным количеством $N_{мин}$ в слое почвы 0-40 см по обоим фонам обработки было при внесении индюшиного помёта в дозе 25 т/га.

2. Максимальное увеличение подвижного фосфора 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 положительный 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 увеличение содержания P_2O_5 к посеву подсолнечника по сравнению с контролем составило 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 почвы или 27,6-36,7%. В среднем за 2011-2013 гг. влияние было недостоверным.

В среднем за вегетацию ярового ячменя и озимой пшеницы наибольшая обеспеченность почвы подвижным фосфором в слое 0-40 см по фону с заделкой помёта дискованием получена в дозе 15 т/га, под плуг – 20 т/га. Но различия в увеличении уровня P_2O_5 между дозами помёта математически недостоверны по обоим способам заделки.

Запашка помёта оказала значительно большее влияние на калийный режим почвы, чем дискование. Максимальное увеличение содержания обменного калия по фону дискование в слое почвы 0-40 см 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 несущественно.

В среднем за вегетацию ярового ячменя в 2012-2014 гг. наибольшая обеспеченность почвы обменным калием получена на вариантах с максимальной дозой индюшиного помёта по обоим способам его заделки, в среднем за вегетацию озимой пшеницы в 2012-2015 гг. - на вариантах с дозами 15-25 т/га, заделанного в почву дискованием, и 20-25 т/га – плугом.

3. В среднем за 2011-2013 гг. максимальное увеличение высоты и массы растений подсолнечника в фазу бутонизация вызвало применение помёта в дозе 20, а в цветение - 15 т/га по обоим фонам обработки почвы. На всех этапах вегетации подсолнечника под влиянием помёта в растениях существенно повышалось содержание азота - в семенах превышение контроля достигало 0,68-0,80%. Изменения в содержании фосфора в растениях незначительны. Применение помёта оказало наибольшее влияние на содержание калия в побочной продукции. Устойчивым оно было при внесении 20 т/га.

В среднем за 2012-2014 гг. вспашка, проведённая под подсолнечник, на контроле оказала достоверное влияние на высоту растений ярового ячменя по срав-

нению с дискованием - на 2,2 см. Максимально увеличило высоту растений последствие помёта в дозе 20 т/га, заделанного в почву дискованием, в дозе 25 т/га - вспашкой. Наибольшая масса растений получена на обоих фонах обработки почвы в дозах 20 и 25 т/га. Существенное влияние вспашки, проведённой под подсолнечник, получено только на содержание калия в фазу кущения в растениях ячменя – 3,04 и 2,96%, в колошение – азота. Максимум содержания NPK в первый год последствия помёта в растениях ячменя в эти фазы достигнут от его заделки дискованием в дозах 15-25 т/га, по вспашке – 20-25 т/га.

На всех вариантах опыта наибольшее количество азота в зерне ячменя было по фону с минимальной обработкой - на 0,03-0,08% по сравнению с отвальной обработкой и не зависело от дозы помёта. Максимальная концентрация фосфора и калия в зерне ячменя получена на вариантах с последствием помёта в дозах 15 и 20 т/га, также как и азота в соломе от дозы 15 т/га по обоим способам заделки.

В среднем за 2013-2015 гг. во второй год последствия в фазу колошение озимой пшеницы наибольшие биометрические показатели растений сформированы на вариантах по обоим фонам его заделки в почву в дозе 25 т/га. Максимальная концентрация элементов питания в растениях пшеницы в эти фазы получена на последствии помёта в дозе 25 т/га, внесённого под плуг. Максимальная концентрация азота в зерне получена на последствии помёта в дозе 20 т/га, внесённого под дискование, и 25 т/га - под вспашку. На последствии помёта в дозах 10-25 т/га, внесённого под вспашку, содержание фосфора и калия в зерне пшеницы достоверно выше по сравнению с внесением помёта под дискование. В соломе озимой пшеницы получено существенное влияние заделки индюшиного помёта под вспашку во влиянии его последствия во всех дозах на содержание азота и фосфора, по сравнению с заделкой дискованием.

4. 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 минеральных удобрений в дозе $N_{50}P_{50}K_{50}$ по фону дискование урожайность увеличилась на 0,41 т/га, по вспашке - на 0,36 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 здесь $0,819 \pm 0,153$, с $N_{мин}$ - $0,876 \pm 0,129$. Содержание минерального азота в почве на 71% обусловлено общим количеством азота в помёте - $\eta = 0,845 \pm 0,143$. 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 под полевые культуры. 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 составили 88,0 и 33,8%. Урожайность озимой пшеницы в среднем за 2013-2015 гг. на контроле по фону дискование составила 2,33-2,58 т/га. 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. Оптимальная доза помёта для повышения продуктивности звена полевого 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 минеральных удобрений в звене севооборота существенно меньше, чем на оптимальных вариантах с индюшиным помётом по фону с минимальной обработкой в 3,2 раза, по вспашке – в 2,7 раза.

5. Вид основной обработки почвы не оказал влияния на масличность 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. Первостепенное значение в накоплении жира в семенах подсолнечника имело соотношение минерального азота и подвижного фосфора в почве в период бутонизация – цветение, зависимость отрицательная, $\eta = -0,797 \pm 0,147$. Минеральные удобрения на содержание жира в семенах влияния не оказали.

Сбор белка в урожае зерна ярового ячменя и озимой пшеницы 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 последствий 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 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 – на 38,2%. Товарный класс зерна озимой пшеницы во все годы соответствовал четвертому.

6. 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%.

7. 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 индюшиного помёта под вспашку в дозе 10 т/га обеспечило оптимальные показатели биоэнергетической эффективности в звене севооборота. Прирост энергии в урожае культур по сравнению с контролем увеличился на 18,9 ГДж/га.

7 ВЛИЯНИЕ ИНДЮШИНОГО ПОМЁТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА ЗЕРНОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ, ПОДСОЛНЕЧНИК, ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ

7.1 Методика исследований

Полевые опыты по изучению влияния перепревшего индюшиного помёта на продуктивность звена зернопропашного севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень проведены в 2008-2012 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО ДонГАУ. Почва места проведения исследований – чернозем обыкновенный среднеспелый (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 перепревший индюшиный помёт на подстилке из подсолнечной лузги производства компании ООО «ЕВРОДОН» Октябрьского района Ростовской области. Химический состав представлен в таблице 157.

Таблица 157 - Химический состав перепревшего индюшиного помёта на подсолнечной лузге в 2008-2010 гг., %

Наименование показателей	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Среднее за 3 года
на абсолютно сухое вещество				
Влажность, %	46,09	48,60	48,90	47,86
Азот общий, %	3,30	3,70	4,30	3,77
Фосфор общий, P_2O_5 , %	5,00	3,68	4,80	4,49
Калий общий, K_2O , %	4,05	3,25	2,44	3,25
Зола, %	30,15	26,1	31,23	29,16
Органическое вещество, % С	34,93	43,2	33,5	37,21
Соотношение С:N	10,58	11,67	7,79	9,87
на фактическую влажность				
pH солевое	9,3	9,4	9,2	9,30
Азот общий, %	1,78	1,90	2,20	1,96
Фосфор общий, P_2O_5 , %	2,70	1,89	2,45	2,35
Калий общий, K_2O , %	2,18	1,67	1,24	1,70
Органическое вещество, %	18,83	22,2	17,12	19,38

Предшественник ярового ячменя – озимая пшеница. Повторность опыта четырехкратная. Площадь делянки 36 м² (6 м * 6 м). Учетная площадь на яровом ячмене – 6 м², на подсолнечнике – 16,8 м². Индюшиный помёт и азофоску (16-16-16) вносили весной под предпосевную культивацию ярового ячменя. Основная обработка почвы под подсолнечник и яровой ячмень в звене полевого севооборота – вспашка на глубину 23-25 см.

Объекты исследований: сорт ярового ячменя Одесский 100 выведен во Всесоюзном селекционно-генетическом институте. Включен в Госреестр по Северо-Кавказскому региону. Сорт подсолнечника Донской 60. Оригинатор: Донская опытная станция масличных культур им. Л.А. Жданова ВНИИМК.

7.2 Динамика продуктивной влаги в почве под культурами звена севооборота

Перед посевом ярового ячменя в метровом слое обеспеченность почвы продуктивной влагой была наибольшей в 2008 г. 167,7 мм, в 2009 и 2010 гг. практически одинаковой – 152,4-152,9 мм (таблица 158).

Таблица 158 – Динамика продуктивной влаги в почве под яровым ячменём, мм

Слой почвы, см	Годы	Срок отбора образцов, дата			
		перед посевом	выход в трубку	колошение	уборка
		11.04.08.	24.05.08.	10.06.08.	15.07.08.
0-20	2008	23,3	21,1	18,5	22,5
20-40		34,6	26,1	21,5	16,7
0-60		103,8	67,2	57,0	53,5
0-100		167,7	107,6	91,3	77,1
	2009	9.04.09	20.05.09.	17.06.09.	9.07.09.
0-20		25,4	18,6	8,5	0
0-40		34,4	24,1	19,9	7,3
0-60		92,2	70,0	59,2	20,4
0-100		152,4	124,5	121,3	55,3
	2010	12.04.10.	24.05.10.	5.06.10.	8.07.10.
0-20		19,1	9,7	6,3	0
0-40		33,4	9,5	7,4	0
0-60		87,3	30,6	21,5	0
0-100		152,9	78,5	61,9	8,0

Во все годы от посева и до уборки ячменя происходило снижение влажности почвы. Наиболее высокими запасы продуктивной влаги в почве поддерживались в 2008 году, что способствовало получению высокого уровня урожайности. Низкая влагообеспеченность почвы была в засушливом 2010 году. В уборку слой почвы 0-60 см был полностью иссушен. По условиям обеспеченности влагой почвы 2009 год занимает промежуточное положение. Иссушение почвы в слое 0-20 см от фазы колошения до уборки привело к снижению урожайности ячменя, несмотря на высокие запасы в метровом слое в течение вегетации.

Перед посевом подсолнечника, второй культуры звена севооборота, по предшественнику яровой ячмень запасы продуктивной 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 (таблица 159).

Таблица 159 – Динамика продуктивной влаги в почве под подсолнечником, мм

Слой почвы, см	Годы	Срок отбора образцов, дата			
		перед посевом	бутонизация	цветение	уборка
		12.05.09.	10.06.09	2.07.09.	1.10.09.
0-20	2009	18,5	10,4	3,5	18,6
20-40		20,1	12,2	3,2	15,6
0-60		61,0	34,7	13,5	46,5
0-100		103,2	70,2	25,0	66,2
	2010	5.05.10.	22.05.10.	28.06.10.	20.09.10.
0-20		24,1	14,6	10,9	0
0-40		33,4	16,5	7,0	0
0-60		92,3	45,9	25,7	0
0-100		157,9	89,1	31,0	6,6
	2011	2.05.11.	24.06.11.	21.07.11.	13.09.11.
0-20		16,2	4,5	0	19,4
0-40		20,5	8,3	0	6,7
0-60		66,9	25,8	7,7	31,1
0-100		127,9	61,6	20,2	42,1

В 2010 г. от посева и до уборки в почве происходило снижение запасов влаги. В фазу полная спелость слой почвы 0-60 см был полностью иссушен. В 2009 и 2011 гг. в метровом слое почвы под подсолнечником происходило интенсивное уменьшение количества влаги вплоть до фазы цветения. Особенно экстремальные

условия в этот срок отбора были в 2011 г. Слой почвы 0-40 см был полностью иссушен. Вследствие этого урожайность подсолнечника в этот год была самой низкой. От фазы цветения и до уборки в 2009 и 2011 гг. в метровом слое происходило повышение запасов почвенной влаги, но это уже не оказывало существенного влияния на урожайность.

Перед посевом ярового ячменя, третьей культуры звена севооборота, по предшественнику подсолнечник содержание доступной влаги в метровом слое почвы было практически одинаковым и изменялось от 133,4 мм (2012 г.) до 144,4 мм (2010 г.), (таблица 160).

Таблица 160 – Динамика продуктивной влаги в почве под яровым ячменём, мм

Слой почвы, см	Годы	Срок отбора образцов, дата			
		перед посевом	выход в трубку	колошение	уборка
		15.04.10.	27.05.10.	8.06.10.	11.07.10.
0-20	2010	20,4	10,1	7,4	0
20-40		31,1	9,9	8,2	0
0-60		83,5	30,4	24,9	2,0
0-100		144,4	74,3	63,2	12,4
	2011	22.04.11.	25.05.11.	5.06.11.	11.07.11.
0-20		19,5	7,8	6,9	0
0-40		22,7	10,1	5,8	3,2
0-60		74,1	33,4	25,2	8,6
0-100		138,3	61,0	41,2	18,1
	2012	12.04.12.	21.05.12.	6.06.12.	15.07.12.
0-20		26,9	28,9	10,2	6,3
0-40		29,4	34,6	6,5	5,1
0-60		83,1	84,3	26,1	19,9
0-100		133,4	130,4	47,4	33,4

От посева и до уборки в метровом слое почвы под ячменём происходило равномерное снижение запасов продуктивной влаги. Наиболее интенсивно этот процесс проходил в 2010 г. и в фазу полной спелости верхний слой почвы 0-40 см был полностью иссушен, что обусловило самый низкий уровень урожайности ярового ячменя на контрольном варианте за годы исследований. В 2011 г. в уборку был иссушен лишь слой почвы 0-20 см. Хорошие условия влагообеспеченно-

сти были в 2012 г. и, как следствие, наиболее высокий уровень урожайности ярового ячменя.

7.3 Содержание и динамика доступного азота, фосфора и калия для растений в почве под культурами звена севооборота

Основные условия получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур – наличие в почве необходимого количества питательных веществ (Сычёв В.Г., Лунёв М.И., Павлихина А.В., 2012).

Перед посевом ярового ячменя на контрольном варианте в слое почвы 0-20 см наибольшим количество аммонийного азота было в 2008 г. 31,4 кг/га, в 2010 г. – 25,0 и наименьшим в 2009 г. – 17,4 кг/га. В среднем за 2008-2010 гг. оно составило 24,6 кг/га. В слое почвы 20-40 см обеспеченность почвы $N-NH_4$ перед посевом была меньше, чем в слое 0-20 см - от 20,4 кг/га (2010 г.) до 12,2 кг/га (2009 г.), (приложение 69). В среднем за 3 года она составила 16,7 кг/га.

В разные годы динамика аммонийного азота в обоих слоях почвы на контрольном варианте была очень сходной. От посева и до уборки происходило снижение количества $N-NH_4$. В фазу выход в трубку существенное увеличение аммонийного азота отмечено лишь в 2009 г. от применения помета в дозах 15 и 20 т/га и минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$. «Увеличение» $N-NH_4$ в слое почвы 20-40 см, по-видимому, не связано с действием удобрений, а обусловлено лишь меньшим потреблением из этого слоя за счёт использования растениями ячменя аммонийного азота из верхнего слоя, в который были внесены удобрения. Но в среднем за 2008-2010 гг. различия между вариантами несущественны. По-видимому, это можно объяснить тем, что в фазу выход в трубку ячменя в почве преобладающими являются процессы нитрификации, и аммонийная форма азота интенсивно потребляется микрофлорой, а также растениями ячменя.

Перед посевом ярового ячменя наибольшая обеспеченность почвы нитратным азотом в слое 0-20 см была в 2008 г. – 35,6 кг/га, в 2010 г. – 30,5 кг/га и наименьшая в 2009 году – 26,0 кг/га. В среднем за 2008-2009 гг. она составила 30,7

кг/га. В слое почвы 20-40 см количество $N-NO_3$ было меньше, чем в слое 0-20 см и изменялось в пределах от 21,4 кг/га (2008 г.) до 16,5 кг/га (2009 г.) и в среднем за 3 года составило 18,4 кг/га.

Динамика изменений нитратного азота в разные годы на контроле под яровым ячменём существенно различалась. В 2008 и 2010 гг. в обоих слоях почвы снижение количества $N-NO_3$ проходило вплоть до фазы колошения. К моменту проведения уборки запас нитратного азота в почве повысился. Это объясняется снижением потреблением азота растениями ячменя и пополнением его запасов за счёт нитрификации (Филин В.И., Оконов М.М. 2004). В 2009 г. уменьшение содержания нитратного азота в почве продолжалось до самой уборки. В среднем за 2008-2010 гг. на контроле снижение нитратного азота происходило до фазы колошения. К уборке его количество в почве увеличивалось.

В фазу выход в трубку запас нитратного азота в слое почвы 0-20 см равномерно увеличивался под действием органических и минеральных удобрений с повышением их дозы. В среднем за 2008-2010 гг. от действия дозы помёта 20 т/га количество $N-NO_3$ повысилось по сравнению с контролем на 22,9 кг/га или на 105,5%, от азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ – на 10,4 кг/га или 47,9% (таблица 161, приложение 70).

Таблица 161 – Запасы нитратного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под влиянием индюшиного помёта и азофоски, кг/га. Среднее за 2008-2010 гг.

Варианты (дозы поме- та, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора						Среднее за ве- гетацию	
	выход в труб- ку		колошение		уборка			
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
контроль	21,7	13,7	11,9	9,9	15,6	11,8	16,4	11,2
5	25,4	15,3	16,7	10,0	15,6	14,3	19,2	13,2
10	33,6	16,5	18,5	12,0	18,5	13,5	23,5	14,0
15	40,5	17,9	22,9	14,3	24,7	21,5	29,4	17,9
20	44,6	20,5	22,8	17,5	21,5	17,6	29,6	18,5
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	21,4	16,0	17,2	10,0	13,1	13,2	17,2	13,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	23,4	19,0	16,6	13,0	14,5	12,5	18,2	14,8
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	32,1	19,3	20,5	15,3	17,1	18,6	23,2	17,8
НСР ₀₅	6,6	F _ф < F _{теор}	6,2	F _ф < F _{теор}	6,6	F _ф < F _{теор}	4,8	4,4

Отмечено существенное увеличение запаса нитратного азота в слое почвы 20-40 см в фазу выход в трубку на вариантах с удобрениями в 2008 и 2010 гг. Это объясняется лучшими условиями увлажнения в эти годы в начале вегетации ячменя и, как следствие, промывание нитратов из слоя почвы 0-20 см вниз по профилю. В среднем за три года эти различия математически недостоверны.

В течение вегетации ярового ячменя изменения в количестве нитратного азота на вариантах с удобрениями были сходными с динамикой на контрольном варианте. Наибольшая и практически одинаковая обеспеченность почвы нитратным азотом от фазы выход в трубку до уборки ярового ячменя была на вариантах с дозами помёта 15 и 20 т/га, минеральных удобрений – в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$.

В слое почвы 0-40 см в среднем за 2008-2010 гг. существенного влияния на количество аммонийного азота в течение вегетации ярового ячменя помёт и минеральные удобрения не оказали. Наибольшие запасы нитратного азота, как в фазу выход в трубку, так и в целом за вегетацию ячменя в этом слое почвы 0-40 см получено на вариантах с дозами помёта 15 и 20 т/га, а также азофоски $N_{90}P_{90}K_{90}$. Динамика всего минерального азота в слое почвы 0-40 см являлась очень сходной с изменениями нитратного азота, так как эта форма в составе $N_{мин}$ являлась преобладающей (таблица 162).

Таблица 162 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под яровым ячменем при внесении индюшиного помёта и азофоски, кг/га. Среднее за 2008-2010 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора			Среднее за вегетацию
	выход в трубку	колошение	уборка	
контроль	49,8	30,6	35,0	37,9
5	57,0	36,2	36,1	43,1
10	66,7	40,5	38,8	48,7
15	74,6	46,6	53,0	58,1
20	81,4	50,6	45,3	59,1
$N_{30}P_{30}K_{30}$	52,0	37,4	32,8	40,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	57,3	40,1	34,0	43,8
$N_{90}P_{90}K_{90}$	65,9	47,0	42,2	51,7
HCP_{05}	9,5	8,1	12,7	8,0

Перед посевом подсолнечника, выращиваемого по предшественнику яровой ячмень, в среднем за 2009-2011 гг. на контрольном варианте количество минерального азота составило 52,8 кг/га (таблица 163).

Таблица 163 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта и азофоски, кг/га. Среднее за 2009-2011 гг. Первый год последействия

Варианты (дозы помёта, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	бутонизация	цветение	уборка	
контроль	52,8	38,8	21,2	16,6	32,3
5	59,3	41,1	23,1	18,8	35,6
10	67,4	48,2	26,9	25,0	41,9
15	75,9	51,4	29,1	28,2	46,1
20	77,4	56,1	30,9	28,9	48,3
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	56,2	38,6	22,5	16,9	33,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	59,7	38,5	23,1	18,7	35,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	61,2	40,2	24,8	19,3	36,4
HCP ₀₅	6,9	8,2	F _ф < F _{теор}	8,7	5,9

Существенное увеличение количества N_{мин} получено на вариантах с последействием помёта в дозах 10-20 т/га и азофоски в дозе N₉₀P₉₀K₉₀. Максимум достигнут от дозы 20 т/га. От посева и до уборки подсолнечника в слое почвы 0-40 см происходило равномерное снижение количества минерального азота. В среднем за вегетацию наибольшая обеспеченность была на варианте с последействием помёта в дозе 20 т/га.

Запас минерального азота в слое почвы 0-40 см на контрольном варианте перед посевом ярового ячменя, третьей культуры звена севооборота, по предшественнику подсолнечник в среднем за 2010-2012 гг. составил 66,6 кг/га (таблица 164). Наибольшее количество N_{мин} перед посевом ячменя получено во второй год последействия помёта в дозах 10-20 т/га. От посева и до уборки на всех вариантах опыта в почве происходило снижение минерального азота.

Таблица 164 – Динамика минерального азота в слое почвы 0-40 см под яровым ячменем под влиянием индюшиного помёта, кг/га. Среднее за 2010-2012 гг. Второй год последствий

Варианты (дозы помёта, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	кущение	колоше- ние	уборка	
контроль	66,6	50,8	27,7	21,9	41,8
5	69,4	51,6	30,9	22,6	43,6
10	73,5	52,1	33,4	27,5	46,6
15	81,5	55,4	37,4	28,6	50,7
20	81,4	58,5	40,9	29,8	52,6
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	66,9	54,3	28,6	21,4	42,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	66,8	55,3	30,8	23,6	44,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	68,6	56,9	33,6	24,8	46,0
HCP ₀₅	6,6	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	2,6	2,4	2,6

По мнению В.С. Цховребова (2003), резкое снижение уровня применения удобрений с начала 90-х годов привело к существенному снижению уровня подвижного фосфора в почве. Невозможно держать земледелие на высоком уровне без внесения фосфорных удобрений.

Перед посевом ярового ячменя содержание подвижного фосфора в слое 0-20 см наибольшим было в 2010 г. 25,6 мг/кг, в 2009 г. – 23,2 и наименьшим в 2008 г. – 20,7 мг/кг и соответствовала средней обеспеченности. В среднем за 2008-2010 гг. содержание подвижного фосфора в верхнем слое составило 23,2 мг/кг. В слое почвы 20-40 см количество P₂O₅ изменялось от 16,5 мг/кг (2008 г.) до 18,3 мг/кг (2009 г.) и в среднем за три года составило 17,6 мг/кг. На контрольном варианте в обоих слоях почвы от посева до уборки происходило равномерное снижение содержания подвижного фосфора.

Существенное увеличение в фазу выход в трубку ячменя в слое почвы 0-20 см содержания подвижного фосфора получено от применения индюшиного помёта (таблица 165, приложение 71). Но закономерности во влиянии дозы помёта на содержание подвижного фосфора в слое 0-20 см в разные годы не было. В 2008 г. максимум увеличения получен от дозы 20 т/га, в 2009 г. – от 15 т/га и в 2010 г. – от 10 т/га. В среднем за 2008-2010 гг. наибольшая обеспеченность получена на ва-

рианте с дозой 20 т/га. Прибавка к контролю составила 6,8 мг/кг или 32,1%. Максимальное увеличение содержания подвижного фосфора от применения минеральных удобрений в фазу выход в трубку получено от дозы $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Таблица 165 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-20 и 20-40 см при внесении индюшиного помёта и азофоски, мг/кг почвы. Среднее за 2008-2010 гг.

Варианты (дозы поме- та, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора						Среднее за ве- гетацию	
	выход в труб- ку		колошение		уборка			
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
контроль	21,2	16,2	20,3	14,5	18,4	13,8	20,0	14,9
5	24,3	16,3	23,4	15,0	20,2	14,2	22,6	15,2
10	26,8	16,3	26,7	14,6	24,2	13,7	25,9	14,9
15	27,9	16,6	26,3	14,6	22,7	13,9	25,6	15,0
20	28,0	16,1	27,2	14,6	23,9	13,5	26,4	14,7
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	22,2	15,9	20,8	14,6	19,4	14,0	20,8	14,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24,5	16,2	24,1	15,0	21,7	13,8	23,4	15,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	26,7	16,4	27,1	14,8	25,4	14,2	26,4	15,1
HCP ₀₅	3,1	F _ф < F _{теор}	4,2	F _ф < F _{теор}	4,4	F _ф < F _{теор}	4,4	F _ф < F _{теор}

Но прибавка меньше, чем на оптимальном варианте с индюшиным помётом в дозе 20 т/га на 1,3 мг/кг или на 6,2%. В слое почвы 20-40 см существенных изменений обеспеченности почвы подвижным фосфором под действием удобрений не было. Динамика изменений по P_2O_5 в течение вегетации ярового ячменя не отличалась от изменений на контрольном варианте.

В слое почвы 0-40 см на контрольном варианте содержание подвижного фосфора перед посевом ярового ячменя в среднем за 2008-2010 гг. составило 20,4 мг/кг почвы. В фазу выход в трубку оно снизилось на 1,6 мг/кг (таблица 166).

Наибольшая обеспеченность почвы подвижным фосфором в фазу выход в трубку ячменя получена на варианте с дозой 15 т/га. Прибавка составила по сравнению с контролем 3,5 мг/кг или 18,6%. В течение вегетации ярового ячменя от фазы выход в трубку до уборки в слое почвы 0-40 см максимальная обеспеченность подвижным фосфором отмечена на вариантах с дозами помёта 10-20 т/га и азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Таблица 166 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под яровым ячменём при внесении индюшиного помёта и азофоски, мг/кг почвы. Среднее за 2008-2010 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора			Среднее за вегетацию
	выход в трубку	колошение	уборка	
контроль	18,8	17,4	16,1	17,4
5	20,3	19,2	17,3	18,9
10	21,6	20,7	19,0	20,4
15	22,3	20,5	18,3	20,4
20	22,1	20,9	18,7	20,6
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	19,0	17,7	16,7	17,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	20,3	19,6	17,8	19,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	21,5	21,0	19,8	20,8
НСП ₀₅	1,5	2,0	2,1	2,1

Перед посевом подсолнечника, выращиваемого по предшественнику яровой ячмень, содержание подвижного фосфора в среднем за 2009-2011 гг. в слое почвы 0-40 см составило 17,0 мг/кг, и соответствовало средней обеспеченности (таблица 167).

Таблица 167 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта и азофоски, мг/кг почвы. Среднее за 2009-2011 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	бутонизация	цветение	уборка	
контроль	17,0	15,6	13,5	13,0	14,8
5	17,9	16,1	14,0	13,4	15,3
10	19,5	17,6	16,0	15,8	17,3
15	19,3	17,2	16,4	16,1	17,3
20	18,9	17,4	16,4	16,0	17,2
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	17,1	15,6	13,6	13,2	14,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	18,2	16,1	14,1	13,9	15,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	18,1	16,1	15,1	14,4	16,0
НСП ₀₅	1,7	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	1,5	1,1	1,1

Максимальное увеличение подвижного фосфора на последствии индюшиного помёта в слое почвы 0-40 см получено от дозы 10 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 2,5 мг/кг или 14,7%. От последствия минераль-

ных удобрений отмечена лишь тенденция в повышении P_2O_5 в почве. От посева и до уборки подсолнечника в почве происходило равномерное снижение подвижного фосфора. В среднем за вегетацию подсолнечника наибольшая и практически одинаковая обеспеченность почвы отмечена на вариантах с последствием помёта в дозах 10-20 т/га.

Перед посевом ярового ячменя, выращиваемого по предшественнику подсолнечник, на контрольном варианте в среднем за 2010-2012 гг. в слое почвы 0-40 см содержание подвижного фосфора составило 16,9 мг/кг (таблица 168).

Таблица 168 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под яровым ячменём при внесении индюшиного помёта и азофоски, мг/кг почвы. Среднее за 2010-2012 гг. Второй год последствия

Варианты (дозы помёта, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	кущение	колоше- ние	уборка	
контроль	16,9	14,3	9,2	9,6	12,5
5	17,2	14,9	10,2	10,0	13,1
10	18,3	15,6	10,9	10,4	13,8
15	18,2	15,4	11,6	10,0	13,8
20	17,7	15,2	11,7	10,5	13,8
$N_{30}P_{30}K_{30}$	16,5	14,3	9,9	9,3	12,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$	16,7	14,4	9,8	9,3	12,5
$N_{90}P_{90}K_{90}$	16,9	15,0	9,4	9,8	12,8
HCP_{05}	0,7	$F_{\phi} < F_{теор}$	1,3	0,6	0,7

На контрольном варианте от посева до фазы колошение происходило снижение содержания P_2O_5 в почве. Но к уборке его количество в почве повысилось. На последствии индюшиного помёта максимальным количество P_2O_5 было от дозы 10 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 1,4 мг/кг или 8,3%. Увеличение дозы помёта приводило к достоверному снижению подвижного фосфора в почве. Влияние последствия минеральных удобрений не оказало существенного влияния на этот показатель. На последствии помёта и минеральных удобрений отмечено равномерное снижение подвижного фосфора в почве в течение вегетации. В среднем за вегетацию ярового ячменя наибольшая обеспечен-

ность почвы была на вариантах с последствием помёта в дозах 10-20 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 1,3 мг/кг или 10,4%.

Обеспеченность почвы обменным калием в слое почвы 0-20 см перед посевом ярового ячменя была наибольшей в 2010 г. 434 мг/кг, в 2008 г. – 384 мг/кг и наименьшей в 2009 году – 331 мг/кг. В среднем за 2008-2010 гг. она составила 383 мг/кг почвы и соответствовала высокой степени обеспеченности. В слое почвы 20-40 см содержание обменного калия изменялось от 311 мг/кг в 2010 г. и до 245 мг/кг в 2009 г. В среднем за три года обеспеченность почвы составила 282 мг/кг и оценивалась как повышенная. От посева до фазы колошения на контрольном варианте в обоих слоях почвы происходило снижение содержания обменного калия в 2009 и 2010 гг. Но к уборке произошло повышение его количества в обоих слоях почвы. В 2009 г. снижение происходило в слое почвы 0-20 см до фазы колошения, в слое 20-40 см – до уборки (таблица 169, приложение 72).

Таблица 169 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-20 и 20-40 см при внесении индюшиного помёта и азофоски, мг/кг почвы. Среднее за 2008-2010 гг.

Варианты (дозы поме- та, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора						Среднее за ве- гетацию	
	выход в труб- ку		колошение		уборка			
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
контроль	360	269	336	244	341	251	345	255
5	369	266	339	238	354	251	354	252
10	385	260	343	244	353	248	360	251
15	391	267	375	242	367	247	378	252
20	398	264	383	238	374	243	385	248
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	367	267	342	257	349	260	353	263
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	375	262	347	254	347	262	356	262
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	384	260	364	244	382	256	376	257
НСР ₀₅	16	F _ф < F _{теор}	28	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

В фазу выход в трубку ярового ячменя под действием помёта содержание обменного калия в слое почвы 0-20 см увеличивалось. Но закономерности от влияния его дозы на обеспеченность почвы не было. В 2008 году максимальное увеличение количества K₂O получено на варианте с дозой 15 т/га, которое по

сравнению с контролем составило 49 мг/кг или 13,8%, в 2009 г. от дозы 20 т/га – 55 мг/кг или 17,6%, в 2010 г. от дозы 10 т/га – 24 мг/кг или 5,8%.

В среднем за 2008-2010 гг. максимальное увеличение обменного калия в фазу выход в трубку в слое почвы 0-20 см получено на варианте с дозой помета 20 т/га, которое составило 38 мг/кг или 10,6%, на оптимальной дозе азофоски $N_{90}P_{90}K_{90}$ оно меньше на 12 мг/кг или на 3,9%. В слое почвы 20-40 см изменений обеспеченности почвы обменным калием не было. От фазы выход в трубку до колошения в почве, как на контроле, так и на вариантах с удобрениями происходило снижение количества обменного калия в обоих слоях почвы. В дальнейшем до уборки содержание K_2O оставалось практически на одном уровне.

Это подтверждает сведения о том, что на черноземных почвах содержание доступных форм калия в течение вегетации разных сельскохозяйственных культур изменяется довольно слабо (Филин В.И., Оконов М.М., 2004). Но в тоже время как указывают В.Д. Панников, В.Г. Минеев (1977), потребность сельскохозяйственных культур в калии зависит не только от исходного уровня, но и от длительности её использования, урожайности основной и побочной продукции, состава культур в севообороте.

Перед посевом ярового ячменя в слое почвы 0-40 см в среднем за 2008-2010 гг. содержание обменного калия составило 333 мг/кг. В фазу выход в трубку количество K_2O уменьшилось на 19 мг/кг почвы. Максимальным увеличение количества обменного калия в слое почвы 0-40 см в эту фазу получено на варианте с дозой помета 20 т/га - 17 мг/кг или 5,4%. Обеспеченность почвы обменным калием в слое 0-40 см была наибольшей от фазы выход в трубку до уборки ячменя на варианте с пометом в дозе 20 т/га и азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Перед посевом подсолнечника по предшественнику яровой ячмень в среднем за 2009-2011 г. содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см на контрольном варианте составило 351 мг/кг почвы, и соответствовала повышенной обеспеченности (таблица 170). Перед посевом подсолнечника существенное увеличение обменного калия в слое почвы 0-40 см отмечено на последствии помета в дозах 10-20 т/га, которое по сравнению с контролем составило 18-23 мг/кг

или на 5,1-6,6%. От посева до фазы цветения на всех вариантах опыта в почве происходило снижение количества обменного калия.

Таблица 170 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта и азофоски, мг/кг почвы. Среднее за 2009-2011 гг. Первый год последствий

Варианты (дозы помёта, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	бутонизация	цветение	уборка	
контроль	351	328	297	302	319
5	356	328	297	300	320
10	369	335	296	300	325
15	374	340	301	311	331
20	374	343	305	313	334
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	351	320	295	296	315
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	355	316	291	293	314
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	356	326	286	291	315
HCP ₀₅	12	9	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	9

В эту фазу различия между вариантами опыта стали несущественными. От фазы цветения до уборки обеспеченность почвы не изменялась. В среднем за вегетацию подсолнечника наиболее высоким содержание обменного калия в почве было на вариантах с последствием помёта в дозах 15-20 т/га.

Содержание обменного калия перед посевом ярового ячменя по предшественнику подсолнечник на контрольном варианте в слое почвы 0-40 см составило 355 мг/кг (таблица 171).

Максимальное содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см перед посевом ячменя отмечено на вариантах с последствием индюшиного помёта в дозах 10-20 т/га. В целом за вегетацию ячменя наибольшее увеличение содержания обменного калия в слое почвы 0-40 см получено под влиянием помёта в дозе 20 т/га.

На второй год последствий минеральных удобрений существенное увеличение обменного калия, как перед посевом, так и в целом за вегетацию отмечено на варианте с дозой N₉₀P₉₀K₉₀.

Таблица 171 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см под яровым ячменём при внесении индюшиного помёта и азофоски, мг/кг почвы. Среднее за 2010-2012 гг. Второй год последействия

Варианты (дозы помёта, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	перед посевом	кущение	колоше- ние	уборка	
контроль	355	334	293	309	323
5	360	333	288	307	322
10	369	339	295	310	328
15	369	337	290	314	328
20	372	338	301	319	332
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	358	327	289	315	322
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	360	325	293	332	327
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	368	328	298	321	329
НСР ₀₅	8	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	6

7.4 Влияние удобрений на биометрические показатели и динамику поступления элементов питания в растения в звене севооборота

В среднем за 2008-2010 гг. в фазу колошение ярового ячменя на контрольном варианте высота 1 растения составила 55,7 см, а масса 1 сырого растения – 48,4 г (приложение 73). Применение помёта способствовало равномерному увеличению высоты и массы растений при доведении дозы до 15 т/га, на вариантах с минеральными удобрениями – до максимальной. Различия в высоте растений на оптимальных вариантах с органическим и минеральным удобрениями в этих дозах не существенны, но по массе – влияние помёта достоверно больше. Прибавка к контролю составила 0,6 г или 36,4%. Увеличение дозы индюшиного помёта до 20 т/га приводило снижению биометрических показателей растений.

В среднем за 2008-2010 гг. достоверное увеличение NPK в растениях от действия удобрений по сравнению с контролем получено на всех вариантах опыта. Максимум концентрации элементов питания достигнут в фазу кушение ячменя от дозы помёта 15 т/га, азофоски – в дозе N₉₀P₉₀K₉₀ (таблица 172). Прибавки к контрольному варианту от действия помёта составили в относительном выражении

по азоту 12,4%, по фосфору – 24,4% и по калию – 9,0%. Эффект от минеральных удобрений в оптимальной дозе был достоверно меньше.

Таблица 172 – Содержание NPK в растениях ярового ячменя под влиянием удобрений, % на сухое вещество. Среднее за 2008-2010 гг.

Варианты	Кущение			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	2,99	0,40	3,32	1,64	0,34	1,95
индюшиный помёт под предпосевную культивацию, т/га						
5	3,11	0,45	3,39	1,75	0,37	1,99
10	3,27	0,54	3,53	1,87	0,41	2,10
15	3,36	0,56	3,62	1,85	0,44	2,12
20	3,35	0,53	3,56	1,83	0,43	2,08
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,05	0,42	3,36	1,70	0,36	1,99
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,10	0,45	3,41	1,73	0,38	2,01
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,12	0,46	3,44	1,77	0,38	2,03
HCP ₀₅	0,05	0,05	0,05	0,11	0,03	0,07
полная спелость						
	зерно			солома		
контроль	2,00	0,41	0,60	0,20	0,13	1,74
индюшиный помёт под предпосевную культивацию, т/га						
5	2,13	0,45	0,67	0,22	0,14	1,79
10	2,24	0,52	0,74	0,27	0,16	1,91
15	2,30	0,54	0,79	0,26	0,15	1,95
20	2,40	0,48	0,76	0,24	0,14	1,87
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,05	0,43	0,66	0,21	0,13	1,75
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,13	0,45	0,69	0,23	0,14	1,78
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	2,23	0,47	0,70	0,23	0,14	1,79
HCP ₀₅	0,11	0,04	0,04	0,02	0,01	0,04

В фазу колошение ячменя содержание азота и калия в растениях снизилось в 1,7-1,8 раза, фосфора – менее значительно. Максимальная концентрация фосфора и калия получена под действием помёта в дозе 15 т/га, но по азоту оптимум сместился к дозе 10 т/га. На вариантах с азофоской преимущество сохранилось за максимальной дозой. В зерне наибольшая концентрация фосфора и калия получена на варианте с дозой 15 т/га, азота – в дозе 20 т/га. В соломе максимум содержания азота и фосфора достигнут от действия дозы 10 т/га, калия – в дозе 15 т/га.

Наибольшая концентрация NPK в зерне и соломе ячменя от действия азофоски получена от наибольшей дозы.

В среднем за 2009-2010 гг. на контроле в фазу цветения высота растений подсолнечника составила 167 см, а масса – 538 г (приложение 74). Наибольшие биометрические показатели сформированы от последействия помёта в дозе 20 т/га. Прибавка по сравнению с контролем по высоте составила 13 см, а по массе – 97 г. Эффект от последействия азофоски был слабым. На вариантах с последействием помёта, как в фазы бутонизация и цветение, так и в содержании NPK в основной и побочной продукции максимальная концентрация фосфора получена в дозе 15 т/га, а калия – в дозе 20 т/га (таблица 173).

Таблица 173 – Содержание NPK в растениях подсолнечника под влиянием удобрений, % на сухое вещество. Среднее за 2009-2011 гг. Первый год последействия

Варианты	Бутонизация			Цветение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	3,23	0,36	3,56	2,15	0,28	2,93
последействие индюшиного помёта, т/га						
5	3,25	0,36	3,59	2,16	0,29	3,03
10	3,36	0,39	3,66	2,22	0,31	3,12
15	3,36	0,42	3,72	2,25	0,32	3,17
20	3,37	0,41	3,78	2,22	0,31	3,20
последействие азофоски, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,23	0,36	3,57	2,15	0,28	2,93
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,25	0,36	3,59	2,16	0,28	2,94
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,26	0,37	3,59	2,17	0,29	2,94
HCP ₀₅	0,05	0,01	0,04	0,03	0,01	0,18
полная спелость						
	семена			стебли и корзинки		
контроль	3,41	0,23	1,25	1,08	0,17	2,58
последействие индюшиного помёта, т/га						
5	3,43	0,25	1,26	1,09	0,17	2,61
10	3,53	0,28	1,32	1,15	0,18	2,67
15	3,58	0,30	1,34	1,19	0,19	2,75
20	3,61	0,29	1,36	1,18	0,19	2,80
последействие азофоски, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,40	0,25	1,25	1,09	0,17	2,58
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,41	0,25	1,26	1,09	0,17	2,59
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,43	0,26	1,26	1,11	0,17	2,61
HCP ₀₅	0,10	0,02	0,03	0,02	0,01	0,03

Содержание азота было наибольшим в фазу бутонизация на последствии максимальной дозы помёта, в цветение оптимум сместился к дозе 15 т/га. В семенах подсолнечника наибольшее количество азота получено на варианте с дозой 20 т/га, в стеблях – 15 т/га. Максимум в содержании NPK в растениях и семенах подсолнечника получен на последствие минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$.

В среднем за 2010-2012 гг. на третьей культуре звена севооборота яровом ячмене на контрольном варианте высота 1 растения составила 48,4 см, а сырая масса - 2,6 г. На второй год последствия индюшиного помёта наибольшие биометрические показатели сформированы от дозы 20 т/га. Высота растений увеличилась по сравнению с контролем на 5 см или на 10,3%, а масса – на 0,5 г или на 19,2% (приложение 73). На вариантах с последствием минеральных удобрений отмечена лишь тенденция в увеличении высоты растений от максимальной дозы. На второй год последствия как в фазы кушение и колошение, так и в зерне и соломе ярового ячменя концентрация NPK была максимальной и очень близкой на вариантах с дозами 15 и 20 т/га (таблица 174).

Таблица 174 – Содержание NPK в растениях ярового ячменя под влиянием удобрений, % на сухое вещество. Среднее за 2010-2012 гг. Второй год последствия

Варианты (дозы помёта и азофоски)	Кушение			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7
контроль	2,60	0,36	2,85	1,23	0,33	1,62
последствие индюшиного помёта, т/га						
5	2,62	0,37	2,86	1,23	0,33	1,63
10	2,67	0,41	2,91	1,28	0,34	1,68
15	2,70	0,42	2,95	1,29	0,34	1,71
20	2,67	0,43	2,95	1,29	0,34	1,68
последствие азофоски, кг/га						
$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,60	0,36	2,85	1,23	0,33	1,62
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,61	0,36	2,86	1,23	0,33	1,62
$N_{90}P_{90}K_{90}$	2,60	0,37	2,89	1,23	0,33	1,63
HCP ₀₅	0,03	0,05	0,04	0,02	$F_{\phi} < F_{теор}$	0,03

1	2	3	4	5	6	7
полная спелость						
	зерно			солома		
контроль	1,87	0,32	0,49	0,21	0,09	1,51
последствие индюшиного помёта, т/га						
5	1,87	0,32	0,52	0,21	0,09	1,55
10	1,89	0,34	0,56	0,22	0,11	1,61
15	1,90	0,35	0,58	0,23	0,11	1,63
20	1,89	0,35	0,56	0,22	0,11	1,64
последствие азофоски, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,87	0,32	0,49	0,21	0,09	1,52
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,87	0,32	0,50	0,21	0,09	1,54
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	1,88	0,32	0,50	0,21	0,10	1,52
HCP ₀₅	0,01	0,02	0,05	0,01	0,01	0,07

Но в целом прослеживается некоторое преимущество дозы 15 т/га. Эффект от последствия минеральных удобрений отсутствовал или отмечена лишь тенденция увеличения концентрации элементов питания в растениях и зерне ярового ячменя.

7.5 Продуктивность звена севооборота, урожайность и качество продукции ярового ячменя, подсолнечника, ярового ячменя

Наибольшая урожайность зерна ярового ячменя на контрольном варианте получена в 2008 году, которая составила 2,86 т/га (таблица 175). Наименьший уровень продуктивности отмечен в 2009 году - лишь 1,44 т/га. Несколько выше этот показатель был в 2010 г., но только на 0,15 т/га. В 2008 и 2009 гг. оптимальная доза индюшиного помёта 15 т/га. Прибавка урожайности по сравнению с контролем составили 1,16 и 1,48 т/га. В относительном выражении в 2009 году она существенно выше из-за низкой урожайности на контроле – 110,4%, в 2009 г. – лишь 25,9%.

Наибольшие прибавки урожайности в эти годы получены на варианте с дозой N₉₀P₉₀K₉₀, которые составили по сравнению с контролем 1,40 т/га или 56,0% и

1,80 т/га или 109,8%. Это больше, чем на оптимальном варианте с индюшиным помётом на 9,6 и 19,6%.

Таблица 175 – Урожайность зерна и соломы ярового ячменя, т/га

Варианты	Урожайность зерна			Среднее за 2008- 2010 гг.	Урожайность соломы			Среднее за 2008- 2010 гг.
	2008 г.	2009 г.	2010 г.		2008 г.	2009 г.	2010 г.	
контроль	2,86	1,44	1,59	1,96	2,50	1,64	2,33	2,16
индюшиный помёт весной под культивацию, т/га								
5	3,31	1,91	2,01	2,87	3,18	2,61	2,50	2,76
10	3,48	2,83	2,57	2,96	3,43	2,79	2,86	3,03
15	3,60	3,03	2,21	2,95	3,66	3,12	2,58	3,12
20	3,53	2,68	2,12	2,78	3,58	2,74	2,04	2,79
азофоска весной под культивацию, кг/га								
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,13	2,36	1,77	2,42	2,82	2,32	2,48	2,54
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,40	2,67	2,07	2,71	3,30	2,54	2,39	2,74
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,96	3,51	2,08	3,18	3,90	3,44	2,48	3,27
HCP ₀₅	0,30	0,14	0,13	0,49	0,38	0,17	0,14	0,53

В 2010 г. из-за дефицита осадков и резкого иссушения почвы концентрация почвенного раствора повысилась и отрицательно отразилась на урожайности ячменя при внесении помёта в дозах 15 и 20 т/га. Оптимальная доза – 10 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 0,98 т/га или 61,6%. Практически одинаковое увеличение урожайности зерна ячменя получено на вариантах с минеральными удобрениями с дозами N₆₀P₆₀K₆₀ и N₉₀P₉₀K₉₀, которое составило 0,48-0,49 т/га или 30,2-30,8%. Но это на 30,8% меньше, чем на оптимальном варианте с дозой помёта 10 т/га.

В среднем за 2008-2010 гг. на контрольном варианте урожайность зерна ярового ячменя составила 1,96 т/га. Одинаковая прибавка урожайности сформирована на вариантах с помётом в дозах 10 и 15 т/га, которая составила по сравнению с контролем 0,99-1,00 т/га или 50,5-51,0%. Эффект от применения минеральных удобрений в дозе N₉₀P₉₀K₉₀ больше, чем на оптимальном варианте с индюшиным помётом в дозе 10 т/га на 11,2%.

Урожайность соломы ярового ячменя на контрольном варианте в среднем за 2008-2010 гг. составила 2,16 т/га. В разные годы влияние удобрений на формиро-

вание вегетативной массы ячменя под действием удобрений были очень сходным с их действием на продуктивность зерна ячменя. Максимальное увеличение побочной продукции ярового ячменя получено на варианте с дозой 15 т/га, которое составило по сравнению с контролем 0,96 т/га или 44,4%. Под действием азотфоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ прибавка больше на 7%.

В среднем за 2008-2010 гг. на контрольном варианте количество продуктивных стеблей ячменя составило 375 шт./м², масса зерна с 1 колоса – 0,55 г (приложение 75). Применение органических и минеральных удобрений оказало существенное влияние на структуру урожайности ярового ячменя. Максимальное увеличение количества продуктивных стеблей по сравнению с контролем сформировано на варианте с дозой помёта 15 т/га - 85 шт./м². Масса зерна с 1 колоса на вариантах с помётом получена практически одинаковая – 0,65-0,66 г. Наибольшее количество продуктивных стеблей и масса зерна с колоса получено на варианте с дозой минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$. Прибавка к контрольному варианту составила 91 шт./м² и 0,13 г.

Наименьшая урожайность семян подсолнечника, выращиваемого по предшественнику яровой ячмень, на контрольном варианте получена в 2011 г. 0,73 т/га, наибольшая в 2009 г. – 1,69 т/га, а в среднем за 2009-2011 гг. - 1,25 т/га (таблица 176).

В 2009 и 2010 гг. урожайность семян подсолнечника на последствии индюшиного помёта увеличивалась при доведении дозы до 15 т/га, в 2011 г. – до 20 т/га. В среднем за 2009-2011 гг. оптимальная доза - 15 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 0,47 т/га или 37,6%.

На последствии минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$ получено одинаковое увеличение урожайности семян по сравнению с контролем - 0,20 т/га или 16,3%. Эта прибавка меньше, чем от помёта в дозе 15 т/га на 21,3%.

Урожайность вегетативной массы подсолнечника на контрольном варианте в среднем за 2009-2011 гг. составила 2,57 т/га. Масса стеблей и корзинок подсолнечника в разные годы равномерно нарастала на последствии органических и минеральных удобрений с повышением их дозы до максимальной.

Таблица 176 – Урожайность подсолнечника по предшественнику яровой ячмень в 2009-2011 гг., т/га. Первый год последействия

Варианты	Урожайность семян			Среднее за 2009-2011 гг.	Урожайность вегетативной массы			Среднее за 2009-2011 гг.
	2009 г.	2010 г.	2011 г.		2009 г.	2010 г.	2011 г.	
контроль	1,69	1,34	0,73	1,25	2,97	2,54	2,21	2,57
последствие индюшиного помёта, т/га								
5	1,72	1,52	0,90	1,38	3,21	2,79	2,35	2,78
10	1,79	1,69	0,95	1,48	3,66	2,91	2,42	3,00
15	2,02	2,01	1,13	1,72	3,89	3,07	2,87	3,28
20	1,98	1,95	1,16	1,70	4,11	3,12	2,92	3,38
последствие азофоски, кг/га								
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,67	1,47	0,77	1,30	2,92	2,51	2,25	2,56
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,69	1,61	1,06	1,45	3,05	2,60	2,45	2,70
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	1,77	1,67	0,91	1,45	3,12	2,71	2,61	2,81
HCP ₀₅	0,11	0,10	0,11	0,13	0,16	0,13	0,12	0,27

В среднем за три года наибольшая прибавка урожайности вегетативной массы получена на варианте с помётом в дозе 20 т/га, которая составила 0,81 т/га или 31,6%, на варианте с максимальной дозой минеральных удобрений – в 3 раза меньше.

Результаты урожайности семян и вегетативной массы подсолнечника подтверждаются результатами структуры урожайности. Масса 1 растения в уборку на контрольном варианте составила 48 г, а масса семян с корзинки – 23 г (приложение 76). Максимальное увеличение массы 1 растения получено на варианте с последствием помёта в дозе 20 т/га, которое составило по сравнению с контролем 15 г или 31,2%, а масса семян в дозе 15 и 20 т/га - на 9 г или на 39,1%.

Урожайность зерна ярового ячменя, выращиваемого по предшественнику подсолнечник, на контрольном варианте наименьшей была в 2010 г. 1,20 т/га, наибольшей в 2012 г. – 1,85 т/га и в среднем за 2010-2012 гг. составила 1,54 т/га (таблица 177). Оптимальная доза на последствии индюшиного помёта 10 т/га. Прибавка урожайности зерна ячменя по сравнению с контролем в 2010 г. составила 28,3%, в 2011 г. – 12,2% и в 2012 г. - 14,6%. В 2011 и 2012 гг. увеличение дозы

помёта до 15 и 20 т/га вызывало лишь тенденцию повышения урожайности, в 2010 г., наоборот, способствовало её снижению.

Таблица 177 – Урожайность зерна ярового ячменя по предшественнику подсолнечник в 2010-2012 гг., т/га. Второй год последействия

Варианты	Урожайность зерна			Среднее за 2010-2012 гг.	Урожайность соломы			Среднее за 2010-2012 гг.
	2010 г.	2011 г.	2012 г.		2010 г.	2011 г.	2012 г.	
контроль	1,20	1,56	1,85	1,54	2,05	2,64	2,79	2,49
последствие индюшиного помёта, т/га								
5	1,31	1,61	1,90	1,61	2,24	2,73	2,86	2,61
10	1,54	1,75	2,12	1,80	2,69	2,81	3,05	2,85
15	1,46	1,80	2,15	1,80	2,88	2,95	3,18	3,00
20	1,44	1,85	2,05	1,78	3,01	3,17	3,27	3,15
последствие азофоски, кг/га								
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,21	1,60	1,84	1,55	2,08	2,66	2,81	2,52
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,24	1,65	1,90	1,60	2,11	2,78	2,93	2,61
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	1,31	1,72	1,95	1,66	2,23	2,84	2,96	2,68
НСП ₀₅	0,10	0,12	0,11	0,07	0,15	0,19	0,16	0,24

В среднем за 2010-2012 гг. одинаковая прибавка урожайности зерна ячменя получена на вариантах с последствием помёта в дозах 10 и 15 т/га. Она составила 0,26 т/га или 17,1%. Повышение урожайности ярового ячменя на варианте с последствием помёта в дозе 10 т/га произошло за счёт увеличения количества продуктивных стеблей по сравнению с контролем на 27 шт./м² и массы зерна с колоса на 0,05 г (приложение 75).

В 2010 и 2011 гг. математически достоверная прибавка урожайности получена на последствии минеральных удобрений в максимальной дозе. В среднем за 3 года она была в 2,2 раза меньше, чем на оптимальном варианте с дозой помёта 10 т/га. Урожайность соломы ярового ячменя на контрольном варианте в среднем за 2010-2012 гг. составила 2,49 т/га. В разные годы динамика нарастания вегетативной массы ячменя была очень сходной. Она увеличивалась на последствии помёта и азофоски и достигала максимума на вариантах с наибольшими дозами. Прибавка на последствии помёта в дозе 20 т/га в среднем за 3 года составила 0,66 т/га или 26,5%, в дозе N₉₀P₉₀K₉₀ – лишь 0,19 т/га или 7,5%.

Продуктивность звена полевого севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень на контрольном варианте была наибольшей в первом цикле в 2008-2010 гг. и составила 6,54 т/га зерновых единиц, что объясняется максимальной урожайностью ярового ячменя в 2008 году. Во втором цикле в 2009-2011 гг. она составила 4,97 т/га. Наименьшая продуктивность сформирована в третьем цикле в 2010-2012 гг. – лишь 4,51 т/га (приложение 77).

В первом (2008-2010 гг.) и во втором цикле (2009-2011 гг.) наибольшее увеличение продуктивности звена севооборота получено от действия помёта в дозе 15 т/га. Прибавки по сравнению с контролем соответственно составили 1,49 т/га или 22,8% и 2,81 т/га или 56,5%. В третьем цикле (2010-2012 гг.) наибольший сбор зерновых единиц обеспечило применение 10 т/га. Увеличение по сравнению с контролем составило 1,58 т/га или 35,0%.

Высокий эффект от минеральных удобрений получен при их использовании в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ в первом и втором цикле звена севооборота. Сбор зерновых единиц лишь на 2,0-2,5% меньше, чем на оптимальном варианте с дозой помёта 15 т/га. В третьем цикле минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ увеличили сбор зерновых единиц по сравнению с контролем на 1,02 т/га или 22,6%. Но это на 10,9% меньше, чем на варианте с дозой помёта 10 т/га, обеспечивший максимальную продуктивность в этом цикле.

В среднем за три цикла звена севооборота продуктивность на контрольном варианте составила 5,34 т/га (таблица 178). Наибольшая продуктивность звена получена на варианте с дозой помёта 15 т/га. Прибавка к контролю составила 1,94 т/га или 36,3%. Высокий эффект от применения минеральных удобрений обеспечило их внесение в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$. Увеличение сбора зерновых единиц составило по сравнению с контролем 1,63 т/га или 30,5%. Это лишь на 0,31 т/га или на 5,8% меньше, чем на оптимальном варианте с индюшиным помётом в дозе 15 т/га.

Белковость зерна ярового ячменя в среднем за 2008-2010 гг. на контрольном варианте составила 11,4% (приложение 78). Содержание белка существенно повышалось в зерне под действием органических и минеральных удобрений с увеличением их дозы. Максимальная прибавка по сравнению с контролем получена

на варианте с дозой помёта 20 т/га, которая составила 2,3%, с дозой $N_{90}P_{90}K_{90}$ – меньше на 1%.

Таблица 178 – Продуктивность звена севооборота при внесении индюшиного помёта и азофоски под первую культуру, т/га зерновых единиц. Среднее за 3 цикла

Варианты	Звено севооборота			Суммарный сбор, т/га	Прибавка к контролю	
	яровой ячмень	подсолнечник	яровой ячмень		т/га	%
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
HCP_{05}	0,49	0,19	0,07	0,61		

Сбор белка в урожае зерна ярового ячменя на контрольном варианте изменялся от 155 кг/га (2009 г.) до 245 кг/га (2008 г.) и в среднем за 2008-2010 гг. составил 187 кг/га (таблица 179).

Таблица 179 – Влияние удобрений на сбор белка в урожае зерна ярового ячменя с 1 га в 2008-2010 гг., кг

Варианты	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Среднее за 2008-2010 гг.	Прибавка к контролю	
					кг/га	%
контроль	245	155	161	187	-	-
индюшиный помёт под предпосевную культивацию, т/га						
5	307	217	216	247	60	31,9
10	348	334	286	323	136	72,5
15	372	370	249	330	143	76,6
20	374	361	237	324	137	73,3
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га						
$N_{30}P_{30}K_{30}$	278	261	181	240	53	28,3
$N_{60}P_{60}K_{60}$	315	304	222	280	93	49,9
$N_{90}P_{90}K_{90}$	388	420	229	346	159	84,8
HCP_{05}	17	29	61	61		

Наибольший сбор белка в 2008 и 2009 гг. получен на варианте с дозой помёта 15 т/га, в 2010 г. – 10 т/га. В среднем за три года максимальное увеличение в сборе белка по сравнению с контролем от действия помёта получено на варианте с дозой 15 т/га, которое составило 143 кг/га или 76,6%. Наибольший сбор белка в опыте получен от действия азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$. Прибавка больше, чем на оптимальном варианте с помётом в дозе 15 т/га на 16 кг/га или на 8,2%.

Наибольший сбор белка в 2008 и 2009 гг. получен на варианте с дозой помёта 15 т/га, в 2010 г. – 10 т/га. В среднем за три года максимальное увеличение в сборе белка по сравнению с контролем от действия помёта получено на варианте с дозой 15 т/га, которое составило 143 кг/га или 76,6%. Наибольший сбор белка в опыте получен от действия азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$. Прибавка больше, чем на оптимальном варианте с помётом в дозе 15 т/га на 16 кг/га или на 8,2%.

Масличность семян подсолнечника, выращиваемого по предшественнику яровой ячмень, на контрольном варианте в среднем за 2009-2011 гг. составила 40,5% (таблица 180, приложение 78). Это обеспечило сбор масла в урожае семян 467 кг/га.

Таблица 180 – Сбор масла в урожае семян подсолнечника под влиянием удобрений с 1 га в 2009-2011 гг., кг. Первый год последействия

Варианты	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Среднее за 2009-2011 гг.	Прибавка к контролю	
контроль	653	468	279	467	-	-
индюшиный помёт под предпосевную культивацию, т/га						
5	682	548	346	525	58	12,5
10	733	678	384	598	131	28,1
15	784	760	437	660	193	41,4
20	765	718	442	642	175	37,4
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га						
$N_{30}P_{30}K_{30}$	647	514	295	485	18	3,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	672	594	409	558	91	19,6
$N_{90}P_{90}K_{90}$	700	615	347	554	87	18,6
НСР ₀₅	23	30	22	59		

От последействия индюшиного помёта максимальное увеличение содержания масла в урожае семян получено от дозы 10 т/га, которое по сравнению с кон-

тролем составило 3,5%. Но наибольшая прибавка в сборе масла от дозы 15 т/га – 193 кг/га или 41,4%. Эффект от последействия минеральных удобрений был существенно меньше, чем от помёта. Прибавка на варианте с дозой $N_{60}P_{60}K_{60}$ меньше, чем на оптимальном варианте с помётом в дозе 15 т/га в 2,1 раза меньше.

Белковость зерна ячменя, третьей культуры звена севооборота, на контрольном варианте в среднем за 2010-2012 гг. составила 10,7%, что обеспечило сбор белка 140 кг/га (таблица 181, приложение 78).

Таблица 181 – Сбор белка в урожае зерна ярового ячменя под влиянием удобрений с 1 га в 2010-2012 гг., кг. Второй год последействия

Варианты	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Среднее за 2010-2011 гг.	Прибавка к контролю	
контроль	116	140	163	140	-	-
индюшиный помёт под предпосевную культивацию, т/га						
5	128	144	168	147	7	4,8
10	150	159	189	166	26	18,6
15	145	163	193	167	27	19,3
20	141	167	183	164	24	16,9
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га						
$N_{30}P_{30}K_{30}$	118	144	162	141	1	1,0
$N_{60}P_{60}K_{60}$	121	148	168	146	6	4,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$	128	155	172	152	12	8,3
HCP_{05}	14	13	9	7		

Увеличение белковости зерна ячменя получено на последействии помёта в дозах 15 и 20 т/га, которое составило лишь 0,1%. Наибольший сбор белка в урожае зерна получен на вариантах с последействием помёта в дозах 10 и 15 т/га, который больше, чем на контроле на 26,0-27,0 кг/га или 18,6-19,3%. Эффект от оптимальной дозы азофоски $N_{90}P_{90}K_{90}$ меньше в 2,3 раза.

Суммарный сбор белка в урожае ярового ячменя, первой и третьей культуры в звене севооборота, в среднем за 3 цикла на контроле составил 327 кг/га (таблица 182).

Максимальное и одинаковое увеличение в сборе белка получено от действия помёта в дозе 15 т/га и азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$, которое составило 170,0 кг/га или 52,1%.

Таблица 182 – Суммарный сбор белка в урожае первой и третьей культуры звена севооборота - ярового ячменя под влиянием прямого действия и последствия удобрений, кг/га

Варианты	Цикл 2008- 2010 гг.	Цикл 2009- 2011 гг.	Цикл 2010- 2012 гг.	Среднее за 3 цик- ла	Прибавка к контро- лю	
					т/га	%
контроль	361	295	324	327	-	-
индюшиный помёт под предпосевную культивацию, т/га						
5	435	361	384	393	66	20,3
10	498	493	475	489	162	49,4
15	517	533	442	497	170	52,1
20	515	528	420	488	161	49,1
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	396	405	343	381	54	16,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	436	452	390	426	99	30,3
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	516	575	401	497	170	52,1
НСП ₀₅	23	12	42	62		

7.6 Вынос и баланс элементов питания в звене севооборота, коэффициенты использования NPK из помёта полевыми культурами

Вынос NPK зерном ярового ячменя на контрольном варианте в среднем за 2008-2010 гг. составил 34-7-10 кг/га, соломой – 4-2-32 кг/га (приложение 79). При применении индюшиного помёта наибольший вынос основной и побочной продукцией сформирован при его внесении в дозе 15 т/га. Прибавки по сравнению с контролем составили по выносу зерном 24-7-10 и соломой 3-2-20 кг/га N-P₂O₅-K₂O. На варианте с минеральными удобрениями максимальный вынос получен на варианте с дозой N₉₀P₉₀K₉₀.

Вынос семенами NPK подсолнечником, выращиваемого по предшественнику яровой ячмень, в среднем за 2009-2011 гг. на контрольном варианте составил 39-3-14 кг/га, вегетативной массой – 26-4-61 кг/га. На последствии индюшиного помёта наибольшее увеличение выноса семенами подсолнечника сформировано от дозы 15 т/га, вегетативной массой – в дозе 20 т/га, которое соответственно составило по сравнению с контролем 18-2-7 и 11-2-26 кг/га N-P₂O₅-K₂O. Вынос на последствии минеральных удобрений существенно меньше.

Вынос NPK зерном ярового ячменя, возделываемого по предшественнику подсолнечник, на контрольном варианте в среднем за 2010-2012 гг. составил 25-4-6 кг/га, соломой – 4-2-32 кг/га. На последствии индюшиного помёта одинаковый вынос сформирован на вариантах с дозами 10-20 т/га, соломой – в дозе 20 т/га. Вынос на вариантах с минеральными удобрениями существенно меньше.

Общий вынос NPK основной и побочной продукцией в среднем за три цикла звена севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень на контрольном варианте составил 132-22-155 кг/га (таблица 183).

Таблица 183 – Суммарный вынос NPK в урожай основной и побочной продукции культур в звене севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень, кг/га. Среднее за 2008-2012 гг.

Варианты	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	132	22	155
индюшиный помёт, т/га			
5	161	27	184
10	178	34	209
15	193	37	227
20	191	33	224
азофоска, кг/га			
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	145	25	168
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	158	26	181
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	174	31	195

Наибольшее увеличение потребления элементов питания получено на варианте с дозой помёта 15 т/га, которое составило по сравнению с контролем 61-15-72 кг/га. На вариантах с применением минеральных удобрений максимальный вынос NPK получен от дозы N₉₀P₉₀K₉₀. Но он меньше, чем на оптимальном варианте с индюшиным помётом в дозе 15 т/га на 19-6-32 кг/га.

В среднем за 2008-2010 гг. можно отметить, что в составе индюшиного помёта преобладающим элементом питания растений является фосфор. С дозой 5 т/га вносится уже 118 кг/га (таблица 184). Общего азота поступает в почву меньше, чем фосфора и калия на 20,4-38,8%.

Баланс элементов питания в звене севооборота рассчитан только по расходу NPK с зерном и семенами этих культур.

Таблица 184 – Поступление элементов питания в почву при внесении подстилочного перепревшего индюшиного помёта, кг/га. Среднее за 2008-2010 гг.

Дозы помёта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
5	98	118	85
10	196	236	170
15	294	354	255
20	392	472	340

Отрицательный баланс азота получен лишь при внесении минимальной дозы 5 т/га и минеральных удобрений во всех дозах. Профицит азота при внесении 10 т/га помёта составил 62 кг/га (таблица 185).

Таблица 185 - Баланс элементов питания в звене севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень в среднем за 2008-2012 гг., 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
индюшинный 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. Уже при внесении 5 т/га профицит составляет 100 кг/га, 20 т/га – 451 кг/га. Применение минеральных удобрений также обеспечивает положительный баланс фосфора. Баланс по калию был положительным на всех вариантах опыта, за исключением применения минеральных удобрений в минимальной дозе.

Коэффициенты использования азота и калия из индюшиного помёта были наибольшими из минимальной дозы и составили 30 и 34% (таблица 186). Они снижались с увеличением дозы.

Таблица 186 – Коэффициенты использования NPK в звене севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень, %. Среднее за 2008-2012 гг.

Варианты	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
индюшиный помёт под предпосевную культивацию, т/га			
5	30	4	34
10	23	5	32
15	21	4	28
20	15	2	20
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га			
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	43	10	43
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	43	7	43
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	47	10	44

Использование фосфора было существенно меньше от 5 до 2% и также снижалось с увеличением дозы. На варианте с применением помёта в дозе 10 т/га коэффициенты использования NPK составили 23-5-32%. Использование элементов питания из минеральных удобрений было выше, чем из помёта и изменялись от 43 до 47 по азоту, от 7 до 10 по фосфору и от 29 до 33% по калию. Но закономерности во влиянии дозы не было.

7.7 Экономическая и биоэнергетическая оценка применения индюшиного помёта и минеральных удобрений в звене севооборота

Экономические расчеты свидетельствуют о том, что выращивание полевых культур в звене севооборота ячмень, подсолнечник, ячмень является прибыльным. Рентабельность на контрольном варианте в звене севооборота составила 39%, себестоимость производства 1 кг зерновых единиц – 6,20 руб. (таблица 187).

В звене севооборота экономически обоснованное расстояние перевозок помёта с учетом его последствий 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. Применение минеральных удобрений под ячмень в дозах NPK 30-90 кг/га, изучаемых в опыте, было нерентабельным.

Одинаковый коэффициент энергетической эффективности и энергоемкость продукции получены на контроле и варианте с дозой помёта 10 т/га. Прирост энергии по сравнению с контролем увеличивался на 12,4 ГДж/га (таблица 188).

Таблица 187 – Экономическая оценка применения куриного помёта в звене севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты (дозы помёта, т/га)	Расстояние транспортировки помёта, км			
	33	23	20	13
условно чистый доход, руб./га				
контроль	12880			
5	14258	16258	16858	18258
10	10982	14982	16182	18982
15	8796	14796	16596	20796
20	418	8418	10818	16418
себестоимость 1 кг зерновых единиц, руб./кг				
контроль	6,20			
5	6,65	6,32	6,22	5,99
10	6,81	6,23	6,06	5,65
15	7,43	6,61	6,36	5,78
20	8,63	7,50	7,16	6,37
рентабельность, %				
контроль	39			
5	35	43	45	50
10	23	35	39	48
15	16	31	36	49
20	1	16	21	37

Таблица 188 – Биоэнергетическая оценка применения удобрений в звене севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень. Среднее за 3 цикла чередования культур

Вариан- ты	Про- дуктив- ность, т/га зер. ед.	Затраты техно- генной энергии, ГДж/га	Энергия, накоп- ленная в урожае, ГДж/га	Энерго- емкость продук- ции, ГДж/т	Прирост энергии в урожае, ГДж/га	Кoeffи- циент энергети- ческой эффек- тивности
контроль	5,34	34,9	73,4	6,54	38,5	2,1
индюшиный помёт, т/га						
5	6,05	40,1	90,4	6,63	50,3	2,3
10	6,93	45,3	96,2	6,54	50,9	2,1
15	7,28	50,6	100	6,95	49,4	2,0
20	7,06	55,8	96,8	7,90	41,0	1,7
азофоска, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,88	39,0	81,3	6,64	42,3	2,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,45	43,1	88,9	6,69	45,8	2,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	6,97	47,3	96,9	6,78	49,6	2,1

Заключение к главе 7

1. Применение перепревшего индюшиного помёта на подстилке из подсолнечной лузги в дозах 5-20 т/га весной под предпосевную культивацию в среднем за 2008-2010 гг. к фазе выход в трубку ярового 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, минеральных удобрений в дозах 30-90 NPK – до 37,4-51,5 кг/га. Влияние удобрений на запас аммонийного азота в почве незначительно. Снижение количества $N-NH_4$ в почве под яровым ячменём происходило до уборки, нитратного азота - до фазы колошения. К уборке количество $N-NO_3$ в почве увеличивалось. Динамика минерального азота в слое почвы 0-40 см была очень сходной с изменениями нитратного азота, как его преобладающей формы в составе $N_{мин}$.

В среднем за вегетацию подсолнечника и ярового ячменя от последствий помёта в дозе 20 т/га получена наибольшая обеспеченность почвы минеральным азотом в слое 0-40 см. Прибавки количества $N_{мин}$ по сравнению с контролем составили в первый год 16,0 кг/га или 49,5%, во второй 10,8 кг/га или 25,8%.

2. Максимальное увеличение подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см в фазу выход в трубку ячменя 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 равномерное снижение содержания подвижного фосфора.

В целом за вегетацию подсолнечника и ярового ячменя на последствиях индюшиного 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%.

3. 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 колошение ячменя содержание обменного калия в обоих слоях почвы снижалось и практически не изменялась до уборки.

В среднем за вегетацию подсолнечника в первый год последействия помёта наиболее высокое содержание обменного калия в почве было на вариантах дозами 15-20 т/га, ярового ячменя во второй год последействия - в дозе 20 т/га.

4. Максимум концентрации NPK достигнут в растениях ячменя в фазу кущение в среднем за 2008-2010 гг. от дозы помёта 15 т/га, в колошение – фосфора и калия - 15 т/га, азота – 10 т/га. В зерне наибольшее содержание фосфора и калия получено на варианте с дозой 15 т/га, азота – в дозе 20 т/га. В соломе максимум содержания азота и фосфора достигнут от действия дозы 10 т/га, калия – в дозе 15 т/га. Наибольшая концентрация NPK в растениях, а также в зерне и соломе ячменя получена от действия азофоски в максимальной дозе.

На вариантах с последействием индюшиного помёта, как в фазы бутонизация и цветение подсолнечника, так и в основной и побочной продукции максимальная концентрация фосфора получена под влиянием дозы 15 т/га, калия – 20 т/га. Содержание азота было наибольшим в фазу бутонизация и в семенах подсолнечника на последействии максимальной дозы помёта, в цветение и стеблях в уборку - 15 т/га. Максимум в содержании NPK в растениях и семенах подсолнечника получен на последействие азофоски в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$. На второй год последействия в фазы кущение и колошение ярового ячменя, а так же в зерне и соломе концентрация NPK была максимальной на вариантах с дозами 15 и 20 т/га. Эффект минеральных удобрений отсутствовал.

5. Одинаковая урожайность ярового ячменя в среднем за 2008-2010 гг. сформирована на вариантах с помётом в дозах 10 и 15 т/га. Прибавка к контролю составила 0,99-1,00 т/га или 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 в среднем за 2009-2011 гг. максимальная прибавка урожайности подсолнечника 0,47 т/га или 37,6% получена от дозы 15 т/га. Эффект от последействия минеральных удобрений в дозах 60-90 NPK меньше на 21,3%. Во второй год последействия помёта одинаковая прибавка урожайности зерна ячменя получена на вариантах с

дозами 10 и 15 т/га. В среднем за 2010-2012 гг. прибавка по сравнению с контролем составила 17,1%. Эффект максимальной дозы азофоски в 2,2 раза меньше, чем дозы помёта 10 т/га.

Наибольший сбор зерновых единиц в звене севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень получен на варианте с применением помёта в дозе 15 т/га в среднем за 3 цикла чередования культур 7,28 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 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 пометом.

6. Максимальный сбор белка в урожае ярового 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%. Сбор масла по сравнению с контролем от последствия помёта в дозе 15 т/га увеличился на 41,4%. Эффект от последствия азофоски в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ меньше в 2,1 раза. Во второй год последствия сбор белка в урожае ячменя на вариантах с дозами 10 и 15 т/га больше, чем на контроле на 26,0-27,0 кг/га или 18,6-19,3%. Эффект от оптимальной дозы азофоски $N_{90}P_{90}K_{90}$ меньше в 2,3 раза. В среднем за 3 цикла звена севооборота одинаковое увеличение в сборе белка в урожае культур получено от действия 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%.

7. Применение помёта во всех дозах обеспечило положительный баланс в звене севооборота по фосфору и калию, отрицательный по азоту – только в дозе 5 т/га. На варианте с применением помёта в дозе 5 т/га коэффициенты использования NPK составили 30-4-34%, 10 т/га - 23-5-32%.

В звене севооборота экономически целесообразное расстояние перевозок индюшиного помёта с учетом его последствия 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 обеспечило 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

Исследования проводили в 2011-2016 гг. СПК колхозе «Колос» Каменского района Ростовской области. Изучалось влияние подстилочного перепревшего куриного помёта на продуктивность звена зернопаропропашного севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник. Почва опытного участка – чернозем южный.

Схема опыта: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2-6 варианты – применение перепревшего куриного помёта в дозах 5; 7,5; 10; 15; 20 т/га; 7-8 варианты – применение минеральных удобрений в дозах $N_{80}P_{20}K_{20}$; $N_{100}P_{40}K_{40}$.

Использовали перепревший куриный помёт на подстилке из соломы производства компании «ОПТИФУД-ЦЕНТР» Каменского района Ростовской области. Химический состав представлен в таблице 189.

Таблица 189 – Химический состав перепревшего куриного помёта на подстилке из соломы

Наименование показателей	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 3 года
на абсолютно сухое вещество				
Влажность, %	33,81	40,71	37,56	37,36
Азот общий, %	4,90	3,37	4,20	4,16
Фосфор общий, P_2O_5 , %	2,90	3,60	3,15	3,22
Калий общий, K_2O , %	4,50	3,20	3,70	3,80
Органическое вещество, % С	42,54	41,95	43,45	42,65
Зола, %	14,93	16,11	15,84	15,63
Соотношение С:N	8,68	12,45	10,34	10,25
на фактическую влажность				
pH солевое	6,8	7,7	7,2	7,23
Азот общий, %	3,24	2,00	2,62	2,62
Фосфор общий, P_2O_5 , %	1,91	2,13	1,97	2,00
Калий общий, K_2O , %	2,98	1,90	2,31	2,40
Органическое вещество, %	28,16	24,87	27,13	26,72

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 аммиачной селитрой (34,6% N) в дозе N_{40} проводили по мерзлotalой почве и некорневую подкормку мочевиной (46% N) в дозе N_{30} – в фазу колошение. Повторность опыта – 4-х-кратная. Расположение делянок – рендомезированное. Площадь опытной делянки в опытах – 36 м² (6 м*6 м). Учетная площадь на озимой пшенице – 6 м², на подсолнечнике и кукурузе – 16,8 м². Под кукурузу на зерно и подсолнечник, культуры последующие после озимой пшеницы в звене севооборота, основной обработкой почвы была вспашка на глубину 25-27 см.

Объекты исследований: сорт озимой пшеницы Губернатор Дона, оригинатор - Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства (ДЗНИИСХ). Гибрид кукурузы МАС 24.А, оригинатор – компания MAISADOUR SEMENCES S.A. Гибрид подсолнечника Флоренция, оригинатор – компания Codisem.

8.2 Динамика продуктивной влаги в почве под озимой пшеницей, кукурузой и подсолнечником

Перед посевом озимой пшеницы по пару содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы было низким в 2011 и 2012 гг. 74,4 и 83,2 мм, наибольшим в 2013 г. – 113,7 мм (таблица 190). В разные годы динамика продуктивной влаги в почве имела разнонаправленный характер. К фазе весеннее кущение запасы доступной почвенной влаги увеличивались в 2014 году на 19,3 мм, в 2012 г. более существенно – в 2,2 раза по сравнению с содержанием перед посевом. В течение вегетации озимой пшеницы 2012 г. влажность почвы снижалась до уборки, в 2014 г. – до фазы колошение, а в фазу полной спелости оставалось на одном уровне. В 2012-2013 гг. содержание продуктивной влаги в почве уменьшалось от посева до уборки озимой пшеницы. Таким образом, наиболее оптимальные условия влаго-

обеспеченности почвы под озимой пшеницей сложились в 2013-2014 гг., что способствовало получению наибольшей урожайности.

Таблица 190 – Динамика продуктивной влаги в почве под озимой пшеницей, мм

Слой почвы, см	Озимая пшеница	Срок отбора образцов, дата			
		перед посевом	весеннее кушение	колошение	уборка
		5.09.11.	24.04.12.	22.05.12.	23.06.12.
0-20	2011-2012	8,0	37,7	19,7	0
0-40		19,2	40,1	7,9	2,5
0-100		74,4	165,1	50,9	10,7
	2012-2013	10.09.12.	23.04.13.	18.05.13.	23.06.12.
0-20		5,6	6,4	1,5	0
0-40		15,3	10,0	2,8	1,2
0-100		83,2	70,4	20,5	7,3
	2013-2014	7.09.13.	10.04.14.	30.05.14.	28.06.14.
0-20		25,6	26,5	6,5	10,0
0-40		28,6	27,1	8,4	6,0
0-100		113,7	133,0	37,2	38,8

Перед посевом кукурузы запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы оценивались как высокие в 2015 году – 180,3 мм, средние в 2013 г. – 135,4 и низкие в 2014 г. – 100,2 мм (таблица 191).

Таблица 191 – Динамика продуктивной влаги в почве под кукурузой на зерно, мм

Слой почвы, см	Годы	Перед посевом	7-8 листьев	Молоч.-воск. спелость	Уборка
		25.04.13.	12.06.13.	18.07.13.	5.09.13.
0-20	2013	27,5	12,0	1,5	12,6
0-40		34,2	15,3	2,7	10,5
0-100		135,4	86,2	37,8	59,5
	2014	10.05.14.	12.06.14.	20.07.14.	15.09.14.
0-20		17,1	5,5	2,5	7,8
0-40		14,3	9,7	5,4	6,6
0-100		100,2	55,5	29,3	32,5
	2015	28.04.15.	14.06.15.	25.07.15.	20.09.15.
0-20		35,5	19,5	9,2	1,1
0-40		36,3	26,2	10,0	2,6
0-100		180,3	95,7	54,3	22,2

В 2015 г. количество доступной почвенной влаги снижалось в метровом слое почвы от посева и до уборки кукурузы. В 2013 и 2014 гг. запасы влаги уменьшались до фазы молочно-восковая спелость. К уборке содержание доступной влаги в почве за счёт выпавших осадков увеличилось.

Запасы продуктивной влаги перед посевом подсолнечника, третьей культуры звена севооборота, в слое почвы 0-100 см оценивались как низкие в 2014 и 2015 гг. – 123,2 и 117,0 мм (таблица 192).

Таблица 192 – Динамика продуктивной влаги в почве под подсолнечником, мм

слой почвы, см	Годы	Перед посевом	Бутонизация	Цветение	Уборка
		25.04.14.	12.06.14.	18.07.14.	25.09.14.
0-20	2014	26,2	13,7	5,0	10,9
0-40		28,3	16,1	6,3	7,8
0-100		123,2	78,2	40,8	40,5
	2015	29.05.15.	20.06.15.	28.07.15.	15.09.15.
0-20		28,5	12,7	15,7	8,5
0-40		23,7	16,3	12,9	6,6
0-100		117,0	68,4	60,0	27,8
	2016	10.06.16.	10.07.16.	21.08.16.	15.10.16.
0-20		15,9	10,2	5,1	5,4
0-40		10,9	13,6	6,7	6,6
0-100		67,7	63,9	28,1	40,0

Из-за позднего посева подсолнечника в 2016 г. в первой декаде июня содержание доступной влаги в метровом слое почвы составило лишь 67,7 мм. В 2014 и 2016 гг. влажность почвы снижалась до фазы цветения подсолнечника. В 2016 г. к уборке её содержание увеличилось в метровом слое почвы, в 2014 г. оставалось на уровне запасов в фазу цветения. Несмотря на поздний посев подсолнечника в 2016 г. сложились хорошие условия влагообеспеченности почвы, что обусловило формирование наибольшей урожайности.

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

Перед посевом озимой пшеницы по предшественнику пар в 2011-2013 гг. в слое почвы 0-20 см количество аммонийного азота было низким и изменялось в пределах от 2,8 до 5,8 кг/га, в слое 20-40 см – от 3,4 до 4,4 кг/га (приложение 80).

Существенное увеличение в 2011 г. перед посевом в слое почвы 0-20 см количества $N-NH_4$ по сравнению с контролем получено под влиянием помёта, внесённого в паровое поле, в дозе 7,5 т/га - на 2,1 кг/га или на 75,0%, в 2012 г. в дозах 7,5-20 т/га - на 1,2-2,3 кг/га или на 52,2-100,0%. В 2013 году эффекта от действия помёта в слое почвы 0-20 см не было, как и в слое 20-40 см во все годы.

Низкая обеспеченность почвы аммонийным азотом перед посевом озимой пшеницы подтверждает, что при паровании на черноземных почвах основным процессом накопления азота является нитрификация. Аммонийная форма азота иммобилизируется в процессе метаболизма почвенной микрофлорой и окисляется в нитриты и нитраты (Завалин А.А. и др., 2012).

В фазу весеннее кущение озимой пшеницы в обоих слоях почвы во все годы на контроле запасы $N-NH_4$ существенно повысились. В 2012 г. в слое почвы 0-20 см достоверное увеличение количества аммонийного азота получено от всех доз помёта по сравнению с контролем и достигало максимума от 15 т/га – 13,9 кг/га или 75,6%, в 2013 г. только от дозы 20 т/га - 1,1 кг/га или 19,6%. В 2014 г. в слое почвы 0-20 см, как и в 20-40 см во все годы исследований изменений количества аммонийного азота не отмечено. От фазы весеннее кущение и до уборки в обоих слоях почвы на всех вариантах опыта количества $N-NH_4$ равномерно снижалось, что объясняется потреблением его растениями пшеницы и почвенной микрофлорой.

В среднем за 2011-2014 гг. на контроле перед посевом пшеницы в слое почвы 0-20 см запас аммонийного азота составил 3,6, в слое 20-40 см – 3,9 кг/га. Существенное увеличение $N-NH_4$ в слое почвы 0-20 см получено лишь от действия помёта в дозах 7,5 и 10 т/га, которое по сравнению с контролем составило 1,8 и

1,1 кг/га или 50,0 и 30,6%. В фазу весеннее кушение количество аммонийного азота увеличилось на всех вариантах опыта в обоих слоях почвы. В слое почвы 0-20 см наибольший запас $N-NH_4$ получен под действием помёта в дозах 15 и 20 т/га. Но в среднем за 2011-2014 гг. различия с контролем недостоверны. От фазы весеннее кушение до уборки происходило снижение аммонийного азота в обоих слоях почвы под озимой пшеницей.

Количество нитратного азота перед посевом озимой пшеницы на контроле в слое почвы 0-20 см было наименьшим в 2012 и 2013 гг. и составило 24,6 и 26,7 кг/га и наибольшим в 2014 г. – 75,2 кг/га. В слое 20-40 см обеспеченность изменялась от 24,6 кг/га (2012 г.) до 31,7 кг/га (2011 г.), (приложение 81). От посева и до уборки озимой пшеницы на контрольном варианте во все годы количества нитратного азота в обоих слоях почвы уменьшалось. Влияние куриного помёта на количество $N-NO_3$ в обоих слоях почвы более существенно, чем на запас аммонийного азота. Но закономерности в его действии в зависимости от дозы не было. В 2012 и 2013 гг. в слое почвы 0-20 см максимум количества $N-NO_3$ получен от дозы 15 т/га, в 2011 г. – от 7,5 т/га, в слое почвы 20-40 см в 2011 и 2012 гг. от дозы 10 т/га, в 2013 г. – от 20 т/га.

Существенные различия в динамике нитратного азота в почве получены в годы исследований под влиянием разных доз помёта. В 2011-2012 гг. на вариантах с помётом от посева до уборки происходило снижение его количества в почве, за исключением действия доз 15 и 20 т/га, на которых в фазу весеннее кушение произошло увеличение $N-NO_3$, но только в слое 0-20 см.

В 2012-2013 гг. от посева и до фазы весеннее кушение количество нитратного азота в почве снижалось, но к фазе колошения при применении помёта в дозах 7,5-20 т/га его запас в обоих слоях повысился или оставался на одном уровне. К уборке происходило снижение запаса $N-NO_3$ на всех вариантах с помётом. В 2013-2014 гг. уменьшение содержания $N-NO_3$ в слое 0-20 и 20-40 см происходило от посева и до уборки. Поэтому более объективную оценку динамики нитратного азота в почве под действием помёта дают усреднение данных за три года.

В среднем за 2011-2014 гг. в слое почвы 0-20 см на контроле содержание нитратного азота составило 42,2 кг/га, в слое 20-40 см – 25,4 кг/га. Наибольшим содержание нитратного азота перед посевом пшеницы под действием помёта было в дозе 10 т/га. Но различия незначительны по сравнению с контролем. К фазе весеннее кушение количество $N-NO_3$ повысилось в обоих слоях почвы, но только на вариантах с наибольшими дозами помёта 15 и 20 т/га. В дальнейшем вплоть до уборки происходило снижение нитратного азота в почве на всех вариантах опыта.

В слое почвы 0-40 см в среднем за 2011-2014 гг. на контроле количество $N-NH_4$ перед посевом озимой пшеницы составило 7,6 кг/га, $N-NO_3$ существенно больше – 67,6 кг/га (таблица 193). Максимальное увеличение аммонийного азота в почве по сравнению с контролем получено от доз помёта 7,5-20 т/га - 1,8-2,0 кг/га или 23,7-27,6%.

Таблица 193 – Запасы аммонийного и нитратного азота в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей при внесении куриного помёта, кг/га. Среднее за 2011-2014 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора								Среднее за вегетацию	
	перед посе- вом		весеннее кушение		колошение		уборка			
	N- NH ₄	N- NO ₃	N- NH ₄	N- NO ₃	N- NH ₄	N- NO ₃	N- NH ₄	N- NO ₃	N- NH ₄	N- NO ₃
контроль	7,6	67,6	24,3	53,4	10,1	26,7	5,9	14,9	12,0	40,6
5	8,0	75,6	31,2	54,4	10,9	33,9	6,1	17,2	14,0	45,3
7,5	9,6	101,1	30,5	73,9	11,3	46,2	7,3	24,4	14,7	61,4
10	9,4	112,7	31,4	87,9	12,4	47,4	6,8	34,0	15,0	70,5
15	9,4	88,8	33,9	98,5	11,6	56,6	8,0	32,7	15,7	69,2
20	9,7	86,7	33,0	99,9	12,3	55,6	8,9	28,6	16,0	67,7
НСР ₀₅	1,5	21,1	F _ф < F _{теор}	22,0	F _ф < F _{теор}	14,1	1,3	12,7	2,3	10,9

Максимальное количество $N-NO_3$ в почве по сравнению с контролем получено от действия помёта в дозе 10 т/га - 45,1 кг/га или 66,7%. От посева до фазы весеннее кушение запас аммонийного азота в слое почвы 0-40 см увеличивался на всех вариантах опыта в 3,2-3,9 раза, нитратного азота - снизился на контроле и вариантами с помётом в дозах 5-10 т/га на 14,2-27,2 кг/га, в дозах 15 и 20 т/га – увеличился на 9,7-13,2 кг/га. От фазы весеннее кушение и до уборки в почве под озимой пшеницей количество аммонийного и нитратного азота снижалось на всех

вариантах. В среднем за вегетацию наибольшая обеспеченность аммонийным и нитратным азотом получена на вариантах с дозами помёта 15-20 т/га.

Перед посевом озимой пшеницы количество минерального азота в почве на контроле изменялась в очень больших пределах. В 2012 и 2013 гг. его количество в слое почвы 0-40 составляло 52,3 и 59,5 кг/га, в 2011 г. существенно больше – 113,6 кг/га (приложение 82). На контроле в 2011-2012 гг. от посева до фазы весеннее кушение запас $N_{\text{мин}}$ увеличился, но в течение вегетации и до уборки его количество в почве уменьшалось. В 2012-2013 гг. и 2013-2014 гг. снижение уровня минерального азота в почве проходило от посева и до фазы полной спелости.

В 2011-2012 гг. и 2012-2013 гг. динамика запаса минерального азота на вариантах с применением помёта была сходной с изменениями на контрольном варианте. В 2013-2014 гг. к фазе весеннее кушение в слое почвы 0-40 см произошло увеличение количества $N_{\text{мин}}$, но только на варианте с дозой помёта 15 т/га при общей тенденции его снижения на других вариантах опыта. В последующие сроки отбора динамика минерального азота в почве была сходной.

В среднем за 2012-2014 гг. на контроле запас $N_{\text{мин}}$ перед посевом пшеницы в слое почвы 0-40 см составил 75,1 кг/га (таблица 194).

Таблица 194 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей при внесении куриного помёта, кг/га. Среднее за 2011-2014 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	весеннее кушение	колоше- ние	уборка	
контроль	75,1	77,6	36,8	20,8	52,6
5	83,6	85,6	44,8	23,3	59,3
7,5	110,7	104,4	57,5	31,7	76,1
10	122,1	119,3	59,8	40,8	85,5
15	98,2	132,4	68,3	40,6	84,9
20	96,4	132,8	67,8	37,5	83,7
НСР ₀₅	10,1-21,1	23,4	13,9	12,6	11,3

Максимальное увеличение $N_{\text{мин}}$ по сравнению с контролем получено от дозы помёта 10 т/га – 47,0 кг/га или 62,6%. В фазу весеннее кушение наибольшее количество минерального азота было на вариантах с дозами помёта 15 и 20 т/га.

Прибавка к контролю составила 71,1%. От фазы весеннего кушения и до уборки в почве на всех вариантах опыта происходило равномерное снижение количества минерального азота (Филин В.И., Оконов М.М., 2004). В целом за вегетацию озимой пшеницы наибольшая обеспеченность почвы $N_{\text{мин}}$ в слое 0-40 см была на вариантах с дозами 10-20 т/га.

В фазу весеннее кушение на вариантах с применением азофоски в дозах 20 и 40 кг/га NPK под предпосевную культивацию и азотной подкормкой в дозе N_{40} по мерзлоталой почве количество минерального азота в слое почвы 0-40 см было больше, чем на контроле на 12,2-16,8 кг/га или 15,7-21,6%. В течение вегетации пшеницы динамика $N_{\text{мин}}$ в почве была сходной с изменениями на контрольном варианте.

Суммарный запас аммонийного и нитратного азота на контроле перед посевом кукурузы в слое почвы 0-40 см составил 70,1 кг/га (таблица 195). Максимальное количество минерального азота в слое 0-40 см получено от последствий помёта в дозе 15 т/га. Прибавка к контролю составила 27,1 кг/га или 38,7%.

Таблица 195 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под кукурузой при внесении куриного помёта, кг/га. Среднее за 2013-2015 гг. Первый год последействия

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	7-8 листьев	молочно- восковая спелость	уборка	
контроль	70,1	42,9	25,3	24,4	40,7
5	73,9	45,5	27,8	26,6	43,5
7,5	81,2	49,8	33,4	31,4	49,0
10	90,8	55,5	37,0	36,6	55,0
15	97,2	62,3	41,7	43,4	61,2
20	80,8	65,2	46,1	45,5	59,4
НСР ₀₅	17,5	8,7	5,1	9,9	9,4

От посева и до уборки кукурузы содержание $N_{\text{мин}}$ в почве снижалось на всех вариантах опыта, за исключением дозы 15 т/га, где отмечено его увеличение от фазы молочно-восковая спелость и до уборки. Это объясняется продолжающимися процессами минерализации органического вещества помёта в почве. В среднем

за вегетацию кукурузы наибольшая обеспеченность почвы минеральным азотом получена от последствий помета в дозе 15 т/га. Прибавка к контролю составила 20,5 кг/га или 50,4%.

Перед посевом подсолнечника в 2014-2016 гг. в слое почвы 0-40 см содержание минерального азота составило 50,1 кг/га (таблица 196). Наибольшим количеством $N_{\text{мин}}$ перед посевом было на варианте с последствием куриного помета в дозе 20 т/га. От посева и до уборки в почве происходило снижение содержания минерального азота в почве. Преимущество максимальной дозы помёта в обеспечении почвы $N_{\text{мин}}$ сохранилось и в среднем за вегетацию подсолнечника. Увеличение по сравнению с контролем составило 16,5 кг/га или 56,3%.

Таблица 196 – Запасы минерального азота в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении куриного помёта, кг/га. Среднее за 2014-2016 гг. Второй год последствий

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	бутонизация	цветение	уборка	
контроль	50,1	35,1	17,4	14,7	29,3
5	51,2	38,0	20,3	16,9	31,6
7,5	55,3	39,6	23,5	20,3	34,7
10	64,4	44,9	25,1	22,2	39,2
15	71,0	51,2	29,3	23,2	43,7
20	72,6	51,3	33,0	26,2	45,8
HCP_{05}	10,7	9,2	8,3	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	8,2

Черноземы Ростовской области характеризуются низким и очень низким содержанием подвижного фосфора на 70% площади пашни (Шапошникова И.М., 1976). Под подвижными соединениями фосфора подразумеваются как почвенные фосфаты, которые непосредственно могут быть усвоены растениями, так и формы P_2O_5 , которые сравнительно быстро могут переходить в почвенный раствор (Борисов В.А. и др., 2014).

Перед посевом озимой пшеницы обеспеченность почвы подвижным фосфором на контрольном варианте в слое 0-20 см была одинаковой в 2011 и 2013 гг. 14,7 и 14,3 мг/кг, в 2012 г. – 10,3 мг/кг, то есть во все годы соответствовала низкой обеспеченности. В слое почвы 20-40 см содержание P_2O_5 изменялось от 12,6 (2011

г.) до 8,1 мг/кг (2012 г.) и соответствовало низкой и очень низкой обеспеченности (приложение 83).

Применение куриного помёта в дозе 5 т/га не оказало существенного влияния на содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см во все годы, в дозе 7,5 т/га – лишь 2012 году. Максимальное содержание P_2O_5 в 2011 г. в верхнем слое почвы получено от дозы 20 т/га, в 2012 и 2013 гг. – от 15 т/га. В слое почвы 20-40 см во все годы существенного влияния помёта на содержание подвижного фосфора в почве не было. От посева и до уборки озимой пшеницы в обоих слоях почвы происходило снижение количества подвижного фосфора.

В среднем за 2011-2013 гг. на контроле содержание P_2O_5 составило в слое 0-20 см 13,1, в слое 20-40 см – 10,4 мг/кг почвы (таблица 197).

Таблица 197 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-20 и 20-40 см при внесении куриного помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2014 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора								Среднее за вегетацию	
	перед по- севом		весеннее кущение		колошение		уборка			
	СЛОЙ ПОЧВЫ, СМ									
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
контроль	13,1	10,4	12,3	9,7	7,4	5,1	7,2	3,7	10,0	7,2
5	13,7	10,3	13,1	10,0	8,4	5,4	6,9	3,9	10,5	7,4
7,5	14,5	11,0	13,3	10,3	9,2	6,5	7,6	4,9	11,2	8,2
10	15,6	10,9	15,0	9,7	9,3	6,6	7,9	5,5	12,0	8,2
15	16,4	10,6	15,6	9,2	9,9	6,9	8,6	6,7	12,6	8,4
20	16,1	11,1	15,5	9,7	10,8	7,1	8,7	6,9	12,8	8,7
НСР ₀₅	1,0	F _φ F _{теор}	1,6	F _φ F _{теор}	1,1	0,9	F _φ F _{теор}	1,6	1,0	0,5

Максимальное увеличение количества подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см получено от дозы 15 т/га. Прибавка к контролю составила 3,3 мг/кг или 25,2%. В слое почвы 20-40 см влияния помёта на содержание P_2O_5 не было. От посева пшеницы и до её уборки в обоих слоях почвы проходило существенное снижение в содержании подвижного фосфора.

В слое почвы 0-40 см на контроле перед посевом пшеницы в среднем за 2011-2014 гг. количество подвижного фосфора составило 11,8 мг/кг (таблица 198). Наибольшая и практически одинаковая обеспеченность почвы подвижным фос-

фором получена под действием помёта в дозах 15 и 20 т/га. Увеличение по сравнению с контролем в слое почвы 0-40 см составило 3,0-3,3 мг/кг почвы.

Таблица 198 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под пшеницей при внесении куриного помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2014 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	весеннее кущение	колоше- ние	уборка	
контроль	11,8	11,0	6,3	5,5	8,6
5	12,0	11,6	7,0	5,5	9,0
7,5	12,8	11,9	7,9	6,3	9,7
10	13,3	12,3	8,0	6,7	10,1
15	13,5	12,4	8,4	7,7	10,5
20	13,6	12,6	9,0	7,8	10,8
НСР ₀₅	0,9	0,7	0,8	1,2	0,6

От посева и до уборки, как на контроле, так и на вариантах с помётом в почве происходило равномерное уменьшение количества P_2O_5 . В среднем за вегетацию культуры в слое 0-40 см максимальная обеспеченность почвы была на вариантах с наибольшими дозами помёта. Применение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на изменение уровня подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей.

Перед посевом кукурузы по предшественнику озимая пшеница в 2013-2015 гг. на контроле содержание подвижного фосфора в слое 0-40 см составило 12,2 мг/кг почвы, и соответствовала низкой обеспеченности (таблица 199).

Таблица 199 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под кукурузой при внесении куриного помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2013-2015 гг. Первый год последствий

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	7-8 ли- стьев	молочно- восковая спелость	уборка	
контроль	12,2	9,9	5,6	6,1	8,5
5	12,5	10,3	6,1	6,8	8,9
7,5	12,9	11,2	6,7	7,4	9,6
10	13,3	11,9	7,2	7,9	10,1
15	13,8	12,2	7,7	7,6	10,3
20	13,8	12,3	7,6	8,0	10,4
НСР ₀₅	0,7	0,8	0,7	$F_{\phi} < F_{теор}$	0,6

На последствии помёта дозах 15 и 20 т/га получено наибольшее увеличение P_2O_5 , которое по сравнению с контролем составило 1,6 мг/кг или 13,1%. От посева и до фазы молочно-восковая спелость кукурузы в почве происходило уменьшение количества подвижного фосфора на всех вариантах опыта. К уборке его содержание несколько повысилось или оставалось на прежнем уровне. В среднем за вегетацию кукурузы наибольшая обеспеченность почвы получена от последствия помёта в дозах 10-20 т/га 10,1-10,4 мг/кг почвы, что больше, чем на контроле на 1,6-1,9 мг/кг или 18,8-22,4%.

Содержание подвижного фосфора в 2014-2016 гг. перед посевом подсолнечника, третьей культуры звена севооборота, на контроле в слое почвы 0-40 см составило 10,5 мг/кг почвы (таблица 200).

Таблица 200 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении куриного помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2014-2016 гг. Второй год последствия

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	бутонизация	цветение	уборка	
контроль	10,5	8,8	6,7	6,5	8,1
5	10,9	9,1	6,7	7,0	8,4
7,5	11,3	9,9	7,0	7,1	8,8
10	12,3	10,8	7,7	7,6	9,6
15	13,1	11,7	7,8	8,1	10,2
20	13,4	12,0	7,7	8,3	10,3
HCP_{05}	1,0	1,3	0,4	0,9	0,8

Максимальное содержание P_2O_5 во второй год последствия куриного помёта получено от доз 15 и 20 т/га. Прибавка к контролю составила 2,6-2,9 мг/кг или 24,7-27,6%. Как на контроле, так и на всех вариантах с помётом от посева и до фазы цветения подсолнечника в почве происходило снижение количества P_2O_5 . До уборки содержание подвижного фосфора в почве несколько повысилось или оставалось на прежнем уровне. В среднем за вегетацию подсолнечника наибольшая обеспеченность почвы получена от последствия помёта в дозах 15 и 20 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 2,1-2,2 мг/кг почвы или 25,9-27,2%.

Перед посевом озимой пшеницы по предшественнику пар наибольшим содержанием обменного калия в слое почвы 0-20 см было в 2011 г. 459 мг/кг, в 2013 г. 396 и наименьшим в 2012 г. – 349 мг/кг, то есть соответствовала высокой и повышенной обеспеченности (приложение 84). В слое почвы 20-40 см обеспеченность почвы K_2O была почти на 100 мг/кг меньше, и изменялось от 322 мг/кг (2013 г.) до 215 мг/кг (2012 г.) и соответствовала высокой и средней.

В течение вегетации пшеницы содержание обменного калия на контроле снижалось по всему профилю почвы. К фазе весеннее кушение в слое 0-20 см оно уменьшилось в среднем на 15, а в слое 20-40 см – на 13 мг/кг почвы. Наибольшее падение калийного уровня почвы происходило во все годы в период от фазы кушение до колошение – на 44 и 42 мг/кг в обоих слоях почвы. Это продолжалось и в дальнейшем, но в меньшей степени.

Применение куриного помета в 2011 г. оказало существенное влияние на увеличение содержания обменного калия во всех дозах, в 2012 и 2013 гг. – только в дозах 10-20 т/га. В слое почвы 20-40 см отмечена лишь тенденция в увеличении K_2O , но эти различия математически недостоверны. В течение вегетации озимой пшеницы изменения обеспеченности почвы обменным калием на вариантах с пометом были сходными с динамикой на контроле в эти годы.

В среднем за 2011-2014 гг. на контроле в слое почвы 0-20 см содержание обменного калия составило 401 мг/кг, в слое 20-40 см – 280 мг/кг (таблица 201).

Таблица 201 – Динамика обменного калия в слое почвы 0-20 и 20-40 см под озимой пшеницей при внесении помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2014 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора								Среднее за вегетацию	
	перед по- севом		весеннее кущение		колошение		уборка			
	слой почвы, см									
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
контроль	401	280	386	267	342	225	319	216	362	247
5	423	285	388	278	358	239	336	228	376	258
7,5	441	294	422	279	367	250	341	245	393	267
10	478	305	458	303	393	261	385	256	428	281
15	493	304	477	293	426	249	403	241	450	272
20	529	315	502	304	458	264	409	247	475	282
НСР ₀₅	50	F _φ < F _τ	53	F _φ < F _τ	57	F _φ < F _τ	42	F _φ < F _τ	47	23

Достоверное увеличение в содержании обменного калия в слое почвы 0-20 см получено под действием помёта в дозах 10-20 т/га и достигало максимума от наибольшей дозы. Прибавка к контролю составила 77-128 мг/кг или 19,2-31,9%. Динамика содержания обменного калия в почве в течение вегетации озимой пшеницы под влиянием помёта сходна с изменениями на контроле. В слое почвы 0-20 см относительное преимущество помёта сохранялось вплоть до уборки, а в слое 20-40 см несколько увеличилось. В последнем случае эти изменения не всегда существенны, но в целом за вегетацию достоверны. Учитывая, что помёт в пару вносили до 10-12 см, имела место миграция калия на глубину более 20 см (Прокосhev В.В., Богдевич И.М., 1994; Минеев В.Г., 1999).

В слое почвы 0-40 см содержание обменного калия на контроле составило 341 мг/кг почвы и соответствовало повышенной обеспеченности (таблица 202). Максимальное содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см перед посевом пшеницы получено под действием помёта в дозе 20 т/га. Прибавка к контролю составила 81 мг/кг или 23,8%.

Таблица 202 – Динамика обменного калия в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей под влияние куриного помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2011-2014 гг.

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	весеннее кущение	колоше- ние	уборка	
контроль	341	327	284	268	305
5	354	345	299	282	320
7,5	367	350	309	293	330
10	391	381	327	321	355
15	399	385	324	322	357
20	422	403	361	329	379
НСР ₀₅	31	32	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	29	33

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 в этом слое почвы получена под действием максимальной дозы помёта. В период от уборки озимой пшеницы до посева последующей культуры кукурузы калийный уровень почвы существенно повысился. Последствие помёта

в слое 0-20 см незначительно ослабело, а в слое 20-40 см усилилось как в абсолютном, так и в относительном выражении. В обоих случаях оно нарастало с повышением дозы помёта. Можно предположить, что калийное равновесие в почве в осенне-зимний и частично весенний периоды изменились в направлении перехода ионов калия из межпакетных пространств вторичных почвенных минералов в обменное состояние на поверхность коллоидов.

Применение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на изменения уровня содержания обменного калия в почве под озимой пшеницей.

Содержание обменного калия перед посевом кукурузы в слое почвы 0-40 см на контрольном варианте составило 323 мг/кг почвы (таблица 203). В первый год последействия помёта содержание обменного калия равномерно возрастало с повышением дозы и достигало максимума от наибольшей дозы.

Таблица 203 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см под кукурузой при внесении куриного помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2013-2015 гг. Первый год последействия

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	7-8 листьев	молочно- восковая спелость	уборка	
контроль	323	301	250	232	277
5	342	317	270	239	292
7,5	357	332	287	257	308
10	371	348	301	267	322
15	388	358	311	269	332
20	399	363	321	271	339
НСР ₀₅	33	39	28	22	28

Наиболее резкое снижение содержания обменного калия в почве произошло с фазы 7-8 листьев до фазы молочно-восковая спелость зерна. Уменьшение запасов обменного калия в почве продолжалось вплоть до созревания зерна по всему 40-сантиметровому профилю почвы, особенно на вариантах с помётом. Но различия в зависимости от дозы сохранились. В целом изменения в динамике содержания обменного калия в почве под кукурузой больше, чем на озимой пшенице.

Содержание обменного калия перед посевом подсолнечника, третьей культуры звена севооборота, на контроле в слое почвы 0-40 см составило 313 мг/кг (таблица 204). Наибольшим содержание K_2O было на варианте с последствием помёта в дозе 20 т/га. Увеличение по сравнению с контролем составило 25,6%.

Таблица 204 – Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении куриного помёта, мг/кг почвы. Среднее за 2014-2016 гг. Второй год последствия

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	бутонизация	цветение	уборка	
контроль	313	288	250	243	274
5	321	296	255	243	279
7,5	337	308	264	278	297
10	347	320	278	260	301
15	375	354	292	266	322
20	393	365	315	289	340
НСР ₀₅	34	29	36	$F_{\phi} < F_{теор}$	28

От посева и до уборки подсолнечника в слое почвы 0-40 см содержание обменного калия равномерно снижалось. В среднем за вегетацию подсолнечника сохранилось преимущество помёта с наибольшей дозой. Прибавка по сравнению с контролем составила 66 мг/кг почвы или 24,1%.

Анализ динамики обменного калия в слое 0-40 см показывает, что без внесения удобрений калийный уровень почвы в звене севооборота к посеву культур снижался от 422 до 399-393 мг/кг почвы (рисунок 25).

В среднем за вегетацию озимой пшеницы он составлял 305 и уменьшался до 277 и 274 мг/кг почвы на последующих культурах кукурузе и подсолнечнике. Под действием и последствием помёта в дозе 10 т/га снижение более сильное: 355-322-301 мг/кг почвы, а при внесении 20 т/га – меньше, 379-339-340 мг/кг почвы.

В целом за вегетацию озимой пшеницы и кукурузы на зерно прослеживается более существенное повышение количества обменного калия в почве при внесении 10 т/га по сравнению с контролем, чем при повышении дозы с 10 до 20 т/га. На третий год снижается роль средней дозы и нарастает значение повышенной.

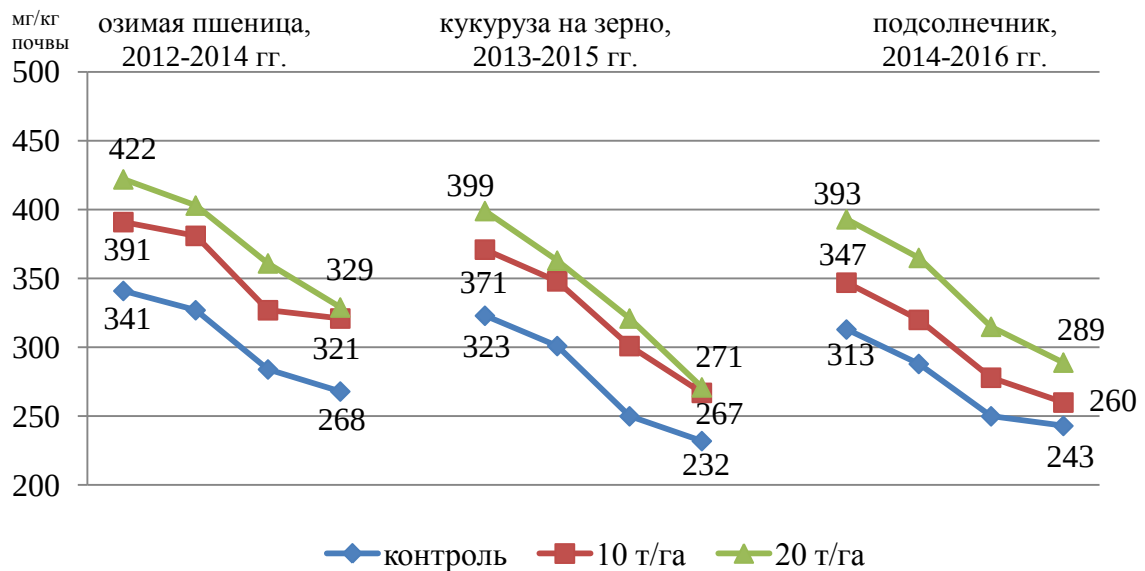


Рисунок 25. Динамика обменного калия в слое почвы 0-40 см, мг/кг почвы

По-видимому, в первых двух случаях увеличение дозы помёта до 20 т/га способствовало большему сдвигу калийного равновесия в почве в сторону необменной фиксации калия, чем при 10 т/га, а в последний год этот процесс усиливался в обратном направлении, и проявилось сильнее на фоне больших запасов обменного калия, сохранившимся под влиянием 20 т/га помёта.

8.4 Влияние условий минерального питания на биометрические показатели и динамику поступления NPK в растения

В среднем за 2012-2014 гг. в фазу колошение озимой пшеницы на контрольном варианте высота 1 растения по предшественнику пар составила 50,3 см, а масса - 2 г (приложение 85). Максимальное увеличение высоты и массы растений получено на варианте с дозой помёта 10 т/га, которое составило по сравнению с контролем 3,8 см и 0,5 г. С повышением дозы помёта отмечено уменьшение биометрических показателей растений пшеницы вследствие их угнетения. По мнению В.П. Лысенко (2011), основная часть азота в помёте находится в виде мочевой кислоты, которая при внесении высоких доз помёта подавляет рост растений. Постепенно она превращается в мочевину, затем в углекислый аммоний, легко

нитрифицирующийся в почве. Также помёт токсичен для растений из-за водорастворимых метаболитов (продуктов жизнедеятельности птицы).

Достоверное влияние минеральных удобрений на биометрические показатели растений получено на варианте с их применением в максимальной дозе.

В среднем за 2012-2014 гг. максимальная концентрация NPK в растениях озимой пшеницы в фазу весеннее кущение и колошение получено на варианте с дозой помёта 10 т/га (таблица 205).

Таблица 205 – Содержание NPK в растениях озимой пшеницы под влиянием удобрений, % на сухое вещество. Среднее за 2012-2014 гг.

Варианты	Весеннее кущение			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	3,36	0,21	3,34	1,87	0,18	2,20
куриный помёт весной в паровое поле, т/га						
5	3,43	0,23	3,41	2,02	0,19	2,34
7,5	3,50	0,25	3,48	2,05	0,21	2,42
10	3,58	0,28	3,58	2,07	0,23	2,60
15	3,55	0,26	3,55	2,01	0,22	2,52
20	3,49	0,25	3,48	1,97	0,21	2,43
азофоска под предпосевную культивацию и N ₆₀ – азотная подкормка, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	3,38	0,22	3,36	1,90	0,19	2,27
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	3,41	0,23	3,39	1,93	0,20	2,33
HCP ₀₅	0,05	0,02	0,06	0,13	0,02	0,18
полная спелость						
	зерно			солома		
контроль	1,99	0,38	0,55	0,28	0,16	1,79
куриный помёт весной в паровое поле, т/га						
5	2,14	0,40	0,60	0,30	0,17	1,86
7,5	2,18	0,42	0,63	0,32	0,18	1,93
10	2,21	0,44	0,64	0,34	0,19	1,94
15	2,21	0,43	0,64	0,35	0,19	1,95
20	2,17	0,42	0,62	0,32	0,18	1,92
азофоска под предпосевную культивацию и N ₆₀ – азотная подкормка, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	2,13	0,39	0,58	0,32	0,17	1,82
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	2,16	0,40	0,59	0,34	0,18	1,85
HCP ₀₅	0,08	0,03	0,05	F _ф < F _{теор}	0,01	0,06

Наибольшее количество элементов питания в зерне пшеницы достигнуто под действием помёта в дозе 10 т/га. По содержанию в соломе максимум влияния получен от дозы 15 т/га. Эффект от действия минеральных удобрений был суще-

ственно меньше. Таким образом, применение помёта в максимальной дозе оказывало угнетающее воздействие не только на биометрические показатели растений пшеницы, но и на потребление ими элементов питания.

В среднем за 2013-2015 гг. в фазу 7-8 листьев и молочно-восковая спелость растений кукурузы в первый год последствий куриного помёта максимальная высота и масса сформирована на варианте с дозой 20 т/га (приложение 86). Эта закономерность сохранилась и во второй год последствий помёта на подсолнечнике. Эффекта от последствий минеральных удобрений не было. В среднем за 2013-2015 гг. в фазу 7-8 листьев наибольшее содержание NPK в растениях кукурузы получено на варианте с дозой 20 т/га (таблица 206).

Таблица 206 – Содержание NPK в растениях кукурузы под влиянием удобрений, % на сухое вещество. Первый год последствий. Среднее за 2013-2015 гг.

Варианты	7-8 листьев			Молочно-восковая спелость		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	2,66	0,27	3,01	1,45	0,21	2,48
последствие куриного помёта, т/га						
5	2,66	0,28	3,02	1,45	0,21	2,50
7,5	2,70	0,28	3,06	1,49	0,22	2,54
10	2,76	0,30	3,13	1,53	0,23	2,57
15	2,80	0,31	3,17	1,52	0,24	2,59
20	2,82	0,31	3,18	1,50	0,24	2,60
последствие азофоски, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	2,67	0,28	3,01	1,45	0,21	2,48
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	2,67	0,28	3,02	1,45	0,21	2,47
HCP ₀₅	0,05	0,03	0,04	0,05	0,02	0,05
полная спелость						
	зерно			вегетативная масса		
контроль	1,64	0,28	0,46	0,81	0,21	1,80
последствие куриного помёта, т/га						
5	1,68	0,29	0,46	0,81	0,22	1,81
7,5	1,73	0,30	0,50	0,84	0,23	1,84
10	1,81	0,31	0,54	0,87	0,25	1,88
15	1,84	0,31	0,57	0,87	0,27	1,91
20	1,84	0,30	0,57	0,88	0,27	1,90
последствие азофоски, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	1,64	0,28	0,46	0,81	0,22	1,81
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	1,64	0,28	0,46	0,81	0,22	1,82
HCP ₀₅	0,15	0,02	0,03	0,04	0,02	0,07

В фазу молочно-восковая спелость закономерности во влиянии дозы помёта на содержание элементов питания в растениях кукурузы не было. Максимум содержания калия получен от дозы 20, фосфора – 15 и азота – 10 т/га. Наибольшее содержание NPK в зерне и вегетативной массе в фазу полная спелость кукурузы получено на варианте с последствием помёта в дозе 15 т/га. Влияние последствия минеральных удобрений на содержание элементов питания в растениях отсутствовало.

В фазу бутанизация и цветение подсолнечника максимальная концентрация фосфора и калия получена от последствия куриного помёта в дозе 15 т/га, азота – 20 т/га (таблица 207).

Таблица 207 – Содержание NPK в растениях подсолнечника под влиянием удобрений, % на сухое вещество. Второй год последствия. Среднее за 2014-2016 гг.

Варианты	Бутонизация			Цветение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	2,97	0,28	3,45	2,27	0,21	2,78
последствие куриного помёта, т/га						
5	2,97	0,28	3,51	2,28	0,21	2,79
7,5	2,99	0,29	3,53	2,31	0,21	2,82
10	3,03	0,30	3,58	2,37	0,23	2,85
15	3,08	0,31	3,61	2,39	0,24	2,87
20	3,11	0,30	3,59	2,40	0,24	2,87
последствие азофоски, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	2,97	0,29	3,45	2,27	0,21	2,78
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	2,97	0,29	3,45	2,28	0,21	2,79
HCP ₀₅	0,04	0,02	0,07	0,04	0,01	0,03
полная спелость						
	семена			стебли + корзинки		
контроль	2,69	0,27	1,43	1,32	0,17	2,29
последствие куриного помёта, т/га						
5	2,69	0,27	1,45	1,32	0,17	2,30
7,5	2,72	0,28	1,47	1,35	0,19	2,35
10	2,75	0,29	1,49	1,38	0,20	2,39
15	2,79	0,30	1,52	1,41	0,19	2,44
20	2,82	0,30	1,49	1,43	0,18	2,46
последствие азофоски, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	2,69	0,27	1,43	1,32	0,17	2,30
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	2,69	0,27	1,43	1,32	0,17	2,31
HCP ₀₅	0,03	0,02	0,03	0,05	0,02	0,04

В семенах подсолнечника сохранились те же закономерности во влиянии последствий помёта на содержание элементов питания, что и в фазу бутонизация и цветение. Наибольшее содержание азота и калия в вегетативной массе подсолнечника достигнуто на последствии помёта в дозе 20 т/га, фосфора – в дозе 10 т/га. Эффекта от последствий минеральных удобрений не было.

8.5 Урожайность и её качество, продуктивность звена севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник

Урожайность зерна озимой пшеницы в разные годы существенно различалась. Наименьшая продуктивность сформирована в 2013 г. 2,10 т/га, в 2012 г. – 2,98 т/га и наибольшая в 2014 г. – 4,72 т/га. В среднем за 2012-2014 гг. она составила на контроле 3,27 т/га (таблица 208).

Таблица 208 – Урожайность зерна озимой пшеницы по пару, т/га

Варианты	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее за 2012-2014 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%
контроль	2,98	2,10	4,72	3,27	-	-
куриный помёт весной в паровое поле, т/га						
5	3,38	2,49	5,13	3,67	0,40	12,1
7,5	3,84	2,58	5,18	3,87	0,60	18,2
10	4,10	2,64	5,46	4,07	0,80	24,4
15	3,85	2,55	5,59	4,00	0,73	22,2
20	3,35	2,54	5,29	3,73	0,46	14,0
азофоска под предпосевную культивацию и N ₆₀ – азотная подкормка, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	3,63	2,38	5,22	3,74	0,47	14,5
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	3,56	2,65	5,31	3,84	0,57	17,4
НСР ₀₅	0,19	0,23	0,23	0,25		

В 2012 г. наибольшая прибавка урожайности по сравнению с контролем получена от действия куриного помёта в дозе 10 т/га, которая составила 1,12 т/га или 37,6%. В 2013 г. существенное увеличение урожайности от помета в дозах 5-20 т/га составило 0,39-0,54 т/га или 18,6-25,7%. Но различия от действия доз помета математически недостоверны. Максимум достигнут от применения дозы 10

т/га. В 2014 г. оптимальная доза помёта – 10 т/га. Прибавка к контролю составила 0,74 т/га или 15,7%. Увеличение дозы помёта до 15 т/га вызывало лишь тенденцию повышения урожайности – на 0,13 т/га и математически недостоверна. В среднем за 2012-2014 гг. максимальная прибавка урожайности сформирована на варианте с дозой помёта 10 т/га – 0,80 т/га или 24,4%.

Прибавка урожайности от действия азофоски в сочетании с азотными подкормками в среднем за 2012-2014 гг. составила 0,47-0,57 т/га и незначительно различалось от дозы удобрения.

Наименьшая урожайность соломы озимой пшеницы по пару на контрольном варианте получена в 2012 г. 3,04 т/га и максимальная в 2014 г. – 7,35 т/га. В среднем за 2012-2014 гг. она составила 4,63 т/га (приложение 87). Максимальная прибавка урожайности соломы озимой пшеницы получена от действия помёта в дозе 10 т/га. Прибавка к контролю составила 1,79 т/га или 38,6%. Увеличение соломы на варианте с наибольшей дозой минеральных удобрений в 2,4 раза меньше, чем от оптимальной дозы помёта 10 т/га.

Применение куриного помёта положительно отразилось на улучшении элементов структуры урожайности. Количество продуктивных стеблей на контрольном варианте в среднем за 2012-2014 гг. составило 316 шт./ м², масса зерна с 1 колоса - 1,02 г (приложение 88). От применения оптимальной дозы помёта 10 т/га увеличение количества продуктивных стеблей по сравнению с контролем составило 41 шт./м², массы зерна с колоса – 0,11 г.

Урожайность кукурузы на зерно, второй культуры звена севооборота, на контроле была наименьшей в 2014 г. – 3,11 т/га, в 2015 г. – 3,47 т/га и наибольшая в 2013 г. – 5,08 т/га и в среднем за 2013-2015 гг. составила 3,89 т/га (таблица 209). Во все годы оптимальная доза от последствий куриного помёта - 10 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила в 2013 г. 0,66 т/га или 13,0%, в 2014 г. – 0,54 т/га или 17,4%, а в 2015 г. - 0,82 или 23,6%. Увеличение в 2013 и 2015 гг. дозы до 15 и 20 т/га способствовало повышению урожайности, но эти прибавки меньше НСР опыта. В 2014 г. от увеличения дозы более 10 т/га происходило снижение урожайности.

Таблица 209 – Урожайность зерна кукурузы, т/га. Первый год последствий

Варианты	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее за 2013-2015 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%
контроль	5,08	3,11	3,47	3,89	-	-
последствие куриного помёта, т/га						
5	5,29	3,29	3,52	4,03	0,14	3,7
7,5	5,37	3,47	3,80	4,21	0,32	8,3
10	5,74	3,65	4,29	4,56	0,67	17,2
15	5,78	3,58	4,41	4,59	0,70	18,0
20	5,96	3,56	3,75	4,42	0,53	13,7
последствие минеральных удобрений, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	5,12	3,12	3,50	3,91	0,02	0,6
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	5,23	3,25	3,52	4,00	0,11	2,8
HCP ₀₅	0,28	0,11	0,17	0,27		

В среднем за 2013-2015 гг. оптимальная доза – 10 т/га. Увеличение урожайности по сравнению с контролем составило 0,67 т/га или 17,2%. Эффект от последствий минеральных удобрений отсутствовал.

Максимальная урожайность вегетативной массы кукурузы сформирована в 2013 г. – 8,36 т/га, наименьшая в 2014 г. – 4,48 т/га и в среднем за 2013-2015 гг. составила 6,00 т/га (приложение 89). Во все годы вегетативная масса кукурузы увеличивалась на последствии куриного помёта при доведении дозы до 20 т/га. В среднем за 2013-2015 гг. прибавка составила по сравнению с контролем 1,15 т/га или 19,2%. Эффект от последствий минеральных удобрений отсутствовал.

На контрольном варианте масса 1 растения кукурузы при проведении уборки составила 120 г, а масса зерна с растения – 78 г (приложение 88). Максимальное увеличение массы 1 растения от последствии помёта получено в дозе 20 т/га, массы зерна с 1 растения – от 15 и 20 т/га.

Урожайность семян подсолнечника, третьей культуры звена севооборота, на контрольном варианте в разные годы существенно различалась. Наименьшей она была в 2014 г. – 1,17 т/га, в 2015 г. – 1,55 т/га и наибольшей в 2016 г. – 2,25 т/га. В среднем за 2014-2016 гг. она составила 1,66 т/га (таблица 210). Закономерности во влиянии последствии куриного помёта на урожайность подсолнечника в разные годы не было. В 2014 г. наибольшая прибавка урожайности сформирована от по-

следствия помёта в дозе 20 т/га, которая по сравнению с контролем составила 0,38 т/га или 32,5%, в 2015 г. – от 10 т/га 0,33 т/га или 21,3%, в 2016 г. – от дозы 15 т/га 0,39 т/га или 17,3%.

Таблица 210 – Урожайность подсолнечника, т/га. Второй год последствий

Варианты	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее за 2014- 2016 гг.	Прибавка к контро- лю	
					т/га	%
контроль	1,17	1,55	2,25	1,66	-	-
последствие куриного помёта, т/га						
5	1,18	1,57	2,29	1,68	0,02	1,2
7,5	1,20	1,69	2,36	1,75	0,09	5,4
10	1,29	1,88	2,57	1,91	0,25	15,3
15	1,36	1,83	2,64	1,94	0,28	17,1
20	1,55	1,77	2,62	1,98	0,32	19,3
последствие минеральных удобрений, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	1,17	1,56	2,26	1,66	0	0,2
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	1,19	1,59	2,30	1,69	0,03	2,0
НСП ₀₅	0,12	0,06	0,04	0,11		

В среднем за 2014-2016 гг. максимальное увеличение урожайности сформировано на варианте с последствием помёта в дозе 20 т/га, которое по сравнению с контролем составило 0,61 т/га или 15,3%.

Урожайность вегетативной массы подсолнечника на контрольном варианте была наименьшей в 2014 г. – 3,41 т/га, наибольшей – в 2016 г. 2,25 т/га и в среднем за 2014-2016 гг. составила 3,96 т/га (приложение 90). Максимальное увеличение урожайности побочной продукции от последствия куриного помёта получено в 2014 и 2016 гг. от дозы 20 т/га, в 2015 г. – от дозы 10 т/га. В среднем за три года максимальная прибавка урожайности сформирована от последствия помёта в дозе 20 т/га, которая составила 0,61 т/га или 15,3%. Вследствие этого наибольшие элементы структуры урожайности сформированы от последствия помёта, внесённого в паровое поле в максимальной дозе.

Наименьший сбор зерновых единиц в звене севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник на контрольном варианте получен во вто-

ром цикле (2013-2015 гг.) 7,93 т/га, в первом цикле (2012-2014 гг.) 10,49 т/га и максимальный в третьем (2014-2016 гг.) 11,99 т/га (приложение 91).

В первом и во втором цикле звена севооборота наибольшее увеличение в сборе зерновых единиц получено от действия помёта дозе 10 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила в 2012-2014 гг. 2,05 т/га или 19,5%, в 2013-2015 гг. 1,63 т/га или 20,6%. В третьем цикле 2014-2016 гг. оптимальной была доза 15 т/га. Прибавка к контролю составила 2,57 т/га или 21,5%. Эффект от действия минеральных удобрений был существенно меньше и достоверным лишь на первой культуре звена севооборота. В среднем за 3 цикла (2011-2016 гг.) на контрольном варианте сбор зерновых единиц составил 10,14 т/га (таблица 211). Наибольший и практически одинаковый сбор зерновых единиц в среднем за 3 цикла обеспечило применение куриного помёта в дозах 10 и 15 т/га. Прибавка по сравнению к контролю составила 19,1-19,2%. Эффект от применения минеральных удобрений в максимальной дозе был в 2,6 раза меньше.

Таблица 211 – Продуктивность звена полевого севооборота, т/га зерновых единиц. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Звено севооборота			Суммарный сбор, т/га	Прибавка к контролю	
	озимая пшеница	кукуруза на зерно	подсолнечник		т/га	%
	2012-2014 гг.	2013-2015 гг.	2014-2016 гг.			
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		

Содержание белка в зерне озимой пшеницы на контрольном варианте в среднем за 2012-2014 гг. составило 11,3% (таблица 212).

Таблица 212 – Содержание белка и клейковины в зерне озимой пшеницы, %. Среднее за 2012-2014 гг.

Варианты	Белковость	Прибавка к контролю	Клейковина	Прибавка к контролю
контроль	11,3	-	21,8	-
куриный помёт весной в паровое поле, т/га				
5	12,2	0,9	23,7	1,9
7,5	12,5	1,2	24,6	2,8
10	12,6	1,3	25,1	3,3
15	12,6	1,3	24,9	3,1
20	12,4	1,1	24,7	2,9
минеральные удобрения, кг/га				
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	12,2	0,9	23,4	1,6
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	12,3	1,0	24,1	2,3
НСП ₀₅	0,5		1,5	

Применение помёта и минеральных удобрений оказало существенное влияние на увеличение белковости зерна. Наибольшая и одинаковая прибавка по сравнению с контролем получена от действия доз 10 и 15 т/га - 1,3%. Содержание клейковины в зерне пшеницы в среднем за 2012-2014 гг. на контрольном варианте составило 21,8%. Максимальное увеличение в содержании клейковины получено от действия помёта в дозе 10 т/га, которое составило 3,3%. Товарный класс зерна озимой пшеницы на всех вариантах с помётом соответствовал третьему.

Сбор белка в урожае зерна озимой пшеницы на контрольном варианте изменялся от 217 кг/га (2013 г.) до 423 кг/га (2014 г.) и в среднем за 2012-2014 гг. составил 312 кг/га (таблица 213). Максимальный сбор белка в урожае озимой пшеницы в 2012 и 2013 гг. обеспечило применение помёта в дозе 10 т/га, в 2014 г. – в дозе 15 т/га. В среднем за 2012-2014 гг. наибольшее увеличение в сборе белка получено от действия помёта в дозе 10 т/га, которое по сравнению с контролем составило 126 кг/га или 40,4%. Это на 10,2% больше, чем от действия минеральных удобрений в наибольшей дозе.

Таблица 213 – Влияние удобрений на сбор белка в урожае зерна озимой пшеницы с 1га в 2012-2014 гг., кг

Варианты	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее за 2012-2014 гг.	Прибавка к контролю	
					кг/га	%
контроль	297	217	423	312	-	-
куриный помёт весной в паровое поле, т/га						
5	371	262	510	381	69	22,1
7,5	431	276	528	412	100	31,9
10	466	286	562	438	126	40,4
15	434	274	589	432	120	38,6
20	368	270	545	394	82	26,4
минеральные удобрения, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	386	251	530	389	77	24,7
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	386	281	552	406	94	30,2
НСП ₀₅	19	15	19	40		

Белковость зерна кукурузы на контрольном варианте в среднем за 2013-2015 гг. составила 9,3%. Равномерное увеличение содержания белка по сравнению с контролем получено на всех вариантах в первый год последствий куриного помёта. Но существенное влияние отмечено лишь на вариантах с дозами 10-20 т/га и достигало максимума от последствий наибольшей дозы (таблица 214).

Таблица 214 – Белковость и сбор белка в урожае зерна кукурузы. Первый год последствий

Варианты	Белковость, %	Прибавка к контролю	Сбор белка					
			2013 г.	2014 г.	2015 г.	среднее за 2013-2015 гг.	прибавка к контролю	
							кг/га	%
контроль	9,3	-	406	242	287	312	-	-
последствие куриного помёта, т/га								
5	9,6	0,3	451	261	292	335	23	7,3
7,5	9,9	0,6	466	289	320	358	46	14,9
10	10,3	1,0	551	308	368	409	97	31,1
15	10,4	1,1	572	307	368	416	104	33,2
20	10,7	1,4	631	307	313	417	105	33,7
последствие минеральных удобрений, кг/га								
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	9,3	0,0	409	243	290	314	2	0,6
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	9,4	0,1	423	255	292	323	11	3,6
НСП ₀₅	1,0		24	21	17	65		

Сбор белка в урожае зерна кукурузы на контроле изменялся от 242 (2014 г.) до 406 (2013 г.) и в среднем за 2013-2015 гг. составил 312 кг/га. В 2013 году наибольший сбор белка получен от последствий помёта в дозе 20 т/га, в 2014 и 2015 гг. – от дозы 10 т/га. В среднем за 3 года наибольший и практически одинаковый сбор белка обеспечило последствие помёта в дозе 15 и 20 т/га. Прибавка составила 33,2-33,7% и различие между вариантами составило лишь 1 кг.

Наименьший сбор белка на контрольном варианте в звене севооборота получен во втором цикле (2013-2015 гг.) в урожае озимой пшеницы и кукурузы и составил 459 кг/га и практически одинаковый в первом и третьем цикле – 703 и 710 кг/га (таблица 215). В среднем за 3 цикла сбор составил 624 кг/га. В первом и втором цикле звена севооборота наибольший сбор белка обеспечило применение помёта в дозе 10 т/га. Прибавка к контролю составила 44,7 и 29,4%. В третьем цикле более эффективно было использование помёта в дозе 15 т/га. Увеличение составило 247 кг/га или 34,8%.

Таблица 215 – Суммарный сбор белка в урожае первой и второй культуры звена севооборота озимая пшеница – кукуруза на зерно под влиянием прямого действия и последствий удобрений, кг/га

Варианты	Цикл 2012- 2014 гг.	Цикл 2013- 2015 гг.	Цикл 2014- 2016 гг.	Среднее за 3 цик- ла	Прибавка к контро- лю	
					кг/га	%
контроль	703	459	710	624	-	-
куриный помёт, т/га						
5	822	523	802	716	92	14,7
7,5	897	565	848	770	146	23,4
10	1017	594	930	847	223	35,7
15	1006	581	957	848	224	35,9
20	999	577	858	811	187	30,0
минеральные удобрения, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	795	494	820	703	79	12,7
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	809	536	844	730	106	16,9
HCP ₀₅	28	24	32	73		

В среднем за 3 цикла наибольшее увеличение в сборе белка в звене севооборота получено от действия помёта в дозе 10 и 15 т/га, которое по сравнению с

контролем составило 35,7-35,9% и различие между вариантами опыта составило лишь 1 кг/га.

Масличность семян подсолнечника, третьей культуры звена севооборота, на контрольном варианте в среднем за 2014-2016 гг. составила 34,6% (таблица 216). На вариантах с последствием куриного помёта отмечено увеличение содержания масла в урожае подсолнечника, но различия между вариантами опыта недостоверны. Сбор масла в урожае семян подсолнечника на контрольном варианте изменялся от 378 кг/га (2014 г.) до 754 кг/га (2016 г.) и в среднем за 2014-2016 гг. составил 574 кг/га. Влияние последствия куриного помёта на сбор масла в урожае семян подсолнечника было более существенно, чем на масличность семян. Но влияние дозы помёта на этот показатель в разные годы существенно различалось. В 2014 г. наибольший эффект обеспечило последствие помёта в дозе 20 т/га, в 2015 г. – 10 т/га и в 2016 г. – 15 т/га. В среднем за 2014-2016 гг. наибольшая прибавка получена от дозы 15 т/га, которая составила 115 кг/га или 20,0%.

Таблица 216 – Масличность и сбор масла в урожае семян подсолнечника. Среднее за 2014-2016 гг. Второй год последствия

Варианты	Масличность, %	Прибавка к контролю	Сбор масла					
			2014 г.	2015 г.	2016 г.	среднее за 2014-2016 гг.	прибавка к контролю	
							кг/га	%
контроль	34,6	-	378	591	754	574	-	-
последствие куриного помета, т/га								
5	34,9	0,3	392	597	767	585	11	2,0
7,5	35,7	1,1	422	647	795	621	47	8,2
10	35,8	1,2	455	724	861	680	106	18,5
15	35,8	1,2	480	712	874	689	115	20,0
20	35,0	0,4	529	673	862	688	114	19,9
последствие минеральных удобрений, кг/га								
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	34,6	0,0	377	596	757	577	3	0,5
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	34,7	0,1	386	607	771	588	14	2,4
НСР ₀₅	F _ф < F _{теор}		18	24	29	31		

8.6 Вынос и баланс элементов минерального питания в звене севооборота, коэффициенты использования NPK из помёта

В среднем за 2012-2014 гг. вынос NPK зерном озимой пшеницы на контрольном варианте составил 56-11-15 кг/га, соломой – 11-6-71 кг/га (приложение 92). Наибольший вынос основной и побочной продукцией при применении помёта обеспечила доза помёта 10 т/га. Прибавка по сравнению с контролем использования элементов питания зерном составила 21-4-7 кг/га, соломой – 8-4-36 кг N-P₂O₅-K₂O.

Вынос NPK зерном кукурузы в среднем за 2013-2015 гг. на контрольном варианте составил 55-9-15 кг/га, вегетативной массой – 42-11-93 кг/га. Максимальное увеличение выноса элементов питания зерном кукурузы получено в первый год последействия помёта в дозе 15 т/га, которое по сравнению с контролем составило 15-3-8 кг/га, вегетативной массой в дозе 20 т/га – 12-6-24 кг/га N-P₂O₅-K₂O.

Потребление элементов питания семенами подсолнечника в среднем за 2014-2016 гг. составило 41-4-22 кг/га, вегетативной массой – 46-8-83 кг/га N-P₂O₅-K₂O. Максимальное увеличение выноса NPK растениями подсолнечника получено на последействии куриного помёта в дозе 20 т/га. Увеличение выноса семенами составило по сравнению с контролем 10-1-5 кг/га, вегетативной массой – 12-2-20 кг/га.

Суммарный вынос NPK основной и побочной продукцией культур в среднем за 2012-2016 гг. (3 цикла чередования культур) в звене севооборота пар, озимая, пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник на контрольном варианте составил 253-47-299 кг/га (таблица 217). Максимальное увеличение общего выноса получено от действия помёта в дозе 15 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 75-19-89 кг/га N-P₂O₅-K₂O.

В среднем за 2011-2013 гг. в составе куриного перепревшего подстилочного помёта наибольшим было содержание общего азота. Количество общего калия было на 8,4% меньше, чем азота.

Таблица 217 – Суммарный вынос NPK в урожай основной и побочной продукции культур в звене севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза, подсолнечник, кг/га. Среднее за 2012-2016 гг.

Варианты	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
контроль	253	47	299
куриный помёт, т/га			
5	276	53	333
7,5	297	60	361
10	321	64	381
15	328	66	388
20	321	63	382
минеральные удобрения, кг/га			
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	269	51	315
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	277	53	325

Существенно меньше было содержание общего фосфора по сравнению с азотом – на 23,7% (таблица 218).

Таблица 218 – Поступление элементов питания в почву при внесении куриного подстилочного перепревшего помёта, кг/га. Среднее за 2011-2013 гг.

Дозы помёта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
5	131	100	120
7,5	197	150	180
10	262	200	240
15	393	300	360
20	524	400	480

Положительный баланс фосфора и калия получен на всех вариантах опыта с применением куриного помёта (таблица 219). Дефицит азота получен лишь от применения минимальной дозы 5 т/га и составил 37 кг/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% (таблица 220). От применения дозы 7,5 т/га использование азота меньше на 4%. В целом закономерность во влиянии дозы помёта на использование элементов питания из них следующая. Снижение дозы помёта меньше 10 т/га, как и её увеличение до 20 т/га приводило к уменьшению коэффициентов использования NPK из помёта.

Таблица 219 – Баланс элементов питания в звене севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник в среднем за 2012-2016 гг., 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	-	-	-	152	24	52	-152	-24	-52
куриный помёт весной в паровое поле, т/га									
5	131	100	120	168	27	57	-37	73	63
7,5	197	150	180	180	30	63	17	120	117
10	262	200	240	196	32	69	66	168	171
15	393	300	360	199	32	72	194	268	288
20	524	400	480	191	29	69	333	371	411
минеральные удобрения, кг/га									
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	80	20	20	165	26	56	-85	-6	-36
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	100	40	40	169	27	57	-69	13	-17

Таблица 220 – Коэффициенты использования NPK в звене севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник, %. Среднее за 2012-2016 гг.

Варианты	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
куриный помёт весной в паровое поле, т/га			
5	18	6	28
7,5	22	9	34
10	26	9	34
15	19	6	25
20	13	4	17
минеральные удобрения, кг/га			
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	20	20	80
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	24	15	65

Коэффициенты использования азота из минеральных удобрений меньше чем на оптимальном варианте с куриным помётом в дозе 10 т/га на 2-6%, но фосфора выше в 1,7-2,2 раза и калия в 2,0-2,4 раза.

8.7 Экономическая и биоэнергетическая оценка действия и последствия куриного помёта в звене севооборота

Экономические расчеты свидетельствуют о том, что выращивание полевых культур СПК колхозе «Колос» в звене севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник является прибыльным. Рентабельность на контрольном

варианте в звене севооборота составила 171%, себестоимость производства 1 кг зерновых единиц – 3,65 руб. (таблица 221).

Таблица 221 – Экономическая оценка применения куриного помёта в звене севооборота озимая пшеница – кукуруза на зерно – подсолнечник. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты (дозы по- мёта)	Расстояние транспортировки помёта, км				
	13	15	18	12	7
условно чистый доход, руб./га					
контроль	62655				
5	68793	68393	67793	68993	69993
7,5	72383	71783	70883	72683	74183
10	79251	78451	77251	79651	81651
15	76508	75308	73508	77108	80108
20	70143	68543	66143	70943	74943
себестоимость 1 кг зерновых единиц, руб./кг					
контроль	3,65				
5	3,65	3,73	3,78	3,67	3,58
7,5	3,66	3,65	3,79	3,63	3,50
10	3,54	3,60	3,65	3,50	3,34
15	3,77	3,87	4,02	3,65	3,47
20	4,14	4,28	4,49	4,08	3,65
рентабельность, %					
контроль	171				
5	174	171	167	175	182
7,5	176	172	166	178	189
10	185	180	173	188	202
15	168	161	151	171	191
20	145	137	126	149	172

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 минеральных удобрений в дозах, изучаемых в опыте, было нерентабельным.

Анализ биоэнергетической оценки применения удобрений показал, что оно способствовало существенному увеличению затрат техногенной энергии – помёта в дозах 5-20 т/га по сравнению с контрольным вариантом на 5,5-20,9, минеральных – на 5,5-8,2 ГДж/га (таблица 222).

Таблица 222 – Биоэнергетическая оценка применения удобрений в звене севооборота пар – озимая пшеница – кукуруза - подсолнечник. Среднее за 3 цикла чередования культур

Варианты	Продуктивность, т/га зер. ед.	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Энергия, накопленная в урожае, ГДж/га	Энергоемкость продукции, ГДж/т	Прирост энергии в урожае, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
контроль	10,14	37,7	135,9	3,72	98,2	3,6
куриный помёт, т/га						
5	10,74	42,9	144,5	4,00	101,6	3,4
7,5	11,24	45,6	151,4	4,05	105,8	3,3
10	12,08	48,2	162,3	3,99	114,1	3,4
15	12,09	53,4	162,2	4,42	108,8	3,0
20	11,68	58,6	156,1	5,02	97,5	2,7
азофоска, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	10,64	43,2	143,4	4,06	100,2	3,3
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	10,89	45,9	146,8	4,22	100,9	3,2

Применение помёта в дозе 10 т/га обеспечило наибольшее увеличение прироста энергии в урожае по сравнению с контролем на 15,9 ГДж/га.

Заключение к главе 8

1. Применение перепревшего куриного помёта на подстилке из соломы в дозах 5-20 т/га весной в паровое поле с заделкой дискованием в среднем за 2011-2013 гг. к посеву озимой пшеницы в слое 0-40 см увеличивало количество N-NO₃ в почве с 67,6 на контроле до 75,6-112,7 кг/га, аммонийного азота - с 7,6 до 8,0-9,7 кг/га. От посева до фазы весеннее кушение количество аммонийного азота в слое почвы 0-40 см увеличилось на всех вариантах в 3,2-3,9 раза, нитратного азота - снизилось 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 – увеличилось на 9,7-13,2 кг/га. В фазу весеннее кушение наибольший запас минерального азота в слое почвы 0-40 см был на вариантах с дозами помёта 15 и 20 т/га. Прибавка к контролю составила 71,1%. От фазы ве-

сеннее кушение и до уборки пшеницы в почве количество $N-NH_4$ и $N-NO_3$, как и всего минерального азота снижалось.

В первый год последствий в среднем за вегетацию кукурузы наибольшая обеспеченность почвы минеральным азотом 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%.

2. В среднем за 2011-2013 гг. максимальное увеличение количества подвижного фосфора по сравнению с контролем к посеву озимой пшеницы в слое почвы 0-20 см от дозы 15 т/га составило 3,3 мг/кг или 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 подвижным фосфором в первый год последствий 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 последствий максимальную обеспеченность почвы подвижным фосфором в среднем за вегетацию подсолнечника в 2014-2016 гг. обеспечило применение помёта в дозах 15 и 20 т/га. Прибавки по сравнению с контролем составили 2,1-2,2 мг/кг почвы или 25,9-27,2%.

3. Максимальное содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см перед посевом пшеницы 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 в этом слое почвы получена под действием максимальной дозы помёта.

В среднем за вегетацию кукурузы в первый год последствий и подсолнечника во второй отмечено преимущество помёта в наибольшей дозой. Прибавка по сравнению с контролем составила соответственно 22,4 и 24,1%.

4. Максимальная концентрация NPK в растениях озимой пшеницы в среднем за 2012-2014 гг. в фазу весеннее кушение и колошение, а также в зерне получено под действием помёта в дозе 10 т/га. По содержанию в соломе макси-

мум достигнут от дозы 15 т/га. Эффект от действия минеральных удобрений был существенно меньше. В фазу 7-8 листьев наибольшее содержание NPK в растениях кукурузы в первый год последействия помёта в среднем за 2013-2015 гг. получено на варианте с дозой 20 т/га. В фазу молочно-восковая спелость закономерно в влиянии дозы помёта на содержание элементов питания в растениях кукурузы не было. Наибольшее содержание NPK в зерне и вегетативной массе в фазу полная спелость кукурузы получено на варианте с последействием помёта в дозе 15 т/га. Эффект от последействия минеральных удобрений отсутствовал.

В фазу бутанизация и цветение, а также в семенах подсолнечника максимальная концентрация фосфора и калия получена во второй год последействия куриного помёта в дозе 15 т/га, азота – 20 т/га. Наибольшее содержание азота и калия в вегетативной массе подсолнечника достигнуто на последействии помёта в дозе 20 т/га, фосфора – в дозе 10 т/га. Эффекта от последействия минеральных удобрений не было.

5. В среднем за 2012-2014 гг. максимальная прибавка урожайности зерна озимой пшеницы сформирована на варианте с дозой помёта 10 т/га – 0,80 т/га или 24,4%. В первый год последействия в среднем за 2013-2015 гг. максимальная прибавка урожайности зерна кукурузы 0,67 т/га или 17,2% получена от дозы 10 т/га. На второй год последействия помёта отмечено преимущество дозы 15 т/га. В среднем за 2014-2016 гг. урожайность увеличилась по сравнению с контролем на 0,61 т/га или 15,3%.

Наибольший сбор зерновых единиц в звене севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник получен на варианте с применением помёта в дозах 10-15 т/га в среднем за 3 цикла чередования культур 10,14 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 1,94-1,95 т/га или 19,1-19,2%. Эффект от применения минеральных удобрений в максимальной дозе в 2,6 раза меньше.

6. Максимальное увеличение в сборе белка в урожае зерна озимой пшеницы по сравнению с контролем получено от дозы помёта 10 т/га – 126 кг/га или 40,4%. Это на 10,2% больше, чем от действия минеральных удобрений в наибольшей дозе. Наибольшее увеличение количества клейковины получено от дей-

ствия помёта в дозе 10 т/га, которое составило по сравнению с контролем 3,3%. Товарный класс зерна озимой пшеницы на всех вариантах с помётом соответствовал третьему. Максимальный сбор белка в урожае зерна кукурузы обеспечило последствие помёта в дозе 15 и 20 т/га. Прибавка к контролю 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 по сравнению с контролем на 35,7-35,9%. Наибольшая прибавка в среднем за 2014-2016 гг. в сборе масла получена от последствия помёта в дозе 15 т/га, которая составила 115 кг/га или 20,0%.

7. Положительный баланс фосфора и калия получен на всех вариантах опыта с применением куриного помёта. Дефицит азота получен лишь от применения минимальной дозы 5 т/га. Наибольшие коэффициенты использования NPK в звене севооборота получены от действия куриного помёта в дозе 10 т/га – 26-9-34%.

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 последействия 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 последействия 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

последствия 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 последствие 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.

Индюшиный 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 зернопаропропашного 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авад, А.Р. Метод хемодеструкционного фракционирования для оценки качественного состава органического вещества черноземов / А.Р. Авад, И.Н. Донских, Н.Г. Мязин // *Агрохимический вестник*. – 2008. - №2. – С. 8-10.
2. Авакян, Н.О. Почвенный поглощаемый комплекс и калийное питание растений / Н.О. Авакян // *Агрохимия*. - 1978. - №8. – С. 35-43.
3. Агафонов, Е.В. Влияние биогумуса и куриного помёта на свойства чернозема обыкновенного и продуктивность полевых культур / Е.В. Агафонов, В.А. Ефремов, Л.Н. Агафонова // *Почвоведение*. - 2001. - № 8. - С. 970-974.
4. Агафонов, Е.В. Влияние индюшиного помёта на урожайность кукурузы на зерно на черноземе обыкновенном / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев // *Кукуруза и сорго*. - 2010. - № 3. – С. 11-13.
5. Агафонов, Е.В. Влияние условий питания в ранние этапы развития на урожайность ярового ячменя / Е.В. Агафонов, А.А. Громаков // *Применение удобрений и средств защиты растений для повышения продуктивности с.-х. культур и плодородия в Ростовской области: сб. науч. тр. / ДонГАУ. - Персиановский, 2002. – С. 56-61.*
6. Агафонов, Е.В. Использование индюшиного помёта при выращивании баклажана и сладкого перца при капельном орошении на черноземе обыкновенном / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев // *Сб. науч. трудов по овощеводству к 80-летию со дня основания ГНУ ВНИИ овощеводства*. – Москва, 2011.- С. 94-97.
7. Агафонов, Е.В. Локальное внесение удобрений под подсолнечник / Е.В. Агафонов, Л.Н. Агафонова, Г.Е. Мажуга // *Зерновые культуры*. - 1998. - № 6. - С.12-14.
8. Агафонов, Е.В. Оптимизация питания и удобрение культур полевого севооборота на карбонатном чернозёме / Е.В. Агафонов. - Москва: Изд-во ТСХА, 1992. - 160 с.
9. Агафонов, Е.В. Особенности системы земледелия и баланс NPK в Ростовской области / Е.В. Агафонов, В.В. Турчин, А.А. Громаков, Р.А. Каменев // *Пло-*

дородие. – 2015. - № 5.– С. 35-36.

10. Агафонов, Е.В. Почвы и удобрения Ростовской области / Е.В. Агафонов, Е.В. Полуэктов. - пос. Персиановский, 1999. - 87с.

11. Агафонов, Е.В. Применение индюшиного помёта при выращивании сладкого перца на черноземе обыкновенном с использованием системы капельного орошения / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев, В.В. Турчин / Овощеводство и тепличное хозяйство. - 2011. - № 9. – С. 55-57.

12. Агафонов, Е.В. Применение куриного помёта и минеральных удобрений на чернозёме обыкновенном / Е.В. Агафонов, Ф.А. Понятовский // Сахарная свёкла. – 2006. - № 8. – С. 31-32.

13. 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 госагроуниверситета, 2013. – 70 с.

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

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

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

17. Агафонов, Е.В. Удобрение подсолнечника на мицеллярно-карбонатном черноземе // Е.В. Агафонов, Л.Н. Агафонова, Г.Е. Мажуга / Агрохимия. - 1998. - №7. - С. 56-63.

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

19. Агеев, В.В. Корневое питание сельскохозяйственных растений / В.В. Агеев. - Ставроп. госсельхозакадемия. – Ставрополь, 1996. – 134 с.

20. Агеев, В.В. Системы удобрения в севооборотах Юга России / В.В. Агеев, А.И. Подколзин. – Ставрополь, 2001. – 352 с.
21. Агропромышленный комплекс Ростовской области. – Ростов-на-Дону: ООО «Альтаир», 2015. – 56 с.
22. Агрохимия (Южно-Российский аспект): Учебник для студ. высш. учеб. завед. В 2-х томах / Под ред. В.В. Агеева. – Ставрополь: Ставропольский госагро-университет, 2006. – Т.2. - 480 с.
23. Адерихин, П.Г. Калий, его содержание, формы и распределение в почвах Центрально-Черноземной Области / П.Г. Адерихин, А.Б. Беляев // Почвоведение. – 1973. - №10. – С. 99-107.
24. Адрианов, С.Н. Запасы гумуса и элементов питания растений в дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почвах / С.Н. Адрианов // Агрохимия. – 1990. - №4. – С. 126-138.
25. Акименко, Ю.В. Динамика ферментативной активности чернозёма обыкновенного при загрязнении антибиотиками / Ю.В. Акименко, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников // Полиметрический сетевой электронный журнал Кубанского аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, №85 (01), 2013. <http://ej.kubagro.ru/2013/01/pdf/46.pdf>
26. Алабушев, А.В. Производство зерновых культур в природно-экономических зонах Ростовской области // А.В. Алабушев, С.А. Раева / Аграрная наука. - 2011. - №10. - С. 5-7.
27. Алексеева, Е.Н. Миграция фосфора при длительном применении удобрений / Е.Н. Алексеева // Агрохимия. – 1968. - №8. – С. 78-82.
28. Анспок, П.И. Микроудобрения / П.И. Анспок. – М.: Колос, 1978. – 272 с.
29. Антипина, Л.П. Поглощение фосфора пахотными горизонтами почв Западной Сибири / Л.П. Антипина // Сборник научных трудов. Сибирское отделение ВАСХНИЛ, 1987. – С. 4-27.
30. Аргунова, А.В. Исследования форм и миграция фосфора в дерново-подзолистых почвах: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.В. Аргунова. – Москва, 1974. - 19 с.

31. Арефьев, А.Н. Пищевой режим чернозема выщелоченного под влиянием повторного использования ОСВ и удобрений / А.Н. Арефьев // Материалы 40-й Международной научной конференции «Агрохимические приемы повышения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтных системах земледелия» (19-20 апреля 2009 г.). - ВНИИА. - Москва. - 2006. – С.117-119.
32. Асеева, Т.А. Влияние органоминеральных удобрений на плодородие почв и урожай пропашных культур в условиях Среднего Приамурья / Т.А. Асеева, В.И. Голов // Плодородие. - 2012. - №1. – С. 25-28.
33. Аскинази, Д.Л. Фосфатный режим и известкование почв с кислой реакцией: монография / Д.Л. Аскинази. – Москва–Ленинград: Академия наук СССР, 1949. – 216 с.
34. Афанасьев, Р.А. Динамика подвижного фосфора в различных почвах / Р.А. Афанасьев, Г.Е. Мерзлая // Плодородие. – 2012. - №3. – С. 16-19.
35. Афанасьев, Р.А. Содержание подвижного фосфора в почвах при длительном применении удобрений / Р.А. Афанасьев, Г.Е. Мерзлая // Агрохимия. – 2013. - №2. – С. 30-36.
36. Афендулов, К.П. О методе определения доз удобрений под планируемый урожай / К.П. Афендулов // Земледелие. – 1979. - №3. – С. 56-59.
37. Афендулов, К.П. Удобрения под планируемый урожай / К.П. Афендулов, А.И. Лантухова. – Москва: «Колос», 1973 . – 237 с.
38. Бабарина, Э.А. Влияние систематического применения навоза и минеральных удобрений на распределение форм фосфорных соединений по профилю различных почв / Э.А. Бабарина // Агрохимия. – 1971. - №6. – С. 58-66.
39. Багринцева, В.Н. Кукуруза – прошлое и настоящее / В.Н. Багринцева // Кукуруза и сорго. – 2014. - №3. – С.28-32.
40. Базыкина, Г.С. Методы изучения водного режима почв / Г.С. Базыкина, А.А. Роде // Принципы организации и методы стационарного изучения почв. – Москва: Наука, 1976. – С. 95-198.
41. Байбеков, Р.Ф. Влияние на развитие дернового процесса высоких доз орга-

- нических удобрений / Р.Ф. Байбеков, В.А. Седых, В.И. Савич, Н.Л. Поветкина // Плодородие. – 2012. - № 4. – С. 8–10.
42. Бакиров, Ф.Г. Водопотребление яровой пшеницы при её выращивании по технологии No-till с применением куриного помета и препарата Тамир / Ф.Г. Бакиров, Ю.Н. Арапова // Известия Оренбургского госагроуниверситета. - 2013. - №6 (44). - С.50-52.
43. Балан, М.П. Урожай и качество кукурузы в связи с систематическим применением удобрений / М.П. Балан // Тез. 3-го регионального совещания участников географической сети опытов с удобрениями Молдавской и украинской ССР. – Кишинев, 1977. – Ч. 1. – С. 101-102.
44. Баранов, Н.Н. Основные элементы методики определения экономической эффективности удобрений / Н.Н. Баранов // Химия в сельском хозяйстве. - 1966. - №9. – С.63-67.
45. Барбер, С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве / С.А. Барбер. – Москва: ВО Агропромиздат, 1988. – 228 с.
46. Баршадская, С.И. Продуктивность озимой пшеницы в северной зоне Краснодарского края / С.И. Баршадская, А.А. Романенко, А.А. Квашин. – 2-е дополненное издание. - Краснодар, 2010. – 254 с.
47. Батаков, А.А. Система удобрения гибридов кукурузы разного срока созревания на темно-каштановой почве Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.А. Батаков; Донской госагроуниверситет. – пос. Персиановский, 1999. – 22 с.
48. Батаков, Д.А. Удобрение участков гибридизации подсолнечника «Сигнал» на темно-каштановой почве Ростовской области: дис. ... канд. с.-х. наук / Д.А. Батаков. – пос. Персиановский, 2001. – 168 с.
49. Бацула, А.А. Органические удобрения / А.А. Бацула. - 2-е изд. перераб. и доп. - Киев: Урожай, 1988. – 180 с.
50. Бачило, Н.Г. Научные принципы использования помётных удобрений в условиях интенсивного земледелия: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Н.Г. Бачило; Беларус. НИИ почвоведения и агрохимии. - Минск, 1990. - 36 с.

51. Бачило, Н.Г. Эффективность куриного помёта в чистом виде и в сочетании с минеральными удобрениями // Тезисы докладов Всесоюз. семинара. - М., 1981. - Т. 1. - С. 91- 92.
52. Беззубцев, А.В. Использование птичьего помёта в земледелии Омской области / А.В. Беззубцев, А.Г. Шмидт // Достижение науки и техники. – 2013. - №10. – С. 17-19.
53. Безуглова, О.С. Почвы Ростовской области: учебное пособие / О.С. Безуглова, М. М. Хырхырова. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2008. – 352 с.
54. Бельтюков, Л.П. Агротехнические основы реализации потенциальных продуктивности сортов зерновых культур на обыкновенных черноземах Северного Кавказа: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Л.П. Бельтюков; Ставропольская гос-сельхозакадемия. - Ставрополь, 1996. - 44 с.
55. Бергер, К.К. Достижения в применении второстепенных элементов и микроудобрений / К.К. Бергер, П.Ф. Пратт // Удобрения. Перевод. с англ. – Москва: Колос, 1965. – С. 313-374.
56. Бирюкова, О.А. Сравнительная характеристика методов определения содержания подвижного фосфора на черноземе обыкновенном карбонатном / О.А. Бирюкова, Д.В. Божков, В.В. Носов // Полиметрический сетевой электронный журнал Кубанского аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. - № 103 (09). – режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/38.pdf>
57. Блохин, В. Яровой ячмень: в чем секрет хорошего урожая / В. Блохин, И. Левин, Е. Кожемякин // Главный агроном. - 2008. - №1. – С.14-17.
58. Бобылева, Г.А. Крупный мясной взнос крупных птицефабрик / Г.А. Бобылева // Информационный бюллетень Минсельхоза. – 2013. - №2. – С. 35-37.
59. Богачёв, А.Н. Система применения азотных удобрений под яровой ячмень, выращиваемый на обыкновенном черноземе, на кормовые и пивоваренные цели: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.Н. Богачёв; Донской госагроуниверситет. – п. Персиановский, 2000. – 26 с.
60. Богомазов, Н.П. Эколого-агрохимическая эффективность удобрений на вы-

щелоченных черноземах: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Н.П. Богомазов; ВИУА. - Москва, 1994. - 45 с.

61. Бондаренко, А.М. Совершенствование технологии и технических средств переработки полужидкого навоза животноводческих предприятий в высококачественные органические удобрения / А.М. Бондаренко, Т.Ф. Самойлова // Механизация, электрификация и автоматизация производства. - 2008. - № 1. - С. 21-24.

62. Борисов, В.А. Фосфатный режим аллювиальной луговой почвы после 30-летнего применения минеральных удобрений в овоще-кормовом севообороте / В.А. Борисов, И.Ю. Васючков, О.Н. Успенская, Н.В. Гренадеров // Агрохимия. - 2014. - №1. - С. 23-26.

63. Вавилов, П.П. Растениеводство: учебник для вузов / П.П. Вавилов. - Москва: Агропромиздат, 1986. - 512 с.

64. Важенин, И.Г. О формах калия в почве и калийном питании растений / И.Г. Важенин, Г.И. Карасева // Почвоведение. - 1959. - №3. - С. 11-22.

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

66. Вильдфлуш, И.Р. Агрохимия / И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш, А.Р. Цыганов. - Минск: Ураджай, 2000. - 319 с.

67. Власова, Т.А. Азот в черноземах Среднего Поволжья / Т.А. Власова. - Москва: Агроконсалт., 1999. - 64 с.

68. Возбущая, А.Е. Химия почв. / А.Е. Возбущая - Москва: Высшая школа, 1968. - 427 с.

69. Володарский, Н.И. Биологические основы возделывания кукурузы / Н.И. Володарский. - Москва: Колос, 1975. - 256 с.

70. Вышинский, А.М. Органические удобрения / А.М. Вышинский. - Киев, Изд-во «Урожай», 1965. - 278 с.

71. Гамзиков, Г.П. Агрохимия азота в агроценозах / Г.П. Гамзиков // Рос. Акад. с.-х. наук, Сиб. отд-ние, Новосиб. гос. аграр. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 790 с.

72. Гамзиков, Г.П. Азот удобрений в агроэкологических условиях Сибири / Г.П. Гамзиков. Успехи почвоведения. – Москва: 1986. - С. 91-95.
73. Гвоздев, Н.В. Влияние удобрений и мелиорантов на урожайность и качество корнеплодов сахарной свёклы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.В. Гвоздев. - Каменная Степь, 2005. – 24 с.
74. Герасименко, П.С. Влияние бентонитовой глины на агрохимические и агрофизические свойства чернозема южного, урожайность ярового ячменя и кукурузы: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. / П.С. Герасименко. – пос. Персиановский, 2008. – 187 с.
75. Гинзбург, К.Е. Фосфор основных типов почв СССР / К.Е. Гинзбург. – Москва: Наука, 1981. – 244 с.
76. Горячев, В.П. Влияние бентонитовой глины и минеральных удобрений на урожайность подсолнечника и последствие в звене севооборота на чернозёме южном: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. / В.П. Горячев. - пос. Персиановский, 2012. - 182 с.
77. ГОСТ Р 53765 – 2009. Помет птицы. Сырьё для производства органических удобрений. Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 8 с.
78. ГОСТ Р 53117 – 2008. Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия. - Москва: Стандартинформ, 2019. – 15 с.
79. Грабовец, А.И. Озимая пшеница: Монография / А.И. Грабовец, М.А. Фоменко. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Юг», 2007. – 600 с.
80. Гридасов, И.И. Рекомендации по применению в качестве удобрения птичьего помёта / И.И. Гридасов, В.М. Андреева, А.В. Ряховский, С.С. Бахтияров. - Оренбург, 1992. - 18 с.
81. Гриценко, В. «Байкал - ЭМ 1» для утилизации свежего куриного помёта / В. Гриценко, В. Судаков // Птицеводство. - 2007. - № 9. – С. 61-62.
82. Гришуткина, С. Переработка помёта: за опытом во Францию / С. Гришуткина // Птицеводство. - 2008. - №2. – С. 48-53.
83. Гроздова, А. Выгодная органика / А. Гроздова // Свиноферма. - 2008. - № 8. - С. 49-51.

84. Громаков, А.А. Влияние рельефа и удобрений на плодородие чернозема обыкновенного и продуктивность ярового ячменя: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.А. Громаков; Донской госагроуниверситет. – пос. Персиановский, 2004. – 26 с.
85. Грушка, Я. История, происхождение и значение кукурузы / Я. Грушка, В. Мартинек // Монография о кукурузе. – Москва: Изд-во «Колос», 1965. – С. 9-24.
86. Грушка, Я. Химический состав и питательная ценность кукурузы / Я. Грушка, И. Грдличка // Монография о кукурузе. – Москва: Изд-во «Колос», 1965. – С. 640-665.
87. Гэлстон, А. Жизнь зелёного растения, пер. с англ. / А. Гэлстон, П. Девис, Р. Сэттер. — М.: Мир, 1983. – 550 с.
88. Дабахова, Е.В. Влияние высоких доз птичьего помёта на урожайность и качество кукурузы / Е.В. Дабахова, В.И. Титова, Г.Д. Гогмачадзе // Главный агроном. - 2005. - №7. – С. 39-41.
89. Дабахова, Е.В. Оценка перспектив использования сухого птичьего помёта в качестве удобрения / Е.В. Дабахова, В.И. Титова // Экологические проблемы использования органических удобрений в земледелии. - Владимир: ВНИИОУ, 2015. - С. 7-11.
90. Дарбасов, В.Р. Внедрение инновационных технологий / В.Р. Дарбасов, Е.Я. Федорова // Аграрная наука. – 2015. – №4. - С. 26-27.
91. Демолон, А. Рост и развитие культурных растений / А. Демолон – М.: Сельхозиздат, 1961. – 400 с.
92. Державин, Л.М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии / Л.М. Державин. - М.: Колос, 1992. – 270 с.
93. Диброва, В.С. Особенности удобрения кукурузы, возделываемой после сахарной свеклы на карбонатном чернозёме / В.С. Диброва, Е.В. Агафонов // Агрохимия. - 1976. - №6. - С. 79-83.
94. Диброва, В.С. Цинк почвы и применение цинковых удобрений под кукурузу: автореф. дис...канд. с.-х. наук / В.С. Диброва. – пос. Персиановский. – 1966. - 26 с.

95. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. - М.: Колос, 1979.- 416 с.
96. Дрогалин, П.В. Севооборот, урожай, качество / П.В. Дрогалин, В.И. Казанков, Н.Д. Тарасенко. – Краснодар, 1983. – 268 с.
97. Дурдыбаев, С.Д. Утилизация отходов животноводства и птицеводства / С.Д. Дурдыбаев, В.С. Даниленко, В.П. Рязанцев. – М.: ВНИИТЭИ агропром., 1989. – 123 с.
98. Егоров, Н.С. Основы учения об антибиотиках / Н.С. Егоров: 5-ое издание, переработанное и дополненное // Москва: Изд-во Московского университета, 1994. - 512 с.
99. Елаева, О.Ю. Энергосберегающие технологии / О.Ю. Елаева // Птица и птицепродукты. - 2008. - №7. – С. 62.
100. Енкина, О.В. Микробиологические аспекты сохранения плодородия черноземов Кубани / О.В. Енкина, Н.Ф. Коробской. – Краснодар, 1999. – С. 86–107.
101. Еремин, Д.И. Продуктивность севооборотов на черноземе выщелоченном в Северной Лесостепи Тюменской области / Д.И. Еремин, А.Н. Моисеев // Земледелие. - 2013. - №5. – С. 10-11.
102. Ерешко, А.С. Ячмень: от селекции к производству / А.С. Ерешко. – Ростов н/Д: ООО «Терра Принт». - 2007. – 184 с.
103. Есаулко, А.Н. Пути оптимизации систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья / А.Н. Есаулко. – Ставрополь: Агрус, 2006. – 303 с.
104. Есипенко, С.В. Эффективность применения поликомпонентных удобрений под озимую пшеницу, возделываемую на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / С.В. Есипенко; Кубанский госагроуниверситет. – Краснодар, 2013. – 24 с.
105. Еськов, А.И. Биологические ресурсы воспроизводства плодородия почв / А.И. Еськов // Бюл. ВИАУ. - №114. - 2001. – С. 84-85.
106. Еськов, А.И. Техническое обеспечение использования органических удобрений / А.И. Еськов, В.В. Рябков // Агрохимический вестник. – 2013. - №4. – С.13-15.

107. Еськов, А.И. Технологическое обеспечение производства и использования органических удобрений / А.И. Еськов // Техника и оборудование для села. – 2005. - №6. – С. 12-15.
108. Ефремов, В.А. Эффективность куриного помёта и биогумуса в звене полевого севооборота кукуруза-ячмень-просо на карбонатном черноземе Ростовской области: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. / Ефремов Виталий Александрович. – пос. Персиановский, 1998. - 194 с.
109. Ефремов, Е.Н. Субсидирование использования минеральных удобрений и ВТО / Е.Н. Ефремов, В.Г. Сычев // Плодородие. - №4. - 2012. – С.1-4.
110. Жеряков, Е.В. Отзывчивость сорта и гибридов сахарной свеклы на минеральные удобрения / Е.В. Жеряков // Вестник Алтайского госуниверситета. – 2012. - №11. – С.7-12.
111. Жирнов, И.В. Эффективность различных приемов локального применения удобрений под яровой ячмень на южном чернозёме Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Жирнов Иван Викторович; Донской госагроуниверситет. – Персиановка, 1995. – 24 с.
112. Журбицкий, З.И. К вопросу изучения эффективности удобрений / З.И. Журбицкий // Агрохимия. – 1975. - №12. – С. 117–120.
113. Завалин, А.А. Управление азотным питанием растений в почве / А.А. Завалин, Г.Г. Благовещенская, Л.С. Чернова, Н.Я. Шмырева // Агрохимический вестник. – 2012. - №4. – С. 38-40
114. Загорча, Г.М. Оптимизация системы удобрения в полевых севооборотах / Г.М. Загорча – Кишинёв: «Штиинца», 1990. – 288 с.
115. Захарчук, П.В. Запасы, распределение и подвижность калия в сероземах / П.В. Захарчук // Почвоведение. – 1962. - №4. – С. 31.
116. Зверева, Н.С. Переработка отходов птицеферм / Н.С. Зверева, С.К. Логинов, А.В. Мосевнин // Птицеводство. – 2007. - №3. - С. 27-30.
117. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 годы. – Ростов-на-Дону.: Донской издательский дом, 2013. - Ч. 1. - 248 с.

118. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 годы Ростов-на-Дону.: Донской издательский дом, 2013. - Ч. 1. - 272 с.
119. Зональные системы земледелия Ростовской области на ландшафтной основе / Под ред. В.П. Ермоленко. – Рассвет, 2007. – 244 с.
120. Игнатьев, С.А. Формирование продуктивности гибридов кукурузы при разных уровнях минерального питания на предкавказских карбонатных черноземах: автореф. дис ... канд. с.-х. наук / И.С. Игнатьев. – Волгоград, 1995. – 25 с.
121. Изерская, Л.А. Влияние длительного орошения стоками животноводческих комплексов на агроэкологическое состояние серых лесных почв / Л.А. Изерская, Л.К. Цыцарев // Тезисы докладов II съезда общества почвоведов. - М.: ВНИИЦ-лесресурс, 1996. - С. 349 - 350.
122. Исаков, Я.И. Отзывчивость на минеральное питание / Я.И. Исаков, С.А. Игнатьев // Кукуруза и сорго. – 1990. - №5. – С. 3-37.
123. Использование птичьего помёта в земледелии (научно-методическое руководство) / Под общей редакцией академиков РАСХН В.И. Фисинина и В.Г. Сычева. – М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2013. – 272 с.
124. Использование птичьего помёта в земледелии Ростовской области: научно-практические рекомендации / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев, В.А. Ефремов, Д.А. Манашов и др. - пос. Персиановский: Изд-во Донского госагроуниверситета, 2016. - 86 с.
125. Калийный режим чернозема выщелоченного Западного Предкавказья в условиях агрогенеза / А.Х. Шеуджен, В.П. Суетов, Л.М. Онищенко, М.А. Осипов, С.В. Есипенко, Т.Н. Бондарева, Т.Ф. Бочко // Труды Кубанского госагроуниверситета. – 2014. - №3 (48). – С. 114-119.
126. Каменев, Р.А. Влияние способов и сроков внесения минеральных удобрений на урожайность, ярового ячменя и зернового сорго, использование ими питательных веществ из удобрений на черноземе обыкновенном: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Р.А. Каменев. - Персиановский. – 2006. – 26 с.

127. Карапетян, А.Р. Формы калия в карбонатном черноземе при длительном применении калийных удобрений / А.Р. Карапетян // Биологический журнал Армении. – 1985. - №3. – С. 264-267.
128. Карпинец, Т.В. Оптимизация калийного режима эродированных типичных чернозёмов ЦЧЗ: автор. дисс.... канд. биол. наук / Т.В. Карпинец. - Москва, 1988. - 24 с.
129. Картамышева, А.А. Эффективность производства масличных культур в Ростовской области / А.А. Картамышева // Межд. конф. молодых учёных и специалистов, ВНИИ масличных культур. - 2009. – С.100-104.
130. Катылымов, М.В. Микроэлементы и микроудобрения / М.В. Катылымов. – Москва. - Ленинград: Химия, 1965. – 330 с.
131. Кауричев, И.С. Миграция и трансформация фосфора жидкого навоза в дерново-подзолистой почве / И.С. Кауричев, А.И. Карпухин, В.Г. Гринюк // Агрохимия. – 1983. – №10. – С. 11-118.
132. Каюмов, М.К. Программирование продуктивности полевых культур: справочник / М.К. Каюмов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.
133. Кидин, В.В. Система удобрения: учебник / В.В. Кидин. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. – 534 с.
134. Кидин, В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / В.В. Кидин. - Москва: Изд-во РГАУ - МСХА, 2008. – Ч. 1. - 415 с.
135. Кирейчева, Л.В. Управление использованием органических отходов в сельском хозяйстве на региональном уровне / Л.В. Кирейчева, А.В. Тиньгаев // Плодородие. - 2010. - №5. – С. 2-3.
136. Кисилев, Н.Н. Влияние навоза, птичьего помёта и минеральных удобрений на урожай и качество подсолнечника / Н. Н. Кисилев, А. С. Соколов // Мат. межд. научн.-практ. конф. «Состояние и перспективы развития агрономической науки». – пос. Персиановский, 2007. – С. 51 - 53.

137. Кисиль, Н. Способы переработки помёта / Н. Кисиль, Э. Тер-Саркисян // Птицеводство. - 2007. - № 8. – С. 48-50.
138. Классификация и диагностика почв СССР / В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.И. Иванова и др.– Москва: «Колос», 1977. – 224 с.
139. Клыков, В.В. Влияние минеральных удобрений и бактериальных препаратов на урожайность и качество проса на черноземе южном: дис.... канд. с.-х. наук / В.В. Клыков. – пос. Персиановский, 2013. - 149 с.
140. Ковалев, Н.Г. Ресурсосберегающие технологии переработки органического сырья / Н.Г. Ковалев // Птица и птицепродукты. - 2008. - №4. – С.21-23.
141. Комаревцева, Л.Г. Влияние удобрений на микробиологическую активность почвы и фракционный состав гумуса / Л.Г. Комаревцева // Матер. 44-й Межд. науч. конф. молодых ученых и специалистов «Комплексное применение средств химизации в адаптивно-ландшафтном земледелии». – Москва, 2010. – С.132-136.
142. Кондыков, И.В. Роль гороха полевого в диверсификации сырьевой базы кормопроизводства / И.В. Кондыков // Земледелие. – 2010. - №5. –С. 21-22.3
143. Коплен-Дикс, И.С. Роль минеральных удобрений в эвтрофикации вод суши / И.С. Коплен-Дикс, Г.В. Назаров, В.К. Кузнецов. – Ленинград: Наука, 1985. – 182 с.
144. Коренев, Г. В. Сахарная свёкла / Г.В. Коренев, П.И. Подгорный, С.Н. Щербак // Растениеводство с основами селекции и семеноводства, 2013. - С. 379-409.
145. Кореньков, Д.А. Минеральные удобрения при интенсивных технологиях / Д.А. Кореньков. – Москва, 1990. – 168 с.
146. Кореньков, Д.А. Справочник агрохимика / Д.А. Кореньков. – Москва, 1976. – 261 с.
147. Коротков А.А. Вымывание элементов питания из дерново-подзолистой пахотной песчаной почвы в условиях интенсивной химизации / А.А. Коротков, Е.И. Кравчук // Агрохимия. – 1986. - №11. – С. 86-89.
148. Кочергин, А.Е. Динамика аммиачного и нитратного азота в прииртышском черноземе под посевом яровой пшеницы / А.Е. Кочергин, О.А. Остроумова // Почвоведение. - 1957. - №8. – С. 86-92.

149. Кочисов, С.М. Значение кукурузы на зерно в мировом сельском хозяйстве / С.М. Кочисов // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2011. - №4. – С. 86-88.
150. Кравец, А. Биологическая активность препаратов из куриного помёта / А. Кравец, Л. Касимова, Д. Николаева // Главный агроном. – 2015. - №6. – С.9-10.
151. Красницкий, В.М. Влияние гидротермических факторов на подвижность фосфора в черноземных почвах / В.М. Красницкий, О.Т. Ермолаев // Плодородие. – 2012. - №3. – С. 19-22.
152. Кретович, В.Л. Биохимия растений: учебник для студентов биологических фак. ун-тов / В.Л. Кретович. - Москва: Высшая школа, 1980. - 445 с.
153. Кудяров, В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений / В.Н. Кудяров. – Москва: Наука, 1989. – С. 9-18.
154. Кудярова, А.Ю. Ландшафтно-агрогеохимический баланс фосфора в сельскохозяйственных регионах / А.Ю. Кудярова, В.Н. Баликин // Агрохимия. – 1982. - №9. – С. 21-27.
155. Кудярова, А.Ю. Миграция фосфора с удобрениями и изменения запасов его в различных почвах СССР // Почвоведение. – 1987. - №2. – С. 67-74.
156. Кудярова, А.Ю. Хемосорбция фосфат-ионов и деструкция органо-минеральных сорбентов в кислых почвах / А.Ю. Кудярова // Почвоведение. – 2010. - №6. – С. 681-697.
157. Кудзин, Ю.К. Особенности фосфорного питания кукурузы при внесении удобрения // Ю.К. Кудзин, С.С. Голуб / Бюл. Всес. НИИ кукурузы. - 1970. - №5. – С. 43-46.
158. Кузнецова, С.В. Управление агрофитоценозом при возделывании самоопыленных линий кукурузы в условиях Центрального Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / С.В. Кузнецова; Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы. – Ставрополь, 2009. – 22 с.
159. Кузьменко, О.В. Современное состояние производства продукции растениеводства в Ростовской области // Известия Оренбургского госагроуниверситета. - 2012. - № 37. – С. 170 –174.

160. Кук, Д.У. Регулирование плодородия почвы / Д.У. Кук - Москва: Колос. 1970. - 515 с.
161. Кулешов, Н.Н. Народнохозяйственное значение кукурузы / Н.Н. Кулешов // Кукуруза. – Москва: Сельхозгиз, 1958. – 250 с.
162. Кулик, М.С. Погода и минеральные удобрения / М.С. Кулик – Ленинград: Гидрометеиздат, 1966. – 139 с.
163. Куфтов, А.Ф. Переработка отходов птицеводства, животноводства и осадков городских сточных вод / А.Ф. Куфтов, В.А. Девисилов, Ю.В. Котельников // Экология и промышленность. - 1998. - № 1. - С. 16-23.
164. Куфтов, А.Ф. Производство сухого помёта – дополнительный источник дохода птицефабрик / А.Ф. Куфтов, В.А. Девисилов, Ю.В. Котельников и др. // Птица и птицепродукты. - 2005. - № 3. - С.11-13.
165. Кушниренко, Е.Ф. Влияние высушивания почв на содержание подвижных форм калия и фосфора / Е.Ф. Кушниренко // Агрохимия. – 1971. - №7. – С. 55-59.
166. Лабынцев, А.В. Применение жидких и твердых азотно-фосфорных удобрений на озимой пшенице и влияние их на урожайность зерна / А.В. Лабынцев, М.А. Щепетьев // Плодородие. – 2012. - №6. – С. 2-3.
167. Лебединцев, А.Н. Избранные труды / А.Н. Лебединцев. – Москва: Сельхозгиз, 1960. – 567 с.
168. Лисовал, А.П. Система применения удобрений: учебное пособие / А.П. Лисовал, В.М. Макаренко, С.Н. Кравченко. - Киев: Вища школа, 1989. - 319 с.
169. Листопадов, И.Н. Плодородие почвы в интенсивном земледелии / И.Н. Листопадов, И.М. Шапошникова. - Москва: Россельхозиздат, 1984. - 205 с.
170. Листопадов, И.Н. Севообороты южных регионов / И.Н. Листопадов. – Ростов-на-Дону. 2005. – 276 с.
171. Лукин, С. Перспективные технологии использования помётных удобрений / С. Лукин // Птицеводство. – 2008. - № 7. – С. 55-57.
172. Лукин, С.М. К 100-летию научных исследований по плодородию почв и применению удобрений: от Судогодского опытного поля до Всероссийского НИИ

органического удобрения и торфа / С.М. Лукин // Агрохимический вестник. – 2013. - №4. – С. 2-7.

173. Лупина, А.А. Диагностика подвижного фосфора в почвах Юго-Восточной зоны Краснодарского края / А.А. Лупина, Н.Л. Эдемская // Результаты, перспективы и методологии агрохимических исследований на Северном Кавказе. – пос. Персиановский, 2004. – С. 87-93.

174. Лупина, А.А. Исследования процессов трансформации биогенных элементов в карбонатных почвах с использованием современных методов / А.А. Лупина, И.Н. Чумаченко, Б.А. Сушеница, И.Ю. Касицкий. – Москва: ЦИНАО, 2003. – 164 с.

175. Лысенко, В.П. Биопрепараты для компостирования птичьего помёта / В.П. Лысенко, Г.Е. Мерзлая, Р.А. Афанасьева // Птицеводство. – 2014. - №3. – С. 39-44.

176. Лысенко, В.П. Органическое удобрение / В.П. Лысенко // Агротехника и агротехнологии. - 2012. - № 3. – С. 50-54.

177. Лысенко, В.П. Переработка отходов – залог повышения экономики / В.П. Лысенко // Птицеводство. – 2013. - №5. – С. 52-56.

178. Лысенко, В.П. Переработка отходов птицеводческих хозяйств: учебное пособие / В.П. Лысенко, В.Г. Тюрин. – Москва: ВНИИГеосистем, 2016. – 428 с.

179. Лысенко, В.П. Переработка помёта в фермерских птицеводческих хозяйствах / В.П. Лысенко, А.П. Агеичкин, О.Н. Титов // Птицеводство. – 2014. - №7. – С. 48-52.

180. Лысенко, В.П. Птицефабрика – курс на безотходность / В.П. Лысенко // АПК Эксперт. – 2013. - № 1-2. – С. 24.

181. Лысенко, В.П. Птицефабрики – союзники земледельцев / В.П. Лысенко // Земледелие. – 2014. - №5. – С. 20-21.

182. Лысенко, В.П. Птицефабрики России – поставщики эффективных экологически чистых удобрений / В.П. Лысенко, А.Ю. Семенцов // Достижения науки и техники АПК.- 2002.- № 5.- С.19-20.

183. Лысенко, В.П. Птичий помёт – отход или побочная продукция? / В.П. Лысенко // Птицеводство. – 2015. - №6. – С.55-56.

184. Мажуга, Г.Е. Удобрение подсолнечника на обыкновенном мицелярно-карбонатном чернозёме в Ростовской области: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Г.Е. Мажуга. - пос. Персиановский, 1998. - 18 с.
185. Макаров, Б.Н. Газовый режим почвы / Б.Н. Макаров. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 104 с.
186. Маклецова, О. Влияние норм высева на продуктивность различных сортов подсолнечника в условиях южной правобережной микрозоны Саратовской области / О. Маклецова, Г. Караваева, А. Субботин // Главный агроном. - № 12. - 2013. – С. 30-31.
187. Малофеев, В.И. Органические удобрения: способы подготовки и внесения / В.И. Малофеев. - Москва: Знание, 1988. - 64 с.
188. Малюга, Н.Г. Агротехнология, урожайность и качество зерна озимой пшеницы на Кубани: Монография / Н.Г. Малюга, А.И. Радионов, А.В. Загорулько. - Краснодар: Изд-во Кубанского госагроуниверситета, 2004. - 250 с.
189. Малюга, Н.Г. Подсолнечник. Биология и агротехника выращивания на юге России: монография / Н.Г. Малюга, А.А. Квашин, А.В. Загорулько. - Краснодар, 2011. - 302 с.
190. Манашов, Д.А. Применение индюшиного помёта при возделывании подсолнечника на чернозёме обыкновенном Ростовской области: дис. ... канд. с.-х. наук / Д.А. Манашов. - пос. Персиановский, 2015. - 247 с.
191. Маругина, Н. Об эффективности органики в севообороте по природным зонам / Н. Маругина // Экономист. – 2012. - № 4. – С. 79-82.
192. Марчук, И.У. Удобрение и их использование: справочник / И.У. Марчук, А.В. Савчук, Е.А. Филонов, В.М. Макаренко, В.Е. Гозстальный. – Москва: 2011. – 350 с.
193. Матросова, Л.Е. Современный экологический подход к переработке органических отходов / Л.Е. Матросова // Ветеринарный врач. - 2005. - №2. – С. 21-23.
194. Мачигин, Б.П. Поглощение фосфатов почвами Средней Азии / Б.П. Мачигин. Удобрение хлопчатника. - Ташкент, 1948. - С. 43-51.

195. Медведева, О.П. Фиксация калия удобрений в необменной форме и его доступность растениям / О.П. Медведева // Агрохимия. – 1971. - №12. – С. 38-45.
196. Мерзлая, Г.Е. Ресурсы птицефабрик для производства органических удобрений / Г.Е. Мерзлая, В.П. Лысенко// Агрохимический вестник. - 2005. -№3. – С.12-13.
197. Мингалев, С.К. Эффективность куриного помёта при удобрении сельскохозяйственных культур / С.К. Мингалев, В.Р. Лаптев, А.В. Абрамчук, О.В. Овсяникова // Аграрная наука. - 2000. - № 8. - С.17-18.
198. Минеев, В.Г. Агрохимия и экологические функции калия / В.Г. Минеев. – Москва: Изд-во Московского государственного университета, 1999. – 332 с.
199. Минеев, В.Г. Агрохимия. / В.Г. Минеев. – Москва: Изд-во Московского государственного университета, 1990. – 622 с.
200. Минеев, В.Г. Агрохимия. / В.Г. Минеев. - изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва: КолосС, 2004. - 720 с.
201. Минеев, В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В.Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. – Москва: Колос, 1993. – 415 с.
202. Минеев, В.Г. История и состояние агрохимии на рубеже XXI / В.Г. Минеев. – Москва: Изд-во Московского государственного университета, 2006. - 795 с.
203. Минеев, В.Г. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. / под. ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Изд-во Московского государственного университета, 2001. – 689 с.
204. Мишустин, Е.Н. Роль бобовых культур и свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов в азотном балансе земледелия / Е.Н. Мишустин, Н.И. Черепков // Круговорот и баланс азота в системе почва – удобрения – растения – вода. – Москва: Наука, 1979. – С. 9-18.
205. Моисейченко, В.Ф. Основы научных исследований в агрономии / В.Ф. Моисейченко, М.Ф. Трифонова, А.Х. Заверюха, В.Е. Ещенко. – Москва: Колос, 1996. – 336 с.

206. Мокриевич, Г.Л. Действие удобрений в звене севооборота на североприазовском черноземе // Г.Л. Мокриевич, Е.В. Агафонов / Агрохимия. – 1976. - №5. – С. 40-46.
207. Мосолов, И.В. Физиологические основы применения удобрений / И.В. Мосолов. - 2-е изд. – Москва: Колос, 1979. – 255 с.
208. Мунтян, Е. Свеклосахарному подкомплексу - сбалансированное развитие / Е. Мунтян // Экономика сельского хозяйства России. - 2013. - №4. – С. 32-37
209. Муравин, Э.А. Агрохимия / Э.А. Муравин. - Москва: КолосС, 2004. - 384 с.
210. Назаренко, О.Г. Роль агрохимических мероприятий в стабилизации урожайности зерновых культур на территории Ростовской области / О.Г. Назаренко, В.И. Продан, И.В. Сагакова // Зерновое хозяйство России. – 2016. - №1. – С. 18-24.
211. Наумкин, В.Н. Пищевые и целебные свойства культурных растений: Учебное пособие / В.Н. Наумкин, А.С. Мацнёв, А.Р. Маширов и др. – Белгород: Изд-во Белгородская сельхозакадемия, 2005. – 282 с.
212. Научные основы и рекомендации по эффективному применению органических удобрений: (по зонам страны) / ВАСХНИЛ, ВНИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова; [выполнены Г.Е. Мерзлой и др.]; Под ред. Н.З. Милащенко, 1991. - 216 с.
213. Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирование систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 1. Теоретическое и методические основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий. Коллективная монография. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. – 756 с.
214. Ненайденко, Г.Н. Органические удобрения в современном земледелии: учебное пособие / Г.Н. Ненайденко, Л.И. Ильин; Иван. гос. с.-х. акад., Владимир. НИИСХ. - Иваново: ПресСто, 2015. - 187 с.
215. Никитин, С.В. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность гибридов кукурузы в зоне неустойчивого увлажнения: автореф. дис. ...

- канд. с.-х. наук / С.В. Никитин; Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы. – Ставрополь, 2012. – 22 с.
216. Никулин, Н. Современные биогазовые технологии – перспективный метод решения экологических проблем агропромышленного комплекса / Н. Никулин // Главный агроном. - № 9. - 2012. – С. 67-69.
217. Новиков, М.Н. Птичий помёт – ценное органическое удобрение / М.Н. Новиков, В.И. Хохлов, В.В. Рябков. – Москва: Росагропромиздат, 1989. - 80 с.
218. Новиков, М.Н. Птичий помёт / Органические удобрения: справочник / М.Н. Новиков, Е.П. Панов. - Москва: Агропромиздат, 1988. – С. 51-60.
219. Носко, Б.С. Влияние длительного применения минеральных и органических удобрений на фосфатный фонд чернозёма типичного легкосуглинистого / Б.С. Носко, А.И. Шевченко, В.И. Бабышев // Агрохимия. – 2008. - №9. – С. 23-28.
220. Об утверждении коэффициентов перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур: приказ Минсельхоза РФ от 11.01.2013 № 6 // Гарант Эксперт 2015 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2015.
221. Овсяникова, Г.В. Возделывание озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте при систематическом внесении удобрений // Г.В. Овсяникова, С.А. Раева, М.Е. Кравченко // Зерновое хозяйство России. - №6.- 2011.- С.46-48.
222. Ониани, О.Г. Агрохимия калия / О.Г. Ониани. – Москва: «Наука», 1981. – 200 с.
223. Ониани, О.Г. Фосфатный режим кислых почв и применение фосфорных удобрений на чайных плантациях Грузии / О.Г. Ониани. – Тбилиси, 1974. – 306 с.
224. Онищенко, Л.М. Агрохимические основы воспроизводства плодородия чернозёма выщелоченного Западного Предкавказья и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур: дис. ... д-ра с.-х. наук / Л.М. Онищенко – Краснодар, 2015. – 668 с.
225. Органические удобрения в интенсивном земледелии / В.А. Васильев, И.И. Лукьяненко, В.Г. Минеев и др.; под ред. В.Г. Минеева. – Москва: Колос, 1984. – 303 с.

226. Органические удобрения для производства экологически чистых продуктов питания / В.Д. Харитонов, В.И. Базилов, А.А. Егоров, М.В. Волчков, В.В. Гущин, Б.В. Кулишев, В.П. Лысенко // Пищевая промышленность. – 2012. - №8. – С. 22-23.
227. Орел, А.Н. Калий в черноземах Воронежской области / А.Н. Орел, В.Н. Романюк // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. - №2. – С.3-6.
228. Основы биоэнергетической оценки производства продукции растениеводства: учебное пособие / А.В.Удалов, А.П. Авдеенко, А.М. Струк, В.В. Удалов, И.В. Петровская, М.А. Збраилов. – пос. Персиановский: Донской госагроуниверситет, 2008. – 103 с.
229. Оценка эффективности применения новой формы азотного удобрения / А.А. Завалин, С.А. Шафран, Л.С. Чернова, Г.Г. Благовещенская, Т.М. Духанина, Л.Э. Байрамов, Л.М. Дубровских // Агрохимия. – 2009. – № 12. – С. 11–17.
230. Павлов, А.Н. Об оттоке азота из вегетативных органов в зерно у пшеницы и кукурузы // Сельскохозяйственная биология. 1969. - Т.4. - № 2. - С. 230-235.
231. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 511с.
232. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрения и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. - Москва: Колос, 1977.- 184 с.
233. Перевалов, М.И. Запасы и распределение калия в дерново-подзолистых и черноземных почвах / М.И. Перевалов, Н.Н. Поддубный // Известия ТСХА. – 1977. - №4. – С. 101-107.
234. Петербургский, А.В. Агрохимия и физиология растений. - Москва: Россельхозиздат, 1981.-184 с.
235. Петербургский, А.В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии / А.В. Петербургский. – Москва: «Наука», 1979. – 168 с.
236. Петербургский, А.В. О рекомендациях по применению калийных удобрений / А.В. Петербургский // Химизация в сельском хозяйстве. - 1991. - №3. - С. 101-106.

237. Петрова, А.В. Содержание различных форм калия в эродированных карбонатных черноземах Краснодарского Края / А.В. Петрова // Агрохимия. – 1981. - №7. – С. 31-36.
238. Платонов, В.А. Оптимизация условий влагообеспеченности сельскохозяйственных культур / В.А. Платонов. – Ленинград: Гидромет, 1982. – 117 с.
239. Плешков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных культур / Б.П. Плешков. 5-е изд. - Москва. Агропромиздат, - 1987. - 494 с.
240. Погорелов, Ю.Г. Выявление уровней обеспеченности выщелоченного чернозема обменным калием / Ю.Г. Погорелов // Факторы повышения эффективности использования азота и фосфора из удобрений сельскохозяйственными культурами: Тр. Кубанского сельхозинститута. – Краснодар, 1988. – Вып. 286 (314). – С. 22-26.
241. Подколзин, О.А. Сохранение и повышение плодородия почв сельскохозяйственных угодий Краснодарского края / О.А. Подколзин // Матер. X межд. симпозиума НП «Содружество учёных агрохимиков и агроэкологов»: «Совершенствование методологии агрохимического обеспечения современного земледелия». – ВНИИА. - г. Москва. – 2017. – С.34-40.
242. Поздняков, А.И. Оценка действия бесподстильного навоза на бессменные агроценозы многолетних трав и свойства дерново-подзолистой почвы классическими и электрофизическими методами / А.И. Поздняков, А.П. Шваров, С.И. Тарасов, И.В. Русакова // Проблемы агрохимии и экологии. - 2015. - № 1. - С. 22-29.
243. Понятовский, Ф.А. Применение подстильного куриного помёта и минеральных удобрений под сахарную свёклу на черноземе обыкновенном: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. / Ф.А. Понятовский. – пос. Персиановский, 2006. – 152 с.
244. Попов, П.Д. Рекомендации по использованию птичьего помёта на удобрение. / П. Д. Попова. - Владимир, 1986. - 32 с.
245. Посыпанов, Г.С. Растениеводство / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Г.В. Корнев и др.; под ред. Г.С. Посыпанова. – Москва: Колос, 1997. - С.448.

246. Применение биопрепарата «Тамир» для ускоренной переработки подстилочного и бесподстилочного свиного навоза в органическое удобрение / Ю.В. Пономарева, С.Б. Баранова, А.А. Теучеж [и др.] // Эффективное животноводство. - 2012.- № 5 (78). - С. 32-34.
247. Прокошев, В.В. К вопросу о состоянии калия и сопутствующих элементов в системе почва – растение – удобрение / В.В. Прокошев, Т.А. Соколова // Матер. 22-го межд. коллоквиума «Выработка рекомендаций по применению калийных удобрений». - Солигорск, 1990. – Т.1. – С. 105-128.
248. Прокошев, В.В. Калий и калийные удобрения: практ. руководство / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин. – Москва: Ледум, 2000. – 185 с.
249. Прокошев, В.В. Калийные удобрения. Значение, производство, применение, экология / В.В. Прокошев, И.М. Богдевич // Международный институт калия, 1994. – 67 с.
250. Прянишников, Д.Н. Избранные произведения. В трёх томах, т. III. Общие вопросы земледелия и химизации / Д.Н. Прянишников – Москва: Изд-во «Колос», 1965. – 639 с.
251. Пчелкин, В.У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. - Москва: Колос, 1966. - 336 с.
252. Рециклинг отходов в АПК: справочник И.Г. Голубев, И.А. Шванская, Л.Ю. Коноваленко, М.В. Лопатников – Москва: Росинформагротех, 2011. – 296 с.
253. Руделев, Е.В. Минерализация-иммобилизация азота в основных типах почв России: автореф. дисс. д-ра биол. наук / Е.В. Руделев. – Москва: ВИУА. – 1992. - 34 с.
254. Руднев, Г.В. Метеорология на службе урожая / Г.В. Руднев. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. – 159 с.
255. Руководство для агрометеорологических постов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. – 145 с.
256. Русакова, И.В. Воспроизводство плодородия почв на основе использования возобновляемых биоресурсов / И.В. Русакова // Агрохимический вестник. – 2013. - №4. – С. 7-12.

257. Рымарь, В. Т. Биологическая активность почвы в различных севооборотах / В. Т. Рымарь, Г. П. Покудин, В. И. Турусов // Севооборот в современном земледелии : сб. науч. тр. / МГУ. – М. : Изд-во МСХА, 2004. – С. 134–137.
258. Ряховский, А.В. Достоинства и недостатки органических удобрений // А.В. Ряховский, В.Н. Кравченко, С.И. Лысенко / Плодородие. - №3. - 2007. – С. 2-3.
259. Самоделкин, А.Г. Проблемы утилизации органических отходов на свиноводческих предприятиях промышленного типа / А.Г. Самоделкин, В.И. Титова, Е.В. Дабахова // Агрохимический вестник. - 2013. - № 1.– С.31-33.
260. Сдобников, С.С. Использование торфопометного компоста под кормовые культуры / С.С. Сдобников, Г.В. Фетисов, Н.П. Гришанов // Бюллетень ВИУА. - 1988. – Вып. №88. - С. 21-26.
261. Сдобникова, О.В. Фосфорные удобрения и урожай / О.В. Сдобникова. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 110 с.
262. Седых, В.А. Перспективы создания органических удобрений с заданными свойствами на основе птичьего помёта (обзор) / В.А. Седых, П.Ю. Карнауш // Плодородие. - 2010. - № 6. - С. 14-15.
263. Сейр Дж. Д. Минеральное питание кукурузы / Дж. Д. Сейр Кукуруза и её улучшение. – пер. с англ. – Москва: Изд-во Московского университета, 1969. - 416 с.
264. Симакин, А.И. Почвенно-климатические условия Северного Кавказа и эффективность удобрений / А.И. Симакин // Докл. советских участников на 8 Международном конгрессе по минеральным удобрениям. – Москва, 1976. – Ч. 1. – С. 89-95.
265. Скрыльник, Е.В. Влияние отходов животноводства и птицеводства на физико-химическое состояние черноземных почв / Е.В. Скрыльник, Р.А. Розумная, Е.А. Головачев // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям: Тезисы докладов Всероссийской конференции. - Москва: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2002. – С. 184 – 185.
266. Слейчер, Р. Водный режим растений / Р. Слейчер. - Москва: Мир, 1970. – 365 с.

267. Смиловенко, Л.А. Новые сорта и гибриды сельскохозяйственных культур / Л.А. Смиловенко, Б.В. Романов, Т.А. Чепец. - пос. Персиановский, 2007. - Ч.1 – 167 с.
268. Смирнов, П.М. Агрохимия / П.М. Смирнов, Э.А. Муравин. – изд. 3-е, перераб. и доп. – Москва: Агропромиздат, 1991. - 287 с.
269. Совершенствование способов обработки темно-каштановой почвы и внесения азотных удобрений под подсолнечник / Ю.Н. Плескачев, И.Б. Борисенко, В.Ю. Мисюряев, А.Н. Сидоров // Плодородие. - 2012. - №2. – С. 24-26.
270. Сотченко, В.С. Отзывчивость родительских форм линий кукурузы на засушливые и влагообеспеченные условия выращивания / В.С. Сотченко, А.Г. Горбачева, И.А. Ветошкина, Ю.В. Сотченко, О.Г. Панфилова // Кукуруза и сорго. – 2014. - №3. – С. 3-8.
271. Сотченко, В.С. Перспективная ресурсосберегающая технология производства кукурузы на зерно: метод. рекомендации. / В.С. Сотченко. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. - 72 с.
272. Статья дохода или уголовная статья? // Деловой крестьянин. - №5. - 2013. – С. 22-25.
273. Стукалов, М.Ю. Система применения минеральных и бактериальных удобрений под горох на обыкновенном карбонатном черноземе в Ростовской области автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / М.Ю. Стукалов; Донской госагроуниверситет. – п. Персиановский, 1999. – 18 с.
274. Стулин, А.Ф. Агрохимические свойства длительно удобряемого чернозема в монокультуре кукурузы / А.Ф. Стулин // Кукуруза и сорго. – 2014. - №2. – С. 8-12.
275. Сушеница, Б.А. Фосфатный уровень почв и его регулирование / Б.А. Сушеница. - Москва: Колос, 2007. - 376 с.
276. Сычев, В.Г. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений / В.Г. Сычев, С.А. Шафран. – Москва: ВНИИА, 2013. – 296 с.
277. Сычев, В.Г. О балансе питательных веществ в земледелии России / В.Г. Сычев, С.А. Шафран // Плодородие. – 2017. - №1(94). – С. 1-4.

278. Сычев, В.Г. Прогноз потребности сельского хозяйства России в минеральных удобрениях к 2030 г. / В.Г. Сычев, С.А. Шафран, Т.М. Духанина // Плодородие. – 2016. - №2 (89). – С. 5-7.
279. Сычёв, В.Г. Современное состояние и динамика плодородия пахотных почв России / В.Г. Сычёв, М.И. Лунёв, А.В. Павлихина // Плодородие. – 2012. - №4. – С. 5-7.
280. Тарасов, С.И. Новые национальные стандарты использования органических удобрений / С.И. Тарасов, Л.М. Шалова // Агрохимический вестник. - 2010. - № 4. - С. 9-11.
281. Титова, В.И. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистых почв после длительного применения птичьего помёта / В.И. Титова, Варламова Л.Д. // Агрохимический вестник. – 2002. - № 6. - С. 24-26.
282. Титова, В.И. Влияние длительного применения жидких органических удобрений на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы / В.И. Титова, О.Д. Шафронова // Тез. докл. II съезда Общества почвоведов, кн. 1. - С.-Пб.: РАН, 1996. - С. 411.
283. Титова, В.И. Индустриальное птицеводство и экология: опыт сосуществования / В.И. Титова, Л.К. Седов, Е.В. Дабахова. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2004. – 251 с.
284. Толорая, Т.Р. Влияние корневой подкормки минеральными удобрениями на урожайность и качества зерна кукурузы / Т.Р. Толорая, В.П. Малаканова, Д.В. Ломовской, А.И. Елисеев // Агрохимия. - 2008. - №12. – С. 35-39.
285. Толстоусов, В.П. Удобрения и качество урожая / В.П. Тостоусов. – М.: Колос, 1974. – 261 с.
286. Томас, Ю.А. Фосфор и эвтрофикации / Ю.А. Томас. Фосфор и окружающая среда. - Москва: Мир, 1977. – С. 638-665.
287. Тремасов, М.Я. К проблеме утилизации органических отходов сельскохозяйственных предприятий / М.Я. Тремасов, А.И. Сергеичев, Л.Е. Матросов // Птицефабрика. - 2006. - № 3. – С. 50-52.

288. Тронева, О.В. Влияние основной обработки почвы при разных уровнях минерального питания на урожайность гибридов кукурузы в зоне неустойчивого увлажнения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / О.В. Тронева; Ставропольский госагроуниверситет. – Ставрополь, 2011. – 22 с.
289. Турусов, В.И. Биогенность почвы (черноземов) в севооборотах с бобовыми культурами / В.И. Турусов, Т.И. Дьячкова, В.М. Гармашов // Плодородие. – 2012. – № 2. – С. 39–41.
290. Турчин, В.В. Обеспеченность чернозёма обыкновенного различными формами калия и эффективность калийных удобрений на озимой пшенице и кукурузе на силос: дис. ... канд. с.-х. наук / В.В. Турчин, 2007. - пос. Персиановский. - 210 с.
291. Тюрин, И.М. Продуктивность новых гибридов кукурузы в зависимости от уровня минерального питания в южной зоне Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И.М.Тюрин; Донской госагроуниверситет. – п. Персиановский, 2010. – 22 с.
292. Удобрение в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: учебное пособие / А.М. Артюшин и др.; ред. И.П. Дерюгин. - М.: Агропромиздат, 1991. – 223 с.
293. Уоллес, Г. Кукуруза и её возделывание: пер. с англ. / Г. Уоллес, Е. Брессман. Изд-во Иностранной литературы, 1955. – 255 с.
294. Устенко, А.А. Болезни и вредители подсолнечника: Учебное пособие / А.А. Устенко, А.В. Усатов – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2010. – 110 с.
295. Ушакова, Г.И. Влияние удобрений на миграцию химических элементов в профиле иллювиально-гумусового подзола / Г.И. Ушакова // Почвоведение. – 1987. - №7. – С. 46-53.
296. Фастюков, Л.С. Влияние длительного применения птичьего помёта на урожайность сельскохозяйственных культур севооборота / Л.С. Фастюков // Агротехника полевых культур в Нечернозёмной зоне РСФСР.- Москва, 1986. - С.75-83.

297. Федотов, В.А. Растениеводство Центрально-Чернозёмного района / В.А. Федотов, В.В. Коломейченко, Г.В. Коренев: под ред. В.А. Федотова. – Воронеж: Центр духовного возрождения Чернозёмного Края, 1998. – 464 с.
298. Фетюхин, И.В. Адаптивная технология возделывания сахарной свёклы в не-традиционных районах свеклосеяния: автореф. дисс. д-ра с.-х. наук / И.В. Фетюхин. – пос. Рассвет, 2003. – 46 с.
299. Филин, В.И. Справочная книга по растениеводству с основами программирования урожая / В.И. Филин. – Волгоград: Волгогр. Госсельхозакадемия. - 1994. - 274 с.
300. Филин, В.И. Удобрение и орошение однолетних кормовых трав в интенсивном кормопроизводстве Прикаспийского региона. / В.И. Филин, М.М. Оконов. – Элиста: АПП «Джангар», 2004. – 304 с.
301. Филиппов, Е.Г. Эффективность возделывания новых сортов ярового ячменя / Е.Г. Филиппов // Зерновое хозяйство России. – 2013. - №4 (28). – С. 36-40.
302. Фискевич, В.А. Влияние приёмов выращивания на элементы структуры и урожайность зерна озимой пшеницы на чернозёме обыкновенном Западного Предкавказья / В.А. Фискевич // Тр. КубГАУ. 2011. - Вып. 5 (32). - С. 134-143.
303. Харченко, С.В. Влияние некорневых подкормок микроэлементами на урожай и качество корнеплодов сахарной свёклы в условиях лесостепи ЦЧЗ: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / С.В. Харченко. - Воронеж. – 2010. - 24 с.
304. Хатламаджиян, А.Л. Удобрение озимой пшеницы по различным предшественникам на чернозёме обыкновенном: дис. канд. с.-х. наук: 06.01.04. / А.Л. Хатламаджиян. - пос. Персиановский, 2010. - 160 с.
305. Хвостиков, Ю.А. Влияние минеральных удобрений на продуктивность подсолнечника, возделываемого на черноземе обыкновенном: автореф. дисс.. канд. с.-х. наук / Ю.А. Хвостиков. - пос. Персиановский, 2007. - 26 с.
306. Хрусталева, Ю.П. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области: монография / Ю.П. Хрусталёв, В.Н. Василенко, И.В. Свисюк, В.Д. Попова, Ю.А. Ларионова. - Ростов-на-Дону, 2002. - 250 с.

307. Цвей, Я.П. Влияние севооборота и системы удобрения на фосфатный режим чернозема выщелоченного / Я.П. Цвей, В.В. Иванина, Е.Т. Петрова, Ю.П. Дубовой // Земледелие. – 2014. - №2. – С. 17-20.
308. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
309. Цуркан, М.А. Агрохимические основы применения органических удобрений / М.А. Цуркан. - Кишинев, 1985. - 287 с.
310. Цуркан, М.А. Агрохимические основы применения различных органических удобрений в интенсивном земледелии Молдавии: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / М.А. Цуркан. - Омск, 1985. - 32 с.
311. Цуркан, М.А. Бесподстилочный помёт в качестве удобрения / М.А. Цуркан, Е.П. Сергенту, А.А. Ципко, А.Г. Мартин // Химизация сельского хозяйства. - 1988. - № 1. – С. 52 - 54.
312. Цуркан, М.А. Временные рекомендации по подготовке и использованию птичьего помёта в качестве удобрения / М.А. Цуркан, Е.П. Сергенту, А.А. Ципко. - Кишинев, 1984. - 22 с.
313. Цуркан, М.А. Использование птичьего помёта в сельском хозяйстве / М.А. Цуркан. - Кишинев, 1977. - 15 с.
314. Цховребов, В.С. Агрогенная деградация черноземов Центрального Предкавказья / В.С. Цховребов. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АРГУС», 2003. – 224 с.
315. Цыганков, А.В. Применение бентонита и минеральных удобрений под озимую пшеницу на тёмно-каштановой почве: дисс. ... канд. с.-х. наук / А.В. Цыганков. – пос. Перисановский. – 2011. - 181 с.
316. Цыганок, В.Д. Подвижность и воспроизводство запаса обменного калия в почвах Молдавии / В.Д. Цыганок, Л.Г. Боян // Эффективность использования удобрений в земледелии Молдавии. - Кишинев, 1988. – С. 107-114.
317. Чекаев, Н.П. Агроэкологическая оценка применения куриного помёта в качестве удобрения / Н.П. Чекаев // Плодородие. – 2009. - № 3. – С.13-14.

318. Чекмарев, В.В. Влияние погодных условий на урожайность ярового ячменя / В.В. Чекмарев, О.В. Постовая // Зерновое хозяйство России. – 2013. - №4 (28). – С. 5-7.
319. Чекмарев, П.А. Применение органических удобрений в Белгородской области / П.А. Чекмарев, В.Я. Родионов, С.В. Лукин // Техника и оборудование для села. – 2011. - №9. – С. 31-33.
320. Чекмарев, П.А. Состояние плодородия почв и мероприятия по его повышению в 2012 г. / П.А. Чекмарев // Агрохимический вестник. - 2012. - № 1. - С. 2-4.
321. Чириков, Ф.В. Агрохимия калия и фосфора / Ф.В. Чириков. - Москва: Сельхозиздат, 1956. – 464 с.
322. Чирков, Ю.И. Агрометеорология / Ю.И. Чирков. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1979. – 320 с.
323. Чумаченко, И.Н. Запасы фосфора в почве и условия эффективного применения фосфорных удобрений под хлопчатник в орошаемых районах Средней Азии / И.Н. Чумаченко. - Москва, 1964. - С. 7-18.
324. Шапошникова, И.М. Особенности применения удобрений на черноземах Ростовской области / И.М. Шапошникова // Научные основы рационального использования черноземов. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1976. – С. 87-91.
325. Шапошникова, И.М. Плодородие черноземов Юга России / И.М. Шапошникова. – Ростов-на-Дону, 2004. – 229 с.
326. Шатилов, И.С. Экологические, биологические и агротехнические условия получения запланированных урожаев / И.С. Шатилов // Известия ТСХА. - 1970.- Вып. 1.- С. 8-14.
327. Шафран, С.А. Динамика применения удобрений и плодородия / С.А. Шафран // Агрохимия. – 2004. - №1. – С. 9-17.
328. Шеуджен, А.Х. Агрохимия / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров. – Майкоп, 2006. -1075 с.
329. Шеуджен, А.Х. Агрохимия чернозема / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: Полиграф-юг, 2015. – 232 с.

330. Шеуджен, А.Х. Питание и удобрение зерновых культур. Кукуруза / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: Изд-во ООО «Аякс», 2010. – 20 с.
331. Шеуджен, А.Х. Питание и удобрение зерновых культур. Пшеница / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: Изд-во ООО «Аякс», 2010. – 64 с.
332. Шеуджен, А.Х. Питание и удобрение зерновых культур. Ячмень / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: Изд-во ООО «Аякс», 2010. – 20 с.
333. Шеуджен, А.Х. Происхождение, распространение и история возделывания культурных растений Северного Кавказа / А.Х. Шеуджен, Е.М. Харитонов, Т.Н. Бондарева. под ред. А.Х. Шеуджена. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2001. - 602 с.
334. Шеуджен, А.Х. Региональная агрохимия. Северный Кавказ: учебное пособие / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Л.М. Онищенко, под ред. И.Т. Трубилина. – Краснодар: Изд-во Кубанского госагроуниверситета, 2007. - 502 с.
335. Шеуджен, А.Х. Система удобрения / Агрохимическая характеристика и климатические условия Северного Кавказа // А.Х. Шеуджен, Н.Н. Нещадим, Л.М. Онищенко. – Краснодар, 2009. - 206 с.
336. Шеуджен, А.Х. Удобрения и оценка экономической эффективности их применения: учеб. пособие / А.Х. Шеуджен, И.Т. Трубилин, Л.М. Онищенко. – Краснодар: Изд-во Кубанского госагроуниверситета, 2012. – 331 с.
337. Шеховцев, В.С. Влияние способов основной обработки каштановой почвы на содержание продуктивной влаги и урожайность подсолнечника / В.С. Шеховцев, Д.В. Кулягин // Плодородие. - №2. - 2012. – С.28-30.
338. Шильников, И.А. Потери элементов питания растений в агробиохимическом круговороте веществ и способы их минимизации / И.А. Шильников, В.Г. Сычёв, А.Х. Шеуджен, Н.И. Аконова, С.В. Кизинёк. - Москва: ВНИИА, 2012. – 351 с.
339. Шиндин, А.П. Кукуруза. Современная технология возделывания. Монография // А.П. Шиндин, В.Н. Багринцева, Т.И. Борщ. А.Г. Горбачева, В.С. Сотченко, Е.Ф. Сотченко, Ю.В. Сотченко. - Москва: ВНИИ Кукурузы, 2009.- 127 с.

340. Шкель, М.П. Влияние бесподстилочного навоза на продуктивность кормовых культур в Полесье БССР/ М.П. Шкель, В.И. Рылушкин, Н.М. Кульчицкий, В.Г. Колесников // Химия в сельском хозяйстве. – 1984. - № 7. - С. 19-23.
341. Шконде, Э.И. Проблема потерь питательных веществ в интенсивном земледелии / Э.И. Шконде, З.К. Благовещенская // IV Система мероприятий по борьбе с потерями питательных веществ. – 1979. - №3. – С. 2-7.
342. Шмелько, И.Н. Совершенствование элементов технологии возделывания кукурузы на зерно на чернозёме обыкновенном: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И.Н. Шмелько. – Ставрополь, 2006. – 21 с.
343. Щерба, С.В. Методика полевого опыта с удобрениями / С.В. Щерба, Ф.А. Юдин // Агрохимические методы исследования почв. - Москва, 1975. – С. 526-584.
344. Щербаков, А.П. О диагностике азотного режима почв / А.П. Щербаков, И.Д. Рудай. / Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ. – Москва: Колос, 1983. – 189 с.
345. Юдин, Ф.А. Методика агрохимических исследований / Ф.А. Юдин. - М.: Колос, 1980. - 366 с.
346. Ягодин, Б.А. Агрохимия / Под. ред. Б.А. Ягодина. - Москва: Колос, 1982.- 371 с.
347. Ягодин, Б.А. Агрохимия. / Под. ред. Б.А. Ягодина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Агропромиздат, 1989. - 639 с.
348. Янковский, Н.Г. Совершенствование технологий возделывания новых сортов озимого и ярового ячменя на Северном Кавказе: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Янковский Николай Григорьевич; Донской госагроуниверситет. – Персиановский, 2006. – 42 с.
349. Янковский, Н.Г. Технология возделывания ячменя на Дону / Н.Г. Янковский. – Ростов-на-Дону: ООО «Терра», 2005. – 224 с.
350. Alexander, M. Microbiology of the soil / M. Alexander // Advances in Microbiolog. Biology. – 1978. Vol. 2 – XLV. - P. 297 с.

351. Azzi, G. Agricultural ecology. / G. Azzi // Constable and Co Limited, London. – 1956. pp: 424.
352. Barnette, R.M., Warner, I.D. A response of chlorotic corn plants to the applications of zinc sulfate to the soil // Soil. Sc., 1935. – V. 39. - P. 145-156.
353. Bellemakers, M.J.S. Effects of alkalinity and external sulphate and phosphorus load on water chemistry in enclosures in an eutrophic shallow lake // M.J.S. Bellemakers, M. Maessen / Water, Air, and Soil Pollut. 1998. V. 101 (1-4). P. 3-13.
354. Devin, J. Availability of phosphate as effected by duration of fertilizer contact with soil / J. Devin, D. Guhary, S. Larsen // Agric. Sol., 1968, v. 7-1, No 3.
355. Evangelou, V.P. New developments and perspectives on soil potassium quantity / intensity relationships / V.P. Evangelou, J. Wang, R.E. Philips // Adv. in Agron. – New York. - London, 1994. – Vol. 52. – P. 173-227.
356. Feng Liu, Guang-Guo Ying, Ran Tao, Jian-Liang Zhao, Ji-Feng Yang, Lan-Feng Zhao. Effects of six selected antibiotics on plant growth and soil microbial and enzymatic activities // Environmental Pollution 157, 2009. 1636–1642.
357. Finck, A. Fertilizers and fertilization. Introduction and practical guide to crop fertilization / A. Finck, - Weintem. Deerfield beach, Florida, Basel, 1982. - 438 p.
358. Fitter H., A.A. Relationship between phosphorus requirement, the immobilization of added phosphate, and the phosphate buffering capacity of colliery shales / A.A. Fitter H. // Soil Sci., 1974, 25, N 1, P. 41-50.
359. Isfan, D. Forecasting corn nitrogen fertilizer rate based on soil water fluctuation. – Communic // Soil Sc. Plant Analyse, 1984. – V. 12. – №11. – p. 1067-1083.
360. Larson, S. Ageing of phosphate added to soil / S. Larson, A.E. Widdowson // Soil Sci., 1976, 22, N 1, P. 5-7.
361. Mutcscher, H. Measurement and assessment of soil potassium / H. Mutcscher // - IPI Research Topics. - №4, Int. Potash Inst. - Basel, 1995. –102 p.
362. Schneider, A. Short – term release and fixation of K in calcareous clay soils. Consequence for K buffer power prediction / A. Schneider // Europ. J. Soil Sc. - 1997. – Vol. 48. - №3. - P. 499-512.

363. Tompson, C.A. Fertilizing dryland wheat on upland soils in the 20 to 26-inch reinfall area in Kansas // C.A. Tompson / Agricultural experiment Station Univ. of state Kansas. 1975. Bull. 590. P. 1-20.
364. Van Beusichem, M.L. One hundredth molar calcium chloride extraction procedure. Part I: a review of soil chemical, analytical, and plant nutritional aspects / Van Beusichem M.L. // Commun. Soil Sci. Plant Anal. - 1998. - Vol. 29. - №11-14. - P. 1603-1623.
365. Van Dist, A. Soil and plant factors affecting potassium availability /Van Dist A. //Soil testing, plant analysis and fertilizer evaluation for potassium. Potash. Res. Inst. Of India Review Series 4. Proceed. group discus. (November 22-23, 1985). - New Delhi: Model Press Private Ltd., 1987. P. 157-166.
366. Voss, R. Apply nitrogen this fall or wait until next spring? / R. Voss, R. Killorn // Wallaces Farmer, 1984. - V.109. – №18. – p. 36-37.
367. "Влияние антибиотиков на развитие микроорганизмов" (электронная библиотека). http://revolution.allbest.ru/biology/00100917_0.html
368. Электронная энциклопедия <http://enc-dic.com/colier/Antibiotiki-503>
369. Сообщество профессионалов агропромышленной отрасли agroday "Итоги аграрного года - 2014" [http:// agroday. ru /interview/ itogi_agrarnogo _goda-2014_v_rostovskoi_oblasti](http://agroday.ru/interview/itogi_agrarnogo_goda-2014_v_rostovskoi_oblasti)

Приложения

Метеоусловия по годам исследований (по данным метестанции Маргаритово)

1	2	3	4	5	6	7
Месяцы	Средне- много- летняя сумма осадков	2010- 2011 гг.	2011- 2012 гг.	2012- 2013 гг.	2013- 2014 гг.	2014-2015 гг.
количество осадков в 2011-2015 сельскохозяйственные годы, мм. В 2015 гг. с учётом метеопоста СПК «Победа»						
Сентябрь	46	27,4	54,5	18,0	74,5	41,1
Октябрь	31	47,7	57,3	3,7	50,4	17,2
Ноябрь	35	42,6	17,3	14,5	5,6	15,5
Декабрь	48	84,8	41,9	66,2	6,5	68,3
Январь	35	33,5	26,8	74,0	55,8	51,4
Февраль	28	28,7	54,5	15,6	17,2	20,4
Март	31	11,6	41,5	62,4	31,0	16,9
Апрель	38	51,7	44,4	9,8	19,3	88,7
Май	50	50,9	59,1	58,0	35,0	70,7
Июнь	62	42,9	9,8	25,3	40,1	61,5
Июль	50	64,6	15,4	24,3	23,2	15,2
Август	48	18,3	29,3	19,6	1,0	9,0
Сумма	502	504,7	451,8	391,4	359,6	475,9
температура воздуха в 2011-2015 сельскохозяйственные годы, °С						
Сентябрь	16,7	19,3	18,1	19,1	15,9	18,1
Октябрь	9,8	8,6	10,4	14,3	9,0	9,8
Ноябрь	3,3	9,2	0,5	6,1	6,5	2,3
Декабрь	-4,2	3,1	2,8	-2,4	-0,6	-0,2
Январь	-2,0	-4,3	-3,5	-0,8	-2,2	-1,4
Февраль	-2,8	-5,5	-9,0	1,8	-1,7	0,6
Март	2,0	0,5	-0,1	3,8	5,4	4,9
Апрель	10,3	8,9	13,2	11,4	10,5	9,9
Май	16,3	17,0	20,3	20,4	20,0	16,7
Июнь	21,0	22,4	23,8	23,1	21,3	22,4
Июль	23,3	26,1	26,0	24,7	25,6	24,6
Август	22,4	23,5	25,1	25,1	25,6	24,8
Среднее	9,7	10,7	10,6	12,2	11,3	11,0

Продолжение приложение 1

1	2	3	4	5	6	7
относительная влажность воздуха в 2011-2015 сельскохозяйственные годы, %						
Сентябрь	64	61	66	62	72	57
Октябрь	74	77	78	69	83	67
Ноябрь	85	80	79	76	80	79
Декабрь	83	90	88	83	85	89
Январь	85	85	86	90	84	88
Февраль	83	77	82	82	87	77
Март	84	79	83	76	74	67
Апрель	75	70	72	66	67	72
Май	73	74	60	61	66	70
Июнь	64	66	63	61	59	66
Июль	61	62	53	57	47	59
Август	42	57	55	50	50	43
Среднее	73	73,2	72,1	69	71	70

Метеоусловия по годам исследований. Метеоданные Донской опытной станции масличных культур

Месяцы	Средне- многолет- няя сумма осадков	2010- 2011 гг.	2011- 2012 гг.	2012- 2013 гг.	2013- 2014 гг.	2014- 2015 гг.
1	2	3	4	5	6	7
количество осадков в 2010-2015 сельскохозяйственные годы, мм						
Сентябрь	34	53	53	5	82	59
Октябрь	31	42	60	54	96	23
Ноябрь	30	107	26	18	10	6
Декабрь	32	64	44	56	23	62
Январь	39	44	38	86	117	75
Февраль	61	36	48	18	13	12
Март	53	17	38	65	33	23
Апрель	36	32	69	8	52	93
Май	48	75	127	20	110	47
Июнь	60	49	18	36	76	83
Июль	48	38	27	42	8	22
Август	46	48	100	86	8	3
Сумма	518	605	648	494	628	508
температура воздуха в 2011-2015 сельскохозяйственные годы, °С						
Сентябрь	16,3	17,8	17,8	18,9	14,2	17,3
Октябрь	9,4	8,3	10,4	14,2	8,7	7,9
Ноябрь	2,7	9,7	0	5,3	5,9	1,6
Декабрь	-0,7	3,3	2,8	-2,8	-1,0	-0,7
Январь	-4,1	-3,7	-3,7	-1,2	-3,9	-2,4
Февраль	-3,2	-6,2	-8,6	1,1	-2,4	-0,4
Март	1,8	1,3	-0,3	4,0	4,8	4,5
Апрель	10,7	9,3	15,3	12,3	10,6	10,0
Май	16,6	17,7	20,5	21,8	19,6	16,6
Июнь	20,8	22,6	23,6	24,5	21,0	22,6
Июль	23,0	26,9	25,3	25,5	24,6	24,4
Август	22,0	23,4	25,4	25,1	25,0	24,4
Среднее	10,9	10,8	10,7	12,4	11,8	10,5

Продолжение приложения 2

относительная влажность воздуха в 2011-2015 сельскохозяйственные годы, %						
1	2	3	4	5	6	7
Сентябрь	55	55	55	58	83	57
Октябрь	85	82	60	68	87	70
Ноябрь	83	81	86	82	86	82
Декабрь	85	79	84	86	84	92
Январь	83	82	80	83	80	92
Февраль	84	82	76	77	75	83
Март	68	80	84	80	62	64
Апрель	68	69	66	60	59	67
Май	63	63	54	52	65	67
Июнь	62	62	57	50	61	62
Июль	51	51	51	48	37	55
Август	52	52	51	51	50	38
Среднее	72	70	67	66	69	69

Приложение 3

Среднемноголетняя сумма осадков, температура воздуха и относительная влажность воздуха (Персиановская метеостанция)

Месяцы	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Относительная влажность воздуха, %
Сентябрь	16,3	34,2	64
Октябрь	8,9	36,2	74
Ноябрь	2,5	36,7	83
Декабрь	-2,9	42,5	88
Январь	-5,1	34,2	87
Февраль	-5,2	30,9	86
Март	0,3	29,7	82
Апрель	9,7	32,4	67
Май	16,9	39,3	62
Июнь	20,9	60,6	63
Июль	23,5	52,3	60
Август	22,3	39,5	59
Среднее	9	-	74
Сумма	-	468,5	-

Метеоусловия по годам исследований. Метеоданные Персиановской метеостанции

Месяцы	2007- 2008 гг.	2008- 2009 гг.	2009- 2010 гг.	2010- 2011 гг.	2011- 2012 гг.	2012- 2013 гг.	2013- 2014 гг.	2014- 2015 гг.
количество осадков в 2007-2015 сельскохозяйственные годы, мм.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сентябрь	34,6	54,4	36,5	34,5	25,2	7,9	79,6	46,0
Октябрь	38,1	14,4	12,1	27,0	23,6	27,3	63,8	14,0
Ноябрь	36,0	24,6	67,3	25,8	31,9	12,4	6,4	8,8
Декабрь	16,5	32,3	35,3	44,3	41,0	58,5	20,7	54,1
Январь	22,3	56,2	34,8	22,5	45,5	105,5	57,6	39,2
Февраль	8,4	45,0	24,9	29,8	46,0	44,9	42,4	32,1
Март	56,3	69,5	28,4	32,5	22,9	58,1	31,5	15,0
Апрель	56,1	10,9	22,2	52,5	18,8	8,6	40,4	84
Май	38,0	84,6	25,3	35,1	57,4	18,1	63,2	132,2
Июнь	64,5	29,7	21,0	96,8	93,2	36,1	80,8	37,7
Июль	61,2	48,2	44,5	21,0	53,5	32,8	35,5	17,0
Август	15,2	23,4	10,3	19,2	45,5	42,9	2,0	2,9
Сумма	447,2	493,2	362,6	441,0	504,5	453,1	523,9	483,0
температура воздуха в 2007-2015 сельскохозяйственные годы, °С.								
Сентябрь	19,0	16,1	17,1	18,7	17,6	18,5	14,7	17,1
Октябрь	12,3	11,2	11,8	7,9	9,2	13,0	9,1	7,8
Ноябрь	1,3	4,6	4,8	8,7	-0,9	5,0	6,9	1,4
Декабрь	-2,1	-2,6	-1,5	2,4	1,6	-3,4	-0,6	-0,5
Январь	-7,2	-4,6	-6,3	-4,8	-5,6	-1,0	-3,6	-2,2
Февраль	-1,6	-0,2	-2,7	-7,2	-10,5	-0,1	-1,9	-0,2
Март	6,4	3,3	2,2	0,3	-0,9	3,2	4,8	4,5
Апрель	12,2	8,9	10,4	9,3	14,6	11,5	10,3	9,8
Май	15,3	15,1	17,8	17,7	19,9	21,0	19,8	16,3
Июнь	20,1	24,3	23,7	22,3	23,0	23,4	21,2	22,5
Июль	23,2	25,7	26,4	26,5	24,8	24,2	21,5	24,1
Август	24,7	20,0	27,0	22,9	24,4	24,0	25,1	24,2
Среднее	10,3	10,2	10,7	10,3	9,8	11,6	10,6	10,4

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
относительная влажность воздуха в 2007-2015 сельскохозяйственные годы, %								
Сентябрь	58	59	63	61	62	55	79	57
Октябрь	66	76	76	73	76	70	85	68
Ноябрь	78	82	89	79	78	81	74	83
Декабрь	87	85	86	88	88	85	79	90
Январь	80	86	86	87	89	92	84	91
Февраль	77	88	87	81	83	84	88	83
Март	74	83	77	77	78	77	76	64
Апрель	72	48	61	63	65	63	66	72
Май	65	69	68	63	57	55	68	73
Июнь	57	45	53	63	61	56	58	67
Июль	60	47	49	51	53	51	47	57
Август	41	52	32	51	52	52	44	39
Среднее	68	68	69	70	70	68	71	70

Метеоусловия по годам исследований. Метео данные метеостанции г. Каменска

Месяцы	Средне- многолет- няя сумма осадков	2011- 2012 гг.	2012- 2013 гг.	2013- 2014 гг.	2014- 2015 гг.	2015- 2016 гг.
1	2	3	4	5	6	7
количество осадков в 2011-2016 сельскохозяйственные годы, мм						
Сентябрь	38	33	15	57	22	1
Октябрь	27	34	19	85	14	48
Ноябрь	39	28	10	15	10	75
Декабрь	40	52	69	15	82	20
Январь	28	31	41	36	41	55
Февраль	29	36	7	17	10	44
Март	26	28	41	34	5	18
Апрель	36	64	8	49	75	29
Май	42	41	16	16	45	104
Июнь	51	24	53	45	120	15
Июль	58	31	37	63	9	69
Август	33	9	43	3	38	54
Сумма	447	411	359	435	473	532
температура воздуха в 2011-2016 сельскохозяйственные годы, °С						
Сентябрь	15,6	18,3	17,8	14,3	16,3	20,6
Октябрь	8,4	6,9	12,2	8,5	6,4	6,1
Ноябрь	1,4	1,4	4,0	2,9	0,1	5,0
Декабрь	-3,8	1,7	-4,4	-1,2	-2,0	1,3
Январь	-5,2	-5,5	-3,2	-5,4	-3,4	-5,0
Февраль	-17,6	-11,2	-0,5	-2,5	-1,4	3,0
Март	-0,6	-1,3	1,9	4,1	3,8	5,2
Апрель	8,8	13,5	11,7	9,8	9,9	12,9
Май	16,2	19,5	21,3	22,2	16,4	16,5
Июнь	20,7	22,1	22,6	19,5	22,8	22,2
Июль	22,5	25,5	23,4	24,3	24,3	24,4
Август	21,4	24,4	23,1	21,8	23,4	25,7
Среднее	7,4	9,6	10,8	9,9	9,7	11,5

Продолжение приложения 4

относительная влажность в 2011-2016 сельскохозяйственные годы, °С						
1	2	3	4	5	6	7
Сентябрь	63	63	58	73	53	46
Октябрь	74	77	72	78	64	63
Ноябрь	82	79	83	78	76	77
Декабрь	85	80	82	81	86	79
Январь	84	82	78	84	85	83
Февраль	83	76	76	76	79	81
Март	79	68	68	63	62	75
Апрель	66	62	47	65	64	61
Май	57	75	45	50	62	70
Июнь	56	47	48	62	57	60
Июль	55	34	46	41	49	54
Август	57	55	44	47	39	51
Среднее	70	67	62	67	65	66

Приложение 5

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

Варианты (дозы помёта и азофоски)	2011 г.		2012 г.		2013 г.		Среднее за 2011 - 2013 гг.	
	побоч- ная про- дукция	зер- но	побоч- ная про- дукция	зер но	побоч- ная про- дукция	зер- но	побоч- ная продук- ция	зерно
контроль	97	60	100	55	246	108	148	74,3
5	181	64	161	70	300	110	214	81,3
7,5	169	71	165	77	282	115	205	87,7
10	168	72	158	80	275	126	200	92,7
15	164	66	156	72	269	112	196	83,3
20	147	58	138	72	258	108	181	79,3
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	176	67	162	69	262	108	200	81,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	177	62	163	67	266	118	202	82,3
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	154	64	138	66	295	117	196	82,3
НСР ₀₅	17	7	21	6	27	12	26	9

Приложение 6

Урожайность вегетативной массы кукурузы, т/га

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

Приложение 7

Влияние последействия удобрений на урожайность соломы ярового ячменя, т/га

Варианты (дозы по- мёта и азо- фоски)	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее за 2012- 2014 гг.	Прибавка к контро- лю	
					т/га	%
контроль	1,96	3,73	2,59	2,76	-	-
5	2,01	3,82	2,72	2,85	0,09	3,3
7,5	2,11	4,03	2,98	3,04	0,28	10,1
10	2,21	4,21	3,10	3,17	0,41	15,0
15	2,44	4,61	3,99	3,68	0,92	33,3
20	2,48	4,25	4,00	3,58	0,82	29,6
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,10	3,89	2,85	2,95	0,19	6,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,23	3,92	2,96	3,04	0,28	10,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	2,34	4,00	3,02	3,12	0,36	13,0
НСП ₀₅	0,19	0,22	0,22	0,43		

Приложение 8

Структура урожайности ярового ячменя (первый год последействия) и озимой пшеницы (второй год последействия)

Варианты	Продуктивные стебли, шт./м ²		Масса зёрен в колосе, г	
	яровой ячмень среднее за 2012-2013 гг.	озимая пшеница среднее за 2013-2015 гг.	яровой ячмень среднее за 2012-2013 гг.	озимая пшеница среднее за 2013-2015 гг.
контроль	348	407	0,62	1,07
куриный помёт, т/га				
5	356	411	0,65	1,10
7,5	365	416	0,68	1,17
10	374	419	0,73	1,33
15	383	422	0,81	1,37
20	390	425	0,78	1,40
азофоска, кг/га				
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	347	407	0,64	1,07
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	353	409	0,68	1,10
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	358	410	0,70	1,13
HCP ₀₅	21	Fф < F ₀₅	0,09	0,12

Приложение 9

Влияние последействия удобрений на урожайность соломы озимой пшеницы, т/га

Варианты (дозы помёта и азофоски)	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее за 2013- 2015 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%
контроль	5,88	5,62	4,76	5,42	-	-
5	6,41	5,89	4,92	5,74	0,32	5,9
7,5	6,81	6,12	6,01	6,31	0,89	16,5
10	7,56	6,82	6,82	7,07	1,65	30,4
15	7,82	6,54	7,53	7,30	1,88	34,6
20	7,24	6,31	7,41	6,99	1,57	28,9
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,90	5,75	4,85	5,50	0,08	1,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,96	5,77	4,99	5,57	0,15	2,8
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	6,12	5,80	5,08	5,67	0,25	4,6
HCP ₀₅	0,98	0,46	0,38	0,91		

Динамика аммонийного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении куриного помёта, кг/га

Варианты (доза по- мёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	26,9	26,6	14,8	12,8	2,8	4,9	4,6	5,2
10	19,7	24,8	14,2	15,3	3,5	3,2	4,9	4,4
15	26,9	27,3	14,6	10,3	3,2	3,9	3,9	2,5
20	30,2	19,9	12,5	13,8	4,2	4,9	3,7	3,4
25	23,9	26,6	11,8	12,8	5,1	3,7	4,4	4,9
НСР ₀₅	3,1	3,3	1,3	2,6	1,4	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	1,5
2012 г.								
контроль	24,4	28,5	15,1	11,1	4,9	3,9	2,8	2,5
5	26,2	25,8	12,8	10,6	6,5	4,4	3,5	4,7
7,5	28,8	26,6	13,9	12,5	5,8	4,9	4,9	4,2
10	29,2	27,8	16,9	13,8	4,6	3,9	4,4	3,7
15	33,6	33,5	19,7	9,8	6,0	4,9	4,6	5,2
20	36,9	30,8	17,6	13,0	4,4	5,2	5,6	3,9
25	35,0	32,5	21,1	12,1	5,8	5,7	4,2	4,7
НСР ₀₅	5,4	4,5	4,2	F _φ < F _{теор.}	F _φ < F _{теор.}	F _φ < F _{теор}	1,1	0,9
2013 г.								
контроль	36,9	28,3	17,9	17,0	7,9	6,2	1,9	3,7
5	39,7	29,3	18,6	17,5	8,4	5,4	2,6	3,0
7,5	42,9	32,5	15,3	14,5	10,0	3,9	4,2	3,9
10	49,4	35,7	19,7	15,7	11,4	6,2	6,7	4,9
15	45,5	35,7	24,6	17,5	10,7	9,8	7,7	5,9
20	42,0	38,4	24,4	21,2	9,0	9,8	10,0	7,9
25	41,5	35,7	20,6	19,2	8,4	9,8	9,3	7,9
НСР ₀₅	4,0	3,1	2,1	2,6	2,0	1,9	1,8	0,9

Динамика аммонийного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении утиного помёта, кг/га

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	26,9	26,6	14,8	12,8	2,8	4,9	4,6	5,2
10	26,9	34,9	11,1	12,8	2,6	3,7	3,9	4,7
15	33,4	33,2	12,3	12,5	4,6	3,4	3,5	3,9
20	31,8	33,2	10,7	12,5	3,7	3,4	3,7	3,4
25	30,2	32,2	13,0	15,0	3,7	3,4	5,6	4,9
НСР ₀₅	2,9	3,8	2,0	1,5	0,8	0,5	0,8	0,9
2012 г.								
контроль	24,4	28,5	15,1	11,1	4,9	3,9	2,8	2,5
5	23,4	21,2	13,0	8,9	3,5	5,7	2,8	3,9
7,5	23,7	26,8	12,8	12,1	5,1	3,9	3,0	5,4
10	20,6	20,6	11,6	11,6	4,4	4,4	2,3	2,3
15	23,7	23,7	13,4	13,4	5,8	5,8	3,7	3,7
20	20,2	28,3	10,7	13,0	7,4	5,2	2,6	4,9
25	22,3	25,1	11,6	15,0	5,3	5,2	3,0	2,5
НСР ₀₅	1,5	2,7	1,6	1,7	1,3	1,2	0,7	0,6
2013 г.								
контроль	36,9	28,3	17,9	17,0	7,9	6,2	1,9	3,7
5	41,5	30,8	21,3	16,0	6,7	8,4	10,4	8,9
7,5	42,7	31,5	22,7	16,2	7,2	7,4	8,4	6,6
10	42,0	27,3	23,7	21,9	6,7	8,1	7,4	6,4
15	48,3	26,1	21,3	16,0	7,2	6,2	5,8	5,7
20	40,4	25,6	21,1	15,5	9,7	7,6	7,4	7,4
25	32,3	25,1	11,6	15,0	8,1	10,1	7,9	4,9
НСР ₀₅	4,4	4,1	4,2	3,3	1,4	1,3	1,6	1,0

Динамика нитратного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении куриного помёта, кг/га

Варианты (доза по- мёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	12,8	12,3	45,2	46,2	26,9	29,1	30,4	41,3
10	16,0	24,1	37,6	35,7	20,2	22,4	43,2	21,4
15	26,7	33,9	48,5	30,3	27,8	30,3	42,2	15,5
20	26,7	29,0	39,9	66,2	18,3	24,1	42,2	31,0
25	18,8	53,9	40,4	63,1	36,9	34,3	39,4	42,8
НСР ₀₅	4,3	7,4	5,4	6,2	5,8	9,7	4,9	5,9
2012 г.								
контроль	26,9	45,8	34,3	53,9	22,3	9,6	13,5	10,6
5	43,8	60,5	53,1	35,7	23,7	11,6	15,1	13,3
7,5	44,1	72,1	43,2	32,2	24,1	12,5	13,9	14,0
10	44,3	70,8	40,4	31,7	24,8	10,6	14,6	14,3
15	57,1	58,5	43,2	26,8	25,1	8,9	20,4	18,0
20	61,9	61,7	47,8	21,4	19,3	12,8	24,4	23,4
25	62,4	76,8	49,6	41,8	22,3	11,1	29,2	25,1
НСР ₀₅	5,2	4,9	5,1	5,2	1,9	2,5	2,8	3,1
2013 г.								
контроль	13,7	8,1	13,5	16,0	9,7	10,1	17,2	13,3
5	14,4	8,6	25,3	24,1	13,9	8,6	12,1	13,0
7,5	19,3	11,6	36,2	25,6	18,1	15,5	13,0	12,3
10	24,4	19,9	49,6	19,9	20,0	14,5	18,1	13,8
15	22,7	25,1	40,8	29,3	23,7	17,5	12,8	8,4
20	17,2	15,5	22,7	33,9	34,3	24,4	16,0	14,5
25	21,6	10,3	36,9	42,1	35,5	30,8	46,4	21,4
НСР ₀₅	1,8	2,1	2,6	3,5	3,4	2,5	4,3	2,3

Динамика нитратного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении утиного помёта, кг/га

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	12,8	12,3	45,2	46,2	36,9	39,1	30,4	41,3
10	11,6	20,9	26,7	18,2	20,6	15,3	26,0	52,6
15	16,0	33,9	26,7	31,7	17,6	12,1	27,4	33,2
20	34,3	39,1	24,6	21,8	11,8	17,7	17,6	39,1
25	32,7	38,1	18,6	23,6	12,5	15,5	20,2	51,4
НСР ₀₅	3,8	3,1	2,7	4,0	2,7	3,7	3,6	4,4
2012 г.								
контроль	26,9	45,8	34,3	53,9	22,3	9,6	13,5	10,6
5	46,6	59,5	43,2	51,4	25,5	5,7	12,5	21,2
7,5	66,1	65,7	59,2	58,8	24,6	7,9	22,0	23,1
10	93,5	41,6	80,5	53,6	22,7	10,8	20,6	25,8
15	97,7	38,4	47,1	42,8	24,4	9,8	26,7	25,8
20	103,7	38,1	59,6	55,1	21,1	12,1	26,7	25,3
25	88,2	39,9	62,4	33,9	22,3	17,5	26,9	31,5
НСР ₀₅	12,5	6,0	5,4	6,9	F _φ < F _{теор}	1,9	4,0	3,9
2013 г.								
контроль	13,7	8,1	13,5	16,0	9,7	10,1	17,2	13,3
5	13,0	9,3	14,6	8,4	9,5	7,9	7,0	8,1
7,5	15,3	11,1	23,7	13,8	10,0	9,6	8,8	8,6
10	24,4	14,8	34,3	16,7	10,2	9,6	17,4	7,6
15	19,7	23,4	36,0	26,6	10,4	13,0	16,0	14,3
20	15,3	16,0	29,2	19,9	13,0	15,5	12,4	16,2
25	20,6	11,6	33,6	24,6	14,4	14,8	12,1	10,7
НСР ₀₅	4,1	3,2	6,9	4,0	3,0	2,9	2,9	2,8

Динамика минерального азота в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении куриного помёта, кг/га

Варианты (доза помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	бутонизация	цветение	уборка	
2011 г.					
контроль	78,5	119,1	63,7	81,5	85,7
10	84,7	102,7	49,2	73,9	77,6
15	112,4	108,6	65,3	64,1	87,6
20	105,8	132,4	51,5	80,4	92,5
25	123,1	126,7	80,0	91,6	105,4
НСР ₀₅	7,2	7,7	18,4	14,0	15,4
2012 г.					
контроль	125,6	114,4	40,7	29,2	77,5
5	156,4	112,1	46,1	36,6	87,8
7,5	171,5	101,9	47,4	37,0	89,5
10	172,2	102,8	44,0	37,0	89,0
15	182,7	99,6	44,9	48,2	93,9
20	191,3	99,9	41,6	57,2	97,5
25	175,4	123,0	50,2	63,9	103,1
НСР ₀₅	17,5	7,0	3,4	4,0	4,6
2013 г.					
контроль	87,0	64,4	33,9	36,1	55,4
5	92,0	85,5	36,3	30,7	61,1
7,5	106,2	91,6	47,5	33,4	69,7
10	129,4	104,9	52,1	43,5	82,5
15	130,0	112,2	61,7	34,8	84,7
20	113,1	102,2	77,5	48,4	85,3
25	109,1	118,8	84,5	85,0	99,4
НСР ₀₅	6,4	12,9	4,3	3,0	3,6

Динамика минерального азота в слое почвы 0-40 см под подсолнечником под влияние утиного помёта, кг/га

Варианты (дозы помета, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	бутонизация	цветение	уборка	
2011 г.					
контроль	78,5	119,1	83,7	81,5	90,7
10	94,4	68,8	42,1	87,2	73,1
15	116,6	83,3	37,8	68,0	76,4
20	138,4	59,6	36,7	63,9	74,7
25	133,2	60,2	35,2	82,1	77,7
НСР ₀₅	10,9	11,6	5,2	8,6	11,0
2012 г.					
контроль	125,6	114,4	40,7	29,2	77,5
5	150,8	116,4	70,3	40,4	94,5
7,5	182,3	142,8	41,5	53,6	105,1
10	182,3	156,0	41,2	54,5	108,5
15	181,6	119,8	45,2	61,4	101,2
20	190,3	138,4	45,8	59,5	108,5
25	175,4	123,0	50,2	63,9	103,1
НСР ₀₅	9,6	11,9	9,7	6,7	14,7
2013 г.					
контроль	87,0	64,4	33,9	36,1	55,4
5	94,6	60,3	32,5	34,4	55,5
7,5	100,6	76,4	34,2	32,4	60,9
10	108,4	96,7	34,6	38,8	69,6
15	117,4	99,8	36,8	41,8	74,0
20	97,3	85,8	45,9	43,4	68,1
25	89,6	84,8	47,4	35,6	63,1
НСР ₀₅	14,7	7,1	9,0	4,3	4,3

Приложение 16

Динамика минерального азота в слое почвы 0-40 см под подсолнечником при внесении минеральных удобрений, кг/га

Варианты (дозы азофоски, кг/га)	Срок отбора			Среднее за вегетацию
	бутонизация	цветение	уборка	
контроль	99,3	46,1	48,9	64,8
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	77,7	33,3	35,0	48,7
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	61,3	40,1	41,7	47,7
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	76,0	46,0	40,1	54,7
HCP ₀₅	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

Приложение 17

Динамика минерального азота в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей, кг/га.
Первый год последействия куриного помёта

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	весеннее кущение	колоше- ние	уборка	
2011-2012 гг.					
контроль	91,8	132,8	101,6	85,2	102,9
10	77,2	149,2	80,9	68,9	94,1
15	75,0	179,1	86,1	103,3	110,9
20	86,9	189,9	77,9	91,9	111,7
25	95,8	179,0	71,8	120,8	116,9
HCP ₀₅	15,5	16,0	11,5	12,5	10,3
2012-2013 гг.					
контроль	33,6	35,5	16,6	11,8	24,4
5	39,8	53,7	15,7	21,6	32,7
7,5	39,6	42,0	14,8	21,2	29,4
10	43,2	49,5	25,4	12,4	32,6
15	58,7	45,4	29,0	32,9	41,5
20	58,8	44,8	17,5	25,2	36,6
25	65,5	46,8	18,0	19,7	37,5
HCP ₀₅	7,7	8,4	3,2	3,9	4,0
2013-2014 гг.					
контроль	44,8	94,3	47,5	30,6	54,3
5	41,9	100,9	46,7	35,1	56,2
7,5	47,9	107,1	57,9	42,7	63,9
10	53,2	126,1	66,8	34,7	70,2
15	40,9	123,2	68,9	38,3	67,8
20	48,5	141,6	62,5	39,9	73,1
25	78,2	134,9	68,6	39,7	80,4
HCP ₀₅	4,9	20,2	7,8	5,6	5,4

Динамика минерального азота в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей, кг/га.
Первый год последействия утиного помёта

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	весеннее кущение	колоше- ние	уборка	
2011-2012 гг.					
контроль	91,8	132,8	101,6	85,2	102,9
10	80,6	144,0	62,9	88,6	94,0
15	72,3	167,3	48,8	98,0	96,6
20	67,5	189,3	77,8	76,2	102,7
25	87,6	194,0	66,6	72,9	105,3
НСР ₀₅	8,2	14,5	13,7	7,1	12,0
2012-2013 гг.					
контроль	33,6	35,5	16,6	11,8	24,4
5	40,1	44,4	52,7	24,9	40,5
7,5	39,9	41,0	41,2	23,9	36,5
10	53,4	65,4	39,9	12,4	42,8
15	58,7	43,3	29,0	15,5	36,6
20	58,7	41,9	35,6	36,4	43,2
25	65,8	51,6	65,4	27,7	52,6
НСР ₀₅	5,3	7,0	2,4	3,2	5,4
2013-2014 гг.					
контроль	44,8	94,3	47,5	30,6	54,3
5	26,5	67,9	36,3	21,2	38,0
7,5	36,1	81,5	40,6	29,6	47,0
10	44,3	93,0	40,2	31,9	52,4
15	47,9	112,4	40,4	31,9	58,2
20	52,7	123,8	52,8	38,1	66,9
25	44,8	90,0	55,5	36,4	56,7
НСР ₀₅	3,5	15,1	5,6	4,5	4,4

Динамика минерального азота в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей, кг/га.
Второй год последействия куриного помёта

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	весеннее кущение	колоше- ние	уборка	
2012-2013 гг.					
контроль	101,3	102,4	50,3	37,0	72,8
10	95,3	113,8	49,9	31,2	72,6
15	120,3	115,8	63,8	35,7	83,9
20	106,5	125,4	64,5	29,6	81,5
25	116,1	130,1	90,0	32,6	92,2
НСР ₀₅	11,1	12,3	10,4	4,5	11,5
2013-2014 гг.					
контроль	34,6	92,7	42,2	23,1	48,2
5	38,8	95,5	44,5	27,7	51,6
7,5	42,1	101,1	46,9	28,5	54,7
10	46,1	110,2	51,5	31,5	59,8
15	52,9	111,8	62,2	31,7	64,7
20	45,3	126,4	86,7	48,3	76,7
25	59,1	120,3	73,0	36,7	72,3
НСР ₀₅	4,0	10,7	6,4	3,7	6,0
2014-2015 гг.					
контроль	37,9	99,7	46,2	22,6	51,6
5	43,9	105,6	45,9	22,7	54,6
7,5	45,8	107,6	44,9	26,1	56,1
10	52,2	111,3	63,6	29,0	64,0
15	50,6	108,2	74,8	40,2	68,5
20	50,0	116,6	81,1	42,9	72,7
25	59,2	126,6	60,8	44,4	72,8
НСР ₀₅	10,6	10,8	4,8	3,9	7,0

Динамика минерального азота в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей, кг/га.
Второй год последействия утиного помёта

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	весеннее кущение	колоше- ние	уборка	
2012-2013 гг.					
контроль	101,3	102,4	50,3	37,0	72,8
10	102,0	106,4	44,0	31,0	70,9
15	102,2	106,6	48,9	33,8	72,9
20	102,8	115,5	50,1	33,0	75,4
25	94,5	126,7	53,6	35,6	77,6
НСР ₀₅	F _φ < F _{теор}	14,1	5,4	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}
2013-2014 гг.					
контроль	34,6	92,7	42,2	23,1	48,2
5	41,3	109,9	48,9	29,3	57,4
7,5	41,6	109,7	57,7	35,1	61,0
10	42,0	118,6	62,2	40,0	65,7
15	50,5	128,0	73,9	39,5	73,0
20	45,3	126,4	86,7	48,4	76,7
25	57,5	124,5	96,3	41,2	79,9
НСР ₀₅	4,6	9,8	7,4	5,6	8,0
2014-2015 гг.					
контроль	37,9	99,7	46,2	22,6	51,6
5	47,1	106,8	53,6	33,7	60,3
7,5	47,2	115,6	54,4	34,6	63,0
10	47,0	119,8	57,0	41,3	66,3
15	56,3	120,3	60,3	42,1	69,8
20	56,6	128,5	56,5	42,6	71,1
25	59,2	126,6	50,8	44,4	70,3
НСР ₀₅	6,2	14,0	5,7	6,9	9,7

Динамика подвижного фосфора в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении куриного помёта, мг/кг почвы

Варианты (доза по- мёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	16,1	14,6	10,9	12,0	14,5	14,2	12,6	5,5
10	19,9	16,0	10,8	14,3	18,3	11,4	12,2	6,0
15	23,2	24,7	7,1	13,8	13,8	13,4	12,2	5,5
20	18,2	27,6	7,8	14,0	12,7	21,3	11,2	6,2
25	18,7	27,6	10,0	19,3	13,5	24,2	10,3	5,6
НСР ₀₅	2,8	2,2	1,4	1,8	2,1	2,5	1,1	F _ф < F _{теор.}
2012 г.								
контроль	12,6	12,4	11,6	10,8	8,5	5,7	12,4	13,6
5	11,9	12,4	10,8	10,5	6,5	8,7	10,8	14,4
7,5	12,8	13,5	10,0	10,0	6,3	5,0	11,2	13,9
10	17,1	16,8	12,3	10,5	6,0	5,0	14,7	14,1
15	16,2	15,7	11,0	10,3	6,7	6,7	15,9	13,3
20	16,7	16,9	9,8	10,6	5,7	5,6	14,0	14,0
25	18,5	20,3	9,3	11,4	6,5	5,7	12,9	15,8
НСР ₀₅	2,4	2,5	1,2	F _ф < F _{теор.}	1,3	1,3	1,6	1,2
2013 г.								
контроль	10,8	12,6	8,3	12,7	7,0	5,9	11,9	8,5
5	11,0	13,1	9,0	12,3	9,3	11,0	10,7	9,0
7,5	12,7	12,9	10,5	10,1	8,9	13,4	10,5	10,9
10	14,1	12,5	10,5	12,4	13,8	17,0	9,8	15,2
15	15,9	14,6	10,8	13,6	14,6	17,3	10,7	11,6
20	17,6	16,3	12,4	11,2	16,0	15,6	11,5	15,7
25	15,6	14,8	11,2	11,7	15,4	16,3	17,4	11,8
НСР ₀₅	1,6	1,7	1,6	1,5	1,2	1,8	2,1	1,1

Динамика подвижного фосфора в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником под влиянием утиного помёта, кг/га

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	16,1	14,6	10,9	12,0	14,5	14,2	12,6	5,5
10	18,7	17,6	13,0	16,0	12,8	11,1	8,5	6,2
15	19,6	16,4	12,7	13,2	12,4	9,7	10,5	5,2
20	23,5	18,0	12,2	10,2	16,5	14,4	9,6	8,4
25	28,6	21,6	16,1	12,7	12,7	12,9	7,8	6,2
НСР ₀₅	1,8	1,5	1,7	2,8	1,9	2,0	2,7	1,0
2012 г.								
контроль	12,6	12,4	11,6	10,8	8,5	5,7	12,4	13,6
5	12,1	16,0	8,5	12,2	6,4	8,9	9,9	10,5
7,5	11,8	14,2	9,6	13,1	5,4	9,1	5,8	8,6
10	11,8	15,5	8,8	7,0	8,2	6,1	5,7	6,0
15	12,8	19,2	5,3	5,9	4,5	5,6	4,9	4,0
20	14,4	21,7	6,3	6,0	8,3	8,7	6,1	5,5
25	25,0	19,8	13,6	6,3	10,6	4,9	7,3	6,1
НСР ₀₅	2,2	3,2	1,1	1,7	1,5	1,4	0,8	2,2
2013 г.								
контроль	10,8	12,6	8,3	12,7	7,0	5,9	11,9	8,5
5	13,0	11,0	10,2	11,6	15,4	8,6	14,6	9,1
7,5	13,8	11,6	10,5	12,4	14,6	10,2	11,8	10,4
10	15,6	12,6	11,4	10,9	12,0	13,4	10,9	9,9
15	15,1	11,6	11,9	12,3	13,4	10,8	11,5	12,9
20	13,5	10,7	13,9	10,1	15,8	10,0	12,1	14,1
25	15,0	9,8	11,0	9,6	14,5	11,9	16,7	12,2
НСР ₀₅	1,8	1,5	1,5	1,3	1,7	2,0	1,5	1,4

Биометрические показатели растений подсолнечника в фазу бутонизация

Варианты	Высота, см					Сырая масса 1 растения, г				
	2011	2012	2013	среднее за		2011	2012	2013	среднее за	
	г.	г.	г.	2011- 2013 гг.	2012- 2013 гг.	г.	г.	г.	2011- 2013 гг.	2012- 2013 гг.
контроль	52	90	110	84	100	210	330	410	317	370
куриный помёт осенью под вспашку, т/га										
5	-	112	118	-	115	-	681	438	-	560
7,5	-	120	120	-	120	-	833	638	-	736
10	57	121	124	101	122	295	706	738	580	722
15	63	119	127	103	123	299	642	768	570	705
20	71	118	122	104	120	323	583	767	557	675
25	69	120	119	103	120	344	520	648	504	584
утиный помёт осенью под вспашку, т/га										
5	-	99	122	-	110	-	535	545	-	540
7,5	-	119	122	-	121	-	610	570	-	590
10	52	109	127	95	116	257	640	611	503	625
15	57	111	122	97	117	269	591	663	508	627
20	60	109	123	97	116	265	581	699	515	640
25	60	105	125	97	115	256	565	690	504	628
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га										
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	55	97	112	88	105	254	480	477	404	479
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	60	112	125	99	119	250	681	612	514	646
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	55	109	123	95	116	244	817	655	572	736
НСР ₀₅	7	13	12	8	18	24	224	23	200	171

Биометрические показатели растений подсолнечника в фазу цветения

Варианты	Высота, см					Сырая масса 1 растения, г				
	2011	2012	2013	среднее за		2011	2012	2013	среднее за	
	г.	г.	г.	2011- 2013 гг.	2012- 2013 гг.	г.	г.	г.	2011- 2013 гг.	2012- 2013 гг.
контроль	186	164	187	179	183	789	639	547	658	593
куриный помёт осенью под вспашку, т/га										
5	-	166	183	-	175	-	1207	778	-	993
7,5	-	169	183	-	176	-	1255	963	-	1109
10	207	169	180	185	175	1230	1289	1090	1203	1190
15	209	174	180	188	177	1244	1290	1213	1249	1252
20	210	162	173	182	168	1158	1360	1243	1254	1302
25	219	154	170	181	162	1079	1238	1090	1136	1164
утиный помёт осенью под вспашку, т/га										
5	-	165	180	-	173	-	1381	577	-	979
7,5	-	165	187	-	176	-	1459	757	-	1108
10	191	169	183	181	176	799	1460	817	1025	1139
15	198	170	182	183	176	845	1320	843	1003	1082
20	200	172	180	184	176	940	1190	873	1001	1032
25	199	173	175	182	174	995	1166	795	985	981
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га										
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	203	144	178	175	161	958	1409	840	1069	1125
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	197	149	174	173	162	980	1631	1277	1296	1454
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	195	153	171	173	162	1181	1415	1005	1200	1210
НСР ₀₅	13	12	13	15	15	70	131	73	323	435

Биометрические показатели растений озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник в фазу колошение. Первый год последействия

Варианты	Высота, см		Сырая масса 1 растения, г	
	среднее за 2012-2014 гг.	2013-2014 гг.	среднее за 2012-2014 гг.	2013-2014 гг.
контроль	60,7	61,6	4,5	4,6
последствие куриного помёта, т/га				
5	-	62,0	-	4,7
7,5	-	62,5	-	4,8
10	68,0	66,5	5,1	5,1
15	68,5	66,7	5,3	5,4
20	68,8	65,6	5,3	5,3
25	68,0	64,4	5,2	5,2
последствие утиного помёта, т/га				
5	-	61,8	-	4,6
7,5	-	62,0	-	4,6
10	63,3	63,8	4,7	4,9
15	64,6	65,4	5,1	5,3
20	66,1	67,9	5,4	5,7
25	67,5	70,0	5,4	5,7
последствие азофоски, кг/га				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	60,7	61,7	4,5	4,6
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	61,1	61,8	4,5	4,6
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	61,5	62,2	4,6	4,7
НСП ₀₅	5,6	2,1	0,5	0,6

Биометрические показатели растений озимой пшеницы по предшественнику озимая пшеница в фазу колошение. Второй год последействия

Варианты	Высота, см		Сырая масса 1 растения, г	
	среднее за 2013-2015 гг.		среднее за 2013-2015 гг.	
контроль	53,5	52,6	4,0	4,1
последствие куриного помёта, т/га				
5	-	52,6	-	4,1
7,5	-	52,8	-	4,1
10	54,1	53,0	4,3	4,2
15	54,6	53,4	4,4	4,3
20	54,9	53,9	4,5	4,4
25	54,5	53,6	4,4	4,3
последствие утиного помёта, т/га				
5	-	52,6	-	4,1
7,5	-	52,6	-	4,1
10	53,6	52,7	4,1	4,1
15	53,9	52,9	4,2	4,2
20	54,2	53,3	4,3	4,3
25	55,6	53,4	4,4	4,3
последствие азофоски, кг/га				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	53,5	52,6	4,0	4,1
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	53,5	52,6	4,0	4,1
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	53,5	52,6	4,0	4,1
HCP ₀₅	0,9	0,7	0,3	0,2

Урожайность вегетативной массы подсолнечника, т/га

Варианты	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 2011- 2013 гг.	Прибавка к кон- тролю	
					т/га	%
контроль	2,77	9,30	8,50	6,86	-	-
куриный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	9,50	8,83	-	-	-
7,5	-	10,26	8,92	-	-	-
10	3,70	10,67	9,04	7,80	0,94	13,8
15	4,14	10,88	9,79	8,27	1,41	20,6
20	4,35	11,14	9,92	8,47	1,61	23,5
25	4,10	10,94	9,50	8,18	1,32	19,2
утиный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	9,30	8,51	-	-	-
7,5	-	9,32	8,68	-	-	-
10	3,63	9,49	8,93	7,35	0,49	7,1
15	3,90	9,95	10,05	7,97	1,11	16,1
20	3,85	10,60	10,83	8,43	1,57	22,8
25	3,92	10,10	10,44	8,15	1,29	18,9
азофоска весной под культивацию, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	3,23	9,84	9,57	7,55	0,69	10,0
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	4,23	10,15	10,28	8,22	1,36	19,8
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	4,65	10,85	11,56	9,02	2,16	31,5
НСР ₀₅	0,18	0,48	0,49	0,58		

Структура урожайности подсолнечника в 2011-2013 гг.

Варианты	Масса 1 растения без семян, г		Масса семян с 1 растения, г	
	среднее за 2011-2013 гг.	2012-2013 гг.	среднее за 2011-2013 гг.	2012-2013 гг.
контроль	126,7	163,5	43,3	50,3
куриный помёт осенью под вспашку, т/га				
5	-	168,4	-	61,0
7,5	-	176,1	-	63,8
10	144,2	180,9	56,3	66,7
15	153,0	189,8	58,0	69,3
20	156,7	193,3	56,3	66,7
25	151,4	187,8	51,5	59,7
утиный помёт осенью под вспашку, т/га				
5	-	163,6	-	55,5
7,5	-	165,3	-	58,6
10	136,1	169,2	51,4	59,6
15	147,5	183,8	51,9	60,2
20	155,9	197,0	53,4	62,1
25	150,9	188,8	54,2	63,4
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	139,5	178,4	49,0	58,1
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	152,2	187,8	52,1	60,0
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	167,1	206,1	52,2	59,8
НСР ₀₅	23	19	5,0	13

Урожайность соломы озимой пшеницы в 2012-2014 гг. по предшественнику подсолнечник, т/га. Первый год последействия

Варианты	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее за 2012-2014 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%
контроль	6,46	7,85	9,36	7,89	-	-
последствие куриного помёта, т/га						
5	-	8,22	9,58	-	-	-
7,5	-	8,70	10,38	-	-	-
10	8,15	8,85	10,83	9,28	1,39	17,6
15	9,21	8,91	11,01	9,71	1,82	23,1
20	9,49	8,62	10,71	9,61	1,72	21,8
25	9,54	8,60	9,85	9,33	1,44	18,3
последствия утиного помёта, т/га						
5	-	8,11	9,73	-	-	-
7,5	-	8,61	9,90	-	-	-
10	6,92	8,82	9,96	8,57	0,68	8,6
15	7,09	8,87	10,52	8,83	0,94	11,9
20	7,99	9,02	10,62	9,21	1,32	16,7
25	8,24	9,28	9,73	9,08	1,19	15,1
последствие азофоски, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	6,45	7,88	9,35	7,89	0,00	0,0
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	6,45	7,92	9,36	7,91	0,02	0,3
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	6,46	7,99	9,40	7,95	0,06	0,8
НСП ₀₅	0,18	0,26	0,42	1,42		

Структура урожайности озимой пшеницы в 2012-2014 гг. Первый год последействия

Варианты	Продуктивные стебли, шт./м ²		Масса зёрен в колосе, г	
	среднее за 2012-2014 гг.	2013-2014 гг.	среднее за 2012-2014 гг.	2013-2014 гг.
контроль	451	460	0,82	0,88
куриный помёт осенью под вспашку, т/га				
5	-	482	-	0,96
7,5	-	492	-	1,00
10	490	507	1,03	1,07
15	497	513	1,06	1,10
20	505	526	1,03	1,03
25	499	520	1,01	1,01
утиный помёт осенью под вспашку, т/га				
5	-	489	-	1,09
7,5	-	498	-	1,09
10	489	514	1,02	1,12
15	501	529	0,98	1,07
20	506	539	0,97	1,03
25	508	542	0,97	1,03
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	453	461	0,82	0,82
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	455	463	0,83	0,83
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	453	461	0,84	0,84
НСП ₀₅	48	58	0,25	0,22

Урожайность соломы озимой пшеницы в 2013-2015 гг. по предшественнику озимая пшеница, т/га. Второй год последствий

Варианты	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее за 2013-2015 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%
контроль	9,22	8,39	7,48	8,36	-	-
последствие куриного помёта, т/га						
5	-	8,60	7,61	-	-	-
7,5	-	8,66	7,87	-	-	-
10	10,46	9,01	8,33	9,27	0,91	10,8
15	10,80	9,78	8,87	9,82	1,46	17,4
20	11,55	10,48	9,56	10,53	2,17	26,0
25	12,28	9,82	9,62	10,57	2,21	26,5
последствия утиного помёта, т/га						
5	-	8,72	7,45	-	-	-
7,5	-	9,04	7,91	-	-	-
10	9,82	9,87	8,56	9,42	1,06	12,6
15	10,35	10,32	8,68	9,78	1,42	17,0
20	10,57	11,22	8,86	10,22	1,86	22,2
25	11,12	10,57	9,48	10,39	2,03	24,3
последствие азотфоски, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	9,18	8,41	7,52	8,37	0,01	0,1
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	9,22	8,45	7,56	8,41	0,05	0,6
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	9,25	8,47	7,59	8,44	0,08	0,9
НСР ₀₅	0,30	0,26	0,27	1,58		

Структура урожайности озимой пшеницы в 2013-2015 гг. Второй год последействия

Варианты	Продуктивные стебли, шт./м ²		Масса зёрен в колосе, г	
	среднее за 2013-2015 гг.	2014-2015 гг.	среднее за 2013-2015 гг.	2014-2015 гг.
контроль	453	446	0,98	0,88
последствие куриного помёта, т/га				
5	-	449	-	0,92
7,5	-	458	-	0,92
10	474	471	1,02	0,93
15	475	472	1,03	0,92
20	478	469	1,04	0,94
25	467	463	0,99	0,92
последствие утиного помёта, т/га				
5	-	447	-	0,89
7,5	-	452	-	0,91
10	465	462	0,98	0,89
15	472	470	1,01	0,93
20	472	471	0,98	0,92
25	468	467	0,96	0,89
последствие азофоски, кг/га				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	454	448	0,97	0,87
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	456	449	0,98	0,88
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	457	451	0,99	0,90
НСП ₀₅	18	23	0,06	0,06

Таблица – Суммарный сбор зерновых единиц за каждый цикл чередования культур в звене севооборота подсолнечник, озимая пшеница, озимая пшеница при внесении птичьего помёта и азофоски под первую культуру, т/га

Варианты	2011-2013 гг.			2012-2014 гг.			2013-2015 гг.		
	сбор цикл №1	Прибавка к контролю		сбор цикл №2	Прибавка к контролю		сбор цикл №3	Прибавка к контролю	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
контроль	10,77	-	-	12,13	-	-	11,90	-	-
куриный помёт, т/га									
5	-	-	-	13,93	1,80	14,8	13,41	1,51	12,7
7,5	-	-	-	14,42	2,29	18,9	14,06	2,16	18,2
10	12,88	2,11	19,6	15,38	3,25	26,8	14,90	3,00	25,2
15	13,27	2,50	23,2	15,47	3,34	27,5	15,59	3,69	31,0
20	13,59	2,82	26,2	15,24	3,11	25,6	15,14	3,24	27,2
25	12,67	1,90	17,6	14,87	2,74	22,6	13,69	1,79	15,0
утиный помёт, т/га									
5	-	-	-	14,85	2,72	22,4	12,70	0,80	6,7
7,5	-	-	-	15,16	3,03	25,0	13,31	1,41	11,8
10	11,73	0,96	8,9	15,42	3,29	27,1	13,93	2,03	17,1
15	11,96	1,19	11,0	15,83	3,70	30,5	13,89	1,99	16,7
20	11,68	0,91	8,4	16,08	3,95	32,6	13,67	1,77	14,9
25	11,64	0,87	8,1	16,43	4,30	35,4	13,33	1,43	12,0
азофоска, кг/га									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	10,93	0,16	1,5	12,47	0,34	2,8	12,80	0,90	7,6
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	11,41	0,64	5,9	13,13	1,00	8,2	12,71	0,81	6,8
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	11,53	0,76	7,1	13,28	1,15	9,5	12,75	0,85	7,1

Влияние удобрений на сбор масла с 1 га в урожае подсолнечника, кг

Варианты	2011 г.	Прибавка к контролю		2012 г.	Прибавка к контролю		2013 г.	Прибавка к контролю	
		кг/га	%		кг/га	%		кг/га	%
контроль	501	-	-	1128	-	-	952	-	-
куриный помёт осенью под вспашку, т/га									
5	-	-	-	1455	327	29,0	1197	245	25,7
7,5	-	-	-	1467	339	30,1	1306	354	37,2
10	720	219	43,7	1582	454	40,2	1364	412	43,3
15	754	253	50,5	1675	547	48,5	1424	472	49,6
20	741	240	47,9	1477	349	30,9	1343	391	41,1
25	631	130	25,9	1418	290	25,7	1058	106	11,1
утиный помёт осенью под вспашку, т/га									
5	-	-	-	1363	235	20,8	943	0	0
7,5	-	-	-	1374	246	21,8	1070	118	12,4
10	770	269	53,7	1452	324	28,7	1100	148	15,5
15	725	224	44,7	1552	424	37,6	1126	174	18,3
20	725	224	44,7	1640	512	45,4	1185	233	24,5
25	704	203	40,5	1667	539	47,8	1116	164	17,2
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	637	136	27,1	1223	95	8,4	1190	238	25,0
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	734	233	46,5	1391	263	23,3	1143	191	20,1
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	740	239	47,7	1405	277	24,6	1126	174	18,3
НСР ₀₅	31			79			106		

Вынос NPK в урожае семян и вегетативной массы подсолнечника, кг/га

Варианты	Среднее за 2011-2013 гг.			Среднее за 2012-2013 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
семена						
контроль	68	7	29	77	8	32
куриный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	-	-	97	11	41
7,5	-	-	-	102	11	48
10	94	11	45	108	13	53
15	98	12	48	114	15	55
20	94	12	46	108	14	53
25	85	11	41	96	12	45
утиный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	-	-	86	10	36
7,5	-	-	-	92	11	40
10	85	10	39	94	11	42
15	87	10	40	96	11	44
20	90	11	41	101	12	46
25	93	11	44	105	13	48
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	79	9	36	90	10	38
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	84	10	40	94	10	41
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	85	10	40	94	10	42
вегетативная масса						
контроль	52	5	171	64	8	228
куриный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	-	-	68	10	240
7,5	-	-	-	73	11	256
10	74	8	204	93	12	269
15	75	8	218	91	12	283
20	76	9	224	88	14	290
25	70	9	214	82	13	279
утиный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	-	-	70	9	230
7,5	-	-	-	69	9	238
10	60	8	193	75	11	249
15	71	9	216	87	12	278
20	74	9	230	92	14	302
25	70	9	222	87	14	295
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	60	7	190	73	10	252
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	67	10	209	79	14	269
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	75	12	235	87	15	299

Суммарный вынос NPK основной и побочной продукцией в звене севооборота
подсолнечник, озимая пшеница, озимая пшеница, кг/га

Варианты	Основная продукция			Побочная продукция		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
среднее за 2011-2015 гг.						
контроль	208	25	72	94	22	339
куриный помёт, т/га						
10	275	36	102	126	30	423
15	286	39	111	133	33	458
20	284	40	111	139	35	475
25	264	36	99	132	35	465
утиный помёт, т/га						
10	256	33	95	109	29	398
15	263	35	100	126	33	437
20	265	36	101	133	34	470
25	266	36	103	129	35	465
азофоска, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	220	27	79	102	24	360
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	227	30	85	109	28	384
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	229	30	86	118	30	410
среднее за 2012-2015 гг.						
контроль	214	27	78	106	26	404
куриный помёт, т/га						
5	252	34	92	111	29	428
7,5	267	36	102	121	32	462
10	288	40	113	146	37	494
15	301	43	120	149	38	521
20	293	43	118	150	40	530
25	273	39	104	139	38	508
утиный помёт, т/га						
5	250	34	91	113	28	417
7,5	261	36	97	116	30	445
10	272	37	104	127	35	475
15	279	38	113	145	38	515
20	283	39	114	154	42	550
25	287	39	109	148	42	539
азофоска, кг/га						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	227	29	84	114	28	429
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	234	31	87	122	33	450
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	236	31	90	130	34	481

Баланс элементов питания в звене севооборота подсолнечник, озимая пшеница, озимая пшеница в среднем за 2012-2015 гг., кг/га. Среднее за 2 цикла

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	-	-	-	214	27	78	-214	-27	-78
куриный помёт, т/га									
5	74	82	124	252	34	92	-178	48	32
7,5	111	122	186	267	36	102	-156	86	84
10	147	163	248	288	40	113	-141	123	135
15	221	244	372	301	43	120	-80	201	252
20	294	325	495	293	43	118	1	282	377
25	368	407	619	273	39	104	95	368	515
утиный помёт, т/га									
5	17	42	62	250	34	91	-233	8	-29
7,5	25	63	92	261	36	97	-236	27	-5
10	33	84	123	272	37	104	-239	47	19
15	50	126	184	279	38	113	-229	88	71
20	66	167	245	283	39	114	-217	128	131
25	83	209	307	287	39	109	-204	170	198
азофоска, кг/га									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	25	25	25	227	29	84	-202	-4	-59
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	50	50	50	234	31	87	-184	19	-37
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	75	75	75	236	31	90	-161	44	-15

Биометрические показатели растений сахарной свёклы

Варианты	Высота надземной части, см		Масса надземной части 1 растения, г		Масса подземной части 1 растения, г	
	среднее за 2011-2013 гг.	среднее за 2012-2013 гг.	среднее за 2011-2013 гг.	среднее за 2012-2013 гг.	среднее за 2011-2013 гг.	среднее за 2012-2013 гг.
срок отбора: смыкание листьев в рядках						
контроль	40,1	37,8	149	106	61	48
куриный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	40,4	-	131	-	58
7,5	-	41,2	-	161	-	72
10	43,1	41,6	207	167	97	89
15	43,6	41,8	212	172	115	112
20	45,3	42,6	222	168	107	99
25	42,9	41,6	197	157	94	81
азофоска весной под культивацию, кг/га						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	42,7	40,6	171	125	78	71
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	44,5	43,4	199	152	88	82
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	44,3	42,9	200	153	88	80
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	45,8	43,5	206	163	98	83
HCP ₀₅	F _ф < F _{теор.}	F _ф < F _{теор.}	F _ф < F _{теор.}	F _ф < F _{теор.}	28	F _ф < F _{теор.}
срок отбора: смыкание листьев в междурядьях						
контроль	56,3	54,2	242	215	321	330
куриный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	63,0	-	331	-	472
7,5	-	64,2	-	357	-	548
10	63,7	64,8	390	395	557	601
15	64,8	65,4	438	427	602	624
20	67,0	68,2	413	395	657	698
25	64,8	64,3	377	348	597	634
азофоска весной под культивацию, кг/га						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	64,1	62,3	316	302	383	375
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	63,8	63,7	344	339	434	456
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	65,3	66,0	361	362	487	513
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	67,5	68,9	368	375	520	560
HCP ₀₅	F _ф < F _{теор.}	F _ф < F _{теор.}	83	F _ф < F _{теор.}	201	F _ф < F _{теор.}

Приложение 39

Биометрические показатели растений ярового ячменя в фазу колошение (первый год последействия) и гороха в фазу стеблевания (второй год последействия)

Варианты	Высота, см		Сырая масса 1 растения, г		Высота, см		Сырая масса 1 растения, г	
	среднее за 2012-2014 гг.	2013-2014 гг.	среднее за 2012-2014 гг.	2013-2014 гг.	среднее за 2013-2015 гг.	2014-2015 гг.	среднее за 2013-2015 гг.	2014-2015 гг.
контроль	60,6	61,1	1,8	1,8	44,4	44,0	4,7	4,5
последствие куриного помёта, т/га								
5	-	61,9	-	1,9	-	44,4	-	4,5
7,5	-	63,7	-	2,1	-	44,6	-	4,7
10	68,8	68,3	2,4	2,4	46,5	46,7	5,8	5,1
15	70,6	68,8	2,6	2,5	50,4	50,0	6,6	5,7
20	69,9	68,0	2,6	2,4	53,1	51,7	7,1	6,3
25	68,2	66,3	2,4	2,3	53,4	51,1	7,2	6,3
последствие азофоски, кг/га								
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	61,0	61,4	1,9	1,9	44,4	44,0	4,7	4,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	61,7	62,0	2,0	2,0	44,9	44,4	4,8	4,5
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	63,3	63,3	2,1	2,1	46,8	45,7	5,6	5,0
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	65,2	64,6	2,4	2,4	49,1	46,5	5,8	5,3
HCP ₀₅	3,3	2,1	0,3	0,3	3,0	1,8	1,0	0,7

Приложение 40

Урожайность ботвы сахарной свёклы, т/га

Варианты	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 2011-2013 гг.	Прибавка к контролю		Среднее за 2012-2013 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%		т/га	%
контроль	15,2	13,5	10,8	13,2	-	-	12,2	-	-
куриный помёт осенью под вспашку, т/га									
5	-	17,8	13,4	-	-	-	15,6	3,4	27,9
7,5	-	18,1	13,3	-	-	-	15,7	3,5	28,7
10	22,6	18,6	14,7	18,6	5,4	41,2	16,7	4,5	36,5
15	22,3	20,1	15,0	19,1	5,9	44,9	17,6	5,4	43,9
20	21,5	18,7	14,7	18,3	5,1	38,6	16,7	4,5	36,9
25	23,0	19,0	13,9	18,6	5,4	41,2	16,5	4,3	34,8
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га									
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	16,7	16,1	10,8	14,5	1,3	10,1	13,5	1,3	10,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	17,2	17,2	11,3	15,2	2,0	15,4	14,3	2,1	16,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	17,1	17,0	13,0	15,7	2,5	18,9	15,0	2,8	23,0
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	15,8	17,2	13,0	15,3	2,1	16,2	15,1	2,9	23,8
HCP ₀₅	1,3	1,4	1,7	2,1			1,4		

Структура урожайности сахарной свёклы в 2011-2013 гг.

Варианты	Масса надземной части, г		Масса подземной части, г	
	среднее за 2011-2013 гг.	2012-2013 гг.	среднее за 2011-2013 гг.	2012-2013 гг.
контроль	115	108	665	716
куриный помёт осенью под вспашку, т/га				
5	-	139	-	746
7,5	-	141	-	762
10	164	149	807	800
15	167	156	829	823
20	162	149	810	792
25	164	147	779	742
азофоска весной под предпосевную культивацию, кг/га				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	128	120	725	702
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	134	127	750	730
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	138	134	765	752
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	135	135	752	763
НСР ₀₅	18	12	55	57

Урожайность соломы ярового ячменя по предшественнику сахарная свёкла в 2012-2014 гг., т/га. Первый год последействия

Варианты	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее за 2012- 2014 гг.	Прибавка к контро- лю		Среднее за 2013- 2014 гг.	Прибавка к контро- лю	
					т/га	%		т/га	%
контроль	5,94	4,73	6,11	5,59	-	-	5,42	-	-
последствие куриного помёта, т/га									
5	-	7,38	6,49	-	-	-	6,94	1,52	28,0
7,5	-	7,82	6,72	-	-	-	7,27	1,85	34,1
10	8,58	8,75	6,92	8,08	2,49	44,6	7,84	2,42	44,6
15	9,11	8,61	7,17	8,30	2,71	48,4	7,89	2,47	45,6
20	8,96	7,83	6,83	7,87	2,28	40,8	7,33	1,91	35,2
25	8,64	7,64	6,45	7,58	1,99	35,5	7,05	1,63	30,0
последствие азофоски, кг/га									
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,24	4,85	6,22	5,77	0,18	3,2	5,54	0,12	2,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	6,70	5,21	6,35	6,09	0,50	8,9	5,78	0,36	6,6
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	7,30	6,33	6,41	6,68	1,09	19,5	6,37	0,95	17,5
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	7,73	7,39	6,55	7,22	1,63	29,2	6,97	1,55	28,6
НСР ₀₅	0,68	0,32	0,23	1,17			1,86		

Структура урожайности ярового ячменя и гороха

Варианты	Яровой ячмень				Горох			
	продуктивные стебли, шт./м ²		масса зёрен в колосе, г		число стеблей на 1 м ² , шт.		масса зёрен с 1 растения, г	
	среднее за 2012-2014 гг.	2013-2014 гг.	среднее за 2012-2014 гг.	2013-2014 гг.	среднее за 2013-2015 гг.	2014-2015 гг.	среднее за 2013-2015 гг.	2014-2015 гг.
контроль	355	355	0,73	0,72	110	110	2,27	2,27
последствие куриного помёта, т/га								
5	-	366	-	0,76	-	110	-	2,29
7,5	-	381	-	0,79	-	111	-	2,31
10	395	399	0,85	0,90	111	112	2,55	2,49
15	406	412	0,89	0,91	111	112	2,71	2,62
20	402	398	0,88	0,88	111	111	2,79	2,65
25	398	384	0,85	0,82	110	111	2,73	2,52
последствие азофоски, кг/га								
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	362	359	0,74	0,73	111	111	2,28	2,29
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	370	370	0,76	0,74	110	110	2,34	2,33
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	385	389	0,79	0,78	111	111	2,47	2,44
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	390	394	0,82	0,82	110	111	2,61	2,53
НСР ₀₅	24	25	0,11	0,15	F _ф < F _{теор.}	F _ф < F _{теор.}	0,23	0,15

Урожайность соломы гороха в 2013-2015 гг., т/га.

Варианты	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее за 2013-2015 гг.	Прибавка к контролю		Среднее за 2014-2015 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%		т/га	%
контроль	3,49	3,21	3,83	3,51	-	-	3,52	-	-
последствие куриного помёта, т/га									
5	-	3,18	3,91	-	-	-	3,55	0,03	0,9
7,5	-	3,25	4,05	-	-	-	3,65	0,13	3,7
10	4,27	3,89	4,23	4,13	0,62	17,7	4,06	0,54	15,3
15	4,91	4,23	4,47	4,54	1,03	29,2	4,35	0,83	23,6
20	5,05	4,31	4,56	4,64	1,13	32,2	4,44	0,92	26,0
25	5,27	4,18	4,61	4,69	1,18	33,5	4,40	0,88	24,9
последствие азофоски, кг/га									
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,55	3,20	3,85	3,53	0,02	0,7	3,53	0,01	0,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,71	3,30	3,90	3,64	0,13	3,6	3,60	0,08	2,3
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	3,95	3,52	3,95	3,81	0,30	8,5	3,74	0,22	6,1
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	4,17	3,56	3,92	3,88	0,37	10,6	3,74	0,22	6,3
НСР ₀₅	0,13	0,11	0,14	0,33			0,31		

Приложение 45

Суммарный сбор зерновых единиц за каждый цикл чередования культур в звене севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох при внесении куриного помёта и азофоски под первую культуру, т/га

Варианты	2011-2013 гг.			2012-2014 гг.			2013-2015 гг.		
	сбор цикл №1	Прибавка к контролю		сбор цикл №2	Прибавка к контролю		сбор цикл №3	Прибавка к контролю	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
контроль	27,65	-	-	19,82	-	-	27,24	-	-
куриный помёт, т/га									
5	-	-	-	23,09	3,27	16,5	30,95	3,71	13,6
7,5	-	-	-	23,50	3,68	18,6	31,77	4,53	16,6
10	30,74	3,09	11,2	25,54	5,72	28,9	33,61	6,37	23,4
15	31,90	4,25	15,4	26,74	6,92	34,9	34,08	6,84	25,1
20	34,06	6,41	23,2	24,53	4,71	23,8	34,36	7,12	26,1
25	33,33	5,68	20,5	23,03	3,21	16,2	31,77	4,53	16,6
азофоска, кг/га									
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	29,61	1,96	7,1	21,93	2,11	10,6	29,00	1,76	6,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	30,03	2,38	8,6	22,76	2,94	14,8	30,27	3,03	11,1
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	30,61	2,96	10,7	23,07	3,25	16,4	31,99	4,75	17,4
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	29,63	1,98	7,2	23,93	4,11	20,7	32,22	4,98	18,3

Приложение 46

Баланс элементов питания в звене севооборота сахарная свёкла, яровой ячмень, горох в среднем за 2012-2015 гг., кг/га. Среднее за 2 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	-	-	-	290	35	174	-290	-35	-174
куриный помёт, т/га									
5	74	82	124	307	38	190	-233	44	-66
7,5	111	122	186	316	41	193	-205	81	-7
10	147	163	248	362	43	247	-215	120	1
15	221	244	372	376	46	251	-155	198	121
20	294	325	495	369	47	258	-75	278	237
25	368	407	619	337	44	250	31	363	369
азофоска, кг/га									
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	60	60	60	310	37	166	-250	23	-106
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	90	90	90	320	35	185	-230	55	-95
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	120	120	120	352	42	194	-232	78	-74
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	150	150	150	399	38	226	-249	112	-76

Вынос NPK в урожае ботвы и корнеплодов сахарной свёклы, кг/га

Варианты	Среднее за 2011-2013 гг.			Среднее за 2012-2013 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
ботва						
контроль	69	6	69	62	6	70
куриный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	-	-	77	7	96
7,5	-	-	-	81	8	97
10	96	10	114	85	9	112
15	98	9	111	88	9	114
20	93	8	98	81	8	101
25	93	9	100	80	9	101
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	74	8	79	63	7	83
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	79	8	82	72	8	84
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	80	9	84	73	9	90
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	80	9	78	73	9	82
корнеплоды						
контроль	174	38	145	162	16	137
куриный помёт осенью под вспашку, т/га						
5	-	-	-	174	19	149
7,5	-	-	-	176	21	149
10	203	43	199	203	20	198
15	205	47	203	208	21	197
20	206	47	211	206	22	206
25	190	42	204	184	21	203
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	187	40	142	180	18	127
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	195	43	157	186	16	145
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	206	46	165	208	21	151
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	237	46	187	249	17	181

Динамика аммонийного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта, кг/га. Дискование

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	17,4	20,2	13,5	14,8	18,8	17,0	14,6	14,5
10	39,0	18,7	20,2	14,8	13,7	17,0	13,0	13,3
15	39,7	27,8	13,5	7,4	22,5	21,2	10,4	12,1
20	43,8	38,9	13,9	10,1	18,8	21,2	13,5	13,8
25	35,3	38,4	16,2	14,8	22,5	19,9	10,4	11,3
НСР ₀₅	7,1	4,2	4,3	2,2	4,0	2,3	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}
2012 г.								
контроль	18,3	27,6	22,9	23,4	21,8	17,0	21,6	27,3
5	28,5	32,0	21,8	26,3	23,7	27,3	23,0	22,4
7,5	33,6	34,7	22,5	27,1	26,2	30,8	24,4	20,2
10	37,6	37,4	23,7	26,1	27,8	32,0	25,5	21,4
15	35,0	42,3	22,7	25,3	27,4	31,2	26,4	22,6
20	34,3	49,9	13,5	24,4	26,4	19,4	26,9	21,9
25	29,0	32,0	9,5	18,7	21,8	16,5	27,8	23,6
НСР ₀₅	3,3	4,1	3,1	2,6	4,0	3,7	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}
2013 г.								
контроль	28,3	33,0	4,9	3,9	4,2	3,9	16,5	14,3
5	37,8	34,7	6,3	4,9	3,0	3,9	10,4	8,1
7,5	42,2	38,6	8,1	5,9	3,2	4,4	10,9	9,6
10	49,6	44,3	9,5	6,6	3,0	5,2	13,5	10,6
15	51,5	47,2	12,3	7,6	7,9	5,2	16,7	13,8
20	54,3	39,4	11,4	3,0	7,9	3,9	13,9	9,8
25	47,1	36,9	7,9	3,0	6,7	3,4	11,8	8,4
НСР ₀₅	4,0	4,0	2,4	1,3	1,3	F _φ < F _{теор}	2,3	1,7

Динамика аммонийного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта, кг/га. Вспашка

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	15,1	13,8	10,9	11,8	16,5	17,7	12,1	12,5
10	32,2	22,6	13,5	14,8	15,1	15,5	10,7	10,3
15	41,3	34,9	14,4	15,0	13,9	15,0	10,7	13,8
20	43,2	38,4	13,2	13,8	18,8	14,3	11,4	12,3
25	38,3	38,9	13,7	13,5	25,1	25,8	13,5	14,5
НСР ₀₅	4,5	3,8	F _φ < F _{теор}	2,1	3,7	2,3	F _φ < F _{теор}	1,7
2012 г.								
контроль	26,0	35,2	22,3	23,1	28,1	25,1	36,4	24,4
5	26,2	30,5	29,7	21,4	19,0	16,7	21,3	17,2
7,5	26,7	29,0	36,4	23,1	20,0	16,2	22,7	18,0
10	26,7	28,8	41,8	24,8	21,3	17,5	23,7	25,6
15	25,8	30,8	38,3	28,8	34,1	25,6	26,4	29,3
20	25,5	44,8	23,9	42,6	40,1	27,3	27,6	30,0
25	22,3	24,8	20,2	22,1	30,6	24,1	23,4	24,4
НСР ₀₅	F _φ < F _{теор}	4,0	4,5	3,4	5,4	3,0	3,3	3,9
2013 г.								
контроль	26,2	29,0	3,2	2,7	7,9	5,9	9,7	14,3
5	29,0	32,5	4,2	3,2	7,4	5,7	9,5	8,1
7,5	30,4	34,4	5,3	4,2	7,9	4,9	10,2	11,8
10	35,7	39,4	7,9	3,2	8,4	5,2	10,9	12,5
15	37,4	43,3	9,7	4,9	8,8	6,2	11,4	13,0
20	38,0	44,5	12,1	5,7	3,0	9,8	11,8	11,8
25	37,6	46,4	7,7	4,7	4,6	8,1	8,1	9,8
НСР ₀₅	2,8	2,9	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4	2,1

Динамика нитратного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта, кг/га. Дискование

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	21,4	18,9	20,2	16,2	4,4	14,8	20,6	13,5
10	33,6	16,0	6,0	5,4	12,1	24,6	37,6	25,8
15	35,0	25,8	2,3	2,5	12,5	33,9	36,9	17,7
20	53,1	39,9	5,1	8,4	13,7	9,6	49,6	27,6
25	32,7	34,7	5,8	10,3	19,3	31,0	66,8	33,9
НСР ₀₅	6,3	4,3	4,1	2,5	3,4	4,5	6,0	3,7
2012 г.								
контроль	88,2	59,0	24,4	16,2	16,0	19,4	5,8	5,2
5	96,7	60,5	50,8	45,8	18,3	18,7	6,0	4,2
7,5	113,7	59,0	45,2	31,0	21,1	30,3	7,2	6,9
10	133,4	67,7	55,7	33,9	27,8	27,6	25,5	7,4
15	88,2	92,5	59,5	50,2	21,6	37,1	37,6	23,6
20	84,0	87,8	71,7	29,5	26,0	31,7	34,3	25,1
25	96,7	87,6	46,4	36,4	31,3	34,7	19,3	11,1
НСР ₀₅	7,9	6,0	2,6	5,1	3,5	4,8	5,3	2,7
2013 г.								
контроль	80,5	49,2	9,5	17,5	2,3	4,7	3,9	2,5
5	80,5	50,2	4,4	9,3	6,0	3,0	9,7	2,7
7,5	100,2	64,7	13,7	8,4	10,7	3,0	4,4	2,2
10	96,7	67,7	7,0	11,3	2,6	3,2	14,4	3,0
15	113,2	55,1	5,6	6,2	9,0	5,7	7,0	2,0
20	118,6	95,7	10,0	6,2	4,6	2,5	9,0	2,7
25	129,5	97,9	17,2	15,5	11,1	5,2	16,5	3,2
НСР ₀₅	6,1	7,1	2,6	2,7	2,4	1,0	2,3	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$

Динамика нитратного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта, кг/га. Вспашка

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	11,6	11,6	8,4	2,5	14,4	22,4	11,4	7,9
10	29,9	19,9	8,4	8,6	23,7	16,2	39,4	25,1
15	50,8	32,5	10,0	7,6	9,7	7,4	13,5	12,8
20	38,5	55,8	10,0	5,9	13,9	19,2	53,1	40,8
25	29,5	36,4	16,0	19,4	36,9	49,4	54,3	45,8
НСР ₀₅	4,4	3,1	2,6	2,9	2,8	4,5	3,5	5,1
2012 г.								
контроль	73,3	52,9	37,6	39,9	20,2	26,3	13,5	5,7
5	90,2	72,6	30,8	55,1	17,9	21,8	11,8	16,4
7,5	94,4	77,7	55,7	30,3	23,7	20,9	7,4	7,1
10	116,2	85,4	48,5	39,9	6,5	12,8	21,1	24,1
15	84,0	94,3	94,4	59,0	6,7	11,8	47,3	18,2
20	70,1	67,7	70,1	76,0	6,3	13,3	27,4	26,3
25	61,0	52,6	62,4	47,0	9,3	12,3	16,7	10,6
НСР ₀₅	11,0	9,7	5,9	6,9	2,7	3,6	2,9	4,0
2013 г.								
контроль	35,0	39,9	2,6	5,2	6,0	3,0	6,3	2,5
5	48,5	50,2	7,9	5,7	2,8	2,5	25,5	16,2
7,5	67,0	79,7	8,1	7,9	4,9	3,2	9,3	3,2
10	70,5	73,8	18,8	4,7	13,0	6,6	10,0	5,2
15	73,3	81,4	17,2	19,0	8,6	5,2	2,8	2,5
20	65,4	148,3	20,2	18,9	9,7	6,4	16,0	6,9
25	117,8	109,3	19,7	21,4	7,1	11,7	5,3	4,7
НСР ₀₅	4,4	18,0	3,7	1,8	2,2	1,2	7,9	1,9

Динамика подвижного фосфора в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта, мг/кг почвы. Дискование

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	13,8	14,3	11,1	9,6	8,8	6,3	7,1	5,2
10	17,9	13,3	15,6	11,4	12,0	9,5	17,2	10,4
15	18,2	13,6	13,5	9,0	16,6	8,2	13,8	7,7
20	18,9	14,1	13,9	10,4	17,2	5,4	14,6	3,8
25	15,2	14,6	13,3	8,8	18,9	4,8	17,7	5,5
НСР ₀₅	2,0	F _φ < F _{теор}	2,0	1,8	2,1	2,2	2,3	1,8
2012 г.								
контроль	11,2	12,1	5,4	3,8	8,5	11,8	10,2	11,0
5	14,9	11,9	9,9	7,3	11,8	9,3	12,2	12,4
7,5	18,6	14,1	11,1	6,7	13,9	9,4	14,6	14,0
10	22,3	16,2	12,3	5,2	15,5	9,9	16,0	12,3
15	23,3	16,2	11,2	5,6	13,8	10,8	14,6	11,3
20	20,3	15,7	13,4	6,6	13,2	10,5	14,3	11,6
25	22,3	15,2	13,4	8,1	9,4	11,8	10,4	12,3
НСР ₀₅	3,1	1,6	1,7	1,1	2,7	F _φ < F _{теор}	2,0	1,1
2013 г.								
контроль	8,3	9,8	4,3	6,1	8,9	6,6	12,4	10,5
5	11,5	12,5	5,6	6,6	7,3	5,5	14,9	14,0
7,5	10,4	13,4	6,6	5,2	6,7	9,4	13,4	13,0
10	10,4	13,2	8,8	6,3	6,3	8,3	14,6	16,7
15	12,2	12,0	7,3	5,3	8,8	8,3	13,3	12,3
20	10,9	10,2	5,4	6,9	8,9	7,5	12,8	12,9
25	11,3	9,5	8,1	4,7	9,3	10,3	12,6	12,5
НСР ₀₅	1,2	1,0	1,4	1,4	1,6	2,2	2,9	2,5

Динамика подвижного фосфора в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта, мг/кг почвы. Вспашка

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	15,3	16,1	8,9	11,5	4,0	3,2	3,3	2,3
10	19,0	18,8	17,0	11,1	7,7	9,2	6,0	6,2
15	18,6	18,2	14,7	9,2	8,2	8,4	7,2	7,9
20	21,6	18,1	12,5	13,9	11,3	11,1	10,8	14,9
25	20,5	22,0	12,1	9,9	7,7	8,1	6,0	10,4
НСР ₀₅	2,6	2,9	1,9	2,7	3,3	2,4	2,1	3,7
2012 г.								
контроль	16,4	12,5	6,2	5,0	7,5	7,3	8,6	7,8
5	19,4	16,4	6,4	4,5	9,7	6,9	10,3	7,8
7,5	20,5	18,1	10,0	4,5	12,2	7,5	12,6	8,5
10	22,0	20,9	8,6	6,5	12,4	11,3	13,6	12,5
15	21,9	21,5	13,0	5,1	15,0	9,0	16,6	10,3
20	21,1	16,9	13,0	8,9	11,7	13,2	13,5	14,3
25	18,2	16,3	9,0	6,6	11,5	11,9	12,0	12,3
НСР ₀₅	3,4	3,6	2,4	1,8	2,2	2,2	2,2	2,8
2013 г.								
контроль	10,5	8,1	5,6	5,1	8,2	4,9	11,5	10,4
5	11,6	13,1	7,4	9,8	7,1	6,9	9,9	12,7
7,5	12,0	12,2	5,5	5,8	7,5	6,8	11,4	13,9
10	13,2	12,4	5,5	4,0	6,8	7,0	13,1	13,3
15	12,0	13,0	4,4	3,1	6,3	9,1	12,6	12,6
20	11,2	11,0	7,0	8,7	8,2	11,1	15,9	10,3
25	10,3	8,4	7,2	5,9	7,9	12,5	8,0	10,7
НСР ₀₅	1,7	2,1	1,3	1,5	F _φ < F _{теор}	2,8	2,8	2,0

Динамика обменного калия в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта, мг/кг почвы. Дискование

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	491	347	394	302	246	151	334	229
10	525	347	441	281	302	196	362	236
15	562	306	447	292	328	171	401	205
20	519	367	447	292	321	165	419	222
25	532	332	430	258	319	173	404	215
НСР ₀₅	36	31	34	20	22	25	32	F _φ < F _{теор}
2012 г.								
контроль	541	378	496	349	486	371	490	400
5	594	399	515	356	480	388	524	394
7,5	596	385	566	392	508	406	501	397
10	621	378	598	370	501	353	515	369
15	562	366	530	409	500	330	526	345
20	548	305	509	392	579	444	611	465
25	557	326	609	399	607	402	612	442
НСР ₀₅	31	27	29	37	30	33	27	34
2013 г.								
контроль	451	290	405	232	304	223	338	203
5	502	285	460	249	311	243	365	148
7,5	519	267	420	250	379	209	318	162
10	510	296	452	249	357	223	311	178
15	527	274	430	322	331	196	284	188
20	511	298	490	300	311	176	291	182
25	495	287	584	299	365	216	298	169
НСР ₀₅	31	F _φ < F _{теор}	42	37	36	32	23	27

Динамика обменного калия в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под подсолнечником при внесении индюшиного помёта, мг/кг почвы. Вспашка

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		бутонизация		цветение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011 г.								
контроль	353	306	315	338	294	205	271	166
10	367	353	347	338	334	280	341	243
15	388	352	348	378	307	224	299	243
20	394	400	389	355	335	238	353	304
25	391	371	395	382	286	278	419	257
НСР ₀₅	23	35	27	23	33	36	40	38
2012 г.								
контроль	514	367	472	399	494	360	512	373
5	580	364	508	356	472	268	478	359
7,5	584	398	515	378	503	296	526	316
10	555	386	479	407	487	351	529	379
15	594	385	544	332	473	302	519	388
20	609	405	556	334	478	314	523	356
25	628	433	586	387	470	398	536	423
НСР ₀₅	29	23	39	18	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	42	25	32
2013 г.								
контроль	378	238	299	192	278	223	270	176
5	378	226	303	200	264	230	311	176
7,5	367	230	305	195	243	196	386	178
10	419	262	326	249	311	223	364	162
15	451	294	353	259	291	257	413	169
20	427	295	414	267	311	264	364	176
25	439	274	366	352	365	226	343	196
НСР ₀₅	22	35	34	32	44	29	43	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$

Биометрические показатели растений подсолнечника в фазу бутонизация

Варианты	Высота, см		Сырая масса 1 растения, г	
	среднее за 2011-2013 гг.	2012-2013 гг.	среднее за 2011-2013 гг.	2012-2013 гг.
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га				
контроль	69	74	145	166
5	-	76	-	303
7,5	-	80	-	325
10	82	85	289	332
15	84	88	313	367
20	87	91	333	378
25	81	84	304	341
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – дискование)				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	75	80	209	250
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	78	81	237	278
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	77	83	236	293
индюшиный помёт осенью под вспашка, т/га				
контроль	67	70	130	144
5	-	76	-	272
7,5	-	79	-	329
10	78	83	286	351
15	87	95	323	404
20	88	96	364	443
25	89	92	355	414
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – вспашка)				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	68	76	202	246
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	73	80	269	334
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	71	76	245	298
НСР ₀₅				
обработка	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}
доза	5	6	66	91
общая	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

Биометрические показатели растений подсолнечника в фазу цветения

Варианты	Высота, см		Сырая масса 1 растения, г	
	среднее за 2011-2013 гг.	2012-2013 гг.	среднее за 2011-2013 гг.	2012-2013 гг.
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га				
контроль	168	150	557	634
5	-	155	-	727
7,5	-	172	-	838
10	190	182	918	1020
15	201	190	1071	1126
20	200	188	1027	1042
25	180	159	883	884
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – дискование)				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	172	155	587	628
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	180	162	712	723
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	184	165	662	675
индюшиный помёт осенью под вспашку, т/га				
контроль	178	166	573	638
5	-	173	-	843
7,5	-	178	-	921
10	195	190	947	1082
15	192	180	998	1056
20	189	175	1004	1074
25	188	173	845	852
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – вспашка)				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	171	166	592	629
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	186	174	694	714
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	184	174	635	651
НСР ₀₅				
обработка	F _ф < F _{теор}	4	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}
доза	14	8	139	190
общая	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

Биометрические показатели растений ярового ячменя в фазу колошение

Варианты	Высота, см		Масса, г	
	среднее за 2013-2015 гг.	2014-2015 гг.	среднее за 2013-2015 гг.	2014-2015 гг.
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)				
контроль	41,0	39,4	1,8	1,8
5	-	40,5	-	1,9
7,5	-	42,7	-	2,0
10	49,8	48,1	2,4	2,5
15	53,0	50,3	2,8	2,8
20	56,4	54,1	3,0	3,0
25	56,2	52,7	3,0	3,0
последствие азофоски, кг/га (фон - дискование)				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	41,2	39,8	1,8	1,8
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	42,2	40,5	2,0	1,9
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	42,9	40,8	2,0	1,9
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)				
контроль	43,2	40,8	1,9	1,9
5	-	42,3	-	1,9
7,5	-	45,6	-	2,0
10	52,0	47,8	2,3	2,3
15	55,7	51,5	2,6	2,4
20	59,3	54,9	3,0	2,8
25	59,5	56,6	3,0	3,0
последствие азофоски, кг/га (фон - вспашка)				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	43,2	41,1	1,9	1,9
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	44,2	41,9	2,0	1,9
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	44,5	41,9	2,1	2,0
НСР ₀₅				
обработка	1,0	0,6	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}
доза	2,1	1,3	0,2	0,2
общая	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

Биометрические показатели растений озимой пшеницы в фазу колошение в 2013-2015 гг.

Варианты	Высота, см		Масса, г	
	среднее за 2013-2015 гг.	2014-2015 гг.	среднее за 2013-2015 гг.	2014-2015 гг.
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)				
контроль	43,2	43,6	3,6	3,7
5	-	43,8	-	3,7
7,5	-	44,1	-	3,7
10	45,4	45,3	3,9	3,9
15	46,6	46,8	4,2	4,2
20	48,8	49,3	4,4	4,4
25	49,2	49,8	4,6	4,7
последствие азофоски, кг/га (фон - дискование)				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	43,1	43,6	3,6	3,7
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	43,2	43,7	3,6	3,7
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	43,5	43,9	3,7	3,7
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)				
контроль	43,4	43,9	3,6	3,7
5	-	44,0	-	3,7
7,5	-	44,2	-	3,8
10	45,2	45,8	4,0	4,0
15	46,5	46,9	4,1	4,2
20	48,3	49,1	4,4	4,3
25	48,5	49,8	4,6	4,6
последствие азофоски, кг/га (фон - вспашка)				
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	43,3	43,8	3,6	3,7
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	43,7	43,9	3,7	3,7
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	43,9	43,8	3,7	3,7
НСР ₀₅				
обработка	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$
доза	1,3	1,8	0,13	0,15
общая	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$	$F_{\phi} < F_{\text{теор}}$

Урожайность вегетативной массы подсолнечника, т/га

Варианты	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 2011- 2013 гг.	Прибавка к контро- лю		Среднее за 2012- 2013 гг.	Прибавка к контро- лю	
					т/га	%		т/га	%
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га									
контроль	1,98	5,56	2,80	3,45	-	-	4,18	-	-
5	-	7,28	5,05	-	-	-	6,17	1,99	47,5
7,5	-	7,59	5,37	-	-	-	6,48	2,30	55,0
10	3,07	7,68	5,06	5,27	1,82	52,8	6,37	2,19	52,4
15	3,10	7,51	5,14	5,25	1,80	52,2	6,33	2,15	51,3
20	3,12	7,57	5,33	5,34	1,89	54,8	6,45	2,27	54,3
25	2,66	7,26	5,43	5,12	1,67	48,3	6,35	2,17	51,8
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – дискование)									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,28	5,62	3,25	3,72	0,27	7,7	4,44	0,26	6,1
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,32	6,50	4,10	4,31	0,86	24,8	5,30	1,12	26,8
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,49	6,85	4,55	4,63	1,18	34,2	5,70	1,52	36,4
индюшиный помёт осенью под вспашку, т/га									
контроль	2,11	5,53	3,53	3,72	-	-	4,53	-	-
5	-	6,94	5,90	-	-	-	6,42	1,89	41,7
7,5	-	7,04	5,73	-	-	-	6,39	1,86	40,9
10	2,66	7,17	5,65	5,16	1,71	49,6	6,41	1,88	41,5
15	2,74	7,55	6,80	5,70	2,25	65,1	7,18	2,65	58,4
20	2,91	6,80	6,91	5,54	2,09	60,6	6,86	2,33	51,3
25	3,08	6,77	7,02	5,62	2,17	63,0	6,90	2,37	52,2
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – вспашка)									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	2,32	5,84	3,51	3,89	0,44	12,8	4,68	0,15	3,20
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,40	6,95	4,80	4,72	1,27	36,7	5,88	1,35	29,7
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,40	7,15	5,35	4,97	1,52	44,0	6,25	1,72	38,0
НСР ₀₅									
обработка	F _ф < F _{теор}	0,13	0,06	F _ф < F _{теор}			F _ф < F _{теор}		
доза	0,11	0,30	0,14	0,71			0,89		
общая	0,16	F _ф < F _{теор}	0,19	F _ф < F _{теор}			F _ф < F _{теор}		

Структура урожайности подсолнечника в 2011-2013 гг.

Варианты	Масса 1 растения без семян, г					Масса семян с 1 растения, г				
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее за 2011- 2013 гг.	2012- 2013 гг.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее за 2011- 2013 гг.	2012- 2013 гг.
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га										
контроль	38	102	52	64	77	30	24	11	22	18
5	-	133	94	-	114	-	28	16	-	22
7,5	-	139	100	-	120	-	31	18	-	25
10	59	141	94	98	118	37	33	19	30	26
15	59	137	96	97	117	44	36	19	33	28
20	60	139	99	99	119	40	33	20	31	27
25	51	133	101	95	77	31	32	20	28	26
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – дискование)										
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	44	103	60	69	82	33	26	15	25	21
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	45	119	76	80	98	38	30	19	29	25
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	48	125	85	86	105	44	29	18	30	24
индюшиный помёт осенью под вспашку, т/га										
контроль	41	101	66	69	84	30	25	20	25	23
5	-	127	110	-	119	-	28	29	-	29
7,5	-	129	107	-	118	-	34	33	-	34
10	51	131	105	96	118	39	34	39	37	37
15	53	138	127	106	133	44	33	38	38	36
20	56	124	129	103	127	42	33	37	37	35
25	59	124	131	105	128	41	28	37	35	33
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – вспашка)										
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	45	107	65	72	86	34	26	23	28	25
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	46	127	89	87	108	38	28	25	30	27
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	46	131	100	92	116	44	32	23	33	28
НСР ₀₅										
обработка	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	4	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	2	$F_{\phi} < F_{теор}$	1	3	4
доза	5	10	8	13	17	$F_{\phi} < F_{теор}$	3	2	6	8
общая	7	$F_{\phi} < F_{теор}$	11	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	5	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$	$F_{\phi} < F_{теор}$

Урожайность зерна и соломы ярового ячменя в 2012-2014 гг. по предшественнику подсолнечник, т/га. Первый год последействия

Варианты	Урожайность зерна, т/га			Урожайность соломы, т/га		
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
последствие индюшиного помёта, т/га (фон – дискование)						
контроль	0,69	0,96	1,36	2,39	2,21	2,18
5	-	1,56	1,60	-	2,77	2,45
7,5	-	1,77	1,82	-	2,89	2,59
10	1,82	1,79	1,88	3,28	3,01	2,77
15	1,99	1,85	1,80	3,72	3,24	2,89
20	1,84	1,84	1,71	3,81	3,31	2,96
25	1,61	1,68	1,40	3,74	3,20	3,01
последствие азофоски, кг/га (фон – дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	0,72	1,05	1,38	2,55	2,24	2,30
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	0,81	1,13	1,45	2,62	2,33	2,37
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	0,85	1,22	1,48	2,86	2,47	2,42
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)						
контроль	1,19	1,54	1,53	2,75	2,46	2,24
5	-	1,75	1,85	-	2,62	2,37
7,5	-	1,84	1,92	-	2,75	2,48
10	1,65	1,90	2,15	2,91	2,94	2,64
15	1,65	1,84	1,88	3,45	3,05	2,83
20	1,65	1,82	1,81	3,49	3,10	2,95
25	1,65	1,75	1,72	3,65	3,08	2,61
последствие азофоски, кг/г (фон – вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	1,21	1,55	1,55	2,80	2,50	2,33
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	1,25	1,63	1,58	2,96	2,62	2,42
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	1,31	1,72	1,63	3,11	2,74	2,45
НСР ₀₅						
обработка	0,04	0,16	0,04	0,10	F _ф < F _{теор}	0,06
доза	0,08	0,37	0,08	0,20	0,12	0,13
общая	0,11	0,52	F _ф < F _{теор}	0,28	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

Структура урожайности ярового ячменя в 2012-2014 гг. Первый год последействия

Варианты	Продуктивные стебли, шт./м ²					Масса зёрен в колосе, г				
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее за 2012- 2014 гг.	2013- 2014 гг.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее за 2012- 2014 гг.	2013- 2014 гг.
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)										
контроль	327	359	386	357	373	0,21	0,27	0,35	0,28	0,31
5	-	412	397	-	405	-	0,38	0,40	-	0,39
7,5	-	432	410	-	421	-	0,41	0,44	-	0,43
10	439	448	431	439	440	0,41	0,40	0,44	0,42	0,42
15	455	470	440	455	455	0,44	0,39	0,41	0,41	0,40
20	434	472	442	449	457	0,42	0,39	0,39	0,40	0,39
25	410	437	420	422	429	0,39	0,38	0,33	0,37	0,36
последействие азофоски, кг/га (фон – дискование)										
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	335	367	389	364	378	0,21	0,29	0,35	0,28	0,32
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	348	371	390	370	381	0,23	0,30	0,37	0,30	0,34
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	356	374	385	372	380	0,24	0,33	0,38	0,32	0,36
последействие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)										
контроль	384	375	396	385	386	0,31	0,41	0,39	0,37	0,40
5	-	420	406	-	413	-	0,42	0,46	-	0,44
7,5	-	435	424	-	430	-	0,42	0,45	-	0,44
10	425	461	431	439	446	0,39	0,41	0,50	0,43	0,46
15	429	477	427	444	452	0,38	0,39	0,44	0,40	0,42
20	434	470	430	445	450	0,38	0,39	0,42	0,40	0,41
25	430	456	416	434	436	0,38	0,38	0,41	0,39	0,40
последействие азофоски, кг/га (фон – вспашка)										
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	395	372	392	386	382	0,31	0,42	0,40	0,38	0,41
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	399	380	395	391	388	0,31	0,43	0,40	0,38	0,42
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	404	395	402	400	399	0,32	0,44	0,41	0,39	0,43
НСР ₀₅										
обработка	6	7	F _ф < F _{теор}	10	F _ф < F _{теор}	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
доза	12	16	15	20	26	0,05	F _ф < F _{теор}	0,05	0,05	0,04
общая	16	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	0,07	0,06	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

Урожайность зерна и соломы озимой пшеницы в 2013-2015 гг. по предшественнику яровой ячмень, т/га. Второй год последействия

Варианты	Урожайность зерна, т/га			Урожайность соломы, т/га		
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
последствие индюшиного помёта, т/га (фон – дискование)						
контроль	0,90	1,73	4,37	1,95	2,06	5,74
5	-	1,83	4,40	-	2,19	5,80
7,5	-	1,92	4,98	-	2,64	6,35
10	2,15	2,15	5,59	3,63	2,99	7,05
15	3,23	1,91	5,78	4,32	3,05	7,10
20	3,08	1,89	5,34	4,83	3,12	7,18
25	2,73	1,84	5,04	4,73	3,25	7,26
последствие азофоски, кг/га (фон – дискование)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	0,92	1,72	4,39	1,95	2,06	5,77
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	0,95	1,77	4,45	2,05	2,10	5,82
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	1,03	1,82	4,47	2,24	2,21	5,88
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)						
контроль	1,50	1,75	4,48	2,47	1,95	5,82
5	-	1,81	4,50	-	2,08	5,94
7,5	-	1,91	4,89	-	2,19	6,61
10	2,46	1,93	5,57	4,50	2,38	7,09
15	2,92	2,06	5,53	4,58	2,44	7,16
20	3,23	1,91	5,49	4,83	2,71	7,35
25	2,84	1,89	5,41	5,18	2,98	7,89
последствие азофоски, кг/г (фон – вспашка)						
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	1,52	1,75	4,50	2,48	2,01	5,90
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	1,55	1,78	4,56	2,56	2,12	5,95
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	1,63	1,81	4,63	2,69	2,16	6,06
НСР ₀₅						
обработка	0,15	F _ф < F _{теор}	0,06	0,09	0,05	0,11
доза	0,30	0,09	0,14	0,18	0,11	0,23
общая	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	0,25	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

Структура урожайности озимой пшеницы в 2013-2015 гг. Второй год последействия

Варианты	Продуктивные стебли, шт./м ²					Масса зёрен в колосе, г				
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	среднее за 2013- 2015 гг.	2014- 2015 гг.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	среднее за 2013- 2015 гг.	2014- 2015 гг.
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – дискование)										
контроль	231	284	378	298	331	0,39	0,49	1,52	0,80	1,01
5	-	290	381	-	336	-	0,51	1,52	-	1,02
7,5	-	304	392	-	348	-	0,51	1,62	-	1,07
10	359	322	402	361	362	0,60	0,56	1,75	0,97	1,16
15	396	311	421	376	366	0,82	0,52	1,69	1,01	1,11
20	378	305	411	365	358	0,81	0,54	1,75	1,03	1,15
25	354	303	406	354	355	0,77	0,53	1,79	1,03	1,16
последствие азофоски, кг/га (фон – дискование)										
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	233	289	381	301	335	0,39	0,48	1,51	0,79	1,00
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	241	290	385	305	338	0,39	0,48	1,51	0,79	1,00
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	265	295	382	314	339	0,39	0,49	1,54	0,81	1,02
последствие индюшиного помёта, т/га (заделка – вспашка)										
контроль	269	288	391	316	340	0,56	0,48	1,49	0,84	0,99
5	-	290	396	-	343	-	0,49	1,50	-	1,00
7,5	-	299	412	-	356	-	0,51	1,60	-	1,06
10	360	311	416	362	364	0,68	0,50	1,70	0,96	1,10
15	380	324	419	374	372	0,77	0,53	1,71	1,00	1,12
20	396	320	408	375	364	0,82	0,49	1,80	1,04	1,15
25	371	316	405	364	361	0,77	0,50	1,95	1,07	1,23
последствие азофоски, кг/га (фон – вспашка)										
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	272	288	391	317	340	0,56	0,48	1,51	0,85	1,00
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	275	290	393	319	342	0,56	0,49	1,51	0,85	1,00
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	280	291	395	322	343	0,58	0,49	1,53	0,87	1,01
НСР ₀₅										
обработка	10	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	4	0,03	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}
доза	20	12	26	34	9	0,06	F _ф < F _{теор}	0,07	0,11	0,13
общая	28	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	0,09	0,05	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}

Суммарный сбор зерновых единиц за каждый цикл чередования культур в звене севооборота подсолнечник, яровой ячмень, озимая пшеница при внесении индюшиного помёта и азофоски под первую культуру, т/га

Варианты	2011-2013 гг.			2012-2014 гг.			2013-2015 гг.		
	сбор цикл №1	Прибавка к контролю		сбор цикл №2	Прибавка к контролю		сбор цикл №3	Прибавка к контролю	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
индюшиный помёт, т/га (заделка – дискование)									
контроль	3,85	-	-	4,63	-	-	6,61	-	-
5	-	-	-	5,64	1,01	21,8	7,28	0,67	10,1
7,5	-	-	-	6,22	1,59	34,3	8,20	1,59	24,1
10	6,79	2,94	76,4	6,62	1,99	43,0	8,97	2,36	35,7
15	8,57	4,72	122,6	6,63	2,00	43,2	9,11	2,50	37,8
20	7,97	4,12	107,0	6,39	1,76	38,0	8,61	2,00	30,3
25	6,69	2,84	73,8	6,11	1,48	32,0	8,06	1,45	21,9
азофоска, кг/га (фон – дискование)									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	4,17	0,32	8,3	4,89	0,26	5,6	6,96	0,35	5,3
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	4,70	0,85	22,1	5,34	0,71	15,3	7,38	0,77	11,6
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	5,23	1,38	35,8	5,35	0,72	15,6	7,39	0,78	11,8
индюшиный помёт, т/га (заделка – вспашка)									
контроль	5,01	-	-	5,26	-	-	7,63	-	-
5	-	-	-	5,84	0,58	11,0	8,67	1,04	13,6
7,5	-	-	-	6,47	1,21	23,0	9,40	1,77	23,2
10	7,12	2,11	42,1	6,55	1,29	24,5	10,79	3,16	41,4
15	7,94	2,93	58,5	6,56	1,30	24,7	10,39	2,76	36,2
20	8,13	3,12	62,3	6,35	1,09	20,7	10,23	2,60	34,1
25	7,67	2,66	53,1	5,89	0,63	12,0	10,04	2,41	31,6
азофоска, кг/га (фон – вспашка)									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	5,36	0,35	7,0	5,40	0,14	2,7	7,87	0,24	3,1
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	5,73	0,72	14,4	5,63	0,37	7,0	8,12	0,49	6,4
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	6,32	1,31	26,1	6,13	0,87	16,5	8,05	0,42	5,5

Влияние удобрений на сбор масла в урожае семян подсолнечника с 1 га, кг

Варианты	2011 г.	Прибавка к контролю		2012 г.	Прибавка к контролю		2013 г.	Прибавка	
		кг/га	%		кг/га	%		кг/га	%
индюшиный помёт осенью под дискование, т/га									
контроль	595	-	-	393	-	-	200	-	-
5	-	-	-	467	74	18,9	297	97	48,5
7,5	-	-	-	543	150	38,1	304	104	52,1
10	816	221	37,2	608	215	54,7	325	125	62,3
15	946	351	59,0	615	222	56,6	320	120	59,8
20	796	201	33,8	553	160	40,7	321	121	60,4
25	589	0	0	536	143	36,4	314	114	56,9
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон - дискование)									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	665	70	11,7	440	47	11,9	247	47	23,7
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	775	180	30,2	521	128	32,5	318	118	58,9
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	871	276	46,3	482	89	22,8	293	93	46,5
индюшиный помёт осенью под вспашку, т/га									
контроль	612	-	-	398	-	-	369	-	-
5	-	-	-	473	75	19,0	595	226	61,1
7,5	-	-	-	599	201	50,5	680	311	84,3
10	834	222	36,2	601	203	51,0	875	506	137,1
15	948	336	54,9	571	173	43,5	805	436	118,1
20	935	323	52,8	537	139	35,0	800	431	116,8
25	876	264	43,2	453	55	13,9	774	405	109,8
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – вспашка)									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	695	83	13,6	449	51	12,7	411	42	11,3
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	771	159	25,9	504	106	26,7	445	76	20,5
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	891	279	45,6	589	191	48,1	395	26	7,1
НСР ₀₅									
обработка	15			F _ф < F _{теор}			6		
доза	32			16			13		
общая	F _ф < F _{теор}			23			F _ф < F _{теор}		

Баланс элементов питания в звене севооборота подсолнечник, яровой ячмень, озимая пшеница в среднем за 2012-2015 гг., кг/га. Среднее за 2 цикла

Варианты (дозы помёта и азофоски)	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
индюшиный помёт под дискование, т/га									
контроль	-	-	-	99	13	41	-99	-13	-41
5	97	104	103	114	15	49	-17	89	54
7,5	145	155	154	131	18	55	14	137	99
10	193	207	205	146	21	61	47	186	144
15	290	311	308	150	22	65	140	289	243
20	386	414	410	145	22	63	241	392	347
25	483	518	513	140	19	57	343	499	456
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – дискование)									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	25	25	25	104	14	45	-79	11	-20
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	50	50	50	114	15	50	-64	35	0
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	75	75	75	112	15	48	-37	60	27
индюшиный помёт под вспашку, т/га									
контроль	-	-	-	111	16	47	-111	-16	-47
5	97	104	103	127	19	55	-30	85	48
7,5	145	155	154	142	21	61	3	134	93
10	193	207	205	160	24	70	33	183	135
15	290	311	308	161	25	68	129	286	240
20	386	414	410	160	25	68	226	389	342
25	483	518	513	156	24	67	327	494	446
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га (фон – вспашка)									
N ₂₅ P ₂₅ K ₂₅	25	25	25	117	17	51	-92	8	-26
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	50	50	50	124	17	54	-74	33	-4
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	75	75	75	128	17	56	-53	58	19

Динамика аммонийного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под яровым ячменём при внесении индюшиного помёта и азофоски, кг/га

Варианты (дозы помёта, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора					
	выход в трубку		колошение		уборка	
	слой почвы, см					
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2008 г.						
контроль	8,8	4,9	5,3	3,0	4,6	6,2
5	7,9	9,8	5,8	4,9	4,4	4,9
10	7,2	9,6	5,1	6,9	4,9	6,4
15	9,0	4,9	5,8	4,4	4,6	5,2
20	8,8	5,2	5,6	5,4	4,2	4,9
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	7,7	4,9	7,0	5,9	5,1	3,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,4	5,9	6,3	7,4	5,8	4,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	6,0	5,4	4,6	8,1	4,9	4,9
НСР ₀₅	1,5	1,1	1,2	1,6	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}
2009 г.						
контроль	7,9	5,2	4,6	3,9	3,2	3,0
5	9,0	6,2	6,5	3,7	2,1	2,7
10	9,5	7,1	5,8	4,2	2,8	2,0
15	11,6	7,6	5,1	4,7	4,2	2,7
20	10,4	8,4	6,7	4,2	1,9	2,5
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	9,5	7,9	5,8	2,7	2,8	4,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	9,5	8,6	4,4	3,7	3,5	3,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	10,7	7,9	5,3	4,4	3,7	2,7
НСР ₀₅	1,0	1,5	1,1	0,9	0,8	0,9
2010 г.						
контроль	10,0	6,4	5,1	4,4	3,5	2,5
5	9,3	6,6	4,4	3,0	2,1	2,7
10	8,8	7,4	3,5	4,7	2,6	2,0
15	8,1	7,4	3,2	4,9	1,4	2,2
20	7,9	8,1	3,7	5,2	2,1	3,1
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	7,4	6,2	5,8	3,4	1,4	2,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,7	5,4	5,1	4,9	2,1	2,7
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	7,2	6,2	4,9	6,2	1,9	1,5
НСР ₀₅	1,6	1,0	1,1	1,0	1,0	0,8

Динамика нитратного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под яровым ячменём под влиянием индюшиного помёта, кг/га

Варианты (дозы помёта, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора					
	выход в трубку		колошение		уборка	
	слой почвы, см					
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2008 г.						
контроль	28,3	16,0	15,3	11,2	25,1	15,5
5	31,3	21,2	27,6	10,6	22,5	21,2
10	45,7	21,2	32,0	11,6	28,5	18,0
15	51,3	23,4	34,8	12,5	29,0	20,7
20	56,6	31,7	33,4	21,2	32,2	26,1
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	29,0	21,2	29,5	10,6	20,9	21,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	29,9	26,8	25,1	16,2	22,3	21,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	45,0	28,0	32,2	21,2	25,8	31,7
НСП ₀₅	7,0	4,1	4,4	4,3	5,4	5,1
2009 г.						
контроль	14,4	10,6	8,8	7,1	5,6	6,9
5	19,5	12,5	10,9	7,9	8,4	6,2
10	26,7	13,8	9,0	12,5	9,7	6,4
15	38,5	15,3	17,2	16,2	13,2	14,3
20	42,7	13,8	22,5	19,2	18,8	14,5
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	16,2	11,1	10,7	9,8	7,2	8,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	19,5	12,8	13,0	12,1	7,4	6,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	25,3	13,3	15,1	13,5	9,7	9,3
НСП ₀₅	5,1	F _ф < F _{теор}	3,5	4,0	2,1	2,0
2010 г.						
контроль	22,3	14,5	11,6	11,3	16,0	12,9
5	25,3	12,3	11,6	11,6	15,8	15,5
10	28,5	14,5	14,4	11,8	17,2	16,0
15	31,6	15,0	16,7	14,3	32,0	29,5
20	34,6	16,0	12,5	12,1	13,5	12,3
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	19,0	15,7	11,4	9,6	11,1	10,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	20,9	17,5	11,8	10,6	13,7	10,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	26,0	16,7	14,2	11,3	15,8	14,8
НСП ₀₅	4,6	2,8	2,9	F _ф < F _{теор}	3,0	3,7

Динамика подвижного фосфора в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под яровым ячменем при внесении индюшиного помёта и азофоски, мг/кг почвы

Варианты (дозы помёта, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора					
	выход в трубку		колошение		уборка	
	слой почвы, см					
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2008 г.						
контроль	18,5	14,6	17,8	13,0	17,0	12,1
5	21,6	14,0	20,3	12,4	19,6	12,5
10	27,7	15,0	26,1	12,7	25,4	11,9
15	32,0	14,9	27,0	11,4	24,5	12,1
20	33,5	14,4	31,6	12,3	29,6	11,4
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	19,6	14,0	18,1	12,6	17,6	12,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	22,6	14,2	21,5	13,0	20,6	11,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	26,8	15,0	25,7	12,5	24,6	11,4
НСР ₀₅	3,1	F _ф < F _{теор}	2,8	F _ф < F _{теор}	3,3	F _ф < F _{теор}
2009 г.						
контроль	22,5	17,2	21,3	15,6	19,4	14,0
5	25,6	17,7	24,9	16,0	20,6	14,5
10	26,4	17,0	25,2	15,2	21,8	14,1
15	28,5	17,6	26,4	16,0	21,1	14,6
20	27,6	17,4	26,8	15,6	20,7	14,0
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	22,5	17,9	21,6	16,2	19,7	14,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	25,6	18,4	24,7	16,5	20,3	15,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	26,8	17,6	27,3	16,1	22,1	15,5
НСР ₀₅	2,4	F _ф < F _{теор}	2,9	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}
2010 г.						
контроль	22,6	16,9	21,7	15,0	18,8	15,3
5	25,6	17,2	24,9	16,5	20,4	15,7
10	26,4	16,8	28,7	16,0	25,3	15,1
15	23,2	17,4	25,6	16,4	22,4	15,0
20	22,9	16,6	23,3	15,9	21,4	15,1
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	24,4	15,8	22,7	15,0	20,8	15,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	25,2	16,0	26,2	15,4	24,1	15,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	26,4	16,5	28,3	15,8	29,5	15,7
НСР ₀₅	1,6	F _ф < F _{теор}	2,2	F _ф < F _{теор}	3,2	F _ф < F _{теор}

Динамика обменного калия в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под яровым ячменём при внесении индюшиного помёта и азофоски, мг/кг почвы

Варианты (дозы помёта, т/га и азофоски, кг/га)	Срок отбора					
	выход в трубку		колошение		уборка	
	слой почвы, см					
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2008 г.						
контроль	356	278	349	256	352	234
5	364	269	356	244	361	220
10	384	256	375	238	379	224
15	405	270	384	233	370	218
20	394	264	386	228	389	211
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	361	281	355	262	360	240
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	371	266	364	251	366	237
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	381	274	374	245	376	230
НСР ₀₅	30	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	16
2009 г.						
контроль	312	234	281	211	287	235
5	319	240	291	220	299	245
10	335	245	302	227	309	234
15	348	236	352	221	371	242
20	367	240	364	225	379	245
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	321	235	289	235	291	250
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	334	240	295	245	299	265
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	340	237	305	242	312	256
НСР ₀₅	20	F _ф < F _{теор}	28	20	33	F _ф < F _{теор}
2010 г.						
контроль	411	295	377	264	384	284
5	425	290	369	251	401	289
10	435	279	352	267	371	287
15	421	296	388	271	359	280
20	432	287	399	260	354	274
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	420	285	381	273	395	291
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	420	279	382	266	377	285
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	431	269	412	246	457	281
НСР ₀₅	F _ф < F _{теор}	F _ф < F _{теор}	24	F _ф < F _{теор}	27	F _ф < F _{теор}

Приложение 73

Биометрические показатели ярового ячменя в фазу колошение в 2008-2010 гг. (прямое действие) и 2010-2012 гг. (второй год последействия)

Варианты	Высота 1 растения, см		Сырая масса 1 растения, г	
	среднее за 2008-2010 гг.	среднее за 2010-2012 гг.	среднее за 2008-2010 гг.	среднее за 2010-2012 гг.
контроль	55,7	48,4	3,3	2,6
индюшиный помёт, т/га				
5	60,4	49,0	3,9	2,6
10	64,1	51,2	4,2	2,9
15	66,1	52,7	4,5	3,0
20	64,6	53,4	4,3	3,1
азофоска, кг/га				
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	62,6	48,4	3,8	2,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	64,4	48,9	4,0	2,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	65,8	49,3	4,3	2,6
НСП ₀₅	5,4	0,6	0,2	0,1

Приложение 74

Биометрические показатели подсолнечника в фазу цветение в 2009-2010 гг. Первый год последействия

Варианты	Высота 1 растения, см	Сырая масса 1 растения, г
контроль	167	538
последствие индюшиного помёта, т/га		
5	171	550
10	175	587
15	180	615
20	180	635
последствие азофоски, кг/га		
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	167	538
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	168	549
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	168	556
НСП ₀₅	3,4	51

Приложение 75

Структура урожайности ярового ячменя в 2008-2010 гг. (прямое действие) и 2010-2012 гг. (второй год последствия)

Варианты	Продуктивные стебли, шт./м ²		Масса зёрен в колосе, г	
	среднее за 2008-2010 гг.	среднее за 2010-2012 гг.	среднее за 2008-2010 гг.	среднее за 2010-2012 гг.
контроль	375	359	0,55	0,42
индюшиный помёт, т/га				
5	455	370	0,66	0,43
10	452	386	0,66	0,47
15	460	395	0,65	0,46
20	444	398	0,66	0,45
азофоска, кг/га				
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	426	363	0,58	0,43
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	447	366	0,64	0,44
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	466	370	0,68	0,45
НСР ₀₅	53	5	0,05	0,02

Приложение 76

Структура урожайности подсолнечника в 2009-2011 гг.

Варианты	Масса 1 растения, г	Масса семян с 1 растения, г
контроль	48	23
последствие индюшиного помёта, т/га		
5	52	26
10	56	27
15	61	32
20	63	32
последствие азофоски, кг/га		
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	48	24
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	50	27
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	53	27
НСР ₀₅	5	2,4

Приложение 77

Продуктивность звена севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень при внесении индюшиного помета и азофоски под первую культуру под предпосевную культивацию, т/га зерновых единиц

Варианты	2008-2010 гг.			2009-2011 гг.			2010-2012 гг.		
	сбор цикл №1	прибавка к контролю		сбор цикл №2	прибавка к контролю		сбор цикл №3	прибавка к контролю	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
контроль	6,54	-	-	4,97	-	-	4,51	-	-
индюшинный помёт, т/га									
5	7,15	0,61	9,3	5,75	0,78	15,7	5,23	0,72	16,0
10	7,65	1,11	17,0	7,06	2,09	42,1	6,09	1,58	35,0
15	8,03	1,49	22,8	7,78	2,81	56,5	6,02	1,51	33,5
20	7,88	1,34	20,5	7,40	2,43	48,9	5,88	1,37	30,4
азофоска, кг/га									
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	6,79	0,25	3,8	6,12	1,15	23,1	4,74	0,23	5,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7,12	0,58	8,9	6,69	1,72	34,6	5,53	1,02	22,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	7,87	1,33	20,3	7,68	2,71	54,5	5,37	0,86	19,1

Приложение 78

Показатели качества полевых культур звена севооборота, %

Вариан- ты	Белковость зерна ярового ячменя. Среднее за 2008- 2010 гг.		Масличность семян подсолнечника. Среднее за 2009-2011 гг. Первый год по- следствия		Белковость зерна ярового ячменя. Среднее за 2010- 2012 гг. Второй год последствия	
	белко- вость	прибав- ка к контро- лю	маслич- ность	прибав- ка к контро- лю	белко- вость	прибав- ка к контро- лю
контроль	11,4	-	40,5	-	10,7	
индюшинный помёт, т/га						
5	12,2	0,8	41,4	0,9	10,7	0
10	12,7	1,3	44,0	3,5	10,7	0
15	13,1	1,7	41,8	1,3	10,8	0,1
20	13,7	2,3	41,1	0,6	10,8	0,1
азофоска, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	11,7	0,3	40,6	0,1	10,7	0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	12,2	0,8	41,7	1,2	10,7	0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	12,7	1,3	41,5	1,0	10,7	0
НСР ₀₅	0,6		1,3		0,06	

Вынос NPK в урожай культур звена севооборота яровой ячмень, подсолнечник, яровой ячмень, кг/га

Варианты	Основная продукция			Побочная продукция		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
яровой ячмень, 2008-2010 гг.						
контроль	34	7	10	4	2	32
индюшиный помёт под предпосевную культивацию, т/га						
5	53	11	17	5	3	42
10	57	13	19	7	4	50
15	58	14	20	7	4	52
20	57	11	18	6	3	45
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	43	9	14	5	3	38
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	50	10	16	5	3	42
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	61	13	19	6	4	50
подсолнечник, 2009-2011 гг. Первый год последействия						
контроль	39	3	14	26	4	61
последствие индюшиного помёта, т/га						
5	44	3	16	28	4	67
10	48	4	18	32	5	74
15	57	5	21	36	6	83
20	56	5	21	37	6	87
последствие азофоски, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	41	3	15	26	4	61
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	45	3	17	27	4	64
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	46	3	17	29	4	67
яровой ячмень, 2010-2012 гг. Второй год последействия						
контроль	25	4	6	4	2	32
последствие индюшиного помёта, т/га						
5	26	4	7	5	2	35
10	29	5	9	5	3	39
15	29	5	9	6	3	42
20	29	5	9	6	3	44
последствие азофоски, кг/га						
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	25	4	7	5	2	33
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	26	4	7	5	2	35
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	27	5	7	5	2	35

Динамика аммонийного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под озимой пшеницей при внесении куриного помёта, кг/га

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		весеннее ку- щение		колошение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011-2012 гг.								
контроль	2,8	3,9	19,3	14,3	5,8	5,7	3,7	2,7
5	3,5	4,4	29,2	15,6	6,0	5,9	3,2	3,0
7,5	4,9	4,9	25,1	14,8	5,6	4,4	3,7	3,7
10	3,5	4,9	27,4	14,4	5,6	7,1	2,6	3,2
15	2,6	5,2	33,2	15,1	4,2	5,7	2,8	4,4
20	3,7	4,2	29,2	13,9	4,2	5,2	4,2	3,9
НСР ₀₅	1,0	F _φ < F _{теор}	5,1	F _φ < F _{теор}	0,9	0,9	1,0	1,1
2012-2013 гг.								
контроль	2,3	3,4	10,7	7,9	4,9	4,4	2,3	2,0
5	2,6	3,9	9,7	7,4	5,8	4,7	3,5	2,5
7,5	4,6	3,4	11,4	8,6	6,7	5,2	4,2	2,7
10	3,7	4,7	12,1	9,3	5,8	7,1	3,5	3,0
15	4,2	4,9	10,0	9,3	5,6	4,9	4,2	3,4
20	3,5	4,7	12,8	10,1	6,0	4,7	4,4	3,7
НСР ₀₅	1,1	F _φ < F _{теор}	2,1	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	1,2	0,9	F _φ < F _{теор}
2013-2014 гг.								
контроль	5,8	4,4	10,7	10,1	4,9	4,7	3,9	3,0
5	4,9	4,7	11,1	10,6	5,8	4,4	3,5	2,7
7,5	6,7	4,2	11,8	9,8	6,3	5,7	4,2	3,4
10	7,0	4,4	11,1	10,1	6,7	4,9	3,5	4,7
15	6,5	4,9	12,8	11,3	7,7	6,9	4,2	4,9
20	5,6	5,4	13,9	11,1	9,5	7,4	4,9	5,7
НСР ₀₅	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	1,1	0,8	0,9	1,2

Динамика нитратного азота в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под озимой пшеницей при внесении куриного помёта, кг/га

Варианты (дозы помета, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		весеннее ку- щение		колошение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011-2012 гг.								
контроль	75,2	31,7	57,3	43,8	35,0	15,5	15,8	10,1
5	78,6	31,7	59,2	35,9	43,4	18,2	18,3	11,6
7,5	107,2	56,3	80,3	55,4	57,5	18,7	20,2	19,9
10	101,2	74,3	87,5	52,6	41,3	18,7	29,2	30,3
15	68,4	26,6	107,6	48,2	56,8	24,1	18,1	31,0
20	61,0	30,3	128,8	49,2	61,0	13,3	16,5	13,8
НСР ₀₅	9,3	10,7	12,4	4,9	7,5	2,7	3,3	6,6
2012-2013 гг.								
контроль	24,6	21,9	16,0	8,4	8,1	5,9	4,4	3,4
5	31,6	22,4	17,9	10,3	9,7	7,4	5,3	3,7
7,5	39,4	26,8	19,0	9,8	25,3	12,5	12,8	5,2
10	49,9	27,1	26,9	21,6	28,8	21,2	15,8	7,4
15	54,8	24,6	30,6	24,6	30,4	24,4	17,2	8,6
20	49,9	27,8	24,4	22,4	32,9	21,4	19,7	10,1
НСР ₀₅	5,8	3,8	5,5	3,4	2,8	3,2	3,0	1,7
2013-2014 гг.								
контроль	26,7	22,6	18,3	16,2	9,3	6,4	7,2	3,7
5	34,3	28,3	20,6	19,2	13,0	10,1	8,8	3,9
7,5	42,2	31,2	35,0	22,1	14,8	9,8	9,5	5,7
10	56,6	29,3	49,2	25,8	17,9	14,5	10,4	8,9
15	62,4	29,5	51,0	33,5	18,6	15,7	13,0	10,1
20	59,2	32,0	47,8	27,1	21,3	16,7	14,8	11,1
НСР ₀₅	5,5	4,6	3,6	3,7	3,3	2,0	1,9	4,7

Динамика минерального азота в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей при внесении куриного помёта, кг/га

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора				Среднее за вегета- цию
	перед посевом	весеннее кущение	колоше- ние	уборка	
2011-2012 гг.					
контроль	113,6	134,6	62,0	32,3	85,6
5	118,3	149,9	73,5	36,1	94,5
7,5	173,3	185,5	86,2	47,5	123,1
10	183,8	191,8	72,7	65,3	128,4
15	102,7	214,2	90,7	56,3	116,0
20	99,2	229,1	83,6	38,3	112,6
НСР ₀₅	21,1	22,7	6,2	7,2	19,2
2012-2013 гг.					
контроль	52,3	42,9	23,3	12,2	32,7
5	60,4	45,3	27,6	14,9	37,1
7,5	74,4	48,9	49,7	24,8	49,5
10	85,3	69,9	62,8	29,6	61,9
15	88,5	74,5	65,2	33,4	65,4
20	85,9	69,5	65,0	37,9	64,6
НСР ₀₅	10,2	4,6	6,4	13,5	7,6
2013-2014 гг.					
контроль	59,5	55,4	25,2	17,8	39,5
5	72,2	61,5	33,3	18,9	46,5
7,5	84,4	78,9	36,6	22,8	55,7
10	97,3	96,2	44,0	27,5	66,3
15	103,3	108,6	48,9	32,2	73,3
20	104,2	99,9	54,9	36,4	73,9
НСР ₀₅	10,1	10,5	8,0	4,7	3,7

Динамика подвижного фосфора в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под пшеницей при внесении куриного помёта, мг/кг почвы

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		весеннее ку- щение		колошение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011-2012 гг.								
контроль	14,7	12,6	13,5	10,2	7,7	6,2	8,7	2,8
5	15,5	11,7	14,4	10,1	8,3	6,3	5,9	2,6
7,5	16,0	12,9	14,1	11,4	8,1	7,2	6,0	4,0
10	18,1	12,9	17,7	10,3	9,3	6,5	7,2	4,7
15	18,4	11,7	18,5	9,4	10,6	8,0	9,0	7,1
20	19,2	13,9	18,0	10,3	11,3	7,4	8,1	8,1
НСР ₀₅	1,5	F _φ < F _{теор}	2,0	F _φ < F _{теор}	1,4	1,1	1,5	1,7
2012-2013 гг.								
контроль	10,3	8,1	9,8	7,9	5,3	3,6	6,6	4,3
5	10,8	9,0	11,0	8,4	6,5	4,0	7,1	4,8
7,5	12,0	9,2	11,5	8,6	7,2	4,5	8,8	5,6
10	12,6	9,9	11,3	8,2	6,9	4,8	9,0	5,6
15	13,4	9,2	12,0	8,0	7,1	5,0	8,9	6,6
20	12,5	8,9	12,4	8,1	8,0	5,6	9,1	7,0
НСР ₀₅	1,1	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	F _φ < F _{теор}	1,1	1,2	1,2	1,4
2013-2014 гг.								
контроль	14,3	10,5	13,5	11,0	9,2	5,6	6,3	3,9
5	14,8	10,3	13,8	11,6	10,5	6,0	7,7	4,4
7,5	15,5	10,8	14,4	11,0	12,3	7,8	8,0	5,1
10	16,2	10,0	15,9	10,5	11,7	8,4	7,5	6,1
15	17,4	10,9	16,2	10,1	12,0	7,7	8,0	6,5
20	16,6	10,5	16,0	10,6	13,1	8,4	9,0	5,5
НСР ₀₅	1,2	F _φ < F _{теор}	1,4	F _φ < F _{теор}	1,7	1,4	1,1	1,2

Динамика обменного калия в слоях почвы 0-20 и 20-40 см под озимой пшеницей при внесении куриного помёта, мг/кг почвы

Варианты (дозы помёта, т/га)	Срок отбора							
	перед посевом		весеннее ку- щение		колошение		уборка	
	слой почвы, см							
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
2011-2012 гг.								
контроль	459	302	416	279	373	227	321	197
5	501	304	401	296	387	262	331	212
7,5	524	321	470	303	395	286	326	242
10	604	338	540	361	466	319	432	267
15	611	330	565	318	516	290	440	252
20	667	356	588	329	563	309	425	262
НСР ₀₅	35	F _φ < F _{теор}	33	35	28	39	35	31
2012-2013 гг.								
контроль	349	215	359	207	311	179	325	221
5	363	222	374	229	335	186	351	231
7,5	377	221	386	210	322	178	366	229
10	396	239	389	215	332	169	375	230
15	410	242	434	235	376	185	419	201
20	437	235	449	241	392	194	425	212
НСР ₀₅	38	F _φ < F _{теор}	24	25	31	F _φ < F _{теор}	23	17
2013-2014 гг.								
контроль	396	322	384	316	342	269	312	231
5	405	330	389	310	352	270	326	240
7,5	421	341	410	325	385	286	331	265
10	433	339	446	333	380	295	348	271
15	457	341	433	326	386	272	351	269
20	484	354	470	341	420	288	378	268
НСР ₀₅	34	F _φ < F _{теор}	38	F _φ < F _{теор}	22	F _φ < F _{теор}	29	27

Приложение 85

Биометрические показатели растений озимой пшеницы в фазу колошение. Среднее за 2012-2014 гг.

Варианты	Высота 1 растения, см	Сырая масса 1 растения, г
контроль	50,3	3,0
куриный помёт весной в паровое поле, т/га		
5	51,8	3,2
7,5	52,8	3,3
10	54,1	3,5
15	53,2	3,3
20	51,9	3,1
азофоска под предпосевную культивацию и N ₆₀ – азотная подкормка, кг/га		
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	51,3	3,0
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	52,0	3,2
НСР ₀₅	1,2	0,2

Приложение 86

Биометрические показатели растений кукурузы на зерно и подсолнечника. Последствие куриного помёта

Варианты	Кукуруза на зерно. Среднее за 2013-2015 гг.				Подсолнечник. Среднее за 2014-2016 гг.			
	7-8 листьев		молочн.-воск. спелость		бутонизация		цветение	
	высо- та, см	мас- са, г	высо- та, см	мас- са, г	высо- та, см	мас- са, г	высо- та, см	мас- са, г
контроль	48	89	172	623	45	121	166	602
последствие куриного помёта, т/га								
5	55	100	175	698	45	122	167	606
7,5	60	107	185	731	47	127	171	623
10	65	117	190	777	49	135	174	653
15	76	136	196	893	52	143	177	688
20	80	153	201	932	54	158	181	709
последствие минеральных удобрений, кг/га								
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	49	91	173	601	45	121	166	602
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	50	94	176	624	45	122	166	605
НСР ₀₅	6	20	10	113	3	7	4	23

Урожайность соломы озимой пшеницы по пару, т/га

Варианты	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее за 2012-2014 гг.	Прибавка к контролю	
					т/га	%
контроль	3,04	3,50	7,35	4,63	-	-
куриный помёт весной в паровое поле, т/га						
5	3,44	4,51	9,28	5,74	1,11	24,0
7,5	3,89	5,16	9,76	6,27	1,64	35,4
10	4,33	5,46	9,46	6,42	1,79	38,6
15	3,91	5,00	8,95	5,95	1,32	28,6
20	3,65	4,74	8,60	5,66	1,03	22,3
азофоска под предпосевную культивацию и N ₆₀ – азотная подкормка, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	3,95	3,81	7,69	5,15	0,52	11,2
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	4,21	4,11	7,81	5,38	0,75	16,1
НСП ₀₅	0,37	0,30	0,23	0,79		

Структура урожайности культур в звене севооборота озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник

Варианты	Озимая пшеница. Среднее 2012-2014 гг.		Кукуруза на зерно. Среднее 2013-2015 гг.		Подсолнечник. Среднее за 2014-2016 гг.	
	продуктивные стебли, шт./м ²	масса зёрен в колосе, г	масса 1 растения, г	масса зерна с 1 растения, г	масса 1 растения, г	масса семян с 1 растения, г
контроль	316	1,02	120	78	67	28
куриный помёт, т/га						
5	338	1,08	124	80	70	29
7,5	350	1,10	129	84	73	30
10	357	1,13	133	91	75	33
15	361	1,10	139	91	77	33
20	353	1,05	143	89	78	34
минеральные удобрения, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	337	1,09	121	78	68	28
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	345	1,10	122	80	69	29
НСП ₀₅	21	F _ф < F _{теор}	3	5	4	2

Урожайность вегетативной массы кукурузы, т/га

Варианты	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее за 2013- 2015 гг.	Прибавка к контро- лю	
					т/га	%
контроль	8,36	4,48	5,17	6,00	-	-
последствие куриного помёта, т/га						
5	8,43	4,89	5,29	6,20	0,20	3,4
7,5	8,65	5,11	5,64	6,47	0,47	7,8
10	8,81	5,38	5,81	6,67	0,67	11,1
15	9,12	5,67	6,12	6,97	0,97	16,2
20	9,34	5,84	6,27	7,15	1,15	19,2
последствие минеральных удобрений, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	8,40	4,57	5,22	6,06	0,06	1,1
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	8,45	4,61	5,30	6,12	0,12	2,0
НСП ₀₅	0,14	0,14	0,13	0,17		

Урожайность вегетативной массы подсолнечника, т/га. Второй год последействия

Варианты	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее за 2014- 2016 гг.	Прибавка к контро- лю	
					т/га	%
контроль	3,41	4,11	4,37	3,96	-	-
последствие куриного помёта, т/га						
5	3,56	4,25	4,53	4,11	0,15	3,9
7,5	3,78	4,32	4,68	4,26	0,30	7,6
10	3,93	4,51	4,75	4,40	0,44	11,0
15	4,25	4,47	4,90	4,54	0,58	14,6
20	4,31	4,40	4,99	4,57	0,61	15,3
последствие минеральных удобрений, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	3,44	4,14	4,40	3,99	0,03	0,8
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	3,48	4,20	4,45	4,04	0,08	2,1
НСП ₀₅	0,16	0,11	0,08	0,22		

Продуктивность звена севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, подсолнечник при внесении куриного помёта и азофоски под первую культуру, т/га зерновых единиц

Варианты	2012-2014 гг.			2013-2015 гг.			2014-2016 гг.		
	сбор цикл №1	прибавка к контролю		сбор цикл №2	прибавка к контролю		сбор цикл №3	прибавка к контролю	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
контроль	10,49	-	-	7,93	-	-	11,99	-	-
куриный помёт, т/га									
5	11,14	0,65	6,2	8,55	0,62	7,8	12,51	0,58	4,9
7,5	11,72	1,23	11,7	9,02	1,09	13,7	12,98	1,05	8,8
10	12,54	2,05	19,5	9,56	1,63	20,6	14,13	2,20	18,4
15	12,44	1,95	18,6	9,32	1,39	17,5	14,50	2,57	21,5
20	12,42	1,93	18,4	9,20	1,27	16,0	13,42	1,49	12,5
минеральные удобрения, кг/га									
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	11,19	0,70	6,7	8,23	0,30	3,8	12,53	0,60	5,0
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	11,27	0,78	7,4	8,70	0,77	9,7	12,70	0,77	6,5

Вынос NPK в урожай культур звена севооборота пар, озимая пшеница, кукуруза, подсолнечник, кг/га

Варианты	Основная продукция			Побочная продукция		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
озимая пшеница, 2012-2014 гг.						
контроль	56	11	15	11	6	71
куриный помёт весной в паровое поле, т/га						
5	68	13	19	15	8	92
7,5	73	14	21	17	10	104
10	77	15	22	19	10	107
15	76	15	22	18	10	100
20	70	13	20	16	9	93
азофоска под предпосевную культивацию, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	69	13	19	14	8	81
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	71	13	19	16	8	86
кукуруза на зерно, 2013-2015 гг. Первый год последствий						
контроль	55	9	15	42	11	93
последствие куриного помёта, т/га						
5	58	10	16	43	12	97
7,5	63	11	18	47	13	102
10	71	12	21	50	14	108
15	73	12	23	52	16	114
20	70	11	22	54	17	117
последствие минеральных удобрений, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	55	9	15	42	11	94
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	56	10	16	43	12	96
подсолнечник, 2014-2016 гг. Второй год последствий						
контроль	41	4	22	48	6	83
последствие куриного помёта, т/га						
5	42	4	22	50	6	87
7,5	44	5	24	53	7	92
10	48	5	26	56	8	97
15	50	5	27	59	8	102
20	51	5	27	60	8	103
последствие минеральных удобрений, кг/га						
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	41	4	22	48	6	84
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₄₀	42	4	22	49	6	86

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по НИР «ДонГАУ»
Громаков А.А.

«10» ноября 2015 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель хозяйства
Звездунов С.И.

«12» ноября 2015 г.

**А К Т**

внедрения результатов научно-исследовательских работ

«29» октября 2015 г.

Мы, нижеподписавшиеся, представители Донского государственного аграрного университета профессор, д-р. с.-х. наук Агафонов Е.В., доцент, кандидат с.-х. наук Каменев Р.А.

(должность, фамилия, имя, отчество)

_____, с одной стороны,
и представители СПК имени Калинина Кагальницкого района Ростовской области

(наименование предприятия, учреждения, организации)

председатель Звездунов Сергей Иванович

главный агроном Королев Борис Николаевич

(должность, фамилия, имя, отчество)

, с другой стороны,

составили настоящий акт в том, что в 2013-2015 г.

(сроки внедрения)

в результате проведения научно-исследовательских работ по теме: «Применение подстильного перепревшего куриного помета в звене полевого севооборота сахарная свёкла – яровой ячмень - горох и куриного и утиного помета в звене севооборота подсолнечник - озимая пшеница – озимая пшеница на черноземе обыкновенном»

по соглашению от «10» февраля 2013 г.

на полях СПК имени Калинина Кагальницкого района Ростовской области

(наименование предприятия, организации, учреждения)

внедрено применение подстильного куриного перепревшего помета под сахарную свеклу и подстильного перепревшего куриного и утиного помета под подсолнечник на черноземе обыкновенном с изучением последствий помета в звене севооборота

(наименование процесса, машины, материала и др.)

В процессе внедрения выполнены следующие работы

На площади 147, 108 и 59 га посевов полевых культур в звеньях севооборота в 2013-2015 гг. отобраны почвенные образцы, исследована обеспеченность растений доступными формами элементов питания, определено прямое действие и последствие подстилочного куриного и утиного помета на продуктивность полевых культур

От внедрения получен следующий технико-экономический эффект (в рублях и других показателях)

В звене севооборота сахарная свекла – яровой ячмень - горох при внесении помета осенью под вспашку под сахарную свеклу в дозе 15 т/га прибавка в сборе зерновых единиц увеличилась на 5,11 т/га или 22,1%, дополнительный условно чистый доход с 1 га повысился на 17850 руб., уровень рентабельности увеличился по отношению к контролю на 17%, себестоимость продукции снизилась на 44 руб./тонну.

В звене севооборота подсолнечник – озимая пшеница – озимая пшеница при внесении куриного помета под подсолнечник в дозе 15 т/га прибавка в сборе зерновых единиц увеличилась на 2,55 т/га или 20,8%, дополнительный условно чистый доход с 1 га повысился на 20581 руб., уровень рентабельности увеличился по отношению к контролю на 27%, себестоимость 1 кг зерновых единиц снизилась на 0,31 руб./кг.

В звене севооборота подсолнечник – озимая пшеница – озимая пшеница при внесении утиного помета в дозе 15 т/га прибавка в звене севооборота составила 1,68 т/га зерновых единиц или 15,7%, дополнительный условно чистый доход с 1 га повысился на 15117 руб., уровень рентабельности увеличился по отношению к контролю на 21%, себестоимость 1 кг зерновых единиц снизилась на 0,39 руб./кг.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работ

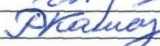
В дальнейшем для повышения экономической эффективности возделывания полевых культур в звене севооборота сахарная свекла – яровой ячмень - горох и в звене севооборота подсолнечник – озимая пшеница – озимая пшеница рекомендуется внедрить применения подстилочного куриного и утиного помета осенью под вспашку в дозе 15 т/га на всей площади посевов сахарной свеклы и подсолнечника, согласно структуры посевных площадей хозяйства.

Акт составлен в 3 экземплярах:

1-й и 3-й экз. — ДонГАУ

2-й — заказчику

Представители ДонГАУ _____

 (Агафонов Е.В.)
 (Каменев Р.А.)

Представители заказчика _____

 (Зvezdukov С.И.)
 (Королев Б.Н.)



«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по НИР
Громаков Х.А.

«9» сентября 2016 г.



«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель хозяйства
Михайлец Н.Р.

«15» сентября 2016 г.

А К Т

внедрения результатов научно-исследовательских работ

«5» сентября 2016 г.

Мы, нижеподписавшиеся, представители Донского государственного аграрного университета профессор, доктор с.-х. наук Агафонов Е.В., доцент, кандидат с.-х. наук Каменев Р.А.

(должность, фамилия, имя, отчество)

_____, с одной стороны,
и представители КФХ «Родственник» Азовского района Ростовской области

(наименование предприятия, учреждения, организации)

директор Михайлец Николай Романович

(должность, фамилия, имя, отчество)

_____, с другой стороны,
составили настоящий акт в том, что в 2014-2016 гг.

(сроки внедрения)

в результате проведения научно-исследовательских работ по теме: «Продуктивность звена полевого севооборота кукуруза на зерно – яровой ячмень – озимая пшеница при применении куриного подстильного помета на черноземе обыкновенном».

согласно договору от «20» января 2014 г.

на полях КФХ «Родственник» Азовского района Ростовской области

(наименование предприятия, организации, учреждения)

внедрено применение подстильного куриного перепревшего помета под кукурузу на зерно на черноземе обыкновенном с учетом его последствий в звене севооборота

(наименование процесса, машины, материала и др.)

В процессе внедрения выполнены следующие работы

На площади 67 га посевов в звене севооборота кукуруза на зерно – яровой ячмень – озимая пшеница в 2014-2016 гг. отобраны почвенные образцы, исследована обеспеченность растений доступными формами элементов питания

От внедрения получен следующий технико-экономический эффект (в рублях и других показателях)

На варианте с дозой помета 10 т/га прибавка в сборе зерновых единиц в звене севооборота кукуруза на зерно – яровой ячмень – озимая пшеница по отношению к контролю составила 3,17 т/га, дополнительный условно чистый доход с 1 га составил 6720 руб., уровень рентабельности увеличился по отношению к контролю на 15%, себестоимость продукции снизилось на 0,12 руб./кг.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работ

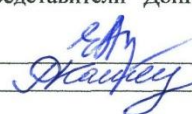
В дальнейшем для повышения экономической эффективности возделывания культур в звене севооборота кукуруза на зерно – яровой ячмень – озимая пшеница рекомендуется внедрить применения подстильного куриного помета весной под предпосевную культивацию на всей площади посевов кукурузы на зерно, согласно структуры посевных площадей хозяйства.

Акт составлен в 3 экземплярах:

1-й и 3-й экз. — ДонГАУ

2-й — заказчику

Представители ДонГАУ _____

 (Агафонов Е.В.)
(Каменев Р.А.)



Представители заказчика _____

(Михайлец Н.Р.)

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по НИР
Колосов Ю.А.

«7» октября 2013 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель хозяйства
КФХ «Родственник» Михайлец Н.Р.

«25» октября 2013 г.

А К Т

внедрения результатов научно-исследовательских работ
«25» октября 2013 г.

Мы, нижеподписавшиеся, представители Донского государственного аграрного университета профессор, д. с-х. н. Агафонов Е.В., доцент, кандидат с.-х. наук Каменев Р.А., соискатель Бельгин А.А.

(должность, фамилия, имя, отчество)

, с одной стороны,
и представители КФХ «Родственник» Азовского района Ростовской области

(наименование предприятия, учреждения, организации)

директор, Михайлец Николай Романович

(должность, фамилия, имя, отчество)

, с другой стороны,
составили настоящий акт в том, что в 2013 году
(сроки внедрения)

в результате проведения научно-исследовательских работ по теме: «Применение подстилочного перепревшего куриного помета и минеральных удобрений под кукурузу на зерно на черноземе обыкновенном».

согласно договору от «6» февраля 2013 г.

на полях КФХ «Родственник» Азовского района Ростовской области

(наименование предприятия, организации, учреждения)

внедрено применение подстилочного куриного перепревшего помета и минеральных удобрений под кукурузу на зерно на черноземе обыкновенном

(наименование процесса, машины, материала и др.)

В процессе внедрения выполнены следующие работы

На площади 51 га посевов кукурузы на зерно в 2013 г. отобраны почвенные образцы, исследована обеспеченность растений доступными формами элементов питания, рассчитана доза подстилочного помета и минеральных удобрений, внесено полное минеральное удобрение перед посевом

От внедрения получен следующий технико-экономический эффект (в рублях и других показателях)

На варианте с дозой помета 10 т/га прибавка урожайности по отношению к контролю составила 0,84 т/га, дополнительный условно чистый доход с 1 га составил 4200 руб., уровень рентабельности увеличился по отношению к контролю на 21 %, себестоимость продукции снизилось на 0,21 руб./кг.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работ

В дальнейшем для повышения экономической эффективности возделывания кукурузы на зерно рекомендуется внедрить применения подстилочного куриного помета весной под предпосевную культивацию и минеральных удобрений на всей площади посевов кукурузы на зерно.

Акт составлен в 3 экземплярах:

1-й и 3-й экз. — ДонГАУ

2-й — заказчику

Представители ДонГАУ _____

Е.В. Агафонов (Агафонов Е.В.)
Р.А. Каменев (Каменев Р.А.)
А.А. Бельгин (Бельгин А.А.)

Представители заказчика КФХ
«Родственник» _____

Н.Р. Михайлец (Михайлец Н.Р.)





А К Т

внедрения результатов научно-исследовательских работ
«28» сентября 2013 г.

Мы, нижеподписавшиеся, представители Донского государственного аграрного университета профессор, д-р. с-х. наук Агафонов Е.В., доцент, кандидат с-х. наук Каменев Р.А., соискатель Бельгин А.А.

(должность, фамилия, имя, отчество)

, с одной стороны,
и представители СХА/ колхоз/ «Кулешовское» Азовского района Ростовской области

(наименование предприятия, учреждения, организации)

Главный агроном, Жидков Анатолий Александрович
председатель, Леонов Николай Александрович
(должность, фамилия, имя, отчество)

, с другой стороны,
составили настоящий акт в том, что в 2013 году

(сроки внедрения)

в результате проведения научно-исследовательских работ по теме: «Применение подстильного перепревшего куриного помета и минеральных удобрений под кукурузу на зерно на черноземе обыкновенном».

согласно договору от «15» февраля 2013 г.

на полях СХА/колхоз «Кулешовское» Азовского района Ростовской области

(наименование предприятия, организации, учреждения)

внедрено применение подстильного куриного перепревшего помета и минеральных удобрений под кукурузу на зерно на черноземе обыкновенном

(наименование процесса, машины, материала и др.)

В процессе внедрения выполнены следующие работы

На площади 32 га посевов кукурузы на зерно в 2013 г. отобраны почвенные образцы, исследована обеспеченность растений доступными формами элементов питания, рассчитана доза подстилочного помета и минеральных удобрений, внесено полное минеральное удобрение перед посевом

От внедрения получен следующий технико-экономический эффект (в рублях и других показателях)

На варианте с дозой помета 10 т/га прибавка урожайности по отношению к контролю составила 1,05 т/га, дополнительный условно чистый доход с 1 га составил 6510 руб., уровень рентабельности увеличился по отношению к контролю на 29 %, себестоимость продукции снизилось на 0,38 руб./кг.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работ

В дальнейшем для повышения экономической эффективности возделывания кукурузы на зерно рекомендуется внедрить применения подстилочного куриного помета весной под предпосевную культивацию и минеральных удобрений на всей площади посевов кукурузы на зерно.

Акт составлен в 3 экземплярах:

1-й и 3-й экз. — ДонГАУ

2-й — заказчику

Представители ДонГАУ _____

_____ (Агафонов Е.В.)
 _____ (Каменев Р.А.)
 _____ (Бельгин А.А.)

Представители заказчика СХА /колхоз/
 «Кулешовская артель (колхоз)»

_____ (Жидков А.А.)
 _____ (Леонов Н.А.)



«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по НИР ДонГАУ
Громаков А.А.

«12» октября 2016 г.



«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель хозяйства
Васильев В.В.

«18» октября 2016 г.



А К Т

внедрения результатов научно-исследовательских работ

«5» октября 2016 г.

Мы, нижеподписавшиеся, представители Донского государственного аграрного университета профессор, доктор с.-х. наук Агафонов Е.В., доцент, кандидат с.-х. наук Каменев Р.А.

(должность, фамилия, имя, отчество)

и представители ООО «ПСХ Соколовское» Красносулинского района Ростовской области

(наименование предприятия, учреждения, организации)

генеральный директор Васильев Владимир Васильевич

главный агроном Иванов Сергей Михайлович

(должность, фамилия, имя, отчество)

с другой стороны,
составили настоящий акт в том, что в 2014-2016 году

(сроки внедрения)

в результате проведения научно-исследовательских работ по теме: «Применение подстильного перепревшего индюшиного помета для повышения продуктивности звена полевого севооборота подсолнечник – яровой ячмень – озимая пшеница на черноземе обыкновенном».

по соглашению от «20» сентября 2013 г.

на полях ООО «ПСХ Соколовское» Красносулинского района Ростовской области

(наименование предприятия, организации, учреждения)

внедрено применение подстильного индюшиного перепревшего помета под подсолнечник под вспашку на черноземе обыкновенном

(наименование процесса, машины, материала и др.)

В процессе внедрения выполнены следующие работы

На площади 94 га в 2013-2016 гг. внесён подстилочный индюшиный помет в дозе 10 т/га, отобраны почвенные образцы, исследована обеспеченность растений доступными формами элементов питания, определено прямое действие и последствие помета в звене севооборота

От внедрения получен следующий технико-экономический эффект (в рублях и других показателях)

В звене севооборота подсолнечник – яровой ячмень – озимая пшеница при внесении помета осенью под вспашку в дозе 10 т/га прибавка в сборе зерновых единиц увеличилась на 1,29 т/га или на 25%, дополнительный условно чистый доход с 1 га повысился 16889 руб., уровень рентабельности увеличился по отношению к контролю на 25%, себестоимость продукции снизилось на 0,59 руб./кг.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работ

В дальнейшем для повышения экономической эффективности возделывания полевых культур в звене севооборота подсолнечник – яровой ячмень – озимая пшеница рекомендуется вносить под вспашку индюшиный помет в дозе 10 т/га на всей площади посевов подсолнечника.

Акт составлен в 3 экземплярах:

1-й и 3-й экз. — ДонГАУ

2-й — заказчику

Представители ДонГАУ _____

Е.В. Агафонов (Агафонов Е.В.)
Р.А. Каменев (Каменев Р.А.)

Представители заказчика _____

(Васильев В.В.)
(Иванов С.М.)



«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по НИР ДонГАУ
Громяков А.А.

«16» октября 2015 г.



«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель хозяйства
Васильев В.В.

«30» октября 2015 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательских работ
«30» сентября 2015 г.

Мы, нижеподписавшиеся, представители Донского государственного аграрного университета профессор, д. с-х. н. Агафонов Е.В., доцент, кандидат с.-х. наук Каменев Р.А.

(должность, фамилия, имя, отчество)

, с одной стороны,
и представители ООО «ПСХ Соколовское» Красносулинского района Ростовской области

(наименование предприятия, учреждения, организации)

генеральный директор Васильев Владимир Васильевич

главный агроном Иванов Сергей Михайлович

(должность, фамилия, имя, отчество)

, с другой стороны,
составили настоящий акт в том, что в 2014-2015 году
(сроки внедрения)

в результате проведения научно-исследовательских работ по теме: «Применение подстильного перепревшего индюшиного помета для повышения урожайности подсолнечника на черноземе обыкновенном».

по соглашению от «15» сентября 2014 г.

на полях ООО «ПСХ Соколовское» Красносулинского района Ростовской области

(наименование предприятия, организации, учреждения)

внедрено применение подстильного индюшиного перепревшего помета под подсолнечник под вспашку на черноземе обыкновенном

(наименование процесса, машины, материала и др.)

В процессе внедрения выполнены следующие работы

На площади 56 га в 2014-2015 гг. внесён подстилочный индюшиный помет в дозе 10 т/га, отобраны почвенные образцы, исследована обеспеченность растений доступными формами элементов питания.

От внедрения получен следующий технико-экономический эффект (в рублях и других показателях)

Применение помета в дозе 10 т/га увеличивало урожайность по отношению к контролю на 0,65 т/га, дополнительный условно чистый доход с 1 га повысился на 5980 руб., уровень рентабельности увеличился по отношению к контролю на 26%, себестоимость продукции снизилось на 0,57 руб./кг.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работ

В дальнейшем для повышения экономической эффективности возделывания подсолнечника рекомендуется вносить под вспашку индюшиный помет в дозе 10 т/га на всей площади посевов подсолнечника.

Акт составлен в 3 экземплярах:

1-й и 3-й экз. — ДонГАУ

2-й — заказчику

Представители ДонГАУ _____

Агафонов Е.В. (Агафонов Е.В.)
Каменев Р.А. (Каменев Р.А.)

Представители заказчика _____

(Васильев В.В.)
(Иванов С.М.)



«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по НИР
Громяков А.А.

«4» октября 2016 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель хозяйства
Сядченко Н.П.

«12» октября 2016 г.

А К Т

внедрения результатов научно-исследовательских работ
«28» сентября 2016 г.

Мы, нижеподписавшиеся, представители Донского государственного аграрного университета профессор, д-р. с-х. наук Агафонов Е.В., доцент, кандидат с.-х. наук Каменев Р.А.

(должность, фамилия, имя, отчество)

_____, с одной стороны,
и представители ООО «агрофирма «Деметра» Каменского района Ростовской области

(наименование предприятия, учреждения, организации)

директор Сядченко Николай Павлович

главный агроном Доля Игорь Владимирович

(должность, фамилия, имя, отчество)

_____, с другой стороны,
составили настоящий акт в том, что в 2014-2016 г.

(сроки внедрения)

в результате проведения научно-исследовательских работ по теме: «Применение подстильного перепревшего куриного помета в звене полевого севооборота пар – озимая пшеница – кукуруза на зерно – подсолнечник и в звене севооборота озимая пшеница – кукуруза на зерно – яровой ячмень на черноземе южном»

по соглашению от «15» февраля 2014 г.

на полях ООО «агрофирма «Деметра» Каменского района Ростовской области

(наименование предприятия, организации, учреждения)

внедрено применение подстильного куриного перепревшего помета в паровое поле под озимую пшеницу и под озимую пшеницу по предшественнику озимая пшеница на черноземе южном с изучением его действия в звене севооборота

(наименование процесса, машины, материала и др.)

В процессе внедрения выполнены следующие работы

На площади 105 и 48 га посевов полевых культур в звеньях севооборота в 2014-2016 гг. отобраны почвенные образцы, исследована обеспеченность растений доступными формами элементов питания, определено прямое действие и последствие подстильного куриного помета на продуктивность полевых культур

От внедрения получен следующий технико-экономический эффект (в рублях и других показателях)

В звене севооборота пар – озимая пшеница – кукуруза на зерно – подсолнечник при внесении помета весной в паровое поле на варианте с дозой помета 10 т/га прибавка в сборе зерновых единиц увеличилась на 2,05 т/га или 19,8%, дополнительный условно чистый доход с 1 га повысился на 10136 руб., уровень рентабельности увеличился по отношению к контролю на 19%, себестоимость продукции снизилась на 0,16 руб./кг.

В звене севооборота озимая пшеница – кукуруза на зерно – яровой ячмень при внесении помета под озимую пшеницу по предшественнику озимая пшеница на варианте с дозой 15 т/га прибавка в сборе зерновых единиц увеличилась на 2,40 т/га или 25,6%, дополнительный условно чистый доход с 1 га повысился на 12375 руб., уровень рентабельности увеличился по отношению к контролю на 24%, себестоимость 1 кг зерновых единиц снизилась на 0,27 руб./кг.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работ

В дальнейшем для повышения экономической эффективности возделывания полевых культур в звене севооборота пар озимая пшеница – кукуруза на зерно – подсолнечник и в звене севооборота озимая пшеница – кукуруза на зерно – яровой ячмень рекомендуется внедрить применения подстильного куриного помета весной в паровые поля и при повторных посевах озимой пшеницы по зерновым колосовым на всей площади посевов озимой пшеницы.

Акт составлен в 3 экземплярах:

1-й и 3-й экз. — ДонГАУ

2-й — заказчику

Представители ДонГАУ

 (Агафонов Е.В.)
 (Каменев Р.А.)

Представители заказчика

 (Сядченко Н.П.)
 (Доля И.В.)

